관리번호

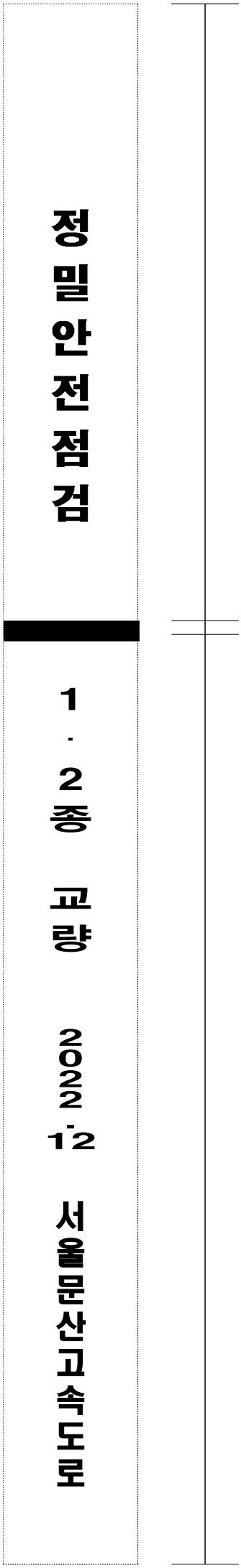
서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역

정 밀 안 전 점 검
[1·2종 교 량]

2022. 12

서울문산고속도로(주)

㈜ 명 성 엔 지 니 어 링


정밀안전점검
1.2종 교량
2022.12
서울문산고속도로
125mm
3mm
169mm

제 출 문

서울문산고속도로주식회사 귀하

귀 사와 계약 체결한 『**서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검) 용역**』을 성실히 수행하고 그 결과를 본 교량 정밀안전점검 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2022년 12월 31일

㈜ 명 성 엔 지 니 어 링

대 표 이 사 김 선 무 (인)

강매교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 강매로 7 (강매동)	시설물규모	연장 290m, 폭 8.0m, 1차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 박리 • 거더 도장손상 • 가로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만) • 교각 망상균열, 폐콘크리트 퇴적 • 교량받침 몰탈 파손 • 신축이음 이물질퇴적, 후타재균열, 하부누수, 이동량 부족 • 교면포장 라벨링 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜내,외), 파손 • 점검시설 점검로 파손
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비 • 재도장 • 신축이음 교체

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판하면 박리 및 거더외부 도장손상 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

강매교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 강매교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•균열(0.3㎜미만), 망상균열 •박리	•표면처리 •단면보수
	거더	b	•도장손상	•재도장
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	b	•라벨링	•재포장
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜내,외) •파손	•표면처리 •단면보수
	신축이음	c	•이물질퇴적, 후타재균열 •하부누수, 이동량 부족	•표면처리, 정비 •교체
받침	교량받침	b	•몰탈 파손	•단면보수
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만), 망상균열 •폐콘크리트 퇴적	•표면처리 •wjdql

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

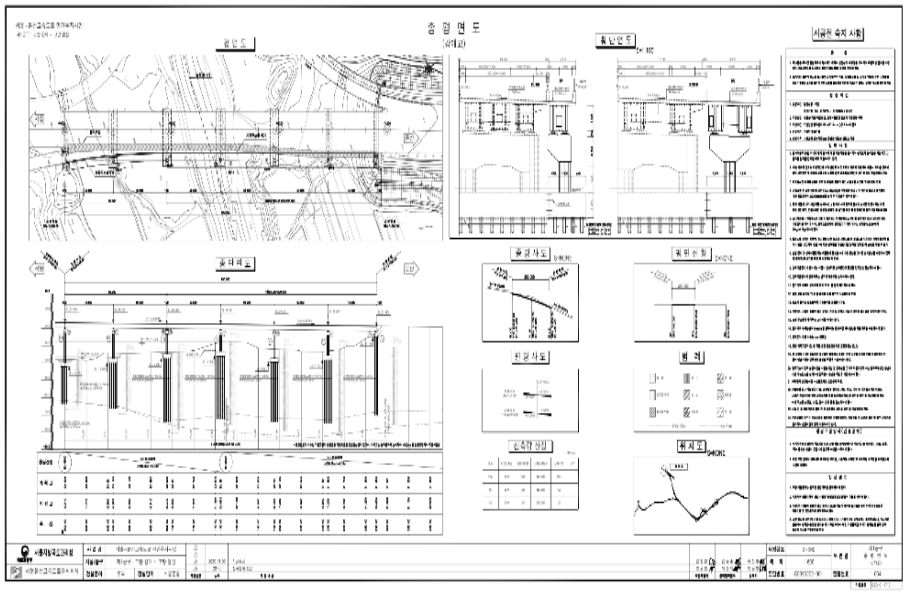
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~29.5	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.2~27.6	24.0	
		교각	40.5~50.2	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0~38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~99.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

강매교 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>강매교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000227</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 강매로 7 (강매동)</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=290.0m (45+50+3@50+45=290.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=8.0m, 1차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>Steel Box</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: T형</td><td>교각</td><td>복합말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>-</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

강매교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

행주산성JCT R-B교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 행주로 54-90 (강매동)	시설물규모	연장 110m, 폭 5.0m, 1차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 망상균열, 누수흔적, 체수 • 교각 망상균열 • 교량받침 재료분리 • 신축이음 후타재균열, 하부누수 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 상태양호 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비 • 신축이음 교체

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 하부구조 망상균열 및 누수흔적 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

행주산성JCT R-B교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 행주산성JCT R-B교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	a	•상태양호	-
	신축이음	c	•후타재균열 •하부누수	•표면처리 •교체
받침	교량받침	b	•재료분리	•단면보수
하부구조	하부	b	•망상균열, 누수흔적, 체수	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

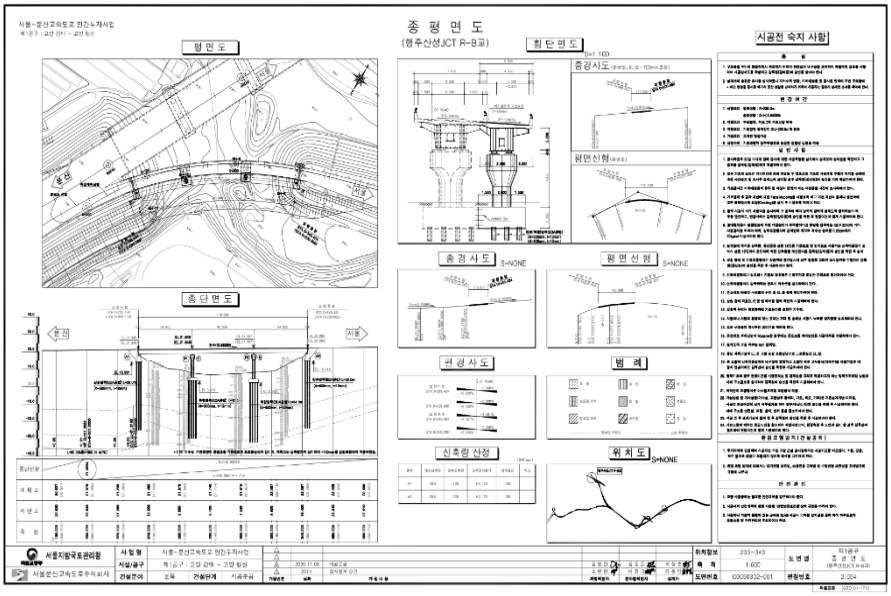
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~29.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.9~27.4	24.0	
		교각	41.3~49.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~97.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

행주산성JCT R-B교 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		행주산성JCT R-B교	시설물번호		BR2020-0000235
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 행주로 54-90 (강매동)			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=110.0m (35+40+35=110.0m)			
	폭	B=5.0m, 1차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교각	복합말뚝기초
교량받침		포트받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		-
부착시설내용		-			
기 타					

행주산성JCT R-B교 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>거더 전경</td><td>바닥판하면 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대 전경</td><td>교각 전경</td></tr>
</table>

서문3교 서울방향 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 강매로 93-95, 391-2 (강매동)	시설물규모	연장 250m, 폭 12.3m, 2차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열, 망상균열, 백태, 파손 및 철근노출, 물끊기홈 미제거 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 균열, 법면 토사유실 • 교각 균열, 망상균열 • 교량받침 받침몰탈 균열 • 신축이음 후타재균열 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열, 파손 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수, 단면보수+방청 • 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판하면 파손 및 철근노출 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문3교 서울방향 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문3교(서울방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	c	•균열, 망상균열, 백태 •파손 및 철근노출 •물끈기홈 미제거	•표면처리 •단면보수+방청 •정비
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	b	•균열 •파손	•표면처리 •단면보수
	신축이음	b	•후타재균열	•표면처리
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열	•표면처리
하부구조	하부	b	•균열, 망상균열 •법면 토사유실	•표면처리 •정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

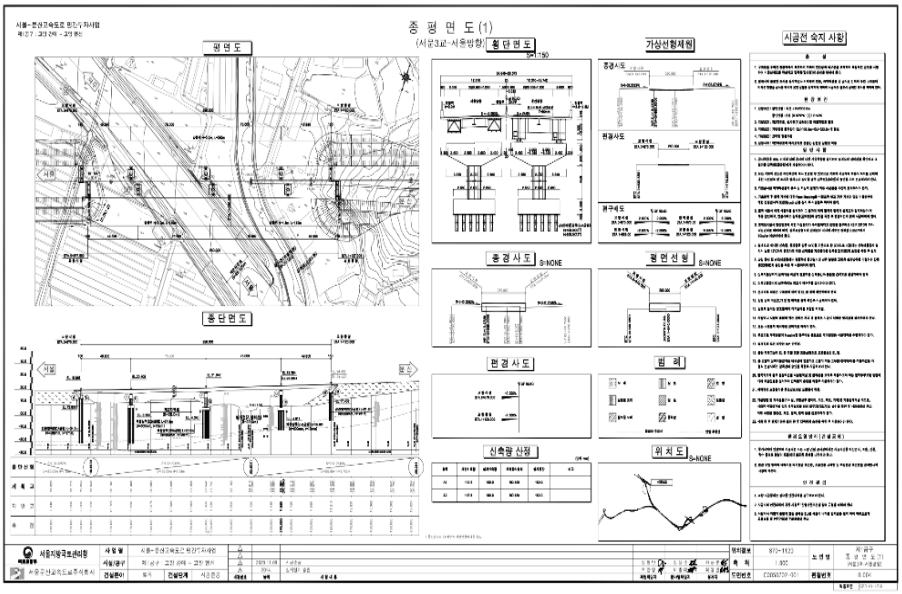
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

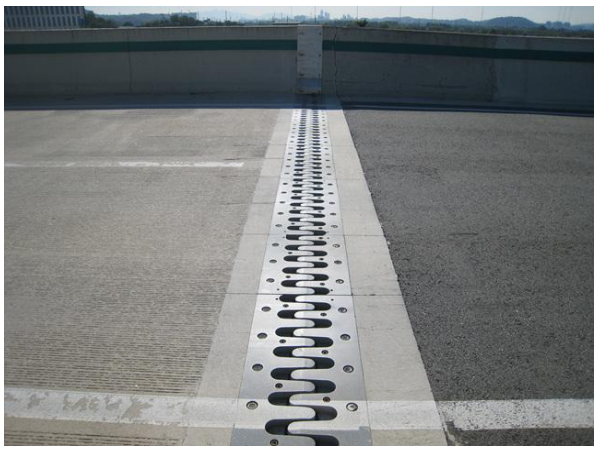
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.9~28.0	24.0	
		교각	41.0~50.6	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문3교 서울방향 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문3교 서울방향	시설물번호		BR2020-0000228
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 강매로 93-95, 391-2 (강매동)			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=250.0m (50+2@75+50=250.0m)			
	폭	B=12.3m, 2차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교각	복합말뚝기초
교량받침		면진받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		5.0m
부착시설내용		-			
기 타					

서문3교 서울방향 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문3교 문산방향 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	A
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 강매동 350-9	시설물규모	연장 250m, 폭 12.3m, 2차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열, 망상균열, 박락 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 상태양호 • 교각 균열 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 상태양호 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 상태양호 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판하면 균열 및 박락 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문3교 문산방향 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문3교(문산방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•균열, 망상균열 •박락	•표면처리 •단면보수
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	a	•상태양호	-
	신축이음	a	•상태양호	-
받침	교량받침	a	•상태양호	-
하부구조	하부	b	•균열	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

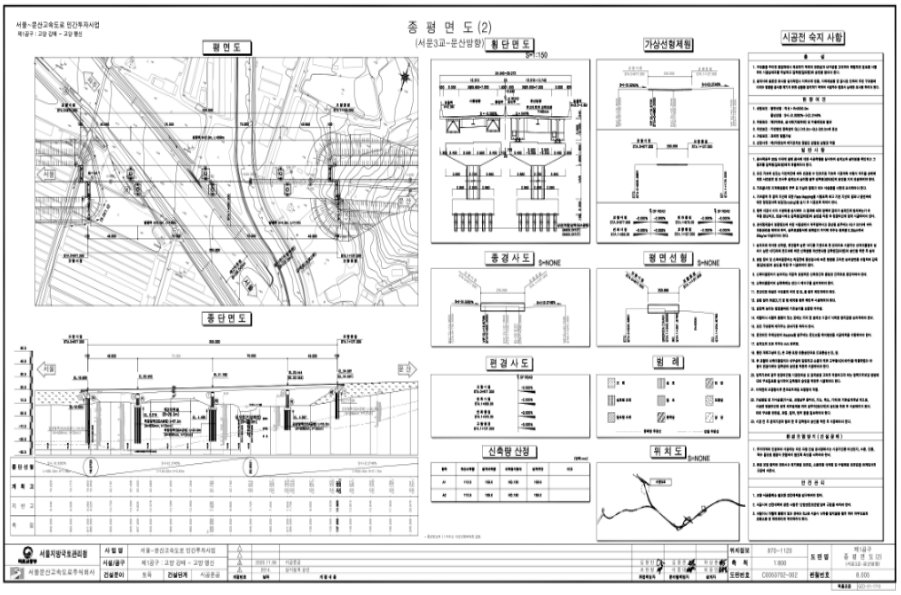
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.6~27.7	24.0	
		교각	40.4~49.6	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~97.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문3교 문산방향 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문3교 문산방향</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000303</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 강매동 350-9</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=250.0m (50+2@75+50=250.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=12.3m, 2차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>Steel Box</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: T형</td><td>교각</td><td>복합말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>-</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

서문3교 문산방향 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문4교 서울방향 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4	시설물규모	연장 128m, 폭 15.9m, 3차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열부 백태, 파손 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 체수 • 교각 상태양호 • 교량받침 받침몰탈 균열 • 신축이음 후타재 균열, 후타재 파손, 하부누수 • 교면포장 접속부 이격 • 배수시설 배수구막힘 • 방호벽 상태양호 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비 • 신축이음 교체

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판하면 균열부 백태 및 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문4교 서울방향 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문4교(서울방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** 이 상 훈 (서 명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•균열부 백태 •파손	•표면처리 •단면보수
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•접속부 이격	•실란트 충전
	배수시설	b	•배수구 막힘	•정비
	난간, 연석	a	•상태양호	-
	신축이음	c	•후타재 균열 •후타재 파손 •하부누수	•표면처리 •단면보수 •신축이음 교체
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열	•표면처리
하부구조	하부	b	•체수	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

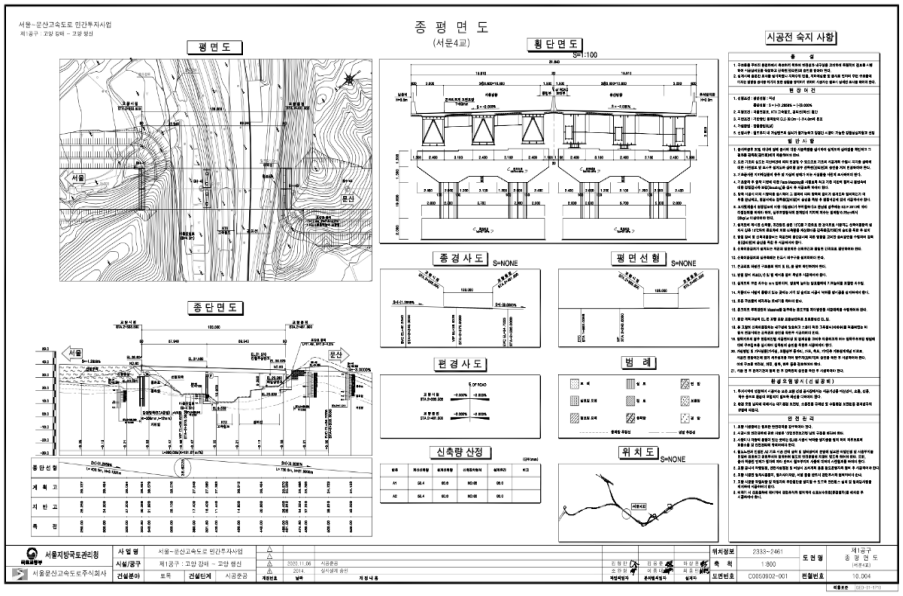
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~29.2	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.7~27.8	24.0	
		교각	41.1~49.1	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문4교 서울방향 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문4교 서울방향	시설물번호		BR2020-0000229
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=128.0m (58+70=128.0m)			
	폭	B=15.9m, 3차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	강관말뚝기초, 직접기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교각	직접기초
교량받침		면진받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		9.0m
부착시설내용		-			
기 타					

서문4교 서울방향 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문4교 문산방향 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4	시설물규모	연장 128m, 폭 15.9m, 3차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 파손, 실란트 파손, 체수 • 교각 상태양호 • 교량받침 받침몰탈 균열, 받침콘크리트 파손 • 신축이음 후타재 들뜸, 하부누수 • 교면포장 접속부 망상균열 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 상태양호 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비 • 신축이음 교체

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 하부구조 파손 및 실란트 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문4교 문산방향 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문4교(문산방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** 이 상 훈 (서 명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•접속부 망상균열	•아스콘팻칭
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	a	•상태양호	-
	신축이음	c	•후타재 들뜸 •하부누수	•단면보수 •신축이음 교체
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열 •받침콘크리트 파손	•표면처리 •단면보수
하부구조	하부	b	•파손 •실란트 파손 •체수	•단면보수 •실란트 충전 •표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

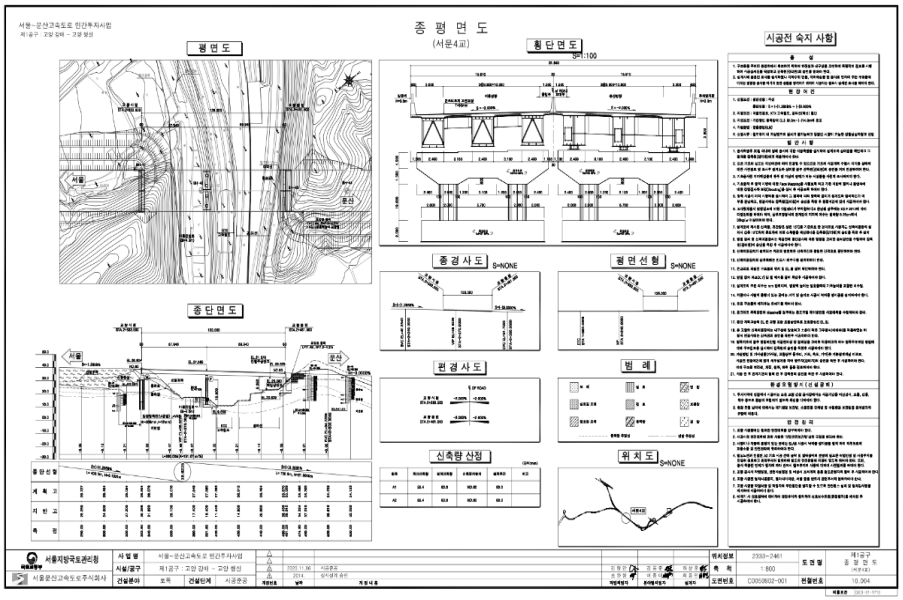
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.2~27.6	24.0	
		교각	43.7~53.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문4교 문산방향 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문4교 문산방향</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-000302</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=128.0m (58+70=128.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=15.9m, 3차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>Steel Box</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초, 직접기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: π형</td><td>교각</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>-</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>9.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

서문4교 문산방향 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문5교 서울방향 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 중앙로 341-25 (도내동)	시설물규모	연장 135m, 폭 19.5m, 4차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 물끊기홈 시공불량 • 거더 재료분리, 파손 • 가로보 박리, 이물질 미제거 • 교대 상태양호 • 교각 망상균열, 파손, 폐자재 적치 • 교량받침 받침몰탈 균열 • 신축이음 후타재 파손, 하부누수 • 교면포장 접속부 이격, 포장 파손 • 배수시설 배수관 탈락 • 방호벽 균열 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수 • 정비 • 아스콘 팻칭

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 거더 재료분리 및 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문5교 서울방향 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문5교(서울방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•물끊기홈 시공불량	•정비
	거더	b	•재료분리, 파손	•단면보수
2차부재	가로보	b	•박리 •이물질퇴적	•단면보수 •정비
기타부재	포장	b	•접속부 이격 •포장파손	•실란트 충전 •아스콘 팻칭
	배수시설	b	•배수관 탈락	•정비
	난간, 연석	a	•균열	•표면처리, 주입보수
	신축이음	c	•후타재 파손 •하부누수	•단면보수 •신축이음 교체
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열	•표면처리
하부구조	하부	b	•망상균열 •파손 •폐자재 적치	•표면처리 •단면보수 •정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

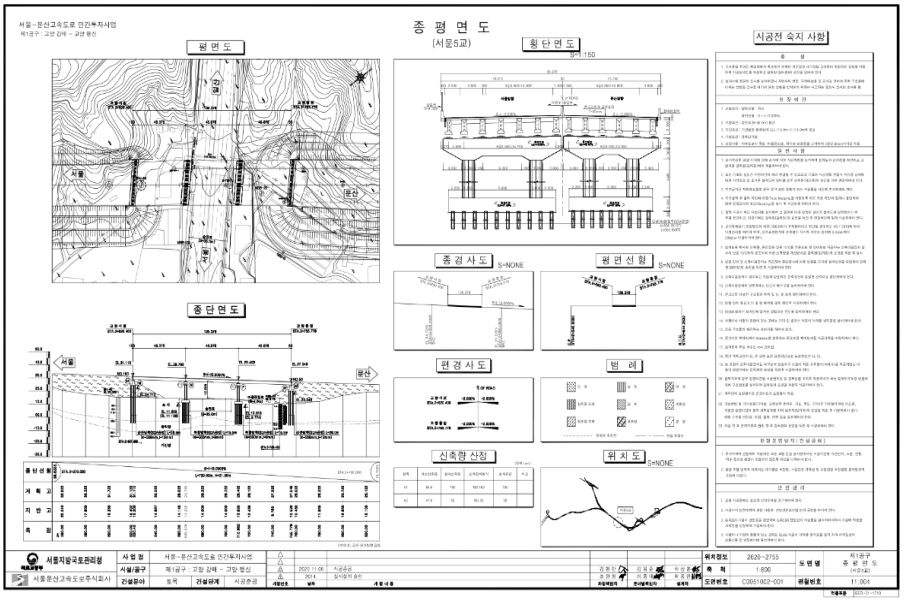
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

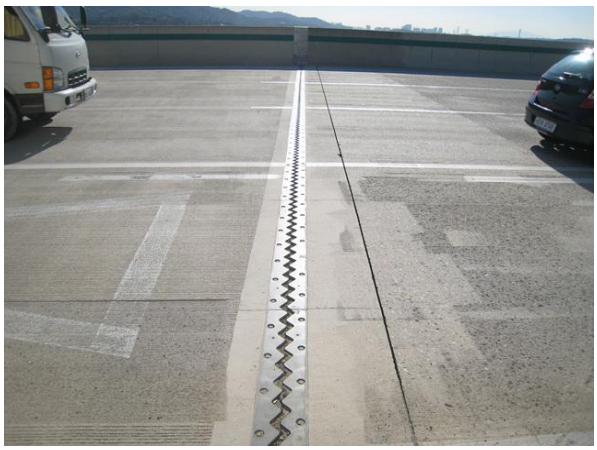
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.8	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.1~27.5	24.0	
		교각	40.6~51.3	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문5교 서울방향 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문5교 서울방향	시설물번호		BR2020-0000230
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 중앙로 341-25 (도내동)			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=135.0m (3@45=135.0m)			
	폭	B=19.5m, 4차로			
구조형식	상부	BICON거더교	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교각	복합말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		승전로	통과 높이		12.0m
부착시설내용		-			
기 타					

서문5교 서울방향 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문5교 문산방향 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 중앙로 341-25 (도내동)	시설물규모	연장 135m, 폭 15.7m, 3차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 재료분리, 파손 • 가로보 균열, 박리 • 교대 박리 • 교각 균열, 망상균열 • 교량받침 받침몰탈 균열, 받침콘크리트 파손 • 신축이음 하부누수 • 교면포장 접속부 이격, 접속도로 파손 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수 • 정비, 실란트 충전 • 아스콘 팻칭, 신축이음 교체

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 거더 파손 및 재료분리 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문5교 문산방향 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문5교(문산방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
	거더	b	•재료분리, 파손	•단면보수
2차부재	가로보	b	•박리 •균열	•단면보수 •표면처리
기타부재	포장	a	•접속부 이격 •접속도로 파손	•실란트 충전 •아스콘 팻칭
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	a	•균열	•표면처리, 주입보수
	신축이음	c	•하부누수	•신축이음 교체
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열 •받침콘크리트 파손	•표면처리 •단면보수
하부구조	하부	b	•균열 및 망상균열 •박리	•표면처리 •단면보수

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

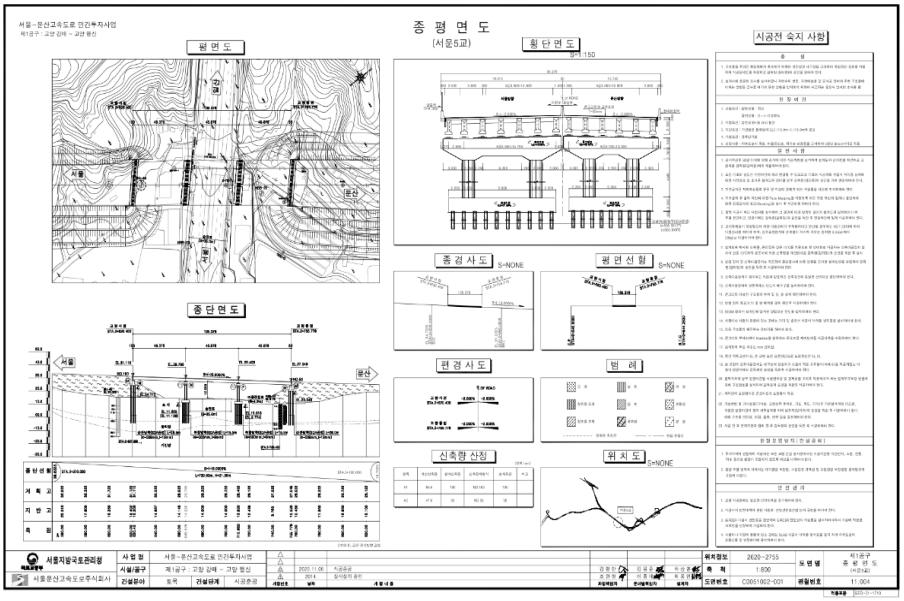
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~29.1	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.6~27.8	24.0	
		교각	40.0~49.8	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문5교 문산방향 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문5교 문산방향	시설물번호		BR2020-0000301
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 중앙로 341-25 (도내동)			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=135.0m (3@45=135.0m)			
	폭	B=15.7m, 3차로			
구조형식	상부	BICON거더교	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교각	말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		승전로	통과 높이		12.0m
부착시설내용		-			
기 타					

서문5교 문산방향 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문9교 서울방향 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77 (도내동)	시설물규모	연장 345m, 폭 16.4m, 3차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 망상균열, 백태, 균열부 백태 • 거더 상태양호 • 가로보 타설불량 • 교대 균열, 균열부백태, 망상균열, 접속부 단차 • 교각 균열 • 교량받침 받침몰탈 균열, 파손, 플레이트 부식, 고정핀 미제거 • 신축이음 후타재 파손, 차수판 앵커탈락 • 교면포장 접속부 이격 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열, 균열부백태, 접속부 단차, 접속부 이격 • 점검시설 폐자재 적치
주요 보수·보강	• 표면처리, 재도장 • 단면보수 • 정비, 실란트 충전

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판하면 균열부 백태 및 백태 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문9교 서울방향 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문9교(서울방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•망상균열, 백태, 균열부 백태	•표면처리
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	b	•타설불량	•단면보수
기타부재	포장	a	•접속부 이격	•실란트 충전
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	b	•균열, 균열부백태 •접속부 이격, 단차	•표면처리 •실란트 충전
	신축이음	b	•후타재 균열 •차수판 앵커탈락	•표면처리 •정비
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열 •받침몰탈 파손 •플레이트부식 •고정핀 미제거	•표면처리 •단면보수 •재도장 •정비
하부구조	하부	b	•균열, 망상균열, 균열부백태 •접속부 단차	•표면처리 •실란트 충전

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

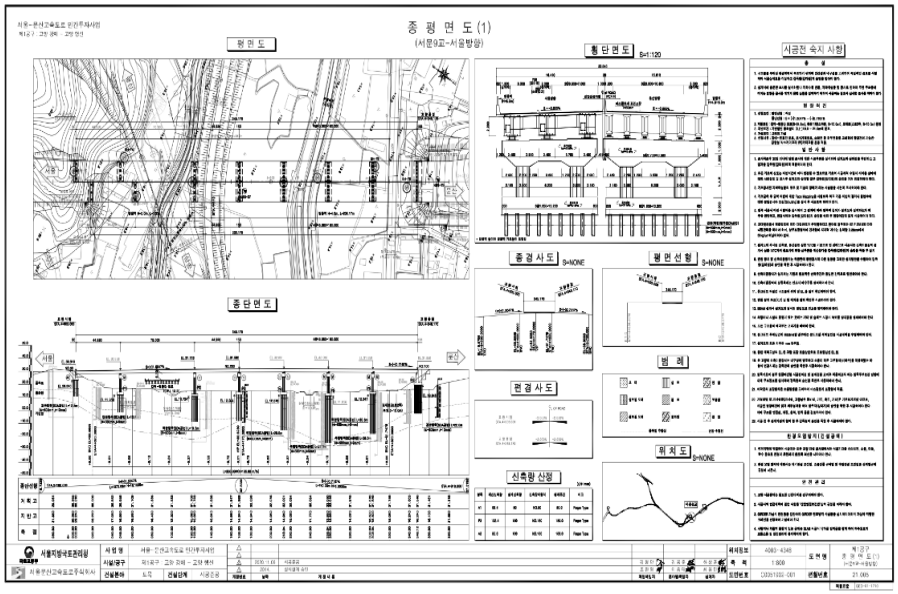
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

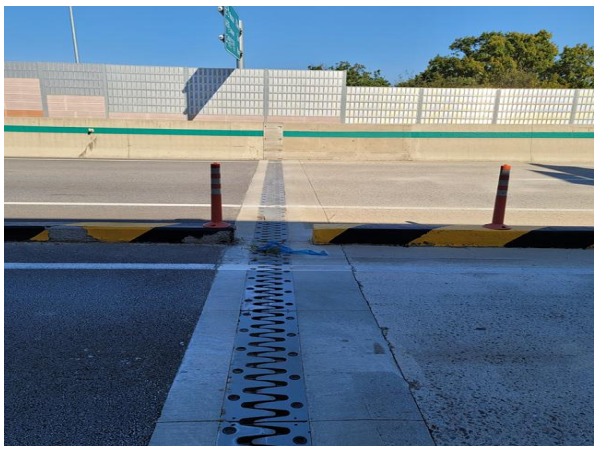
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~29.1	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.1~27.2	24.0	
		교각	40.0~49.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0~39.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~99.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문9교 서울방향 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문9교 서울방향</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000231</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77 (도내동)</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=345.0m(45+75+45+4@45=345.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=16.4m, 3차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>IPC거더
+ Steel Box</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: π형</td><td>교각</td><td>강관말뚝기초, 복합말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>-</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

서문9교 서울방향 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문9교 문산방향 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77 (도내동)	시설물규모	연장 330m, 폭 16.4m, 3차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 망상균열 • 거더 상태양호 • 가로보 타설불량 • 교대 균열, 법면 토사유실, 실란트 이격 • 교각 균열, 망상균열, 폐콘크리트 퇴적 • 교량받침 받침몰탈 균열, 파손, 고정핀 미제거 • 신축이음 후타재 파손, 본체 볼트탈락, 차수판 앵커탈락, 하부누수 • 교면포장 접속부 이격 • 배수시설 그레이팅 변형 • 방호벽 균열, 균열부백태, 접속부 단차 • 점검시설 폐자재 적치
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비, 실란트 충전 • 신축이음 교체

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 하부구조 균열 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문9교 문산방향 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문9교(문산방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•망상균열	•표면처리
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	b	•타설불량	•단면보수
기타부재	포장	a	•접속부 이격	•실란트 충전
	배수시설	b	•그레이팅 변형	•정비
	난간, 연석	b	•균열, 균열부백태 •접속부 단차	•표면처리 •유지관리
	신축이음	b	•후타재 파손 •본체볼트탈락, 차수판앵커탈락 •하바누수	•표면처리 •정비 •신축이음 교체
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열 •받침몰탈 파손 •고정핀 미제거	•표면처리 •단면보수 •정비
하부구조	하부	b	•균열, 망상균열 •법면토사유실, 폐콘크리트퇴적 •실린트 이격	•표면처리 •정비 •실란트 충전

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

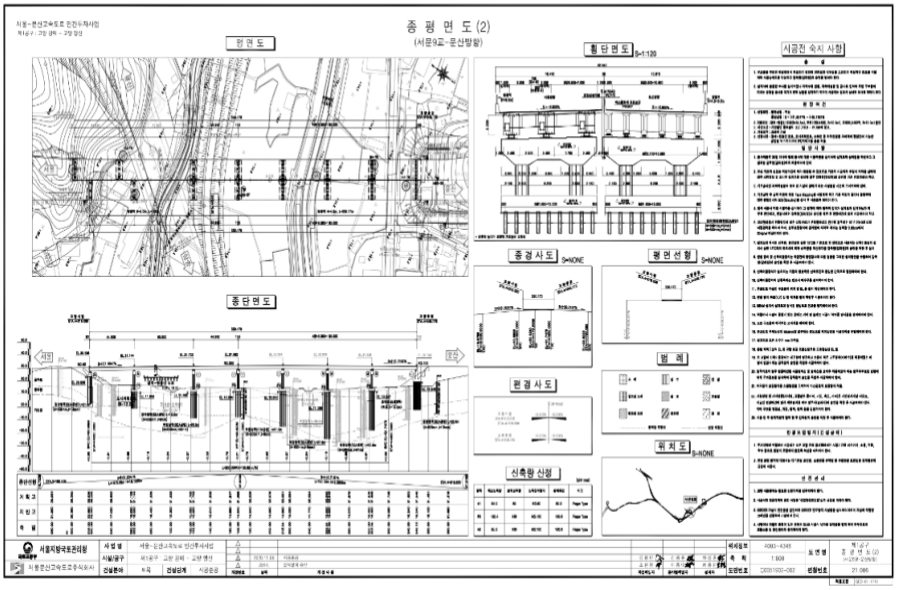
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.3~27.5	24.0	
		교각	40.0~49.3	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0~38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문9교 문산방향 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문9교 문산방향</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000231</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77 (도내동)</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td>노선명(이정)</td><td colspan="2">고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=330.0m(45+60+45+4@45=330.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=16.4m, 3차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>IPC거더
+ Steel Box</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: π형</td><td>교각</td><td>강관말뚝기초, 복합말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>-</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

서문9교 문산방향 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문10교(서울방향) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 흥도로415번길 61-214	시설물규모	연장 101.0m, 폭 19.5m, 3차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 들뜸 • 거더 상태양호 • 가로보 재료분리 • 교대 균열(0.3㎜이상), 체수 • 교각 상태양호 • 교량받침 받침몰탈 균열, 플레이트 부식 • 신축이음 하부 누수, 후타재 균열(0.3㎜미만), 후타재 파손, 차수판 볼트탈락 • 교면포장 망상균열, 접속도로 망상균열, 접속부 이격 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만), 접속부 파손, 접속부 균열(0.3㎜미만) • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수, 재도장 • 정비, 실링재 충전, 재설치, 재포장

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 하부 누수, 교량받침 플레이트 부식, 방호벽 접속부 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문10교(서울방향) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문10교(서울방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•들뜸	•단면보수
	거더	b	•상태양호	-
2차부재	가로보	b	•재료분리	•단면보수
기타부재	포장	b	•망상균열	•표면처리(재포장)
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	c	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리
	신축이음	c	•하부 누수 •후타재 균열(0.3㎜미만), 파손	•정비, 재설치 •표면처리, 단면보수
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열, 플레이트 부식	•표면처리, 재도장
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜이상), 체수	•주입보수, 정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

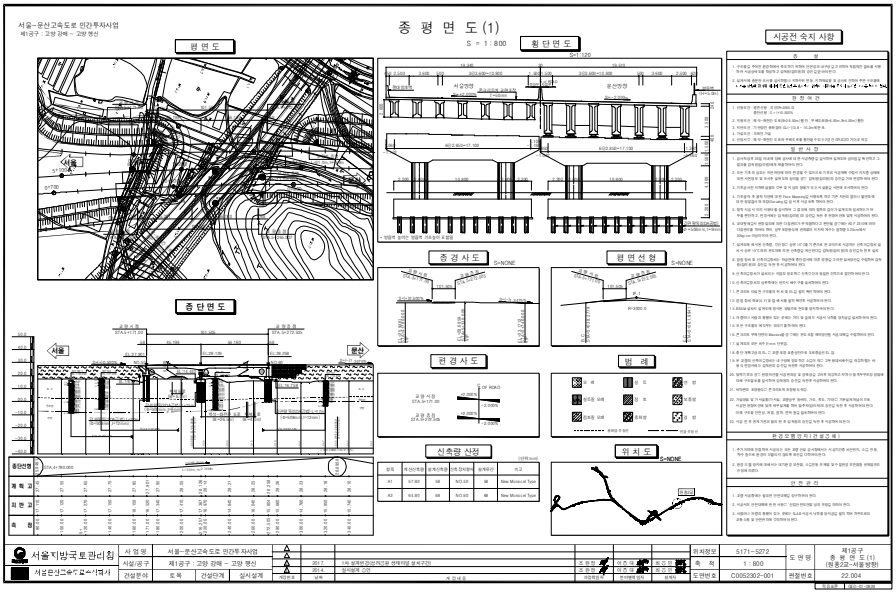
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.4~28.3	24.0	
		교각	41.2~49.2	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문10교(서울방향) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문10교(서울방향)	시설물번호		BR2020-0000232
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 흥도로415번길 61-214 (성사동)			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=101.0m(45+56=101.0m)			
	폭	B=19.5m, 3차로			
구조형식	상부	Spliced 거더	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교각	강관말뚝기초
교량받침		면진받침, 포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		5.0m
부착시설내용		-			
기 타					

서문10교(서울방향) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문10교(문산방향) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4	시설물규모	연장 101.0m, 폭 19.5m, 4차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 재료분리, 거푸집 미제거 • 거더 상태양호 • 가로보 재료분리 • 교대 균열(0.3㎜미만, 이상), 체수, 폐콘크리트 퇴적 • 교각 망상균열 • 교량받침 받침몰탈 균열 • 신축이음 하부 누수, 후타재 균열(0.3㎜미만) • 교면포장 접속부 이격 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만), 들뜸, 접속부 파손 • 점검시설 점검로 폐콘크리트 퇴적
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수 • 정비, 실링재 충전, 재설치

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

• 차기 중점점검부위 : 하부구조 균열(0.3㎜이상), 신축이음 하부 누수, 중분대 파손 - 진전 여부확인
• 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문10교(문산방향) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문10교(문산방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈　(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•재료분리	•단면보수
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	b	•재료분리	•단면보수
기타부재	포장	a	•접속부 이격	•실링재 충전
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	c	•균열(0.3㎜미만), 들뜸	•표면처리, 단면보수
	신축이음	c	•하부 누수 •후타재 균열(0.3㎜미만)	•정비(재설치) •표면처리
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열	•표면처리
하부구조	하부	c	•균열(0.3㎜미만, 이상), 체수	•표면처리, 주입보수, 정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

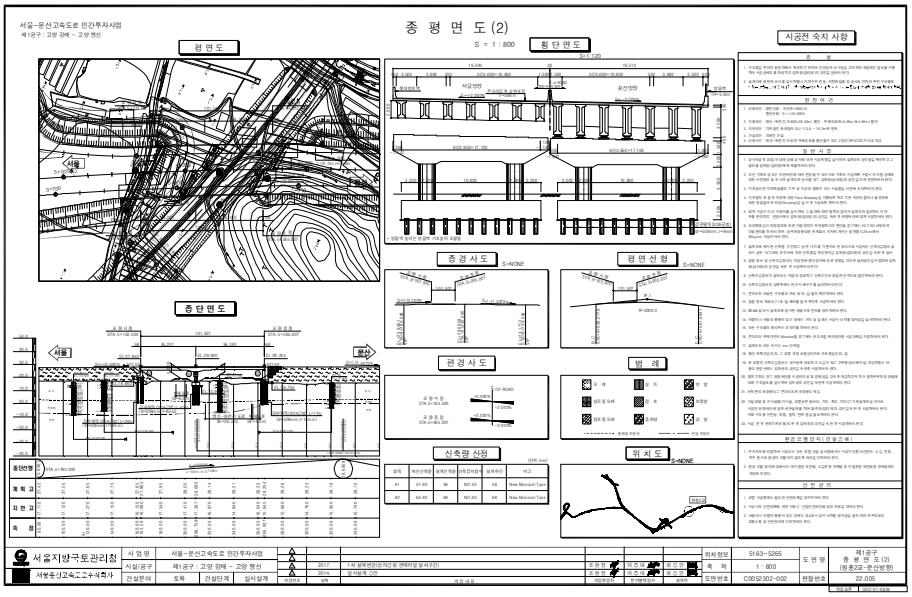
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.8	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.8~27.5	24.0	
		교각	41.5~49.7	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문10교(문산방향) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문10교(문산방향)	시설물번호		BR2020-0000299
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=101.0m(45+56=101.0m)			
	폭	B=19.5m, 4차로			
구조형식	상부	Spliced 거더	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교각	강관말뚝기초
교량받침		면진받침, 포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		5.0m
부착시설내용		-			
기 타					

서문10교(문산방향) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문11교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-19 (성사동)	시설물규모	연장 70.0m(문산:70m, 서울:50m), 폭 32.0m, 6차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열(0.3㎜미만, 이상), 균열부백태 • 거더외부 도장긁힘 • 가로보 상태양호 • 교대 박락, 누수흔적 • 교량받침 받침몰탈 박리, 여유량 부족 • 신축이음 하부 누수, 후타재 균열, 망상균열 • 교면포장 망상균열, 접속도로 파손, 접속부 이격 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만) • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수, 재도장 • 정비, 실링재 충전, 재설치, 재포장 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 하면 균열(0.3㎜이상) 및 균열부백태, 교량받침 받침몰탈 박리, 가동여유량 부족, 신축이음 하부 누수 - 진전 여부확인, 주기적인 계측 필요
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문11교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문11교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강					상태평가 결과 : B
결함발생부재			상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
서울방향	상부구조	바닥판	c	•균열(0.3㎜미만, 이상) •균열부백태	•표면처리, 주입보수
		거더	a	•상태양호	-
	2차부재	가로보	a	•상태양호	-
	기타부재	포장	a	•접속도로 파손	•단면보수
		배수시설	a	•상태양호	-
		난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리
		신축이음	c	•하부 누수 •후타재 망상균열	•정비(재설치) •표면처리
	받침	교량받침	a	•여유량 부족	•정비(재설치)
	하부구조	하부	b	•박락, 누수흔적	•표면처리, 단면보수
문산방향	상부구조	바닥판	b	•균열(0.3㎜미만, 이상)	•표면처리, 주입보수
		거더	b	•도장긁힘	•재도장
	2차부재	가로보	a	•상태양호	-
	기타부재	포장	d	•망상균열, 접속부 이격	•표면처리(재포장), 실링재 충전
		배수시설	a	•상태양호	-
		난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리
		신축이음	b	•하부 누수 •후타재 균열(0.3㎜미만)	•정비(재설치) •표면처리
	받침	교량받침	b	•받침몰탈 박리, 여유량 부족	•단면보수, 정비(재설치)
	하부구조	하부	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

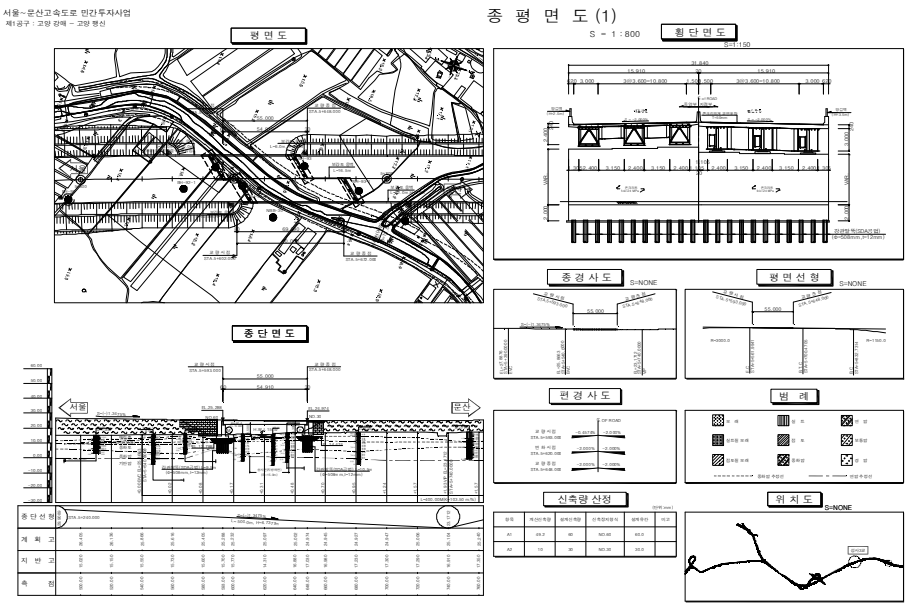
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				측정결과	설계기준	
서울방향	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.8	27.0	■설계강도 이상(양호)
		하부구조	교대	24.9~27.9	24.0	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
		하부구조		97.0~98.0	a등급	
	종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				
문산방향	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.4~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
		하부구조	교대	24.8~27.7	24.0	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
		하부구조		97.0~98.0	a등급	
	종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문11교 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문11교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000238</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-19 (성사동)</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=70.0m(문산방향 : 70m, 서울방향 55m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=32.0m, 6차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>Steel Box</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td rowspan="2">교대</td><td rowspan="2">강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>-</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

서문11교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수관 전경

서문13교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 충장로 350번길 160(성사동)	시설물규모	연장 50.8m, 폭 32.0m, 6차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열(0.3㎜미만), 철근노출, 재료분리 • 거더 재료분리 • 가로보 재료분리 • 교대 상태양호 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 하부 누수, 후타재 균열, 망상균열 • 교면포장 포장 파손, 접속도로 파손, 접속부 이격 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만, 이상), 접속부 균열, 박리 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수(방청) • 정비, 실링재 충전, 재설치 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 하면 철근노출, 교면포장 접속도로 파손, 신축이음 하부 누수 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문13교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문13교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강					상태평가 결과 : B
결함발생부재			상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
서울방향	상부구조	바닥판	c	•균열(0.3㎜미만), 철근노출	•표면처리, 단면보수(방청)
		거더	b	•재료분리	•단면보수
	2차부재	가로보	a	•상태양호	-
	기타부재	포장	b	•포장 파손, 접속도로 파손	•단면보수
		배수시설	a	•상태양호	-
		난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리
		신축이음	c	•하부 누수	•정비(재설치)
	받침	교량받침	a	•상태양호	-
	하부구조	하부	a	•상태양호	-
문산방향	상부구조	바닥판	b	•균열(0.3㎜미만), 재료분리	•표면처리, 단면보수
		거더	a	•상태양호	-
	2차부재	가로보	b	•재료분리	•단면보수
	기타부재	포장	a	•접속도로 파손, 접속부 이격	•단면보수, 실링재 충전
		배수시설	a	•상태양호	-
		난간, 연석	c	•균열(0.3㎜미만, 이상) •접속부 균열, 박리	•표면처리, 주입보수, 단면보수
		신축이음	c	•하부 누수 •후타재 균열, 망상균열	•정비(재설치) •표면처리
	받침	교량받침	a	•상태양호	-
	하부구조	하부	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

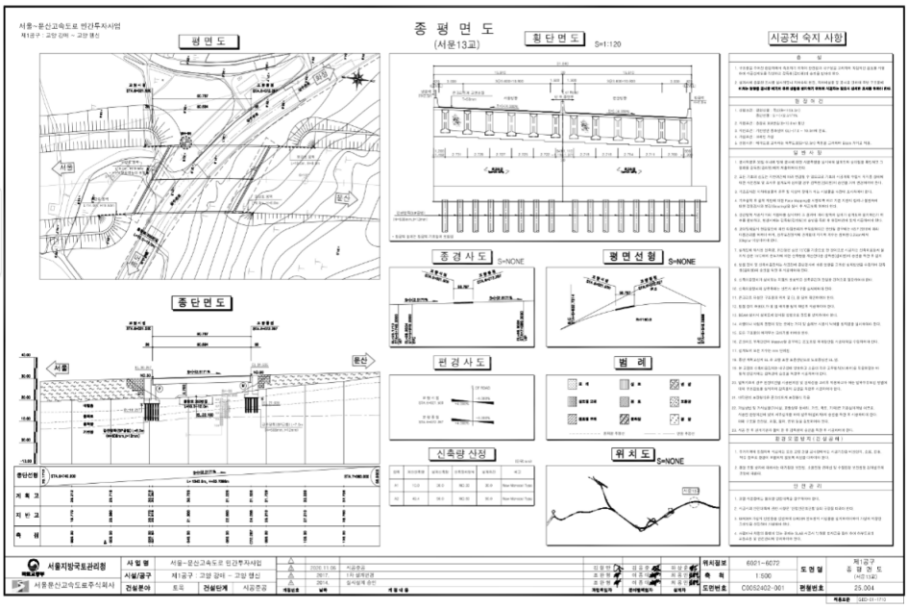
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

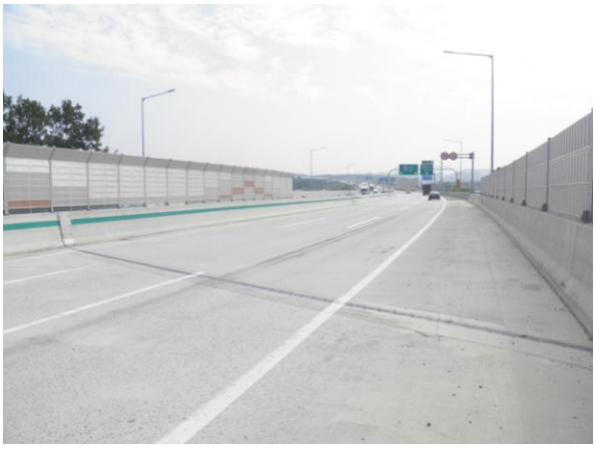
시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				측정결과	설계기준	
서울방향	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.8~29.0	27.0	■설계강도 이상(양호)
			거더	41.2~49.2	40.0	
		하부구조	교대	24.8~27.4	24.0	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
		하부구조		98.0	a등급	
	종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				
문산방향	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.7	27.0	■설계강도 이상(양호)
			거더	42.0~50.4	40.0	
		하부구조	교대	24.6~27.5	24.0	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
		하부구조		97.0~98.0	a등급	
	종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문13교 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문13교</td><td>시설물번호</td><td></td><td>BR2020-0000239</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td>관리번호</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 충장로 350번길 160(성사동)</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td>노선명(이정)</td><td></td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=50.8m(1경간)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=32.0m, 6차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>Bicon</td><td rowspan="2">기초형식</td><td rowspan="2">교대</td><td rowspan="2">강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성고무받침</td><td>신축이음</td><td></td><td>뉴모노셀조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>-</td><td>통과 높이</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

서문13교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수관 전경

서문14교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 고양대로 1489-1(성사동)	시설물규모	연장 70.0m, 폭 32.0m, 6차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열(0.3㎜미만) • 거더외부 도장긁힘 • 가로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만), 체수 • 교량받침 이동량 눈금자 미설치, 여유량 부족 • 신축이음 하부 누수, 후타재 균열, 망상균열, 파손, 차수판 볼트 체결불량 • 교면포장 접속부 파손, 접속부 이격 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만), 균열부백태, 접속부 단차 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수, 재도장 • 정비, 실링재 충전, 재설치 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 하부 누수 및 교대 구체 상면 체수, 교면포장 접속부 이격, 교량받침 가동여유량 부족, 거더 하면 가동여유량 부족 - 진전 여부확인, 주기적인 계측 필요
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문14교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문14교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

책임기술자 : **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강					상태평가 결과 : B
결함발생부재			상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
서울방향	상부구조	바닥판	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리
		거더	a	•상태양호	-
	2차부재	가로보	a	•상태양호	-
	기타부재	포장	a	•접속부 이격	•실링재 충전
		배수시설	a	•상태양호	-
		난간, 연석	a	•접속부 단차	•실링재 충전
		신축이음	c	•하부 누수 •후타재 균열, 망상균열	•정비(재설치) •표면처리
	받침	교량받침	a	•여유량 부족	•정비(재설치)
	하부구조	하부	a	•체수	•정비(신축이음부)
문산방향	상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
		거더	b	•도장긁힘	•재도장
	2차부재	가로보	a	•상태양호	-
	기타부재	포장	a	•접속부 파손, 접속부 이격	•단면보수, 실링재 충전
		배수시설	a	•상태양호	-
		난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만) •균열부백태	•표면처리
		신축이음	c	•하부 누수 •후타재 균열, 파손	•정비(재설치) •표면처리, 단면보수
	받침	교량받침	a	•이동량 눈금자 미설치 •여유량 부족	•정비(재설치)
	하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

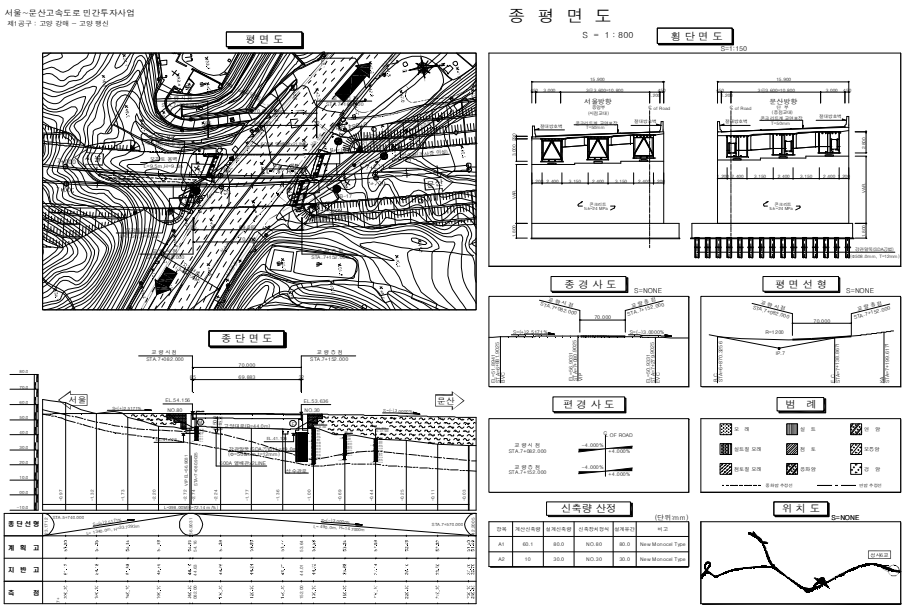
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

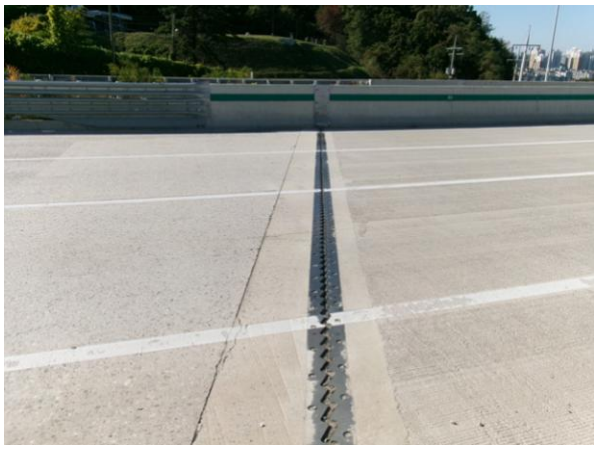
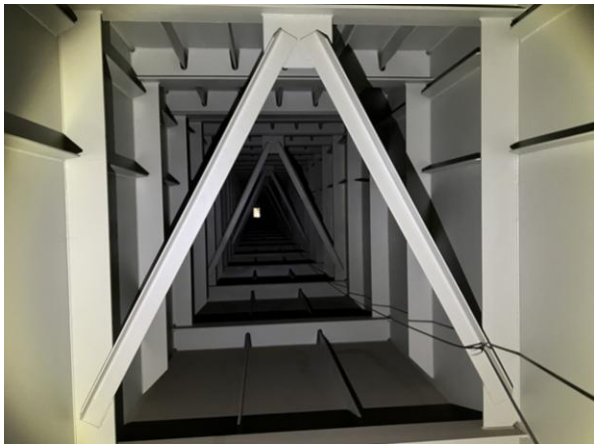
시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				측정결과	설계기준	
서울방향	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.3~29.0	27.0	■설계강도 이상(양호)
		하부구조	교대	24.9~27.5	24.0	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
		하부구조		97.0~98.0	a등급	
	종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				
문산방향	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
		하부구조	교대	24.9~27.7	24.0	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
		하부구조		97.0~98.0	a등급	
	종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문14교 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문14교	시설물번호		BR2020-0000240
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 고양대로 1489-1(성사동)			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=70.0m(1경간)			
	폭	B=32.0m, 6차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	A1 : 직접기초 A2 : 강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형			
교량받침		포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		-
부착시설내용		-			
기 타					

서문14교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더외부 전경	거더내부 전경
	
바닥판하면 전경	교대 전경

남고양IC2교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	A
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 대덕로 426 (현천동)	시설물규모	연장 498.9m, 폭 11.0m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열부백태, 파손 • 거더 파손 • 가로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만), 망상균열 • 교각 균열(0.3㎜미만), 망상균열 • 교량받침 받침몰탈 균열(0.3㎜미만), 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만) • 신축이음 여유량 부족 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 배수관 누수 • 방호벽 균열(0.3㎜미만), 파손 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비, 재설치 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 하면 균열부백태, 파손, 교각 균열, 배수관 누수, 신축이음 여유량 부족 - 진전여부확인, 주기적인 계측 필요
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

남고양IC2교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 남고양IC2교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** (서 명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강					상태평가 결과 : A
결함발생부재			상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
STB	상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
		거더	a	•상태양호	-
	2차부재	가로보	a	•상태양호	-
	기타부재	포장	a	•상태양호	-
		배수시설	b	•배수관 누수	•정비
		난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만), 파손	•표면처리, 단면보수
		신축이음	a	•여유량 부족	•정비(재설치)
	받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열 •받침콘크리트 균열	•표면처리
	하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만), 망상균열	•표면처리
라멘	상부구조	바닥판	b	•균열부백태, 파손	•표면처리, 단면보수
		거더	b	•파손	•단면보수
	2차부재	가로보	a	•상태양호	-
	기타부재	포장	a	•상태양호	-
		배수시설	a	•상태양호	-
		난간, 연석	a	•상태양호	-
	하부구조	하부	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

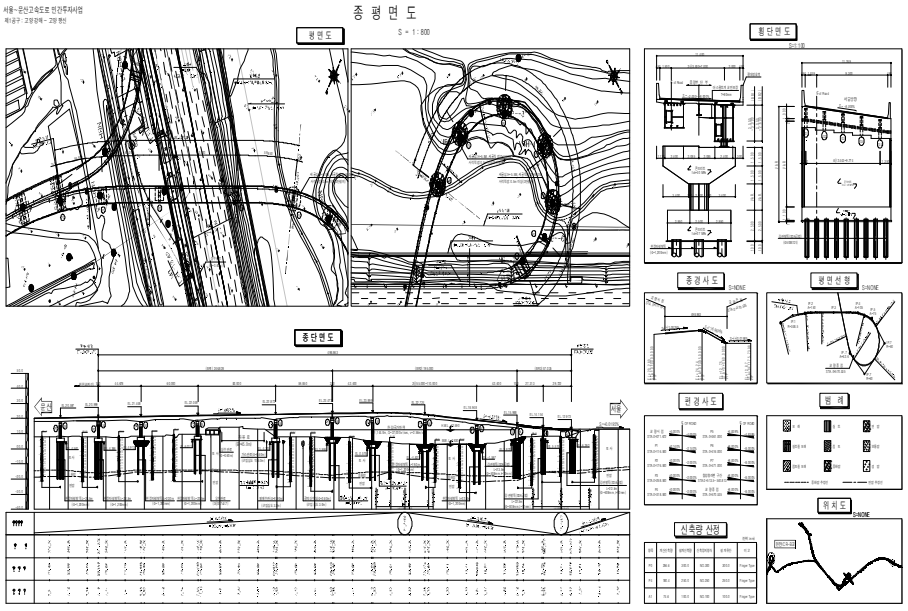
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

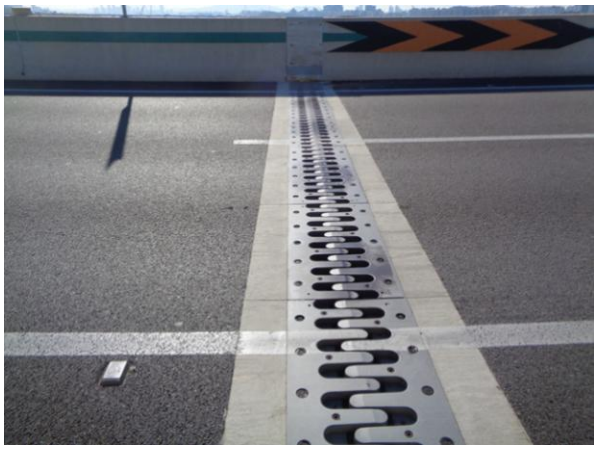
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면(STB)	27.3~29.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		바닥판 하면(라멘)	27.2~29.0	27.0	
	하부구조	교각(STB)	40.5~50.7	40.0	
		교대 및 교각(라멘)	27.9~29.5	27.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.5~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

남고양IC2교 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		남고양IC2교	시설물번호		BR2020-0000237
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 대덕로 426 (현천동)			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=498.9m (44.828+60+82+60+42.5+2@55+42.5+27.313+29.722≒498.9m)			
	폭	B=11.0m, 2차로			
구조형식	상부	Steel Box, 합성형라멘	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교각	현장타설말뚝
교량받침		면진받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		-
부착시설내용		-			
기 타					

남고양IC2교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

남고양IC1교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 자유로 88 (덕은동)	시설물규모	연장 120.0m, 폭 11.0m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 망상균열, 재료분리, 재료분리(철근노출) • 거더외부 도장긁힘, 변형 • 가로보 및 세로보 상태양호 • 교대 누수흔적 • 교각 망상균열 • 교량받침 받침몰탈 균열 • 신축이음 후타재 균열(0.3㎜미만), 여유량 부족 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 배수구 막힘 • 방호벽 균열(0.3㎜미만, 이상), 균열부백태 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수(방청), 재도장 • 정비(청소), 재설치, 주의관찰 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 하면 재료분리(철근노출), 교대 누수흔적, 방호벽 균열, 균열부백태, 신축이음 여유량 부족 - 진전 여부확인, 주기적인 계측 필요
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

남고양IC1교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 남고양IC1교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈　(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	c	•망상균열, 재료분리(철근노출)	•표면처리, 단면보수(방청)
	거더	b	•도장긁힘, 변형	•재도장, 정비(주의관찰)
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	b	•배수구 막힘	•정비(청소)
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만, 이상) •균열부백태	•표면처리, 주입보수
	신축이음	b	•후타재 균열(0.3㎜미만) •여유량부족	•표면처리 •정비(재설치)
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열	•표면처리
하부구조	하부	b	•망상균열, 누수흔적	•표면처리(정비)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

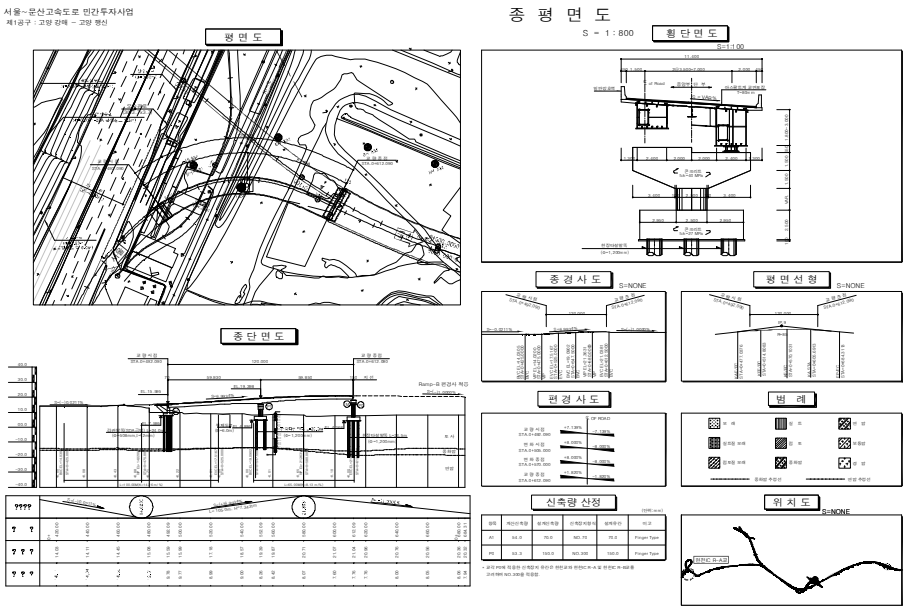
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

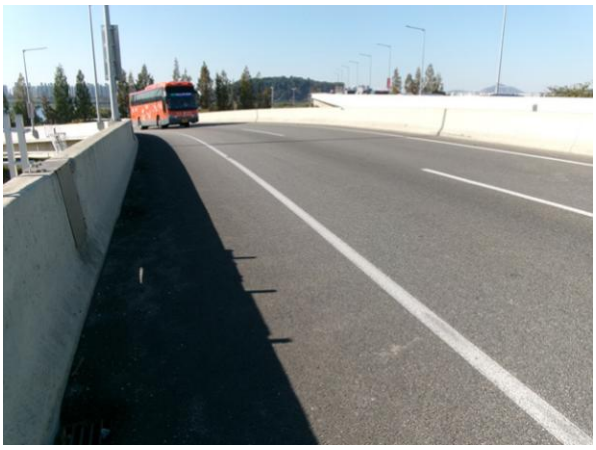
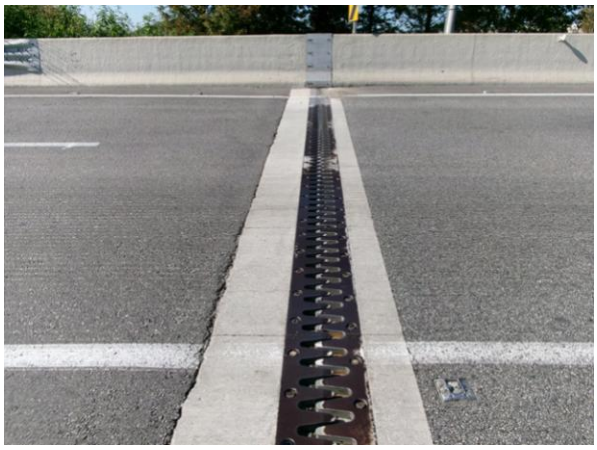
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.5~27.8	24.0	
		교각	42.0~50.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.5~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

남고양IC1교 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		남고양IC1교	시설물번호		BR2020-0000236
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 자유로 88 (덕은동)			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=120.0m (2@60=120m)			
	폭	B=11.0m, 2차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교각	현장타설말뚝
교량받침		면진받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		-
부착시설내용		-			
기 타					

남고양IC1교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더외부, 바닥판하면 전경	거더내부 전경
	
교대 전경	교각 전경

남고양교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 대덕로 426 (현천동)	시설물규모	연장 390.0m, 폭 25.0m, 4차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 균열부백태, 재료분리 • 거더 상태양호 • 가로보 및 세로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만), 망상균열 • 교각 망상균열 • 교량받침 받침몰탈 균열(0.3㎜미만) • 신축이음 이물질퇴적, 차수판 파손, 차수판 볼트탈락, 여유량 부족 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열 및 재균열(0.3㎜이상), 균열부백태 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수 • 정비(청소), 재설치 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 하면 균열부백태, 방호벽 균열 및 균열부백태, 신축이음 여유량 부족 - 진전 여부확인, 주기적인 계측 필요
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

남고양교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 남고양교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•균열(0.3㎜미만), 망상균열 •균열부백태, 재료분리	•표면처리, 단면보수
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보 및 세로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	b	•균열 및 재균열(0.3㎜이상) •균열부백태	•표면처리, 주입보수
	신축이음	b	•이물질퇴적, 차수판 파손 •여유량부족, 차수판 볼트탈락	•정비(청소) •정비(재설치)
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	•표면처리
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만), 망상균열	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

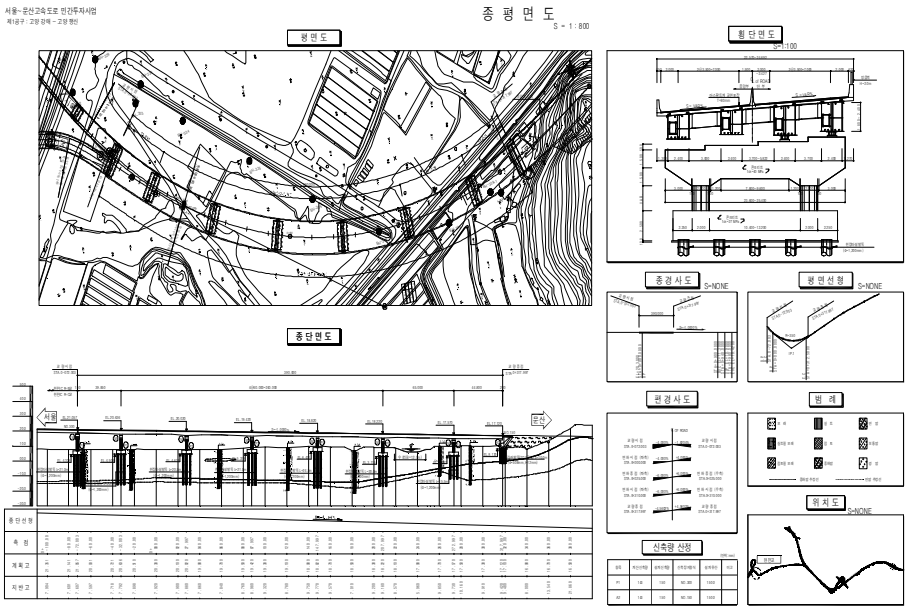
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

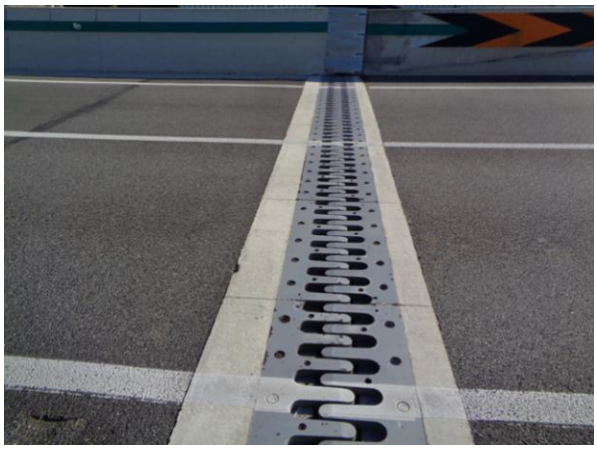
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~29.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.9~27.4	24.0	
		교각	41.0~50.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		98.5~99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

남고양교 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		남고양교	시설물번호		BR2020-0000233
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 대덕로 426 (현천동)			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=390.0m (40+4@60+65+45=390m)			
	폭	B=25.0m, 4차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교각	현장타설말뚝
교량받침		고무받침(면진받침)	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		-
부착시설내용		-			
기 타					

남고양교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문15교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 대덕로 158-121 (현천동)	시설물규모	연장 876.0m, 폭 21.0m, 4차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 망상균열, 백태, 균열부백태, 누수흔적, 파손, 재료분리 • 거더 박리, 재료분리 • 가로보 재료분리 • 교대 균열(0.3㎜이상), 망상균열, 백태, 균열부백태 • 교각 균열(0.3㎜미만, 이상), 망상균열, 박리 • 교량받침 받침몰탈 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 재료분리, 파손, 받침부식, 고정핀미제거 • 신축이음 후타재 균열(0.3㎜미만), 파손, 이물질퇴적, 하부 누수, 여유량 부족 • 교면포장 망상균열 • 배수시설 배수관 누수, 막힘, 연결불량, 파손, 배수구 막힘 • 방호벽 균열(0.3㎜미만, 이상), 균열부백태, 파손 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수, 재도장 • 정비(청소), 재설치, 균열보수(재포장) 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 하면 백태, 균열부백태, 하부구조 균열(0.3㎜이상), 교면포장 망상균열, 배수관 및 배수구 누수, 막힘, 파손, 신축이음 여유량 부족 - 진전 여부확인, 주기적인 계측 필요
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문15교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문15교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강					상태평가 결과 : B
결함발생부재			상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
BICON	상부구조	바닥판	b	•망상균열, 백태, 균열부백태 •누수흔적, 파손	•표면처리, 단면보수
		거더	a	•박리, 재료분리	•단면보수
	2차부재	가로보	a	•재료분리	•단면보수
	기타부재	포장	d	•망상균열	•균열보수(재포장)
		배수시설	b	•배수관 누수, 막힘, 연결불량 •배수관 파손, 배수구 막힘	•정비(청소)
		난간, 연석	c	•균열(0.3㎜미만, 이상) •균열부백태, 파손	•표면처리, 주입보수, 단면보수
		신축이음	c	•후타재 균열(0.3㎜미만), 파손 •이물질퇴적, 하부 누수 •여유량 부족	•표면처리, 단면보수 •정비(청소), 재설치
	받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열, 망상균열 •받침콘크리트 균열, 망상균열 •재료분리, 파손 •받침부식	•표면처리, 단면보수 •재도장
	하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만, 이상), 망상균열 •백태, 균열부백태, 박리	•표면처리, 주입보수, 단면보수
STB	상부구조	바닥판	b	•망상균열, 백태	•표면처리
		거더	a	•상태양호	-
	2차부재	가로보	a	•상태양호	-
	기타부재	포장	d	•망상균열	•균열보수(재포장)
		배수시설	b	•배수관 파손, 연결불량	•정비
		난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리
		신축이음	b	•후타재 균열(0.3㎜미만) •여유량 부족	•표면처리 •정비(재설치)
	받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열	•표면처리
	하부구조	하부	b	•망상균열	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

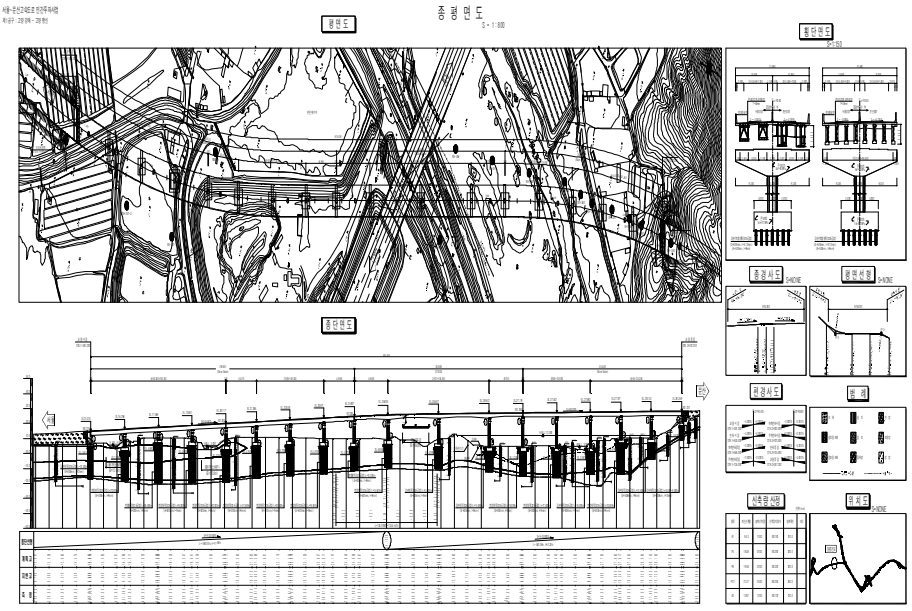
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.3~29.2	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.9~52.8	40.0	
	하부구조	교대	24.1~27.6	24.0	
		교각	41.2~51.5	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		98.5~99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문15교 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문15교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000234</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 대덕로 158-121 (현천동)</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=876.0m (4@50+45+2@50+45+50+2@75+50+2@50+3@45≒876m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=21.0m, 4차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>Bicon + Steel Box</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>A1 : 강관말뚝기초
A2 : 직접기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: T형</td><td>교각</td><td>P1~P9,P12,P13,P15,P16 : 강관말뚝기초
P10,P11,P14 : 현장타설말뚝</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>-</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

서문15교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

고양분기점 7교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 원당동 218-5	시설물규모	연장 65m, 폭 8.7m, 1차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 망상균열 • 거더 부식 • 가로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만), 표면박리 및 열화, 토사 및 폐콘크리트 퇴적, 박리, 파손 • 교량받침 Plate부식, 받침몰탈 파손 • 신축이음 후타재균열, 후타재 파손, 차수판 볼트 체결불량, 여유량 부족 • 교면포장 포트홀, 접속부 포장 파손 • 배수시설 배수구 막힘 • 방호벽 균열(0.3㎜이상), 델리네이트 파손, 접속부 파손 • 점검시설 점검계단 유실
주요 보수·보강	• 표면처리 • 아스콘 팻칭 • 단면보수 • 주입보수 • 정비 • 재도장 • 신축이음 재설치

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 여유량 부족 - 주기적인 여유량 확인, 받침몰탈 파손, 하부구조 표면열화 및 박리 -진전여부 확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

고양분기점 7교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 고양분기점 7교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈　(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•망상균열	•표면처리
	거더	b	•부식	•재도장
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	b	•포트홀, 접속부 포장 파손	•아스콘 팻칭, 단면보수
	배수시설	c	•배수구 막힘	•정비
	난간, 연석	c	•균열(0.3㎜이상) •접속부 파손 •델리네이트 파손	•주입보수 •단면보수 •정비
	신축이음	b	•후타재균열, 후타재 파손 •차수판 볼트 체결불량 •이동량 부족	•표면처리, 단면보수 •정비 •교체
받침	교량받침	b	•Plate부식 •받침몰탈 파손	•재도장 •단면보수
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만) •표면열화 및 박리, 박리, 파손 •토사 및 폐콘크리트 퇴적	•표면처리 •단면보수 •정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

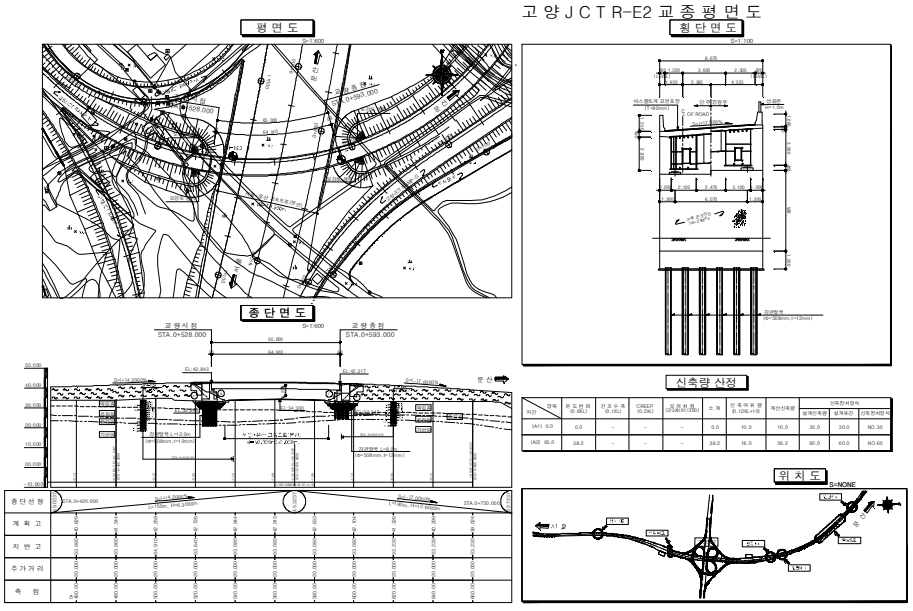
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.4	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.1~27.3	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		1.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		2.0~2.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

고양분기점 7교 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		고양분기점 7교	시설물번호		BR2020-0000161
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 원당동 218-5			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=65.0m(65.0m)			
	폭	B=8.7m, 1차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대: 역T형		교각	-
교량받침		포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		5.3m
부착시설내용		-			
기 타					

고양분기점 7교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
배수시설 전경	교대 전경

고양분기점 11교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 원당동 1060-9	시설물규모	연장 60m, 폭 8.7m, 1차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열부백태, 백태 • 거더 도장긁힘, 변형 • 가로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜내,외), 균열부백태, 마감미흡, 폐콘크리트 퇴적, 법면 토사유실 • 교량받침 받침몰탈 박리, 여유량 부족, 편기 • 신축이음 이물질퇴적 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜이상) • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 주입보수 • 백태보수 • 주의관찰 • 단면보수 • 재도장 • 정비 • 프리세팅

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 하부구조, 교량받침 균열(0.3㎜이상), 여유량 부족, 편기 - 진전 여부확인, 주기적인 여유량 측정
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

고양분기점 11교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 고양분기점 11교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•균열부백태, 백태	•백태보수
	거더	b	•도장긁힘, 변형	•재도장, 주의관찰
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	c	•균열(0.3㎜이상)	•주입보수
	신축이음	b	•이물질퇴적	•정비
받침	교량받침	c	•받침몰탈 박리 •여유량 부족, 편기	•단면보수 •프리세팅, 주의관찰
하부구조	하부	c	•균열(0.3㎜내,외) •균열부백태, 마감미흡 •폐콘크리트 퇴적, 법면 토사유실	•표면처리, 주입보수 •백태보수, 정비 •정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

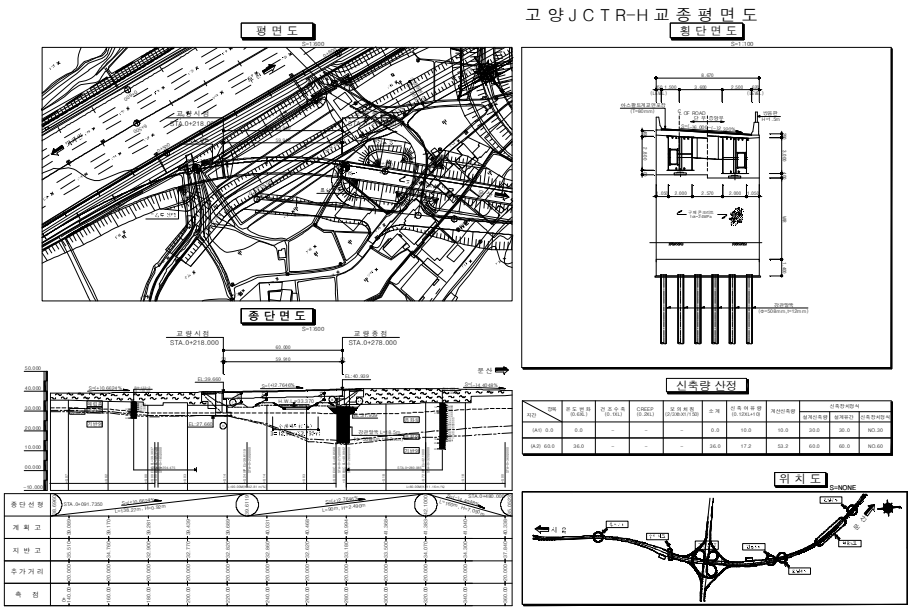
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

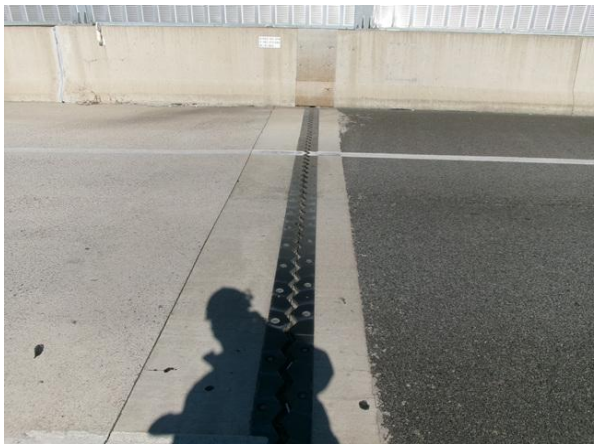
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.8	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.3~27.3	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		99.0~99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

고양분기점 11교 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		고양분기점 11교	시설물번호		BR2020-0000162
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 원당동 1060-9			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=60.0m(60.0m)			
	폭	B=8.7m, 1차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	직접기초 말뚝기초
	하부	교대: 역T형			
교량받침		포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		2.6m
부착시설내용		-			
기 타					

고양분기점 11교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수시설 전경

원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	A
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 원당동 249-9	시설물규모	연장 200m, 폭 4.1m, 1차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 상태양호 • 교각 상태양호 • 교량받침 받침몰탈 균열, 파손 • 신축이음 상태양호 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 배수구 토사퇴적 • 방호벽 접속부 파손 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 교량받침 받침몰탈 파손, 균열, 방호벽 접속부 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	c	•배수구 토사퇴적	•정비
	난간, 연석	c	•접속부 파손	•단면보수
	신축이음	a	•상태양호	-
받침	교량받침	c	•받침몰탈 균열, 파손	•표면처리, 단면보수
하부구조	하부	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

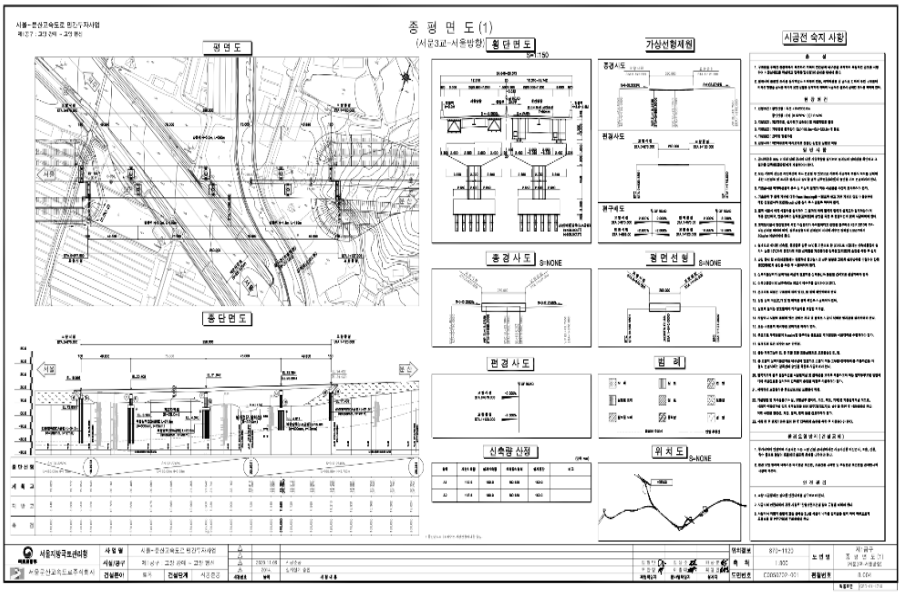
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.3~28.5	24.0	
		교각	40.4~48.5	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		99.0~99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		원당천(R-A)교 (퇴계원방향 확장부)	시설물번호		BR2020-0000114
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 원당동 249-9			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=200.0m(2@55+2@45=200.0m)			
	폭	B=4.1m			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교각	직접기초 말뚝기초
교량받침		면진받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		효릉천도로	통과 높이		5.8
부착시설내용		-			
기 타					

원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

원당천(R-C)교(부천방향 확장부) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	A
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 원당동 277-11	시설물규모	연장 200m, 폭 11.2m, 2차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 박리 • 교각 상태양호 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 토사퇴적 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 배수구 토사퇴적 • 방호벽 파손, 방음벽 파손 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 단면보수 • 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 교대 박리, 방호벽 파손, 방음벽 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

원당천(R-C)교(부천방향 확장부) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 원당천(R-C)교(부천방향 확장부)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•상태양호	-
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	c	•배수구 토사퇴적	•정비
	난간, 연석	c	•방호벽 파손, 방음벽 파손	•단면보수, 정비
	신축이음	b	•토사퇴적	•정비
받침	교량받침	a	•상태양호	-
하부구조	하부	b	•박리	•단면보수

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

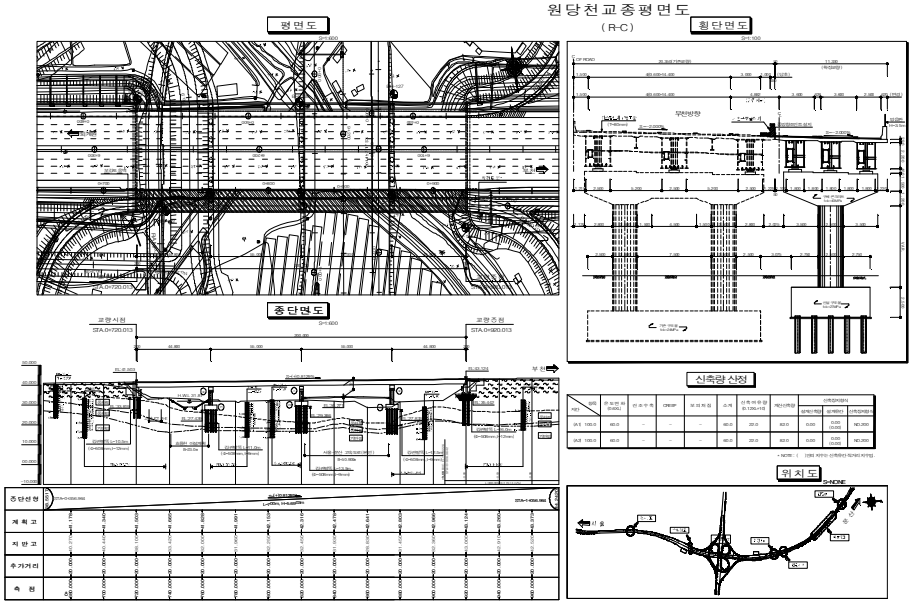
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.8	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.2~28.5	24.0	
		교각	40.4~48.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		99.0~99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

원당천(R-C)교(부천방향 확장부) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		원당천(R-C)교 (부천방향 확장부)	시설물번호		BR2020-0000115
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 원당동 277-11			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=200.0m(2@55+2@45=200.0m)			
	폭	B=11.2m			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교각	강관말뚝기초
교량받침		포트받침	신축이음		핑거조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		효릉천도로	통과 높이		5.7m
부착시설내용		-			
기 타					

원당천(R-C)교(부천방향 확장부) 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>거더 전경</td><td>바닥판하면 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대 전경</td><td>교각 전경</td></tr>
</table>

성사1교(부천방향 확장부) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14	시설물규모	연장 120m, 폭 11.5m, 2차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 파손 및 철근노출 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 상태양호 • 교각 상태양호 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 후타재 균열, 신축이음 하부 누수 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 배수구 토사퇴적 • 방호벽 접속부 파손
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수, 단면보수(방청) • 정비 • 유도배수관 설치

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 하면, 신축이음, 방호벽 파손 및 철근노출, 신축이음 하부 누수, 접속부 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

성사1교(부천방향 확장부) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 성사1교(부천방향 확장부)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** 이 상 훈 (서 명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	c	•파손 및 철근노출	•단면보수(방청)
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	c	•배수구 토사퇴적	•정비
	난간, 연석	c	•접속부 파손	•단면보수
	신축이음	c	•후타재 균열 •신축이음 하부 누수	•표면처리 •유도배수관 설치
받침	교량받침	a	•상태양호	-
하부구조	하부	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

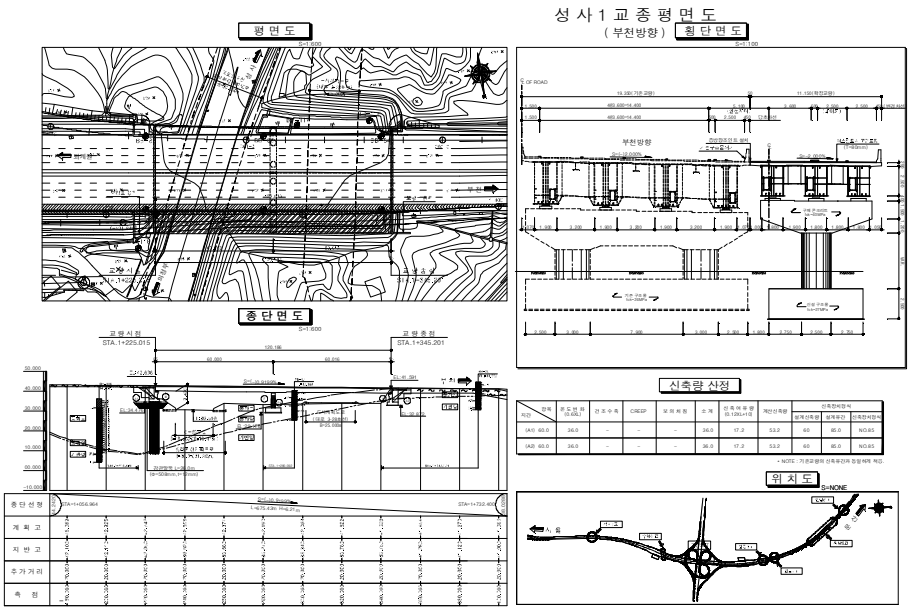
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.7~29.5	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	26.8~28.5	24.0	
		교각	43.8~53.2	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0~39.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

성사1교(부천방향 확장부) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		성사1교(부천방향 확장부)	시설물번호		BR2020-0000111
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=120.0m(2@60=120.0m)			
	폭	B=11.5m			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대: 역T형 교각: T형		교각	직접기초
교량받침		포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		호국로	통과 높이		9.4m
부착시설내용		-			
기 타					

성사1교(부천방향 확장부) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

성사1교(퇴계원방향 확장부) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14	시설물규모	연장 120m, 폭 5.0m, 1차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 상태양호 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 후타재 균열, 후타재 보수부 박리 • 교면포장 접속도로 아스콘 파손 • 배수시설 배수구 토사퇴적 • 방호벽 접속부 파손 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비 • 아스콘 팻칭

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 교면포장 방호벽 후타재 박리, 접속도로 아스콘 파손, 접속부 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

성사1교(퇴계원방향 확장부) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 성사1교(퇴계원방향 확장부)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•접속도로 아스콘 파손	•아스콘 팻칭
	배수시설	c	•배수구 토사퇴적	•정비
	난간, 연석	c	•접속부 파손	•단면보수
	신축이음	c	•후타재 균열 •후타재 보수부 박리	•표면처리 •단면보수
받침	교량받침	a	•상태양호	-
하부구조	하부	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

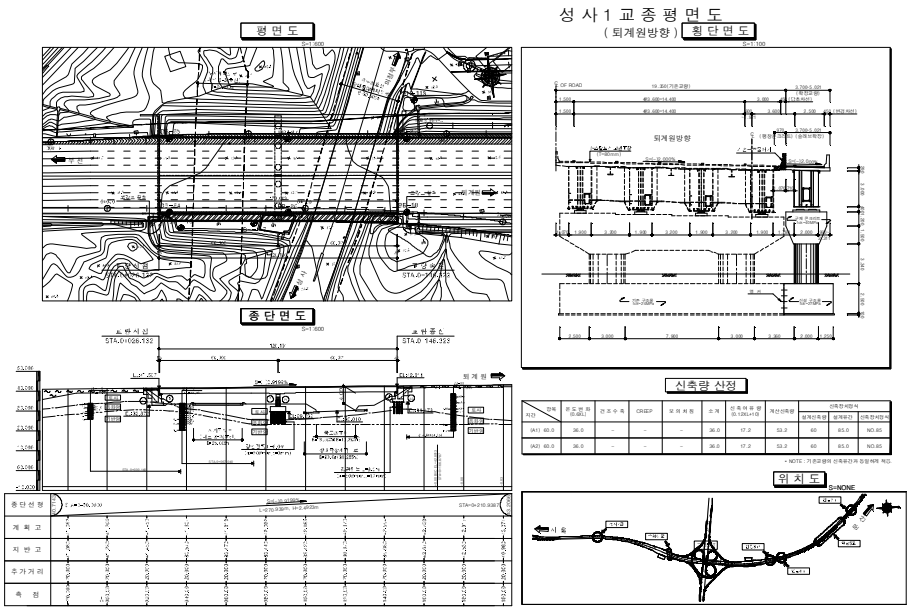
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~29.1	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	27.1~28.6	24.0	
		교각	43.3~52.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

성사1교(퇴계원방향 확장부) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>성사1교(퇴계원방향 확장부)</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000112</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=120.0m(2@60=120.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=5.0m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>Steel Box</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>직접기초
강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교각</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>호국로</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>8.6m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

성사1교(퇴계원방향 확장부) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

성사2교(확장부) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	A
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 성사동 산 14-5	시설물규모	연장 110m, 폭 4.1m, 1차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 상태양호 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 후타재 균열, 여유량 부족 • 교면포장 접속도로 아스콘 파손 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 상태양호 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 신축이음 재설치 • 정비 • 아스콘 팻칭

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음, 교면포장 여유량 부족, 후타재 균열, 접속도로 아스콘 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

성사2교(확장부) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 성사2교(확장부)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	c	•접속도로 아스콘 파손	•아스콘 팻칭
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	a	•상태양호	-
	신축이음	b	•후태재 균열 •여유량 부족	•표면처리 •신축이음 교체
받침	교량받침	a	•상태양호	-
하부구조	하부	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

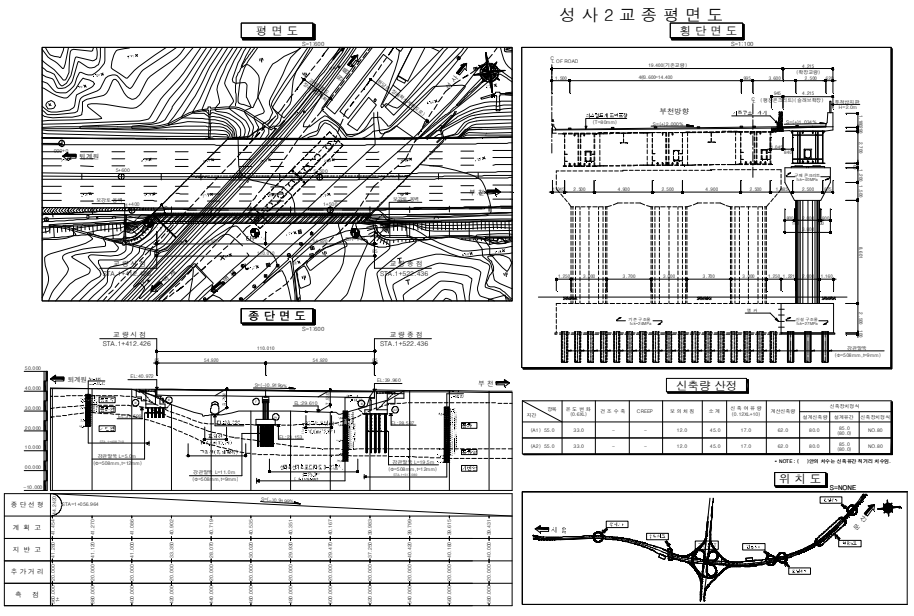
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.6	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.1~27.7	24.0	
		교각	43.6~53.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

성사2교(확장부) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		성사2교(확장부)	시설물번호		BR2020-0000113
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 성사동 산 14-5			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=110.0m(2@55=110.0m)			
	폭	B=4.1m			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형 교각: T형		교각	강관말뚝기초
교량받침		포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		원당로	통과 높이		7.5m
부착시설내용		-			
기 타					

성사2교(확장부) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문22교(서울) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 원당동 572-2	시설물규모	연장 532.0m, 폭 15.9m, 3차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 망상균열 및 백태, 파손 및 철근노출 • 거더(STB) 상태양호, 거더(BH) 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열 • 가로보(STB) 상태양호, 가로보(BH) 백태 및 철근노출 • 교대 법면 토사유실 • 교각 균열(0.3㎜미만) • 교량받침 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만) 및 재료분리, 플레이트 도장박락 • 신축이음 후타재 박락, 하부 누수, 차수판 앵커탈락 및 미설치 • 교면포장 접속도로 파손 및 망상균열 • 배수시설 배수관 이음부 누수, 월류 • 방호벽 균열(0.3㎜미만) 및 파손
주요 보수·보강	• 표면처리, 단면보수, 재도장, 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 후타재 박락, 하부 누수 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문22교(서울) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문22교(서울)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•망상균열 및 백태, 파손 및 철근노출	•표면처리, 단면보수
	거더	b	•균열(0.3㎜미만) 및 망상균열	•표면처리
2차부재	가로보	a	•백태 및 철근노출	•표면처리, 단면보수
기타부재	포장	a	•접속도로 파손 및 망상균열	•표면처리, 단면보수
	배수시설	b	•배수관 이음부 누수, 월류	•정비
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만) 및 파손	•표면처리, 단면보수
	신축이음	b	•후타재 박락, 하부 누수, 차수판 앵커탈락 및 미설치	•단면보수, 재설치, 정비
받침	교량받침	b	•받침콘크리트 균열(0.3㎜미만) 및 재료분리, 플레이트 도장박락	•표면처리, 단면보수, 재도장
하부구조	하부	b	•법면 토사유실 •균열(0.3㎜미만)	•표면처리, 정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

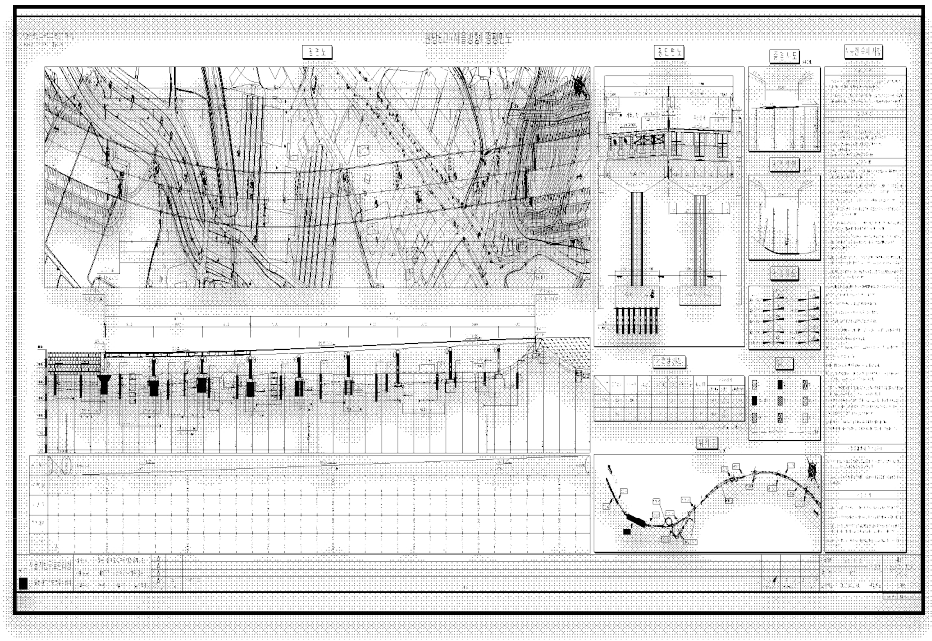
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	28.4~29.7	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	42.4~46.7	40.0	
	하부구조	교대	25.1~27.0	24.0	
		교각	40.8~45.5	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~96.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문22교(서울) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문22교(서울)</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000116</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 원당동 572-2</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선(8.270km)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=532.0m(4@60+2@61+65+60+45=532.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=15.9m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조 형식</td><td>상부</td><td>BH거더+Steel Box거더</td><td rowspan="2">기초 형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초, 직접기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교각</td><td>강관말뚝기초, 직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>핑거</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물 (도로, 철도, 하천)</td><td>원당천, 서울교외선철도</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

서문22교(서울) 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>거더(BH거더) 전경</td><td>거더(S.T.B) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대(A1) 전경</td><td>교각 전경</td></tr>
</table>

서문22교(문산) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 원당동 572-2	시설물규모	연장 503.0m, 폭 15.9m, 3차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 망상균열 및 백태, 파손 • 거더(STB) 상태양호, 거더(BH) 상태양호 • 가로보(STB) 상태양호, 가로보(BH) 재료분리 • 교대 백태 • 교각 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 파손 • 교량받침 받침콘크리트 재료분리 • 신축이음 하부 누수, 차수판 앵커 탈락 • 교면포장 접속도로 박리 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만) 및 백태
주요 보수·보강	• 표면처리, 단면보수, 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 하부 누수 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문22교(문산) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문22교(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈　(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•망상균열 및 백태, 파손	•표면처리, 단면보수
	거더	a	•상태양호	• -
2차부재	가로보	b	•재료분리	•단면보수
기타부재	포장	a	•접속도로 박리	•단면보수
	배수시설	a	•상태양호	• -
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만) 및 백태	•표면처리
	신축이음	c	•하부 누수, 차수판 앵커 탈락	•재설치, 정비
받침	교량받침	a	•받침콘크리트 재료분리	•단면보수
하부구조	하부	b	•백태 •균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 파손	•표면처리, 단면보수

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

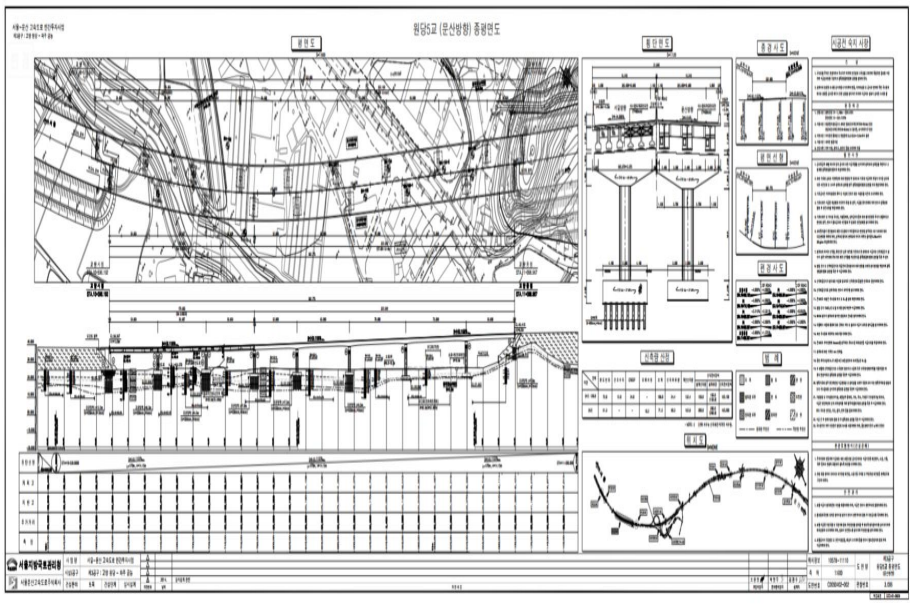
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.4~29.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.0~44.0	40.0	
	하부구조	교대	27.0~28.6	24.0	
		교각	42.2~44.7	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.5~37.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5~97.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문22교(문산) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문22교(문산)</td><td>시설물번호</td><td></td><td>BR2020-0000117</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td>관리번호</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 원당동 572-2</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td>노선명(이정)</td><td></td><td>고속국도 17호선(8.270km)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=503.0m(3@60+53+65+70+75=503.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=15.9m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조 형식</td><td>상부</td><td>BH거더+Steel Box거더</td><td rowspan="2">기초 형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초, 직접기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교각</td><td>강관말뚝기초, 직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td>신축이음</td><td></td><td>핑거</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물 (도로, 철도, 하천)</td><td>원당천, 서울교외선철도</td><td>통과 높이</td><td></td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

서문22교(문산) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더(BH거더) 전경	거더(S.T.B), 바닥판하면 전경
	
교대(A2) 전경	교각 전경

서문27교(서울) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51	시설물규모	연장 50.0m, 폭 16.0m, 3차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 들뜸 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 긁힘, 박락, 균열부 백태 • 교량받침 탄성고무 배부름 • 신축이음 후타재 균열(0.3㎜미만), 하부 누수 • 교면포장 접속도로 망상균열, 박리 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만) 및 접속부 실란트 파손
주요 보수·보강	• 표면처리, 단면보수, 실란트 충전, 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 하부 누수 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문27교(서울) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문27교(서울)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈　(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•들뜸	•단면보수
	거더	a	•상태양호	• -
2차부재	가로보	a	•상태양호	• -
기타부재	포장	a	•접속도로 망상균열, 박리	•표면처리, 단면보수
	배수시설	a	•상태양호	• -
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만) 및 실란트 파손	•표면처리, 실란트충전
	신축이음	c	•후타재 균열(0.3㎜미만), 하부 누수	•표면처리, 재설치
받침	교량받침	b	•탄성고무 배부름	•재설치
하부구조	하부	b	•긁힘, 박락, 균열부 백태	•표면처리, 단면보수

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

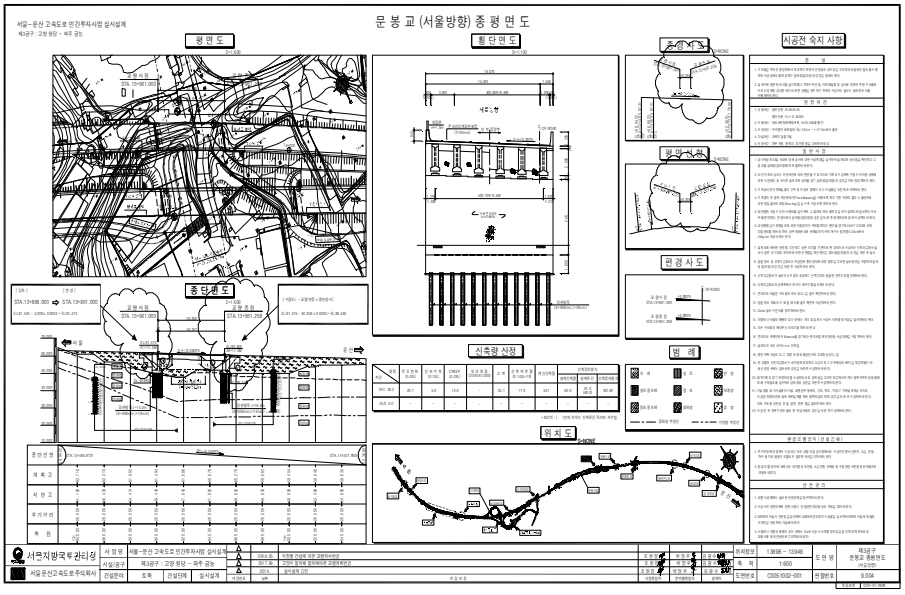
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.9~28.8	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	26.1~27.8	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5~96.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문27교(서울) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문27교(서울)	시설물번호		BR2020-0000118
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선(11.580km)
제원	연장	L=50.0m(50.0m)			
	폭	B=16.0m			
구조형식	상부	BICON거더	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형		교각	-
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		견달산로	통과 높이		5.0m
부착시설내용		-			
기 타					

서문27교(서울) 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>방호벽, 방음벽 전경</td><td>거더, 바닥판하면 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대(A1) 전경</td><td>교대(A2) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>작업사진(도보 이동점검) 전경</td><td>작업사진(고소차) 전경</td></tr>
</table>

서문27교(문산) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51	시설물규모	연장 100.0m, 폭 15.9m, 3차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 백태 • 거더 균열(0.3㎜이상) • 가로보 상태양호 • 교대 균열부 백태 • 교각 상태양호 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 균열(0.3㎜미만), 하부 누수, 차수판 앵커 탈락 • 교면포장 접속도로 망상균열 및 파손 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 접속부 실란트 파손
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수, 단면보수, 실란트 충전, 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 하부 누수 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문27교(문산) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문27교(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•백태	•표면처리
	거더	b	•균열(0.3㎜이상)	•주입보수
2차부재	가로보	a	•상태양호	• -
기타부재	포장	a	•접속도로 망사균열 및 파손	•표면처리, 단면보수
	배수시설	a	•상태양호	• -
	난간, 연석	b	•실란트 파손	•실란트충전
	신축이음	c	•균열(0.3㎜미만), 하부 누수, 차수판 앵커 탈락	•표면처리, 재설치, 정비
받침	교량받침	a	•상태양호	• -
하부구조	하부	b	•균열부 백태	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

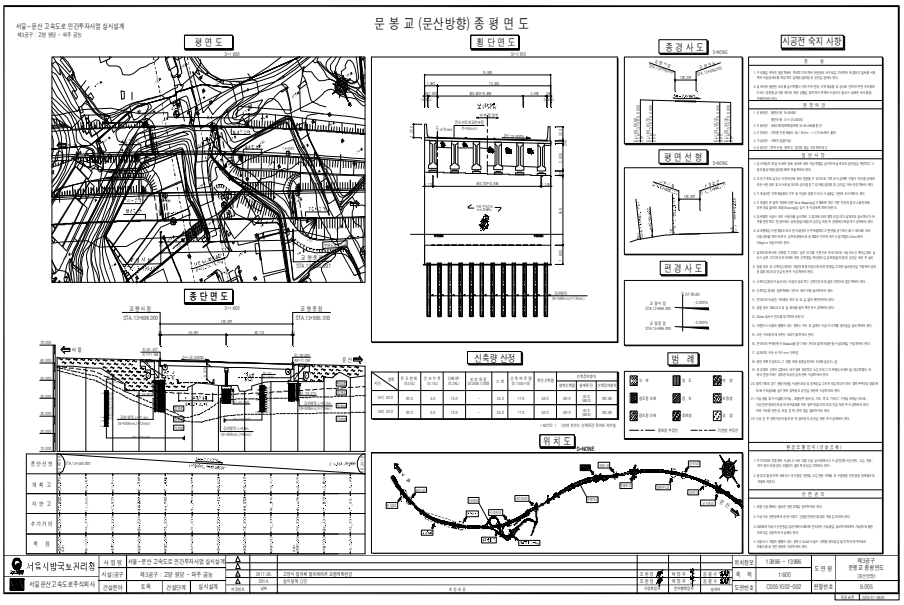
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~27.3	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	45.7	40.0	
	하부구조	교대	27.4	24.0	
		교각	43.1	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문27교(문산) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문27교(문산)	시설물번호		BR2020-0000119
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선(11.580km)
제원	연장	L=100.0m(2@50=50.0m)			
	폭	B=15.9m			
구조형식	상부	BICON거더	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교각	강관말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		견달산로	통과 높이		5.0m
부착시설내용		-			
기 타					

서문27교(문산) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
배수구 전경	거더, 바닥판하면 전경
	
교대(A1) 전경	교대(A2) 전경
	
교각(P1) 전경	작업사진(도보 이동점검) 전경

장진천2교(서울) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 조리읍 능안리 95-8	시설물규모	연장 180.0m, 폭 12.3m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 망상균열, 파손 • 가로보 재료분리 • 교대 백태 • 교각 균열(0.3㎜미만) • 교량받침 상태양호 • 신축이음 후타재 균열(0.3㎜미만), 하부 누수, 이동량부족 • 교면포장 망상균열 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만)
주요 보수·보강	• 표면처리, 단면보수, 재설치

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 하부 누수, 이동량부족 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

장진천2교(서울) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 장진천2교(서울)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	• -
	거더	b	•망상균열 및 파손	•표면처리, 단면보수
2차부재	가로보	b	•재료분리	•단면보수
기타부재	포장	d	•망상균열	•표면처리
	배수시설	a	•상태양호	• -
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리
	신축이음	c	•후타재 균열(0.3㎜미만), 하부 누수, 이동량 부족	•표면처리, 재설치
받침	교량받침	a	•상태양호	• -
하부구조	하부	b	•백태, 균열(0.3㎜미만)	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

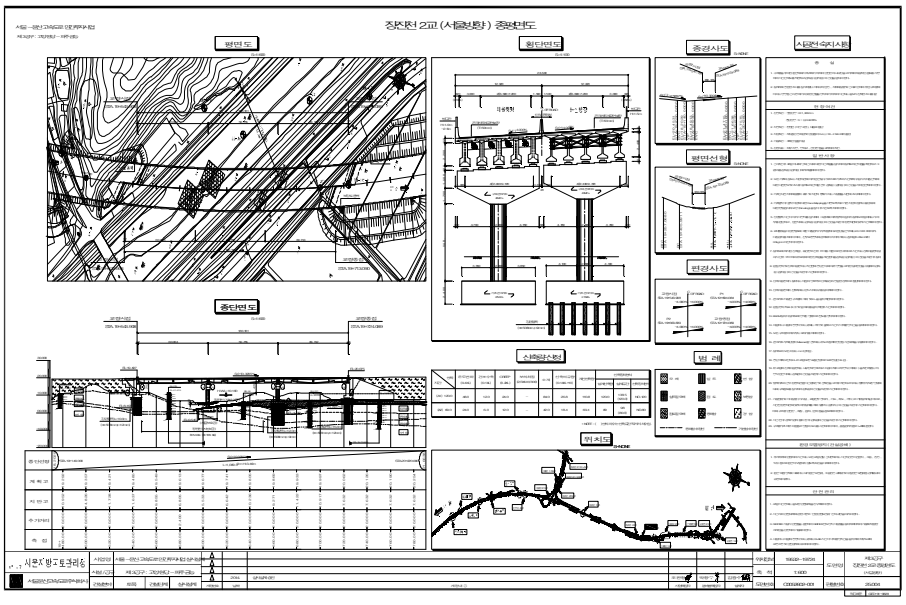
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.4~28.7	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.8	40.0	
	하부구조	교대	25.7~26.8	24.0	
		교각	42.0~46.8	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		35.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

장진천2교(서울) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>장진천2교(서울)</td><td>시설물번호</td><td></td><td>BR2020-0000120</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td>관리번호</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 조리읍 능안리 95-8</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td>노선명(이정)</td><td></td><td>고속국도 17호선(17.220km)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=180.0m(3@60=180.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=12.3m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>BH거더</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교각</td><td>P1: 직접기초
P2: 강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td>신축이음</td><td></td><td>핑거</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>장진천</td><td>통과 높이</td><td></td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

장진천2교(서울) 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>방호벽, 방음벽 전경</td><td>거더 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대(A1) 전경</td><td>교대(A2) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교각 전경</td><td>교량받침 전경</td></tr>
</table>

장진천2교(문산) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 조리읍 능안리 95-8	시설물규모	연장 180.0m, 폭 12.3m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 백태 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만) • 교각 균열(0.3㎜미만) • 교량받침 받침콘크리트 들뜸, 스토퍼 간섭 • 신축이음 후타재 파손, 하부 누수, 본체 볼트탈락, 차수판 앵커 탈락, 이동량부족 • 교면포장 망상균열 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만) 및 백태, 접속부 파손 및 이격
주요 보수·보강	• 표면처리, 단면보수, 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 하부 누수, 본체 볼트탈락, 이동량부족 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

장진천2교(문산) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 장진천2교(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈　(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•백태	•표면처리
	거더	a	•상태양호	• -
2차부재	가로보	a	•상태양호	• -
기타부재	포장	c	•망상균열	•표면처리
	배수시설	a	•상태양호	• -
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만) 및 백태, 접속부 파손 및 이격	•표면처리, 단면보수
	신축이음	c	•후타재 파손, 하부 누수, 본체 볼트탈락, 차수판 앵커 탈락, 이동량부족	•단면보수, 재설치, 정비
받침	교량받침	a	•받침콘크리트 들뜸, 스토퍼 간섭	•단면보수, 재설치
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

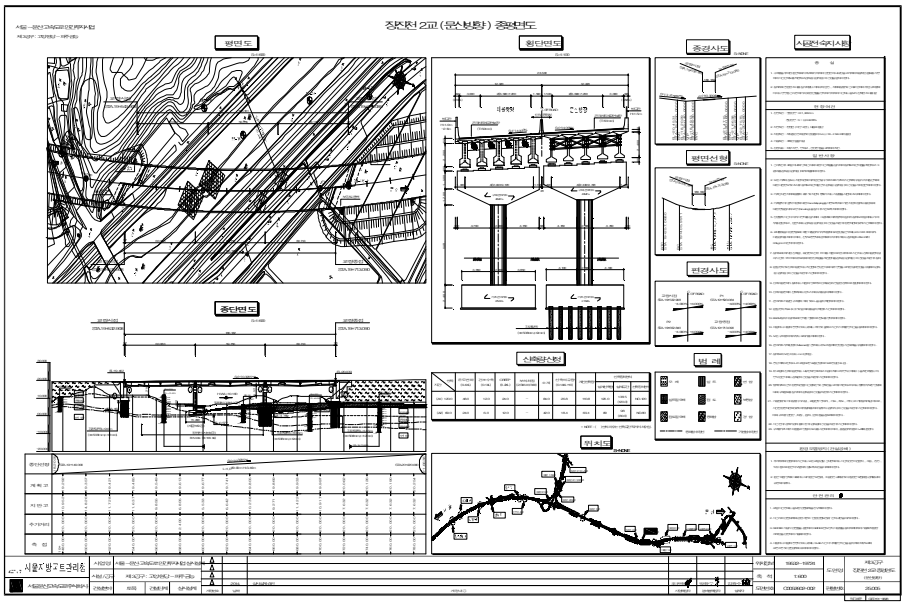
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

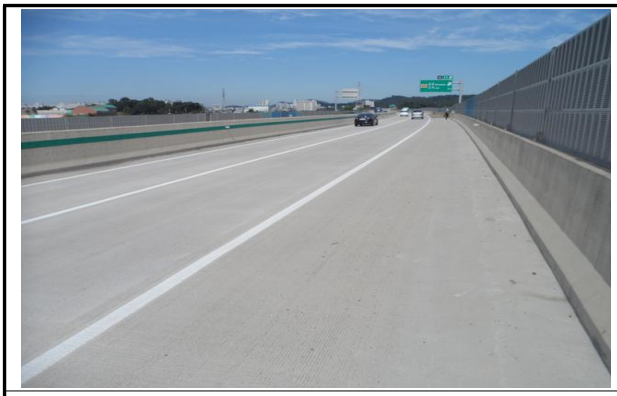
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	28.4~30.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	45.3	40.0	
	하부구조	교대	24.8~28.5	24.0	
		교각	42.2~44.7	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		35.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		94.5~95.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

장진천2교(문산) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>장진천2교(문산)</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000121</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 조리읍 능안리 95-8</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선(17.220km)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=180.0m(3@60=180.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=12.3m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>BH거더</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교각</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>핑거</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>장진천</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

장진천2교(문산) 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>방호벽, 방음벽 전경</td><td>거더 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대(A1) 전경</td><td>교대(A2) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교각 전경</td><td>교량받침 전경</td></tr>
</table>

대원2교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 조리읍 대원리 1333-3	시설물규모	연장 115.0m, 폭 24.6m, 왕복4차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 파손 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 균열부 백태, 체수흔적 • 교각 균열(0.3㎜미만) • 교량받침 상태양호 • 신축이음 후타재 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 하부 누수, 차수판 앵커 탈락 • 교면포장 망상균열, 접속부 망상균열 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만) 및 백태, 접속부 파손 및 백태, 단차
주요 보수·보강	• 표면처리, 단면보수, 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 하부 누수 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

대원2교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 대원2교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•파손	•단면보수
	거더	a	•상태양호	• -
2차부재	가로보	a	•상태양호	• -
기타부재	포장	c	•망상균열, 접속부 망상균열	•표면처리
	배수시설	a	•상태양호	• -
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만) 및 백태, 접속부 파손 및 백태, 단차	•표면처리, 단면보수
	신축이음	c	•후타재 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 하부 누수, 차수판 앵커 탈락	•단면보수, 재설치, 정비
받침	교량받침	a	•상태양호	• -
하부구조	하부	c	•균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 균열부 백태, 체수흔적	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

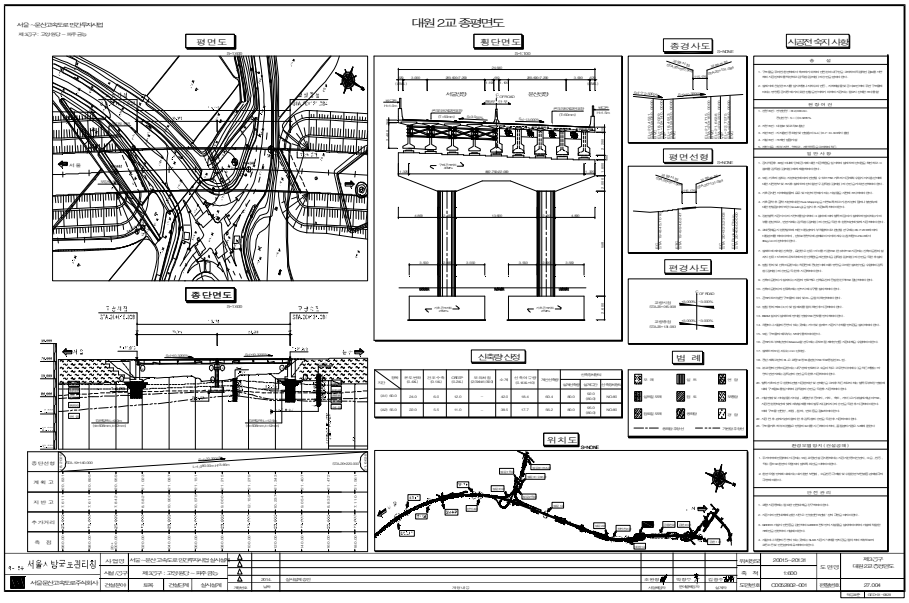
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.5~29.0	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	46.1	40.0	
	하부구조	교대	24.2~25.6	24.0	
		교각	43.1	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5~96.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

대원2교 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		대원2교	시설물번호		BR2020-0000122
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 파주시 조리읍 대원리 1333-3			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선(17.710km)
제원	연장	L=115.0m(60+55=115.0m)			
	폭	B=24.6m			
구조형식	상부	BH거더	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형 교각: π형		교각	직접기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		대원로, 능안로	통과 높이		5.0m
부착시설내용		-			
기 타					

대원2교 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>방호벽, 방음벽 전경</td><td>거더 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대(A1) 전경</td><td>교대(A2) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교각 전경</td><td>교량받침 전경</td></tr>
</table>

신공릉천교(서울) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 조리읍 능안리 23-4	시설물규모	연장 320.0m, 폭 12.3m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더(PSC) 파손, 거더(BH) 망상균열 • 가로보(PSC) 상태양호, 가로보(BH) 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만) • 교각 균열(0.3㎜미만), 망상균열 • 교량받침 무수축몰탈 균열(0.3㎜미만), 플레이트 부식 • 신축이음 후타재 균열(0.3㎜미만), 박락, 하부 누수, 본체 볼트탈락 • 교면포장 균열(0.3㎜미만) • 배수시설 배수관 이음부 누수 • 방호벽 균열(0.3㎜미만) 및 백태
주요 보수·보강	• 표면처리, 단면보수, 재도장, 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 후타재 박락, 하부 누수, 본체 볼트탈락 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

신공릉천교(서울) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 신공릉천교(서울)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	• -
	거더	b	•거더(PSC) 파손, 거더(BH) 망상균열	•표면처리, 단면보수
2차부재	가로보	a	•상태양호	• -
기타부재	포장	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리
	배수시설	b	•배수관 이음부 누수	•정비
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만) 및 백태	•표면처리
	신축이음	c	•후타재 균열(0.3㎜미만), 박락, 하부 누수, 본체 볼트탈락	•표면처리, 단면보수, 재설치
받침	교량받침	b	•무수축몰탈 균열(0.3㎜미만), 플레이트 부식	•표면처리, 재도장
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만), 망상균열	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

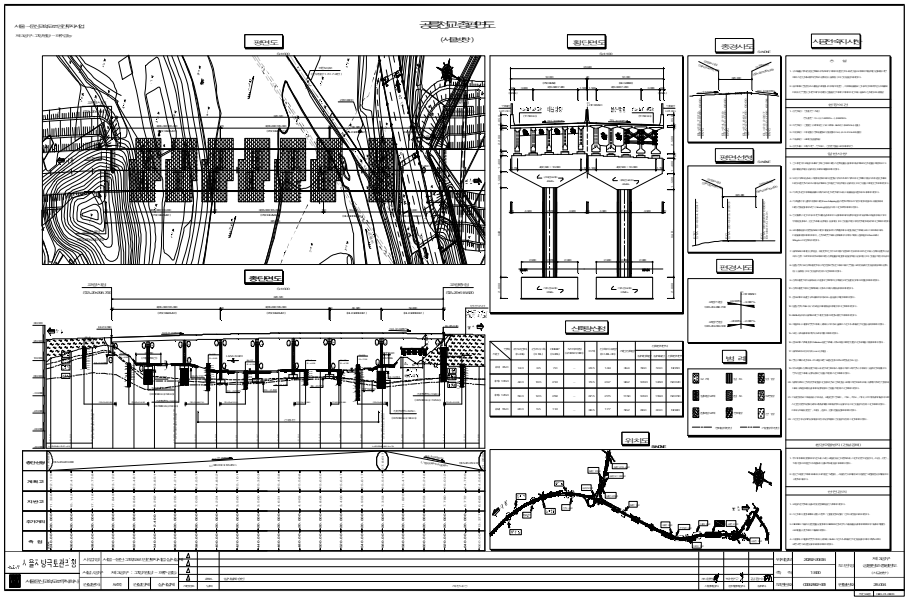
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.4~27.6	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.2~41.9	40.0	
	하부구조	교대	25.3	24.0	
		교각	40.6~43.1	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.5~37.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5~96.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

신공릉천교(서울) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>신공릉천교(서울)</td><td>시설물번호</td><td></td><td>BR2020-0000123</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td>관리번호</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 조리읍 능안리 23-4</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td>노선명(이정)</td><td></td><td>고속국도 17호선(18.000km)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=320.0m(6@35+50+60=320.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=12.3m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>PSC빔+BH거더</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>A1: 직접기초
A2: 강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교각</td><td>P1,2,7: 강관말뚝기초
P3,4,5,6: 직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>지진격리받침, 탄성받침</td><td>신축이음</td><td></td><td>핑거, 뉴모노셀</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>공릉천, 국지도56호선</td><td>통과 높이</td><td></td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

신공릉천교(서울) 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>거더(PSC) 전경</td><td>거더(BH) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대(A1) 전경</td><td>교대(A2) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교각 전경</td><td>교량받침 전경</td></tr>
</table>

신공릉천교(문산) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 조리읍 능안리 23-4	시설물규모	연장 326.0m, 폭 12.3m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더(PSC) 인양홀주위 파손, 거더(BH) 균열(0.3㎜미만) • 가로보(PSC) 상태양호, 가로보(BH) 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만), 실란트 파손, 법면 토사유실 및 몰탈파손 • 교각 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 누수흔적 • 교량받침 플레이트 부식 • 신축이음 균열(0.3㎜미만), 후타재 파손, 본체 볼트탈락, 하부 누수 • 교면포장 망상균열 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만) 및 백태, 박리
주요 보수·보강	• 표면처리, 단면보수, 실란트충전, 재도장, 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 후타재 파손, 하부 누수, 본체 볼트탈락 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

신공릉천교(문산) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 신공릉천교(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	• -
	거더	a	•거더(PSC) 인양홀주위 파손, 거더(BH) 균열(0.3㎜미만)	•표면처리, 단면보수
2차부재	가로보	a	•상태양호	• -
기타부재	포장	b	•망상균열	•표면처리
	배수시설	a	•상태양호	• -
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만) 및 백태, 박리	•표면처리, 단면보수
	신축이음	c	•균열(0.3㎜미만), 후타재 파손, 본체 볼트탈락, 하부 누수	•표면처리, 단면보수, 재설치
받침	교량받침	b	•플레이트 부식	•재도장
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만), 실란트 파손, 법면 토사유실 및 몰탈파손, 누수흔적	•표면처리, 실란트충전, 단면보수, 정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

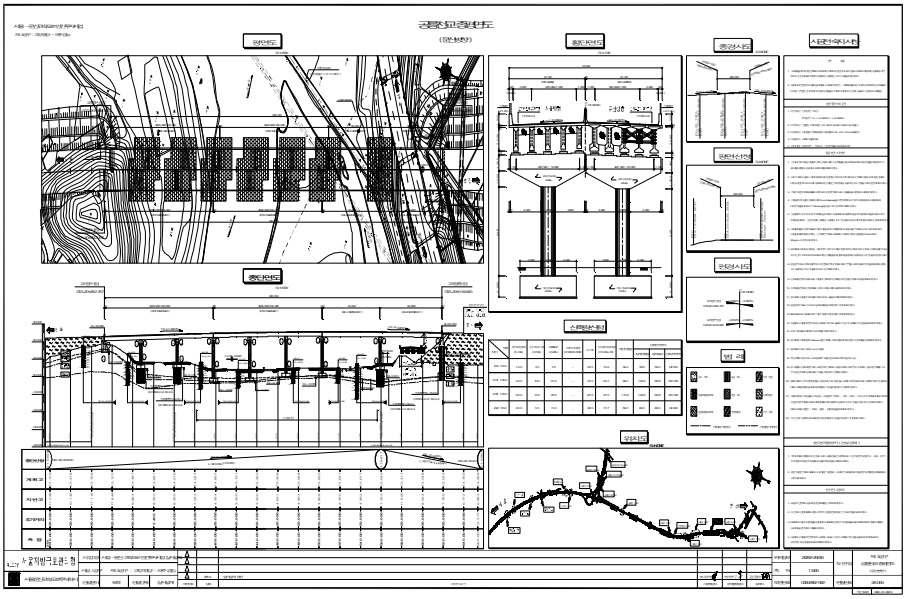
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

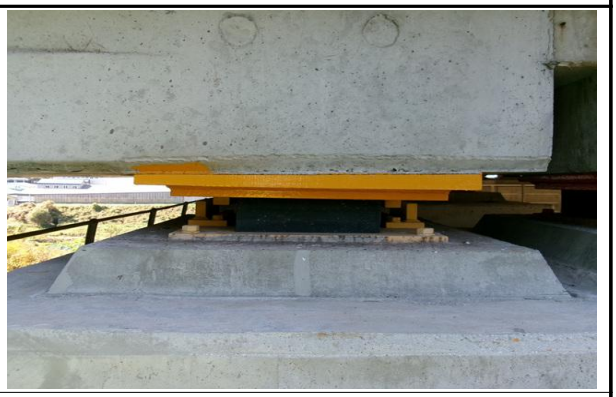
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.4	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.2~42.1	40.0	
	하부구조	교대	24.9	24.0	
		교각	40.4~45.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0~36.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5~96.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

신공릉천교(문산) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>신공릉천교(문산)</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000124</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 조리읍 능안리 23-4</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선(18.000km)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=326.0m(6@35+56+60=326.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=12.3m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>PSC거더+BH거더</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>A1: 직접기초
A2: 강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교각</td><td>P1,2,7: 강관말뚝기초
P3,4,5,6: 직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>지진격리받침, 탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀, 핑거</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>공릉천, 국지도56호선</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

신공릉천교(문산) 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>거더(PSC) 전경</td><td>거더(BH) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대(A1) 전경</td><td>교대(A2) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교각 전경</td><td>교량받침 전경</td></tr>
</table>

금촌3교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 아동동 146-10	시설물규모	연장 274.0m, 폭 24.6m, 4차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 재료분리, 균열부백태, 박리, 파손 및 철근노출 • 거더 망상균열, 파손 • 가로보 재료분리 • 교대 균열(0.3㎜내,외), 백태, 법면이격 • 교각 균열(0.3㎜내,외), 망상균열, 박리, 재료분리, 백태, 파손, 홀미채움 • 교량받침 받침콘크리트 균열, 망상균열, 재료분리, 파손, Plate부식 • 신축이음 후타재 균열(0.3㎜미만), 차수판 앵커탈락 • 교면포장 접속부이격, 파손, 망상균열, 박리, 포장박리, 포장 망상균열 • 배수시설 그레이팅 변형 • 방호벽 접속부 단차, 접속부 파손 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수, 단면보수 및 방청 • 주입보수

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

• 차기 중점점검부위 : 하부구조 균열(0.3㎜ 이상), 바닥판하면 철근노출, 방호벽 접속부 단차 등 - 진전 여부확인
• 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

금촌3교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 금촌3교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈　(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•재료분리, 박리, 파손 및 철근노출 •균열부백태	•표면처리, 단면보수, 방청
	거더	a	•망상균열, 파손	•표면처리, 단면보수
2차부재	가로보	a	•재료분리	•단면보수
기타부재	포장	b	•접속부 이격, 파손, 망상균열, 박리 •포장 박리, 망상균열	•실링재충전, 단면보수, 표면처리
	배수시설	a	•그레이팅 변형	•정비(재설치)
	난간, 연석	a	•접속부 단차, 파손	•실링재충전, 단면보수
	신축이음	b	•후타재균열, 차수판앵커탈락	•표면처리, 정비(재설치)
받침	교량받침	b	•받침콘크리트 균열, 망상균열, 재료분리, 파손 •Plate부식	•표면처리, 단면보수, 재도장
하부구조	하부	c	•균열(0.3㎜내,외), 백태, 법면이격, 망상균열 •파손, 박리, 홀미채움	•표면처리, 주입보수, 단면보수, 실링재충전

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

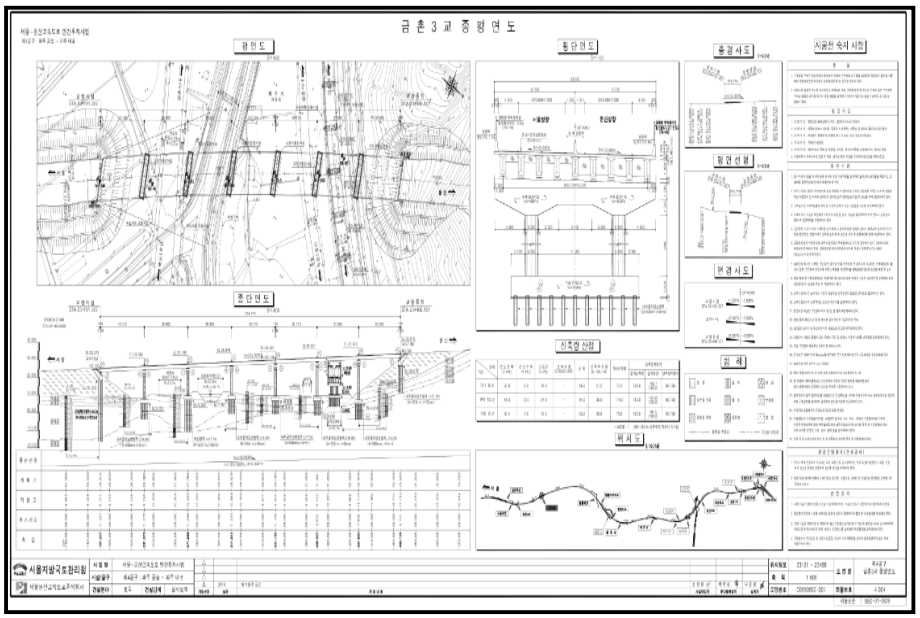
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
		거더	41.1~50.0	40.0	
	하부구조	교대	24.3~27.5	24.0	
		교각	40.2~49.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		98.0~99.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

금촌3교 현황표

작성일 : 2022년 12월 31일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>금촌3교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000143</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 아동동 146-10</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=274.0m(4@40+3@38=274.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=24.6m, 4차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>IPC GIRDER교</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>내부굴착강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교각</td><td>내부굴착강관말뚝기초
복합말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>원당천, 서울교외선철도</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

금촌3교 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>거더 전경</td><td>바닥판하면 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대 전경</td><td>교각 전경</td></tr>
</table>

신월롱교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 월롱면 위전리 287-8	시설물규모	연장 430.6m, 폭 24.4m, 4차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열(0.3㎜내), 균열부백태 • 거더외부 백태 • 거더내부 백태, 체수 • 가로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜내), 망상균열, 체수 • 교각 균열(0.3㎜내,외), 망상균열, 백태 및 균열부백태, 보수부 박리 • 교량받침 받침콘크리트 재료분리 • 신축이음 후타재 균열, 파손, 차수판 앵커탈락 • 교면포장 접속도로 파손, 포장박리, 접속부 이격, 포장균열, 포장 망상균열, 화재흔적 • 배수시설 배수관 누수 • 방호벽 균열(0.3㎜내), 백태 및 균열부백태, 접속부 단차, 실란트파손, 화재흔적 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 주입보수

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 하부구조 균열(0.3㎜ 이상), 교량받침 받침콘크리트 재료분리, 포장 망상균열 및 파손 등 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

신월롱교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 신월롱교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈　(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•균열(0.3㎜내), 균열부백태	•표면처리
	거더	a	•백태, 체수	•표면처리, 정비
2차부재	가로보	a	•상태양호	•-
기타부재	포장	c	•접속부 이격, 접속도로 파손, •포장박리, 균열, 망상균열, 화재흔적	•실링재충전, 단면보수, 표면처리, 정비
	배수시설	b	•배수관 누수	•정비(재설치)
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜내), 백태 및 균열부백태 •접속부 단차, 실란트파손, 화재흔적	•실링재충전, 단면보수, 표면처리, 정비
	신축이음	c	•후타재균열, 파손, 차수판앵커탈락	•표면처리, 단면보수, 정비(재설치)
받침	교량받침	a	•받침콘크리트 재료분리	•단면보수
하부구조	하부	c	•균열(0.3㎜내,외), 망상균열, 백태, 균열부백태 •보수부 박리	•표면처리, 주입보수, 단면보수, 실링재충전

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

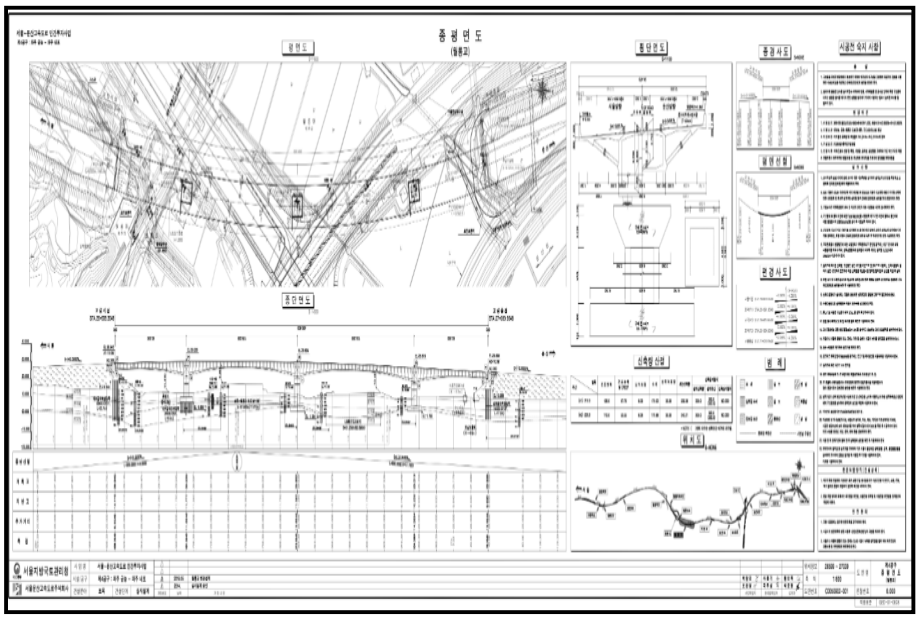
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

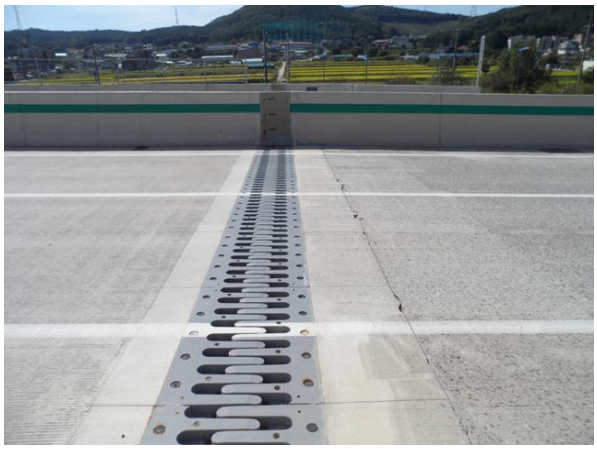
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판, 거더	45.2 ~ 58.5	45.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.1~27.3	24.0	
		교각	41.1~49.6	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.5~39.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

신월롱교 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>신월롱교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000144</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 월롱면 위전리 287-8</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=430.6m(82.3m+128.0m+135.0m+85.3m=430.6m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=24.4m, 4차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>PSC BOX</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>내부굴착강관말뚝기초
직접기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각:
단주식중공사각</td><td>교각</td><td>내부굴착강관말뚝기초
직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>지진격리받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>휴암로, 금월로</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

신월롱교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수관 전경

덕은교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 월롱면 덕은리 14-2	시설물규모	연장 50.6m, 폭 24.3m, 4차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 보수부 재균열, 백태 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 후타재 균열, 파손 • 교면포장 접속부 아스콘파손, 이격 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 상태양호 • 점검시설 미설치
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 실링재충전

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 균열(0.3mm미만) 및 교면포장 접속부파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

덕은교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 덕은교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항(서울)

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	b	•접속부 이격, 접속부 아스콘파손,	•실링재충전, 단면보수,
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	a	•상태양호	-
	신축이음	c	•후타재균열, 파손	•표면처리, 단면보수
받침	교량받침	a	•상태양호	-
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜내)	•표면처리

나. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항(문산)

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	•-
	거더	a	•상태양호	•-
2차부재	가로보	a	•상태양호	•-
기타부재	포장	b	•접속부 아스콘파손,	•단면보수
	배수시설	a	•상태양호	•-
	난간, 연석	a	•상태양호	•-
	신축이음	b	•후타재균열	•표면처리
받침	교량받침	a	•상태양호	•-
하부구조	하부	b	•백태	•표면처리

다. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

라. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

마. 현장시험(서울)

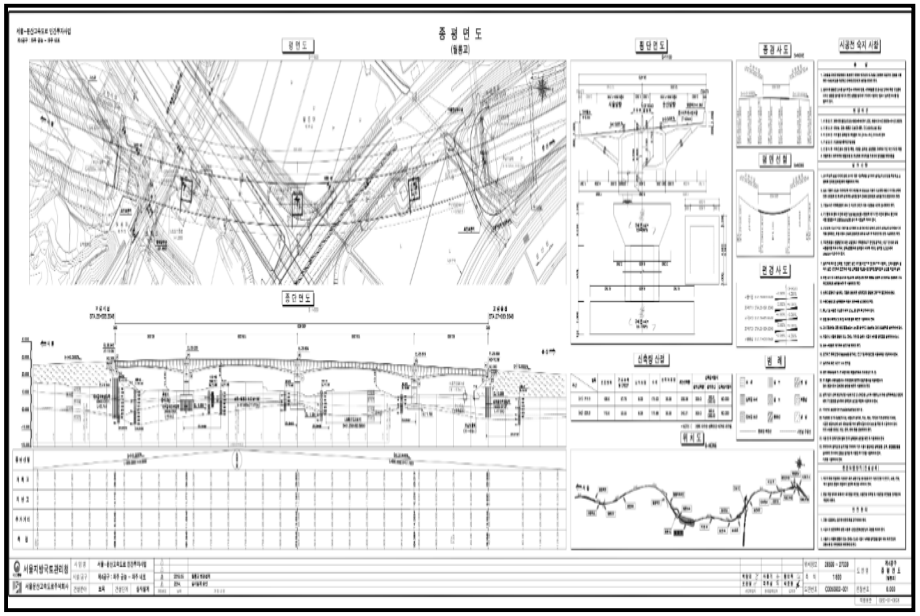
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.6~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.2~49.3	40.0	
	하부구조	교대	23.1~27.5	24.0	
		교각	38.5~39.0	a등급	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		65.5~80.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

바. 현장시험(문산)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.6	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.0~48.9	40.0	
	하부구조	교대	25.2~27.9	24.0	
		교각	38.5~39.0	a등급	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		65.5~79.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

덕은교 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>덕은교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000145</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 월롱면 덕은리 14-2</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=50.6m(단경간)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=24.3m, 4차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>IPC 거더</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td rowspan="2">교대</td><td rowspan="2">강관말뚝</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>시도27호선</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

덕은교(서울) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교대 전경

덕은교(문산) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교대 전경

능산4교(서울) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 월롱면 능산리 산 13-7	시설물규모	연장 195.4m, 폭 12.1m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 파손, 거푸집미제거 • IPC거더 상태양호 • SEGB거더 상태양호 • 가로보(IPC) 상태양호 • 가로보(SEGB) 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜내), 망상균열, 백태, 파손, 긁힘 • 교각 균열(0.3㎜내) 망상균열, 누수흔적, 폐콘크리트퇴적 • 교량받침 받침콘크리트 균열, 재료분리 • 신축이음 상태양호 • 교면포장 접속도로 포장박리 • 배수시설 배수관 이음부 불량 • 방호벽 균열(0.3㎜내), 시공불량(철근노출), 실란트 파손 • 점검시설 미설치
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수, 단면보수 및 방청 • 실링재충전

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 파손, 하부구조 망상균열, 교면포장 포장박리, 방호벽 실란트파손, 시공불량등- 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

능산4교(서울) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 능산4교(서울)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** 이 상 훈 (서 명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항(IPC)

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	•-
	거더(IPC)	a	•상태양호	•-
2차부재	가로보(IPC)	a	•상태양호	•-
기타부재	포장	b	•포장박리	•단면보수
	배수시설	a	•배수관 이음부불량	•정비(재설치)
	난간, 연석	a	•상태양호	•-
	신축이음	a	•상태양호	•-
받침	교량받침	b	•받침콘크리트 재료분리	•단면보수
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜내), 망상균열, 백태	•표면처리

나. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항(SEGB)

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•파손, 거푸집미제거	•단면보수, 정비
	거더(SEBG)	a	•상태양호	•-
2차부재	가로보(SEBG)	a	•상태양호	•-
기타부재	포장	c	•포장박리	•단면보수
	배수시설	b	•상태양호	•-
	난간, 연석	c	•균열(0.3㎜내), •시공불량(철근노출), 실란트파손	•표면처리, 단면보수, 방청
	신축이음	a	•상태양호	•-
받침	교량받침	a	•받침콘크리트 균열	•표면처리
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜내), 망상균열, 누수흔적 •파손, 긁힘, 폐콘크리트 퇴적	•표면처리, 단면보수, 정비

다. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

라. 내진성능 검토 수행 여부

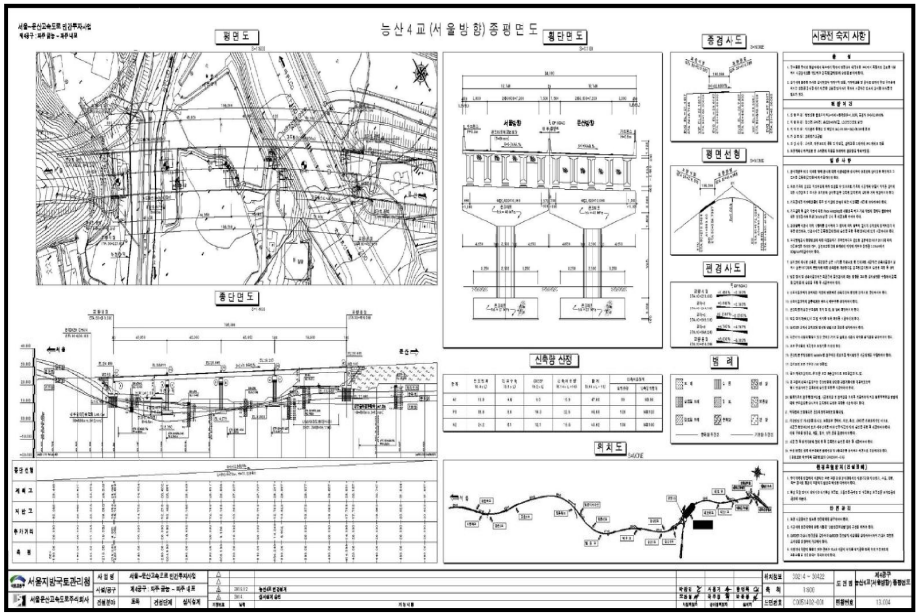
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

마. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.6~29.0	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.0~49.1	40.0	
	하부구조	교대	24.5~27.4	24.0	
		교각	40.8~49.2	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~39.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.5~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

능산4교(서울) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>능산4교(서울)</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000146</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 조리읍 능산리 산 13-7</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=195.4m(45.13+45.0+45.17+60.1=195.4m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=12.1m, 2차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>IPC 거더 + SEGB Beam</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: T형</td><td>교각</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>능산천</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

능산4교(서울) 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>거더 전경</td><td>바닥판하면 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대 전경</td><td>교각 전경</td></tr>
</table>

능산4교(문산) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	A
시설물 위치	경기도 파주시 월롱면 능산리 산 13-7	시설물규모	연장 195.4m, 폭 12.1m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열부백태 • IPC거더 상태양호 • SEGB거더 상태양호 • 가로보(IPC) 재료분리 • 가로보(SEGB) 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜내), 백태 • 교각 균열(0.3㎜내) 망상균열 • 교량받침 받침콘크리트 균열, 재료분리 • 신축이음 상태양호 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 백태 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 균열부백태, 하부구조 백태, 망상균열, 방호벽 백태 등 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

능산4교(문산) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 능산4교(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항(IPC)

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•균열부백태	•표면처리
	거더(IPC)	a	•상태양호	•-
2차부재	가로보(IPC)	a	•재료분리	•단면보수
기타부재	포장	b	•상태양호	•-
	배수시설	a	•상태양호	•-
	난간, 연석	a	•백태	•표면처리
	신축이음	a	•상태양호	•-
받침	교량받침	b	•받침콘크리트 재료분리	•단면보수
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜내), 망상균열, 백태	•표면처리

나. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항(SEGB)

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•상태양호	•-
	거더(SEBG)	a	•상태양호	•-
2차부재	가로보(SEBG)	a	•상태양호	•-
기타부재	포장	c	•상태양호	•-
	배수시설	b	•상태양호	•-
	난간, 연석	c	•상태양호	•-
	신축이음	a	•상태양호	•-
받침	교량받침	a	•받침콘크리트 균열	•표면처리
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜내)	•표면처리

다. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

라. 내진성능 검토 수행 여부

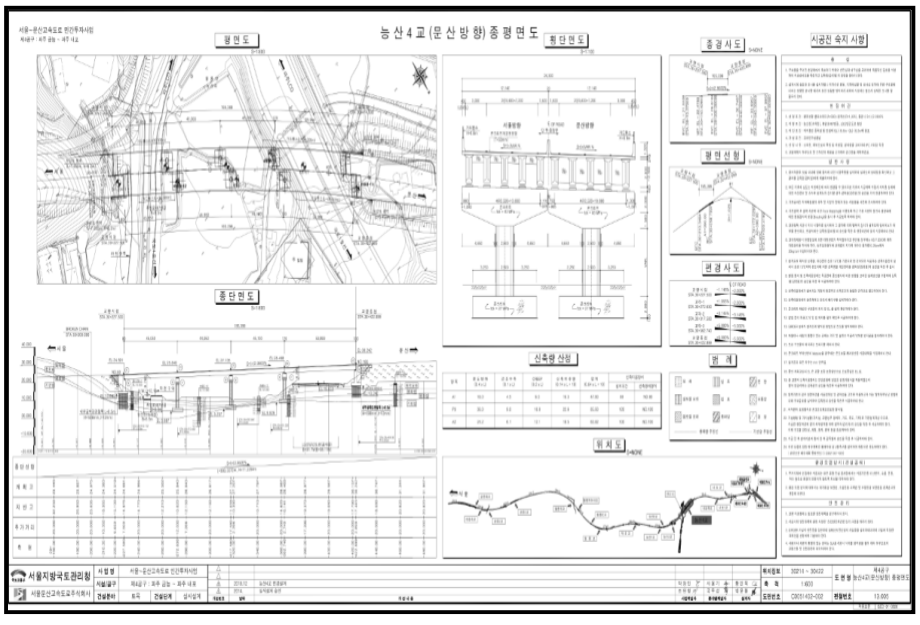
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

마. 현장시험

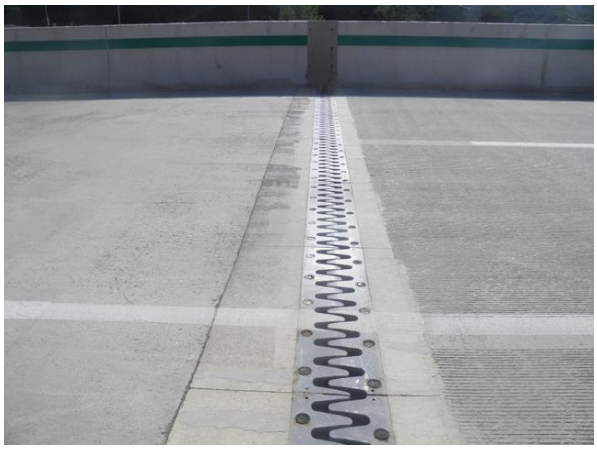
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.7	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.8~49.0	40.0	
	하부구조	교대	24.2~27.2	24.0	
		교각	41.0~49.3	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.5~39.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

능산4교(문산) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>능산4교(문산)</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000147</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 조리읍 능산리 산 13-7</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=195.4m(45.13+45.0+45.17+60.1=195.4m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=12.1m, 2차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>IPC 거더 + SEGB Beam</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: T형</td><td>교각</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>능산천</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

능산4교(문산) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

내포IC R-B1교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 문산읍 내포리 554-4	시설물규모	연장 50.8m, 폭 16.3m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 파손 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 균열부백태, 망상균열, 재료분리, 파손 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 후타재 균열, 파손, 신축이음하부누수 • 교면포장 아스콘 균열 • 배수시설 배수구 그레이팅 변형 • 방호벽 균열(0.3㎜내), 들뜸, 철근미제거 • 점검시설 철근미제거
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비(재설치)

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 방호벽 및 점검로 철근미제거, 교대 파손 등 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

신월롱교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 내포IC R-B1교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•파손	•단면보수
	거더	a	•상태양호	•-
2차부재	가로보	a	•상태양호	•-
기타부재	포장	b	•아스콘 균열	•표면처리
	배수시설	b	•배수구 그레이팅 변형	•정비(재설치)
	난간, 연석	c	•균열(0.3㎜내), 들뜸, 철근미제거	•표면처리, 단면보수, 정비(철근제거)
	신축이음	b	•후타재균열, 파손, 신축이음하부누수	•표면처리, 단면보수, 정비(재설치)
받침	교량받침	a	•상태양호	•-
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜내), 망상균열 •재료분리, 파손	•표면처리, 단면보수

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

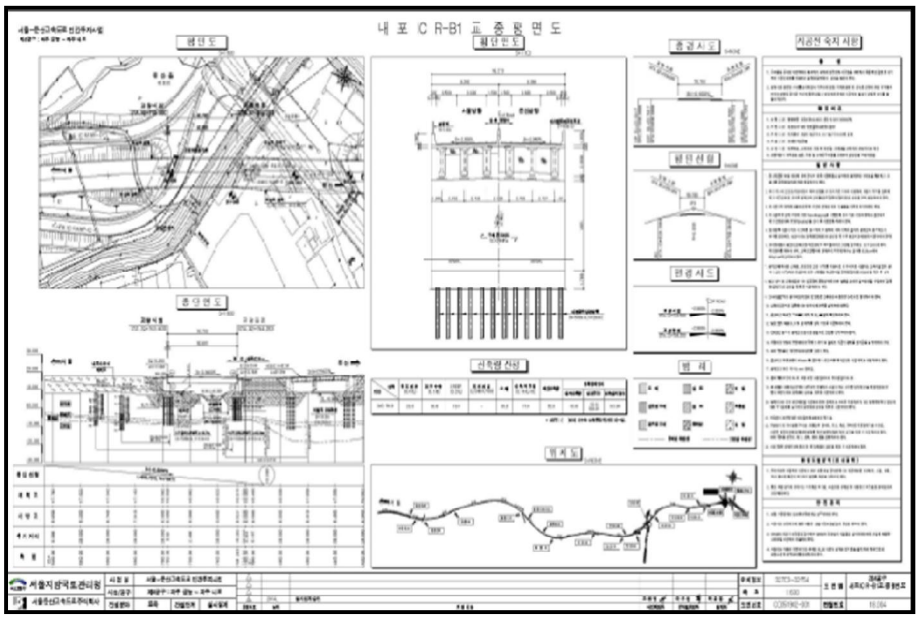
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.7	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.6~48.3	40.0	
	하부구조	교대	24.1~27.1	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.5~97.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

내포IC R-B1교 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>내포IC R-B1교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000149</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 문산읍 내포리 554-4</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=50.8m(단경간)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=16.3m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>IPC 거더</td><td rowspan="2">기초형식</td><td rowspan="2">교대</td><td rowspan="2">강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>대명골천</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

내포IC R-B1교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수시설 전경

내포IC R-A교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 문산읍 내포리 538-2	시설물규모	연장 179.0m, 폭 8.5m, 1차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 재료분리 • 거더외부 도장손상 • 거더내부 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 재료분리, 파손, 철근노출, 토사유실 • 교각 균열(0.3㎜외), 파손, 표면불량 • 교량받침 받침콘크리트 재료분리 • 신축이음 후타재 균열, 파손, 차수판 볼트체결불량 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜내), 망상균열 및 백태, 단차, 접속부 파손 • 점검시설 점검로 파손
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수, 단면보수 및 방청 • 주입보수

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 방호벽 파손, 교대 파손, 철근노출 등 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

내포IC R-A교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 내포IC R-A교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** 이 상 훈 (서 명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•재료분리	•단면보수
	거더	b	•도장손상	•-
2차부재	가로보	a	•상태양호	•-
기타부재	포장	a	•상태양호	•-
	배수시설	a	•상태양호	•-
	난간, 연석	c	•균열(0.3㎜내), 망상균열 및 백태 •방호벽 단차, 접속부 파손	•표면처리, 단면보수, 실링재충전
	신축이음	b	•후타재균열, 파손, 신축이음하부누수	•표면처리, 단면보수, 정비(재설치)
받침	교량받침	a	•받침콘크리트 재료분리	•단면보수
하부구조	하부	c	•균열(0.3㎜외), 토사유실, 표면불량 •재료분리, 파손, 철근노출	•단면보수, 주입보수, 방청, 정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

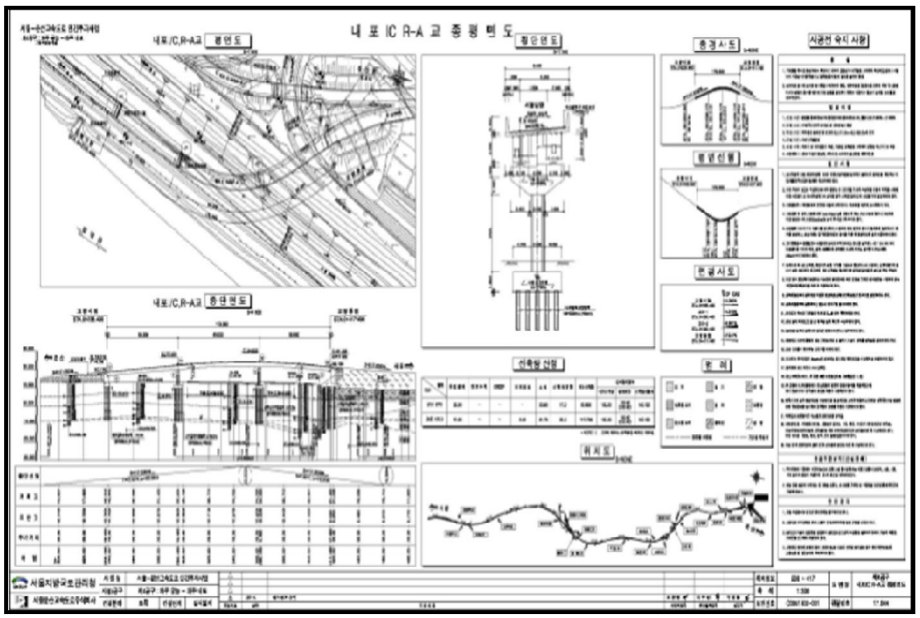
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.3~27.1	24.0	
		교각	40.7~49.6	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.5~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

내포IC R-A교 현황표

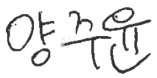
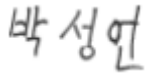
작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>내포IC R-A교</td><td>시설물번호</td><td></td><td>BR2020-0000148</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td>관리번호</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 문산읍 내포리 538-2</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td>노선명(이정)</td><td></td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=179.0m(57.0+65.0+57.0=179.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=8.5m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>S.T.B</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: T형</td><td>교각</td><td>강관말뚝기초
복합말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>지진격리받침</td><td>신축이음</td><td></td><td>강핑거조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>일반국도77호선</td><td>통과 높이</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

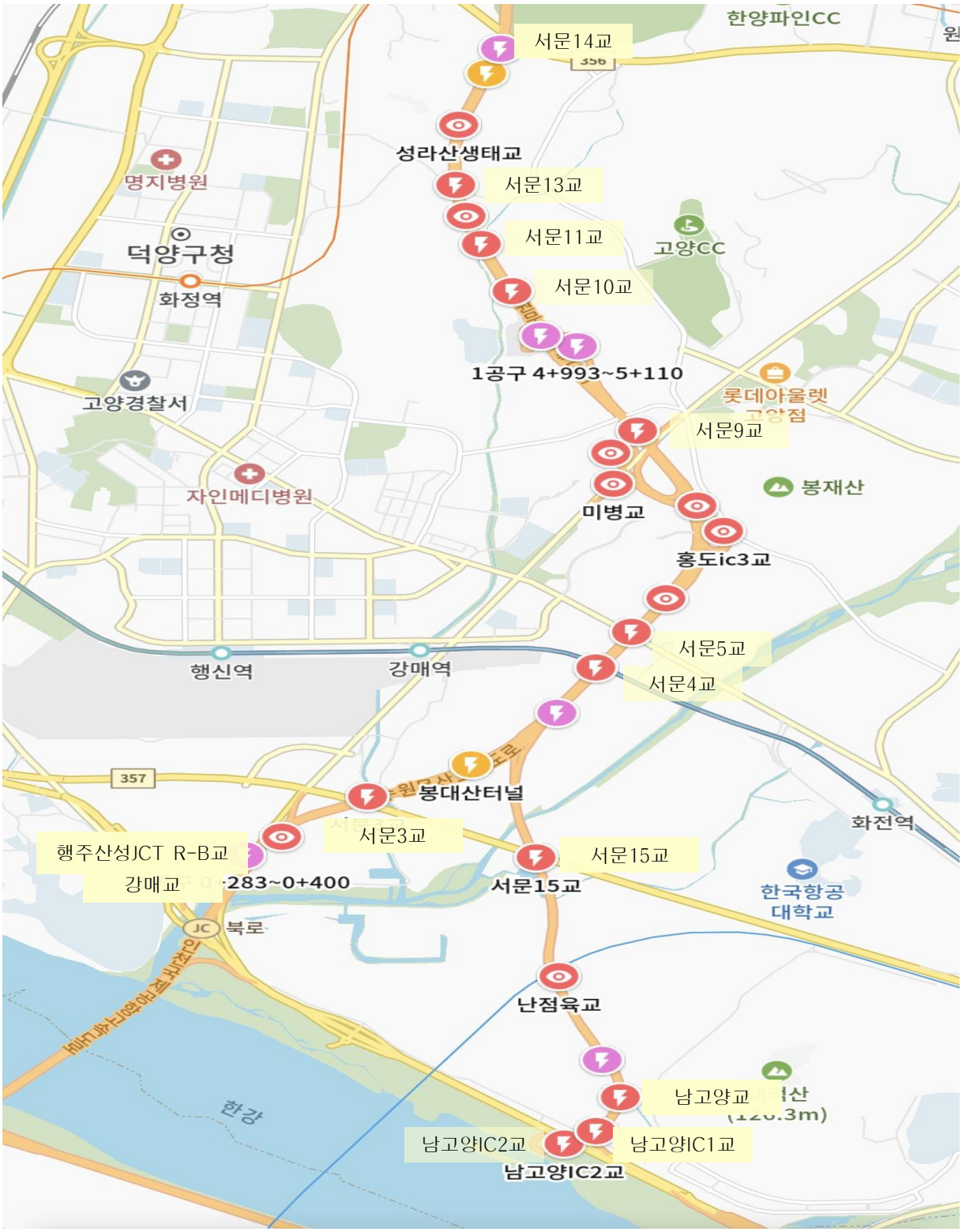
내포IC R-A교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

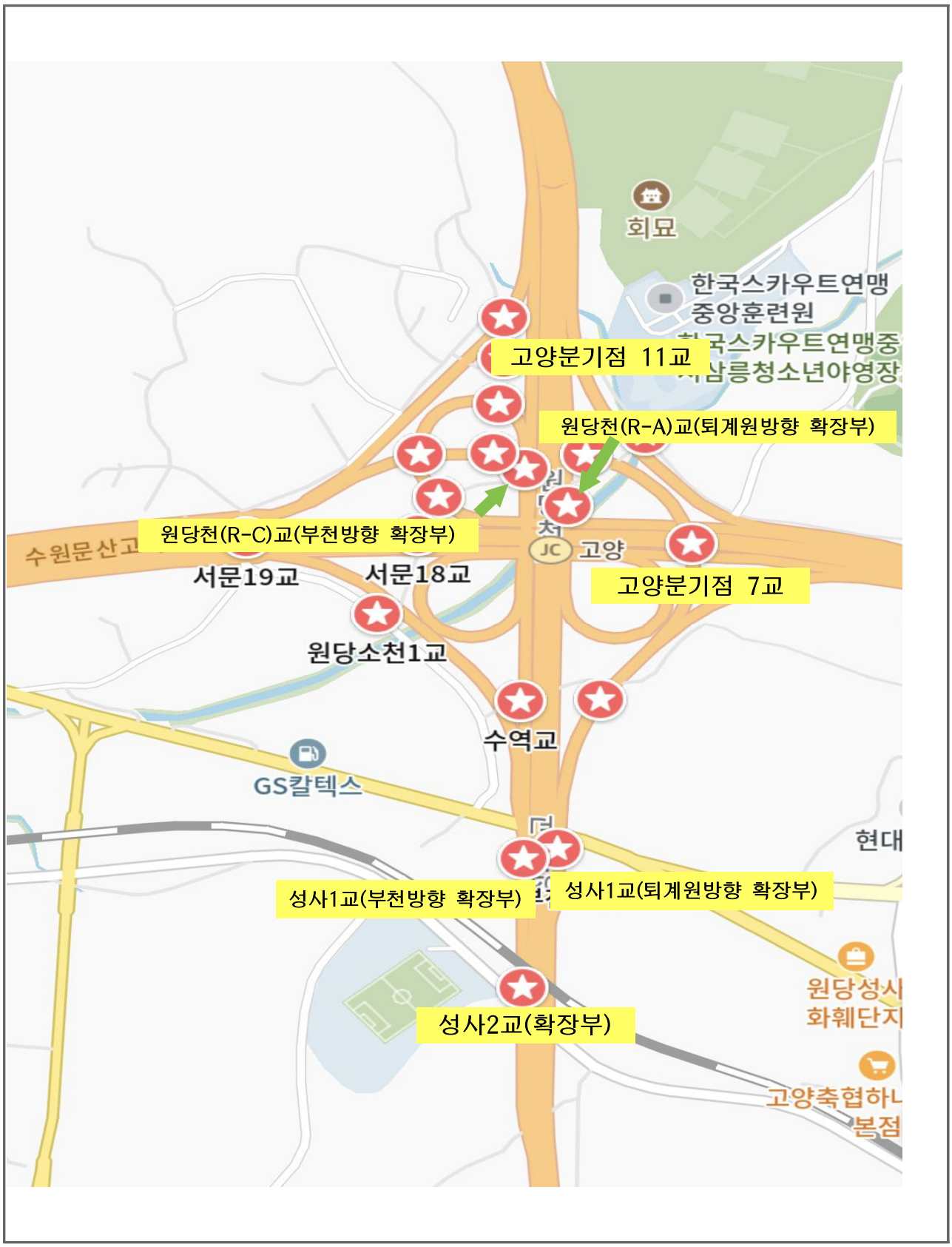
참 여 기 술 자 명 단

참여구분	참여분야	이 름	등 급	직 책	날 인
사업 책임기술자	사업책임	이 상 훈	특급기술자	부 장	
참여기술자	보고서 작성 및 외관조사	정 지 운	특급기술자	이 사	
	보고서 작성 및 외관조사	장 진 원	특급기술자	부 장	
	보고서 작성 및 외관조사	황 상 윤	특급기술자	부 장	
	보고서 작성 및 외관조사	서 동 진	특급기술자	부 장	
	보고서 작성 및 외관조사	양 주 윤	초급기술자	과 장	
	보고서 작성 및 외관조사	손 기 영	초급기술자	대 리	
	보고서 작성 및 외관조사	전 희 균	초급기술자	주 임	
	보고서 작성 및 외관조사	박 성 언	초급기술자	사 원	

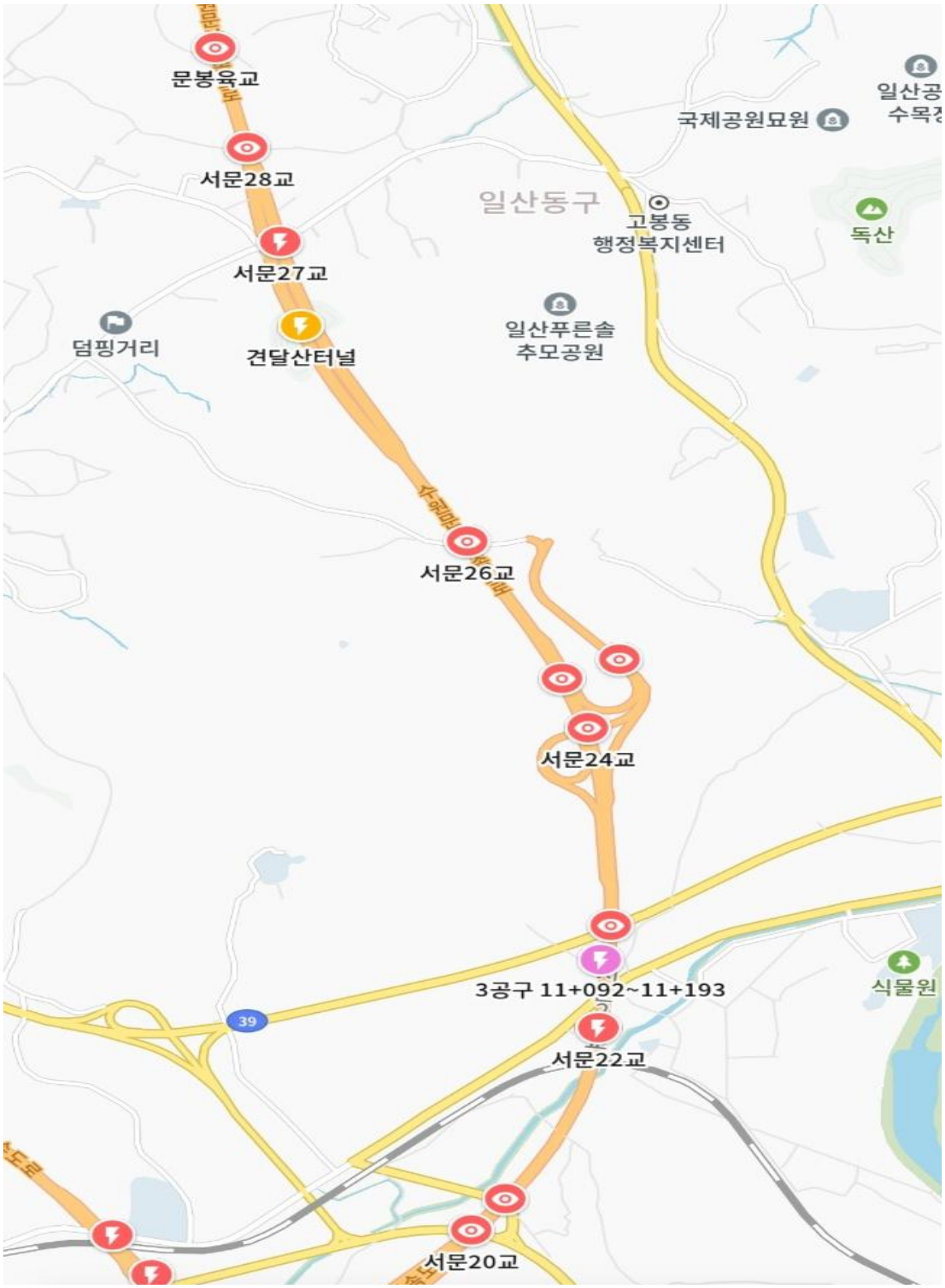
시설물의 위치도(1)


한양파인CC
서문14교
성라산생태교
명지병원
서문13교
덕양구청
서문11교
고양CC
화정역
서문10교
1공구 4+993~5+110
고양경찰서
롯데아울렛
서문9교
자인메디병원
봉재산
미병교
홍도ic3교
서문5교
행신역
강매역
서문4교
357
봉대산터널
화전역
서문3교
행주산성JCT R-B교
서문15교
강매교
283~0+400
서문15교
한국항공
대학교
JC
북로
난점육교
남고양교
한강
남고양IC2교
남고양IC1교
남고양IC2교

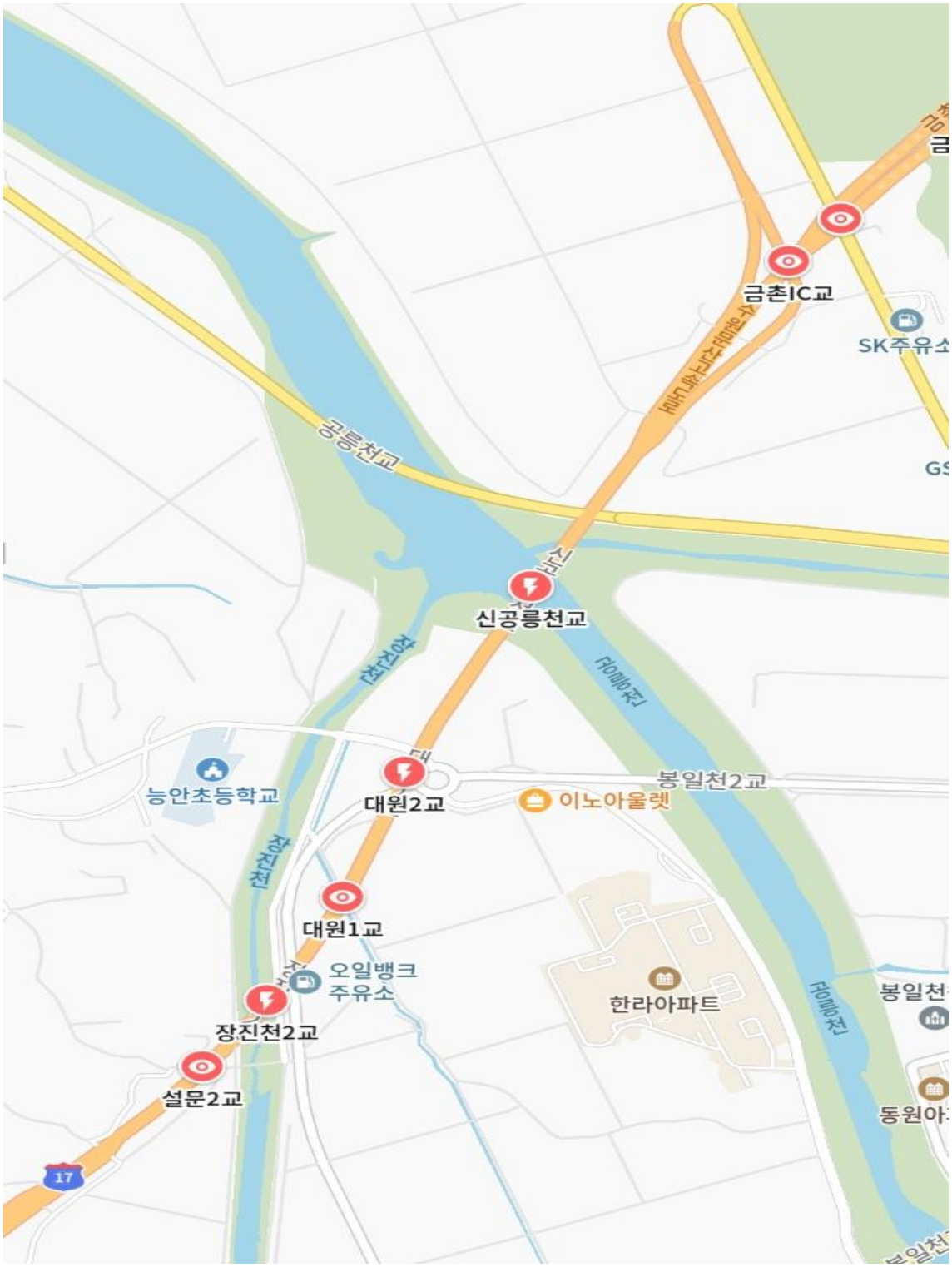
시설물의 위치도(2)


회묘
한국스카우트연맹
중앙훈련원
고양분기점 11교
원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부)
원당천(R-C)교(부천방향 확장부)
수원문산고
JC
고양
서문19교
서문18교
고양분기점 7교
원당소천1교
수역교
GS칼텍스
현대
성사1교(부천방향 확장부)
성사1교(퇴계원방향 확장부)
원당성시
화훼단지
성사2교(확장부)
고양축협하나
본점

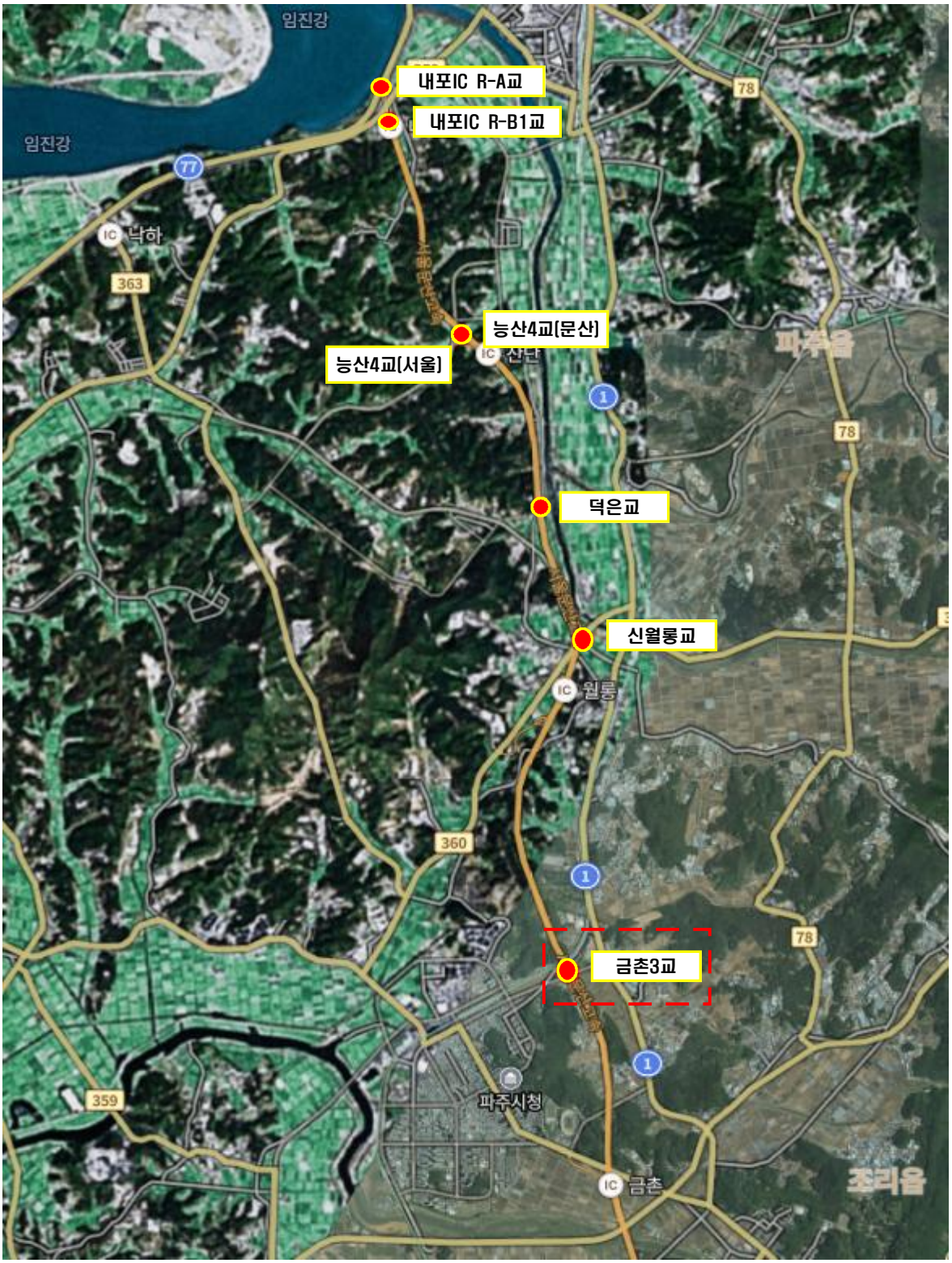
시설물의 위치도(3)


문봉육교
서문28교
서문27교
견달산터널
덤핑거리
일산동구
고봉동
행정복지센터
국제공원묘원
독산
일산푸른솔
추모공원
서문26교
서문24교
3공구 11+092~11+193
서문22교
서문20교
식물원
39

시설물의 위치도(4)


금촌IC교
SK주유소
공릉천교
신공릉천교
장진천
능안초등학교
대원2교
봉일천2교
이노아울렛
대원1교
오일뱅크
주유소
장진천2교
한라아파트
설문2교
17

시설물의 위치도(5)


임진강
내포IC R-A교
내포IC R-B1교
임진강
77
78
IC 낙하
363
능산4교(문산)
능산4교(서울)
IC 산단
파주읍
1
78
덕은교
신월롱교
IC 월롱
360
1
78
금촌3교
359
파주시청
1
IC 금촌
조리읍

보고서 목차

⊙제출문
⊙정밀안전점검 결과표, 요약표, 현황표, 위치도, 전경
⊙요약문(요약보고서 별도제출)

제 1 편 공통편

제 1 장 정밀안전점검 개요 ····· 1

1.1 과업의 목적 ····· 3
1.2 과업의 범위 및 내용 ····· 3
1.3 과업수행 절차 및 일정 ····· 5
1.4 대상시설물 개요 ····· 7
1.5 사용장비 및 시험기기의 현황 ····· 9
1.6 시설물 기호의 정의 ····· 10

제 2 장 자료수집 및 분석 ····· 11

2.1 개요 ····· 13
2.2 자료수집 현황 ····· 13
2.3 설계 및 시공자료 ····· 14
2.4 기존 점검 및 진단자료 ····· 14
2.5 시설물의 보수·보강자료 ····· 14
2.6 내진설계 여부 확인 ····· 14
2.7 자료수집 및 분석 결과요약 ····· 14

제 3 장 현장조사 및 시험 ····· 15

3.1 개요 ····· 17
3.2 교량 부재별 점검항목 및 상태평가 기준 ····· 19
3.3 내구성조사 개요 ····· 41
3.4 내구성조사 및 결과분석 방법 ····· 41

제 4 장 보수·보강 및 유지관리 방안 ····· 47
4.1 보수공법 개요 ····· 49
4.2 보수·보강 우선순위 ····· 49
4.3 보수공법 ····· 50
4.3 유지관리 방안 ····· 61

제 2 편 시설물편 Ⅰ

1. 강매교 ····· 13
2. 행주산성JCT R-B교 ····· 21
3. 서문3교(서울방향) ····· 27
4. 서문3교(문산방향) ····· 35
5. 서문4교(서울방향) ····· 41
6. 서문4교(문산방향) ····· 47
7. 서문5교(서울방향) ····· 53
8. 서문5교(문산방향) ····· 60
9. 서문9교(서울방향) ····· 67
10. 서문9교(문산방향) ····· 75
11. 서문10교(서울방향) ····· 83
12. 서문10교(문산방향) ····· 90
13. 서문11교 ····· 97
14. 서문13교 ····· 108
15. 서문14교 ····· 118
16. 남고양IC2교 ····· 129
17. 남고양IC1교 ····· 137
18. 남고양교 ····· 145
19. 서문15교 ····· 152
20. 고양분기점7교 ····· 162
21. 고양분기점11교 ····· 170
22. 원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부) ····· 178

23. 원당천(R-C)교(부천방향 확장부) ····· 185
24. 성사1교(부천방향 확장부) ····· 192
25. 성사1교(퇴계원방향 확장부) ····· 199
26. 성사2교(확장부) ····· 206
27. 서문22교(서울) ····· 214
28. 서문22교(문산) ····· 223
29. 서문27교(서울) ····· 231
30. 서문27교(문산) ····· 240
31. 장진천2교(서울) ····· 249
32. 장진천2교(문산) ····· 258
33. 대원2교 ····· 267
34. 신공릉천교(서울) ····· 276
35. 신공릉천교(문산) ····· 285
36. 금촌3교 ····· 294
37. 신월롱교 ····· 302
38. 덕은교 ····· 310
39. 능산4교(서울) ····· 319
40. 능산4교(문산) ····· 326
41. 내포IC R-B1교 ····· 333
42. 내포IC R-A교 ····· 340

■ 부 록

1. 과업지시서
2. 외관조사망도(별권)
3. 측정, 시험 계측성과표
4. 상태평가 결과자료
5. 시설물관리대장 사본
6. 사진첩(별권)
7. 사용장비 및 기기의 사진
8. 사전조사 자료 일체

제 출 문

서울문산고속도로주식회사 귀하

귀 사와 계약 체결한 『**서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검) 용역**』을 성실히 수행하고 그 결과를 본 교량 정밀안전점검 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2022년 12월 31일

㈜ 명 성 엔 지 니 어 링

대 표 이 사 김 선 무 (인)

강매교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 강매로 7 (강매동)	시설물규모	연장 290m, 폭 8.0m, 1차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 박리 • 거더 도장손상 • 가로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만) • 교각 망상균열, 폐콘크리트 퇴적 • 교량받침 몰탈 파손 • 신축이음 이물질퇴적, 후타재균열, 하부누수, 이동량 부족 • 교면포장 라벨링 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜내,외), 파손 • 점검시설 점검로 파손
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비 • 재도장 • 신축이음 교체

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판하면 박리 및 거더외부 도장손상 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

강매교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 강매교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•균열(0.3㎜미만), 망상균열 •박리	•표면처리 •단면보수
	거더	b	•도장손상	•재도장
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	b	•라벨링	•재포장
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜내,외) •파손	•표면처리 •단면보수
	신축이음	c	•이물질퇴적, 후타재균열 •하부누수, 이동량 부족	•표면처리, 정비 •교체
받침	교량받침	b	•몰탈 파손	•단면보수
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만), 망상균열 •폐콘크리트 퇴적	•표면처리 •wjdql

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

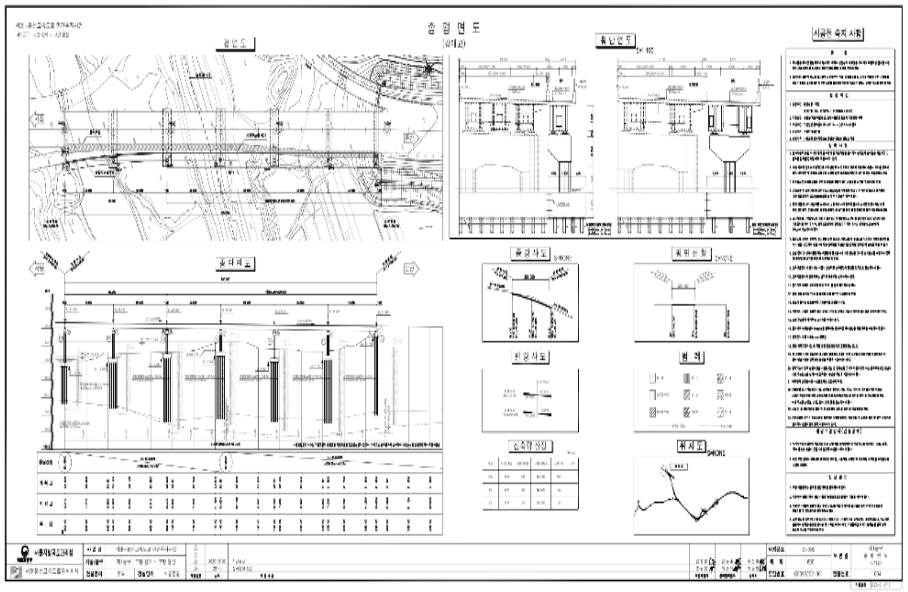
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~29.5	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.2~27.6	24.0	
		교각	40.5~50.2	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0~38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~99.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

강매교 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>강매교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000227</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 강매로 7 (강매동)</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=290.0m (45+50+3@50+45=290.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=8.0m, 1차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>Steel Box</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: T형</td><td>교각</td><td>복합말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>-</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

강매교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

행주산성JCT R-B교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 행주로 54-90 (강매동)	시설물규모	연장 110m, 폭 5.0m, 1차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 망상균열, 누수흔적, 체수 • 교각 망상균열 • 교량받침 재료분리 • 신축이음 후타재균열, 하부누수 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 상태양호 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비 • 신축이음 교체

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 하부구조 망상균열 및 누수흔적 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

행주산성JCT R-B교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 행주산성JCT R-B교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	a	•상태양호	-
	신축이음	c	•후타재균열 •하부누수	•표면처리 •교체
받침	교량받침	b	•재료분리	•단면보수
하부구조	하부	b	•망상균열, 누수흔적, 체수	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

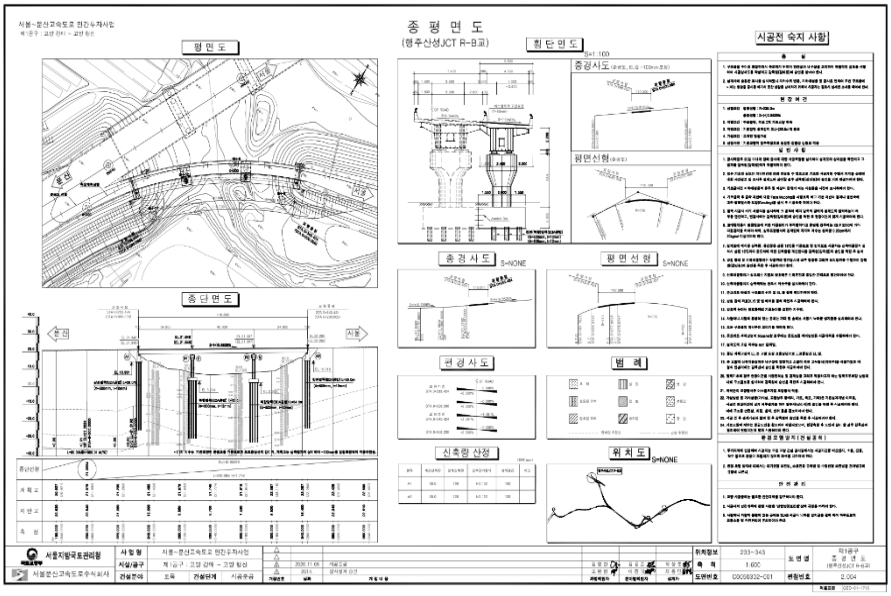
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~29.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.9~27.4	24.0	
		교각	41.3~49.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~97.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

행주산성JCT R-B교 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		행주산성JCT R-B교	시설물번호		BR2020-0000235
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 행주로 54-90 (강매동)			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=110.0m (35+40+35=110.0m)			
	폭	B=5.0m, 1차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교각	복합말뚝기초
교량받침		포트받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		-
부착시설내용		-			
기 타					

행주산성JCT R-B교 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>거더 전경</td><td>바닥판하면 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대 전경</td><td>교각 전경</td></tr>
</table>

서문3교 서울방향 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 강매로 93-95, 391-2 (강매동)	시설물규모	연장 250m, 폭 12.3m, 2차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열, 망상균열, 백태, 파손 및 철근노출, 물끊기홈 미제거 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 균열, 법면 토사유실 • 교각 균열, 망상균열 • 교량받침 받침몰탈 균열 • 신축이음 후타재균열 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열, 파손 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수, 단면보수+방청 • 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판하면 파손 및 철근노출 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문3교 서울방향 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문3교(서울방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	c	•균열, 망상균열, 백태 •파손 및 철근노출 •물끈기홈 미제거	•표면처리 •단면보수+방청 •정비
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	b	•균열 •파손	•표면처리 •단면보수
	신축이음	b	•후타재균열	•표면처리
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열	•표면처리
하부구조	하부	b	•균열, 망상균열 •법면 토사유실	•표면처리 •정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

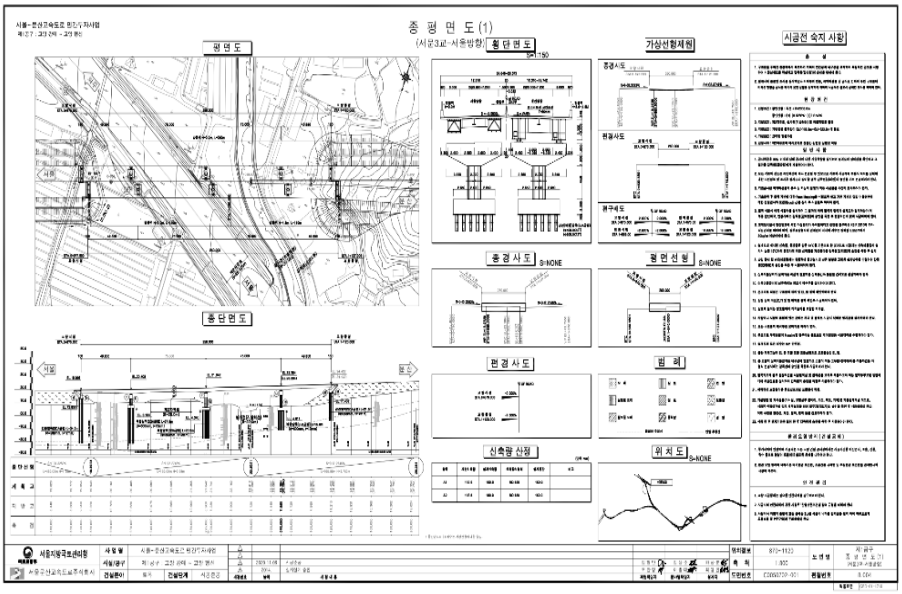
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

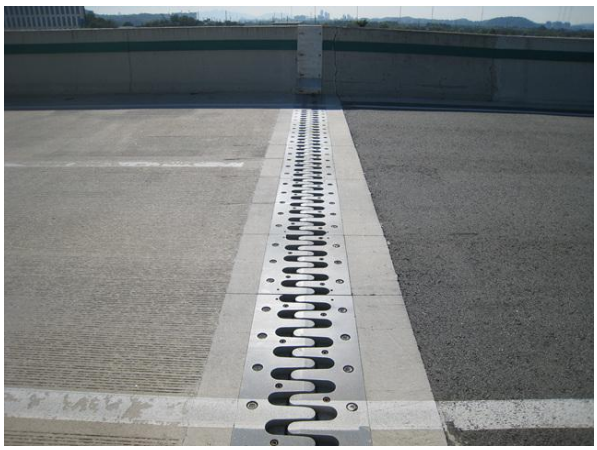
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.9~28.0	24.0	
		교각	41.0~50.6	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문3교 서울방향 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문3교 서울방향	시설물번호		BR2020-0000228
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 강매로 93-95, 391-2 (강매동)			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=250.0m (50+2@75+50=250.0m)			
	폭	B=12.3m, 2차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교각	복합말뚝기초
교량받침		면진받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		5.0m
부착시설내용		-			
기 타					

서문3교 서울방향 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문3교 문산방향 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	A
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 강매동 350-9	시설물규모	연장 250m, 폭 12.3m, 2차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열, 망상균열, 박락 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 상태양호 • 교각 균열 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 상태양호 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 상태양호 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판하면 균열 및 박락 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문3교 문산방향 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문3교(문산방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•균열, 망상균열 •박락	•표면처리 •단면보수
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	a	•상태양호	-
	신축이음	a	•상태양호	-
받침	교량받침	a	•상태양호	-
하부구조	하부	b	•균열	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

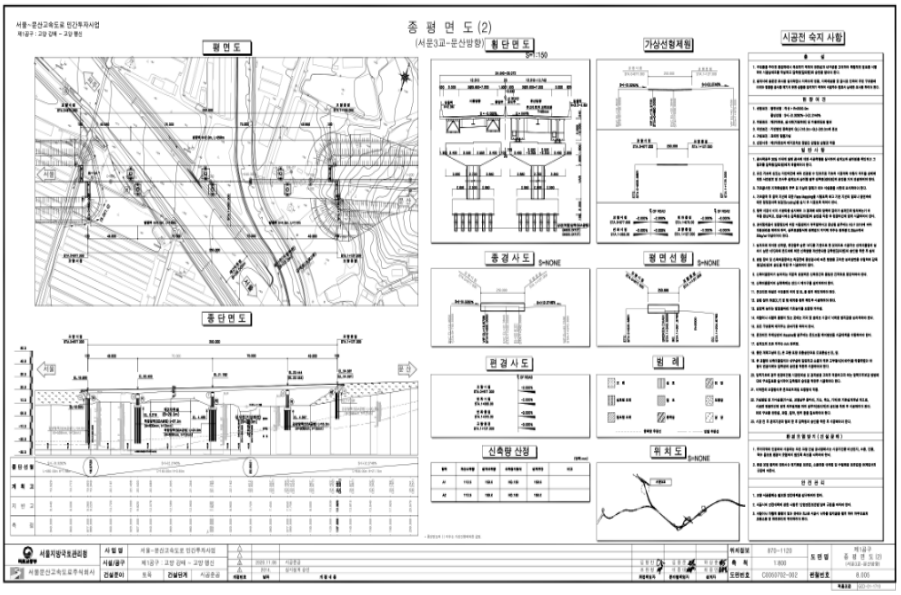
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.6~27.7	24.0	
		교각	40.4~49.6	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~97.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문3교 문산방향 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문3교 문산방향</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000303</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 강매동 350-9</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=250.0m (50+2@75+50=250.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=12.3m, 2차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>Steel Box</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: T형</td><td>교각</td><td>복합말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>-</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

서문3교 문산방향 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문4교 서울방향 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4	시설물규모	연장 128m, 폭 15.9m, 3차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열부 백태, 파손 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 체수 • 교각 상태양호 • 교량받침 받침몰탈 균열 • 신축이음 후타재 균열, 후타재 파손, 하부누수 • 교면포장 접속부 이격 • 배수시설 배수구막힘 • 방호벽 상태양호 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비 • 신축이음 교체

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판하면 균열부 백태 및 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문4교 서울방향 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문4교(서울방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** 이 상 훈 (서 명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•균열부 백태 •파손	•표면처리 •단면보수
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•접속부 이격	•실란트 충전
	배수시설	b	•배수구 막힘	•정비
	난간, 연석	a	•상태양호	-
	신축이음	c	•후타재 균열 •후타재 파손 •하부누수	•표면처리 •단면보수 •신축이음 교체
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열	•표면처리
하부구조	하부	b	•체수	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

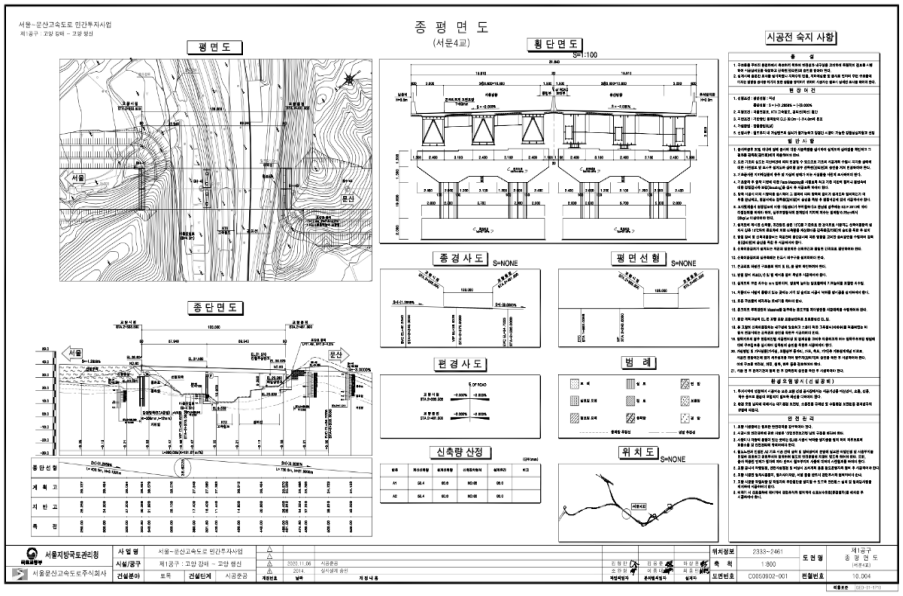
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~29.2	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.7~27.8	24.0	
		교각	41.1~49.1	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문4교 서울방향 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문4교 서울방향	시설물번호		BR2020-0000229
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=128.0m (58+70=128.0m)			
	폭	B=15.9m, 3차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	강관말뚝기초, 직접기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교각	직접기초
교량받침		면진받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		9.0m
부착시설내용		-			
기 타					

서문4교 서울방향 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문4교 문산방향 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4	시설물규모	연장 128m, 폭 15.9m, 3차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 파손, 실란트 파손, 체수 • 교각 상태양호 • 교량받침 받침몰탈 균열, 받침콘크리트 파손 • 신축이음 후타재 들뜸, 하부누수 • 교면포장 접속부 망상균열 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 상태양호 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비 • 신축이음 교체

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 하부구조 파손 및 실란트 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문4교 문산방향 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문4교(문산방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** 이 상 훈 (서 명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•접속부 망상균열	•아스콘팻칭
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	a	•상태양호	-
	신축이음	c	•후타재 들뜸 •하부누수	•단면보수 •신축이음 교체
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열 •받침콘크리트 파손	•표면처리 •단면보수
하부구조	하부	b	•파손 •실란트 파손 •체수	•단면보수 •실란트 충전 •표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

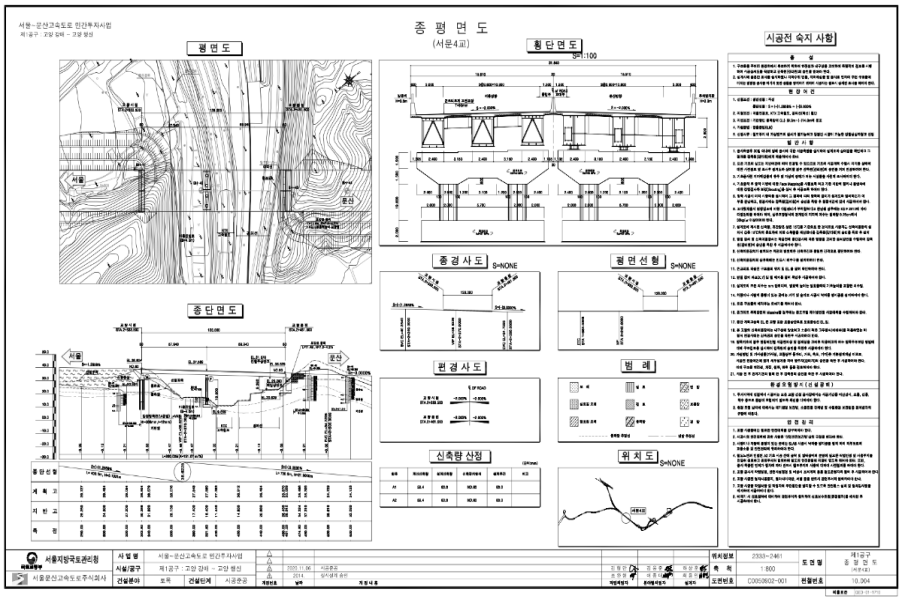
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.2~27.6	24.0	
		교각	43.7~53.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문4교 문산방향 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문4교 문산방향</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-000302</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=128.0m (58+70=128.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=15.9m, 3차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>Steel Box</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초, 직접기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: π형</td><td>교각</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>-</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>9.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

서문4교 문산방향 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문5교 서울방향 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 중앙로 341-25 (도내동)	시설물규모	연장 135m, 폭 19.5m, 4차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 물끊기홈 시공불량 • 거더 재료분리, 파손 • 가로보 박리, 이물질 미제거 • 교대 상태양호 • 교각 망상균열, 파손, 폐자재 적치 • 교량받침 받침몰탈 균열 • 신축이음 후타재 파손, 하부누수 • 교면포장 접속부 이격, 포장 파손 • 배수시설 배수관 탈락 • 방호벽 균열 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수 • 정비 • 아스콘 팻칭

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 거더 재료분리 및 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문5교 서울방향 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문5교(서울방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•물끊기홈 시공불량	•정비
	거더	b	•재료분리, 파손	•단면보수
2차부재	가로보	b	•박리 •이물질퇴적	•단면보수 •정비
기타부재	포장	b	•접속부 이격 •포장파손	•실란트 충전 •아스콘 팻칭
	배수시설	b	•배수관 탈락	•정비
	난간, 연석	a	•균열	•표면처리, 주입보수
	신축이음	c	•후타재 파손 •하부누수	•단면보수 •신축이음 교체
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열	•표면처리
하부구조	하부	b	•망상균열 •파손 •폐자재 적치	•표면처리 •단면보수 •정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

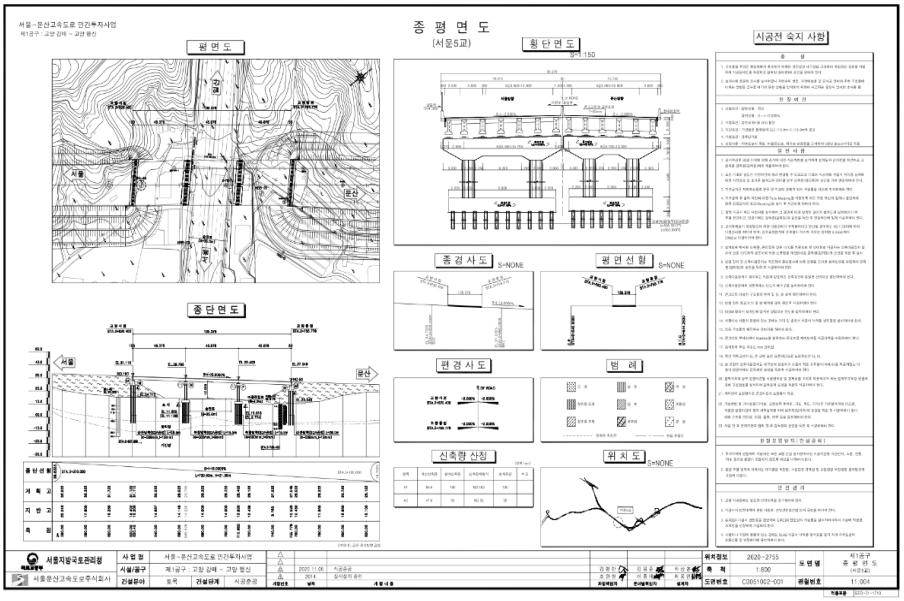
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

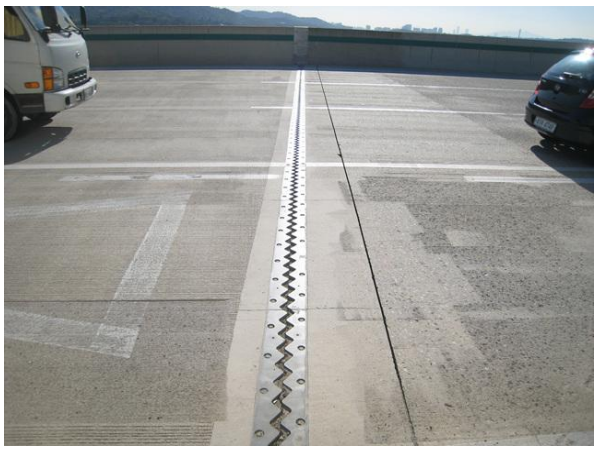
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.8	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.1~27.5	24.0	
		교각	40.6~51.3	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문5교 서울방향 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문5교 서울방향	시설물번호		BR2020-0000230
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 중앙로 341-25 (도내동)			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=135.0m (3@45=135.0m)			
	폭	B=19.5m, 4차로			
구조형식	상부	BICON거더교	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교각	복합말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		승전로	통과 높이		12.0m
부착시설내용		-			
기 타					

서문5교 서울방향 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문5교 문산방향 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 중앙로 341-25 (도내동)	시설물규모	연장 135m, 폭 15.7m, 3차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 재료분리, 파손 • 가로보 균열, 박리 • 교대 박리 • 교각 균열, 망상균열 • 교량받침 받침몰탈 균열, 받침콘크리트 파손 • 신축이음 하부누수 • 교면포장 접속부 이격, 접속도로 파손 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수 • 정비, 실란트 충전 • 아스콘 팻칭, 신축이음 교체

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 거더 파손 및 재료분리 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문5교 문산방향 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문5교(문산방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
	거더	b	•재료분리, 파손	•단면보수
2차부재	가로보	b	•박리 •균열	•단면보수 •표면처리
기타부재	포장	a	•접속부 이격 •접속도로 파손	•실란트 충전 •아스콘 팻칭
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	a	•균열	•표면처리, 주입보수
	신축이음	c	•하부누수	•신축이음 교체
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열 •받침콘크리트 파손	•표면처리 •단면보수
하부구조	하부	b	•균열 및 망상균열 •박리	•표면처리 •단면보수

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

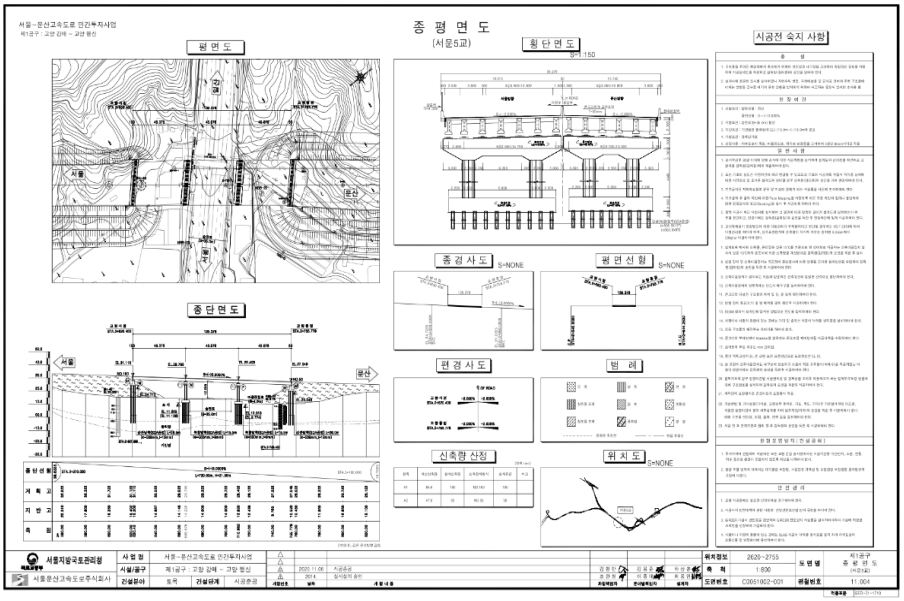
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~29.1	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.6~27.8	24.0	
		교각	40.0~49.8	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문5교 문산방향 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문5교 문산방향	시설물번호		BR2020-0000301
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 중앙로 341-25 (도내동)			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=135.0m (3@45=135.0m)			
	폭	B=15.7m, 3차로			
구조형식	상부	BICON거더교	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교각	말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		승전로	통과 높이		12.0m
부착시설내용		-			
기 타					

서문5교 문산방향 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문9교 서울방향 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77 (도내동)	시설물규모	연장 345m, 폭 16.4m, 3차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 망상균열, 백태, 균열부 백태 • 거더 상태양호 • 가로보 타설불량 • 교대 균열, 균열부백태, 망상균열, 접속부 단차 • 교각 균열 • 교량받침 받침몰탈 균열, 파손, 플레이트 부식, 고정핀 미제거 • 신축이음 후타재 파손, 차수판 앵커탈락 • 교면포장 접속부 이격 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열, 균열부백태, 접속부 단차, 접속부 이격 • 점검시설 폐자재 적치
주요 보수·보강	• 표면처리, 재도장 • 단면보수 • 정비, 실란트 충전

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판하면 균열부 백태 및 백태 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문9교 서울방향 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문9교(서울방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•망상균열, 백태, 균열부 백태	•표면처리
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	b	•타설불량	•단면보수
기타부재	포장	a	•접속부 이격	•실란트 충전
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	b	•균열, 균열부백태 •접속부 이격, 단차	•표면처리 •실란트 충전
	신축이음	b	•후타재 균열 •차수판 앵커탈락	•표면처리 •정비
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열 •받침몰탈 파손 •플레이트부식 •고정핀 미제거	•표면처리 •단면보수 •재도장 •정비
하부구조	하부	b	•균열, 망상균열, 균열부백태 •접속부 단차	•표면처리 •실란트 충전

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

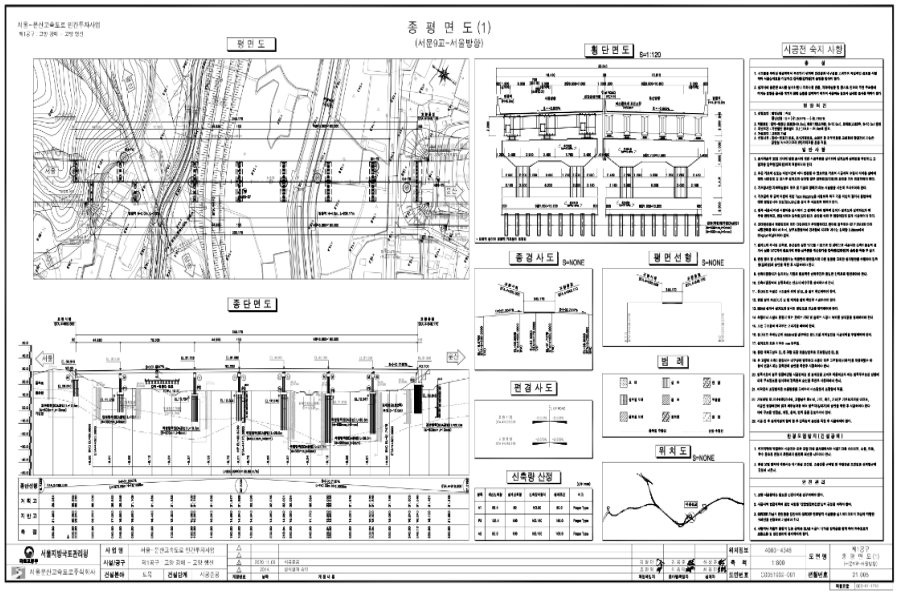
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

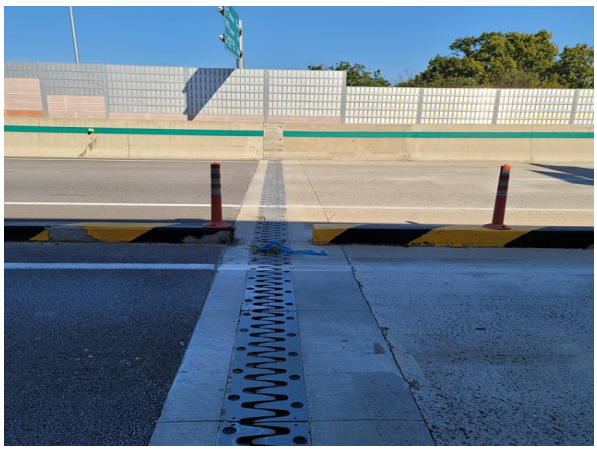
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~29.1	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.1~27.2	24.0	
		교각	40.0~49.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0~39.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~99.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문9교 서울방향 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문9교 서울방향</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000231</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77 (도내동)</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=345.0m(45+75+45+4@45=345.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=16.4m, 3차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>IPC거더
+ Steel Box</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: π형</td><td>교각</td><td>강관말뚝기초, 복합말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>-</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

서문9교 서울방향 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문9교 문산방향 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77 (도내동)	시설물규모	연장 330m, 폭 16.4m, 3차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 망상균열 • 거더 상태양호 • 가로보 타설불량 • 교대 균열, 법면 토사유실, 실란트 이격 • 교각 균열, 망상균열, 폐콘크리트 퇴적 • 교량받침 받침몰탈 균열, 파손, 고정핀 미제거 • 신축이음 후타재 파손, 본체 볼트탈락, 차수판 앵커탈락, 하부누수 • 교면포장 접속부 이격 • 배수시설 그레이팅 변형 • 방호벽 균열, 균열부백태, 접속부 단차 • 점검시설 폐자재 적치
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비, 실란트 충전 • 신축이음 교체

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 하부구조 균열 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문9교 문산방향 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문9교(문산방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•망상균열	•표면처리
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	b	•타설불량	•단면보수
기타부재	포장	a	•접속부 이격	•실란트 충전
	배수시설	b	•그레이팅 변형	•정비
	난간, 연석	b	•균열, 균열부백태 •접속부 단차	•표면처리 •유지관리
	신축이음	b	•후타재 파손 •본체볼트탈락, 차수판앵커탈락 •하바누수	•표면처리 •정비 •신축이음 교체
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열 •받침몰탈 파손 •고정핀 미제거	•표면처리 •단면보수 •정비
하부구조	하부	b	•균열, 망상균열 •법면토사유실, 폐콘크리트퇴적 •실린트 이격	•표면처리 •정비 •실란트 충전

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

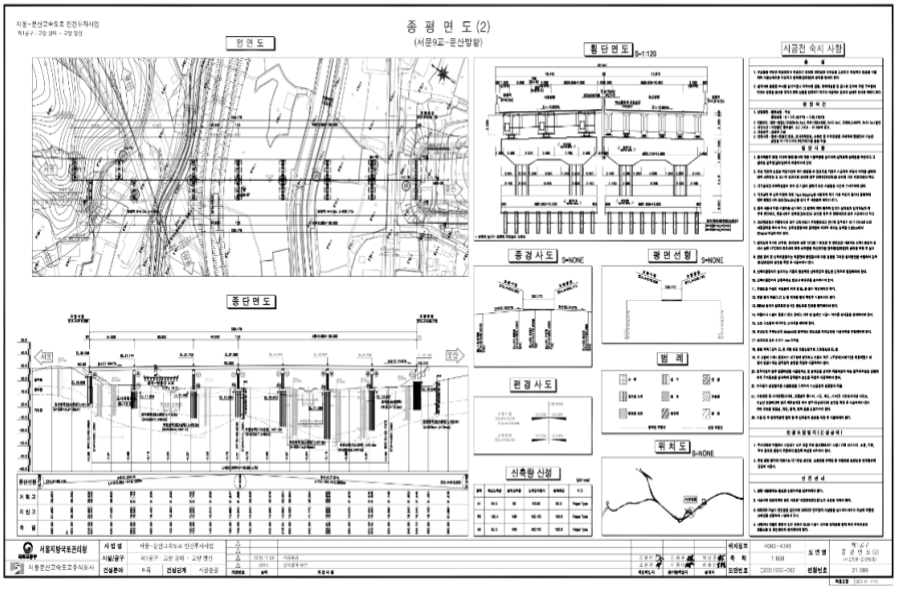
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.3~27.5	24.0	
		교각	40.0~49.3	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0~38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문9교 문산방향 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문9교 문산방향</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000231</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77 (도내동)</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td>노선명(이정)</td><td colspan="2">고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=330.0m(45+60+45+4@45=330.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=16.4m, 3차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>IPC거더
+ Steel Box</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: π형</td><td>교각</td><td>강관말뚝기초, 복합말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>-</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

서문9교 문산방향 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문10교(서울방향) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 흥도로415번길 61-214	시설물규모	연장 101.0m, 폭 19.5m, 3차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 들뜸 • 거더 상태양호 • 가로보 재료분리 • 교대 균열(0.3㎜이상), 체수 • 교각 상태양호 • 교량받침 받침몰탈 균열, 플레이트 부식 • 신축이음 하부 누수, 후타재 균열(0.3㎜미만), 후타재 파손, 차수판 볼트탈락 • 교면포장 망상균열, 접속도로 망상균열, 접속부 이격 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만), 접속부 파손, 접속부 균열(0.3㎜미만) • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수, 재도장 • 정비, 실링재 충전, 재설치, 재포장

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 하부 누수, 교량받침 플레이트 부식, 방호벽 접속부 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문10교(서울방향) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문10교(서울방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•들뜸	•단면보수
	거더	b	•상태양호	-
2차부재	가로보	b	•재료분리	•단면보수
기타부재	포장	b	•망상균열	•표면처리(재포장)
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	c	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리
	신축이음	c	•하부 누수 •후타재 균열(0.3㎜미만), 파손	•정비, 재설치 •표면처리, 단면보수
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열, 플레이트 부식	•표면처리, 재도장
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜이상), 체수	•주입보수, 정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

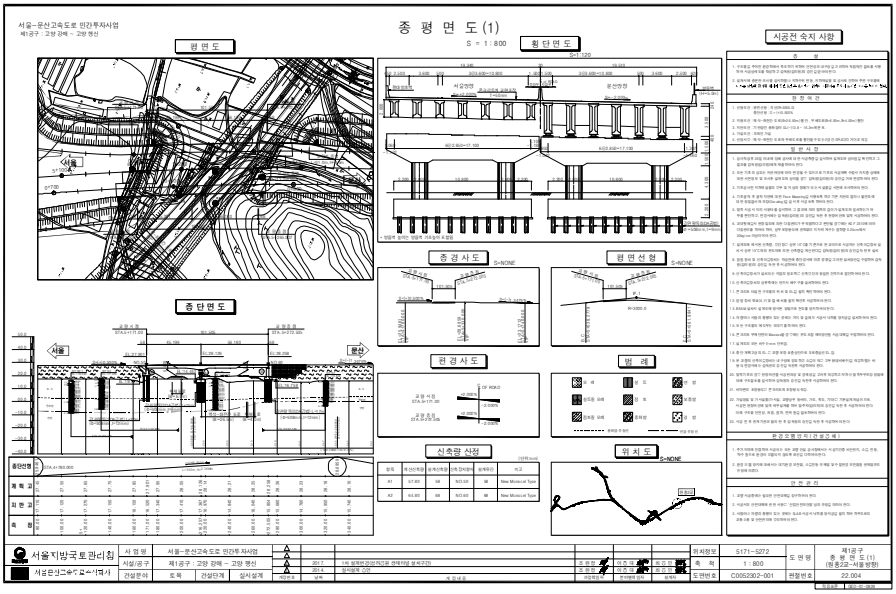
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.4~28.3	24.0	
		교각	41.2~49.2	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문10교(서울방향) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문10교(서울방향)	시설물번호		BR2020-0000232
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 흥도로415번길 61-214 (성사동)			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=101.0m(45+56=101.0m)			
	폭	B=19.5m, 3차로			
구조형식	상부	Spliced 거더	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교각	강관말뚝기초
교량받침		면진받침, 포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		5.0m
부착시설내용		-			
기 타					

서문10교(서울방향) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문10교(문산방향) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4	시설물규모	연장 101.0m, 폭 19.5m, 4차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 재료분리, 거푸집 미제거 • 거더 상태양호 • 가로보 재료분리 • 교대 균열(0.3㎜미만, 이상), 체수, 폐콘크리트 퇴적 • 교각 망상균열 • 교량받침 받침몰탈 균열 • 신축이음 하부 누수, 후타재 균열(0.3㎜미만) • 교면포장 접속부 이격 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만), 들뜸, 접속부 파손 • 점검시설 점검로 폐콘크리트 퇴적
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수 • 정비, 실링재 충전, 재설치

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

• 차기 중점점검부위 : 하부구조 균열(0.3㎜이상), 신축이음 하부 누수, 중분대 파손 - 진전 여부확인
• 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문10교(문산방향) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문10교(문산방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈　(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•재료분리	•단면보수
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	b	•재료분리	•단면보수
기타부재	포장	a	•접속부 이격	•실링재 충전
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	c	•균열(0.3㎜미만), 들뜸	•표면처리, 단면보수
	신축이음	c	•하부 누수 •후타재 균열(0.3㎜미만)	•정비(재설치) •표면처리
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열	•표면처리
하부구조	하부	c	•균열(0.3㎜미만, 이상), 체수	•표면처리, 주입보수, 정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

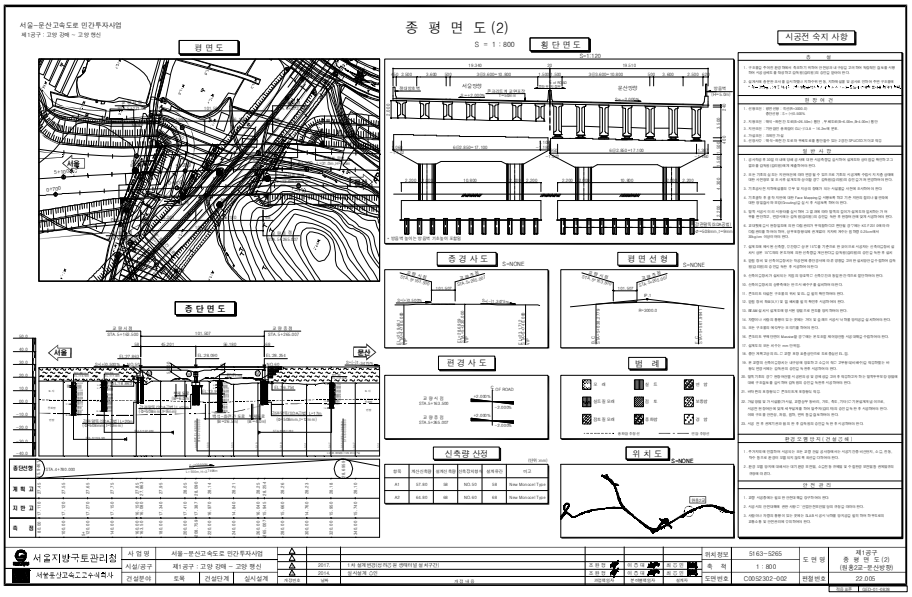
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.8	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.8~27.5	24.0	
		교각	41.5~49.7	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문10교(문산방향) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문10교(문산방향)	시설물번호		BR2020-0000299
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=101.0m(45+56=101.0m)			
	폭	B=19.5m, 4차로			
구조형식	상부	Spliced 거더	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교각	강관말뚝기초
교량받침		면진받침, 포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		5.0m
부착시설내용		-			
기 타					

서문10교(문산방향) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문11교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-19 (성사동)	시설물규모	연장 70.0m(문산:70m, 서울:50m), 폭 32.0m, 6차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열(0.3㎜미만, 이상), 균열부백태 • 거더외부 도장긁힘 • 가로보 상태양호 • 교대 박락, 누수흔적 • 교량받침 받침몰탈 박리, 여유량 부족 • 신축이음 하부 누수, 후타재 균열, 망상균열 • 교면포장 망상균열, 접속도로 파손, 접속부 이격 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만) • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수, 재도장 • 정비, 실링재 충전, 재설치, 재포장 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 하면 균열(0.3㎜이상) 및 균열부백태, 교량받침 받침몰탈 박리, 가동여유량 부족, 신축이음 하부 누수 - 진전 여부확인, 주기적인 계측 필요
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문11교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문11교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강					상태평가 결과 : B
결함발생부재			상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
서울방향	상부구조	바닥판	c	•균열(0.3㎜미만, 이상) •균열부백태	•표면처리, 주입보수
		거더	a	•상태양호	-
	2차부재	가로보	a	•상태양호	-
	기타부재	포장	a	•접속도로 파손	•단면보수
		배수시설	a	•상태양호	-
		난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리
		신축이음	c	•하부 누수 •후타재 망상균열	•정비(재설치) •표면처리
	받침	교량받침	a	•여유량 부족	•정비(재설치)
	하부구조	하부	b	•박락, 누수흔적	•표면처리, 단면보수
문산방향	상부구조	바닥판	b	•균열(0.3㎜미만, 이상)	•표면처리, 주입보수
		거더	b	•도장긁힘	•재도장
	2차부재	가로보	a	•상태양호	-
	기타부재	포장	d	•망상균열, 접속부 이격	•표면처리(재포장), 실링재 충전
		배수시설	a	•상태양호	-
		난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리
		신축이음	b	•하부 누수 •후타재 균열(0.3㎜미만)	•정비(재설치) •표면처리
	받침	교량받침	b	•받침몰탈 박리, 여유량 부족	•단면보수, 정비(재설치)
	하부구조	하부	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

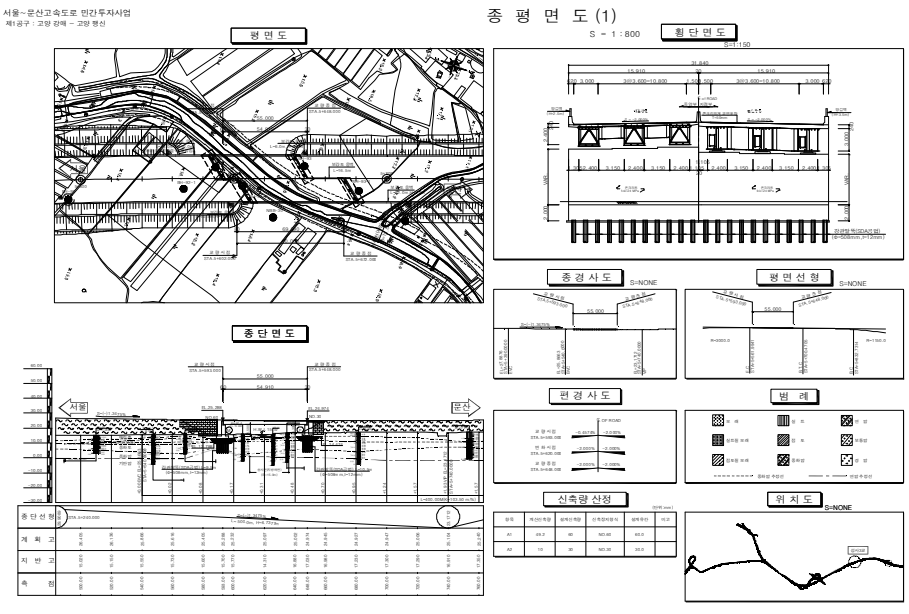
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				측정결과	설계기준	
서울방향	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.8	27.0	■설계강도 이상(양호)
		하부구조	교대	24.9~27.9	24.0	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
		하부구조		97.0~98.0	a등급	
	종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				
문산방향	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.4~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
		하부구조	교대	24.8~27.7	24.0	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
		하부구조		97.0~98.0	a등급	
	종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문11교 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문11교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000238</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-19 (성사동)</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=70.0m(문산방향 : 70m, 서울방향 55m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=32.0m, 6차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>Steel Box</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td rowspan="2">교대</td><td rowspan="2">강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>-</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

서문11교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수관 전경

서문13교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 충장로 350번길 160(성사동)	시설물규모	연장 50.8m, 폭 32.0m, 6차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열(0.3㎜미만), 철근노출, 재료분리 • 거더 재료분리 • 가로보 재료분리 • 교대 상태양호 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 하부 누수, 후타재 균열, 망상균열 • 교면포장 포장 파손, 접속도로 파손, 접속부 이격 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만, 이상), 접속부 균열, 박리 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수(방청) • 정비, 실링재 충전, 재설치 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 하면 철근노출, 교면포장 접속도로 파손, 신축이음 하부 누수 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문13교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문13교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강					상태평가 결과 : B
결함발생부재			상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
서울방향	상부구조	바닥판	c	•균열(0.3㎜미만), 철근노출	•표면처리, 단면보수(방청)
		거더	b	•재료분리	•단면보수
	2차부재	가로보	a	•상태양호	-
	기타부재	포장	b	•포장 파손, 접속도로 파손	•단면보수
		배수시설	a	•상태양호	-
		난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리
		신축이음	c	•하부 누수	•정비(재설치)
	받침	교량받침	a	•상태양호	-
	하부구조	하부	a	•상태양호	-
문산방향	상부구조	바닥판	b	•균열(0.3㎜미만), 재료분리	•표면처리, 단면보수
		거더	a	•상태양호	-
	2차부재	가로보	b	•재료분리	•단면보수
	기타부재	포장	a	•접속도로 파손, 접속부 이격	•단면보수, 실링재 충전
		배수시설	a	•상태양호	-
		난간, 연석	c	•균열(0.3㎜미만, 이상) •접속부 균열, 박리	•표면처리, 주입보수, 단면보수
		신축이음	c	•하부 누수 •후타재 균열, 망상균열	•정비(재설치) •표면처리
	받침	교량받침	a	•상태양호	-
	하부구조	하부	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

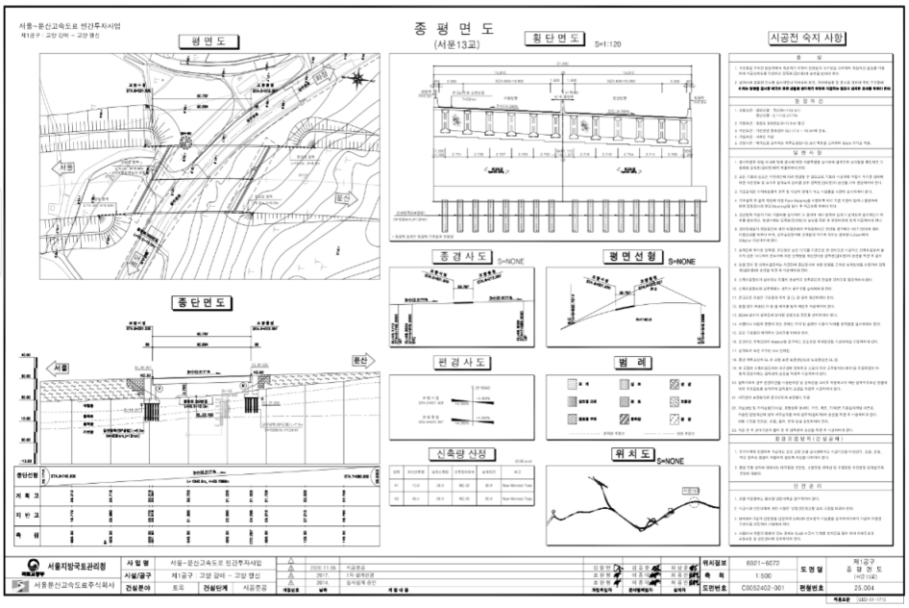
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

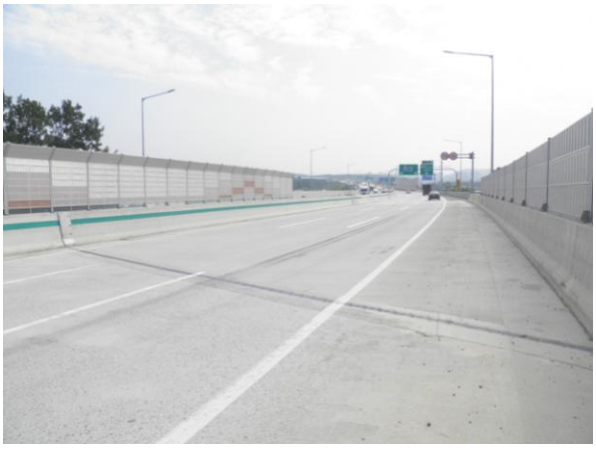
시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				측정결과	설계기준	
서울방향	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.8~29.0	27.0	■설계강도 이상(양호)
			거더	41.2~49.2	40.0	
		하부구조	교대	24.8~27.4	24.0	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
		하부구조		98.0	a등급	
	종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				
문산방향	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.7	27.0	■설계강도 이상(양호)
			거더	42.0~50.4	40.0	
		하부구조	교대	24.6~27.5	24.0	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
		하부구조		97.0~98.0	a등급	
	종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문13교 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문13교</td><td>시설물번호</td><td></td><td>BR2020-0000239</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td>관리번호</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 충장로 350번길 160(성사동)</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td>노선명(이정)</td><td></td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=50.8m(1경간)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=32.0m, 6차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>Bicon</td><td rowspan="2">기초형식</td><td rowspan="2">교대</td><td rowspan="2">강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성고무받침</td><td>신축이음</td><td></td><td>뉴모노셀조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>-</td><td>통과 높이</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

서문13교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수관 전경

서문14교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 고양대로 1489-1(성사동)	시설물규모	연장 70.0m, 폭 32.0m, 6차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열(0.3㎜미만) • 거더외부 도장긁힘 • 가로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만), 체수 • 교량받침 이동량 눈금자 미설치, 여유량 부족 • 신축이음 하부 누수, 후타재 균열, 망상균열, 파손, 차수판 볼트 체결불량 • 교면포장 접속부 파손, 접속부 이격 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만), 균열부백태, 접속부 단차 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수, 재도장 • 정비, 실링재 충전, 재설치 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 하부 누수 및 교대 구체 상면 체수, 교면포장 접속부 이격, 교량받침 가동여유량 부족, 거더 하면 가동여유량 부족 - 진전 여부확인, 주기적인 계측 필요
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문14교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문14교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

책임기술자 : **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강					상태평가 결과 : B
결함발생부재			상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
서울방향	상부구조	바닥판	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리
		거더	a	•상태양호	-
	2차부재	가로보	a	•상태양호	-
	기타부재	포장	a	•접속부 이격	•실링재 충전
		배수시설	a	•상태양호	-
		난간, 연석	a	•접속부 단차	•실링재 충전
		신축이음	c	•하부 누수 •후타재 균열, 망상균열	•정비(재설치) •표면처리
	받침	교량받침	a	•여유량 부족	•정비(재설치)
	하부구조	하부	a	•체수	•정비(신축이음부)
문산방향	상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
		거더	b	•도장긁힘	•재도장
	2차부재	가로보	a	•상태양호	-
	기타부재	포장	a	•접속부 파손, 접속부 이격	•단면보수, 실링재 충전
		배수시설	a	•상태양호	-
		난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만) •균열부백태	•표면처리
		신축이음	c	•하부 누수 •후타재 균열, 파손	•정비(재설치) •표면처리, 단면보수
	받침	교량받침	a	•이동량 눈금자 미설치 •여유량 부족	•정비(재설치)
	하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

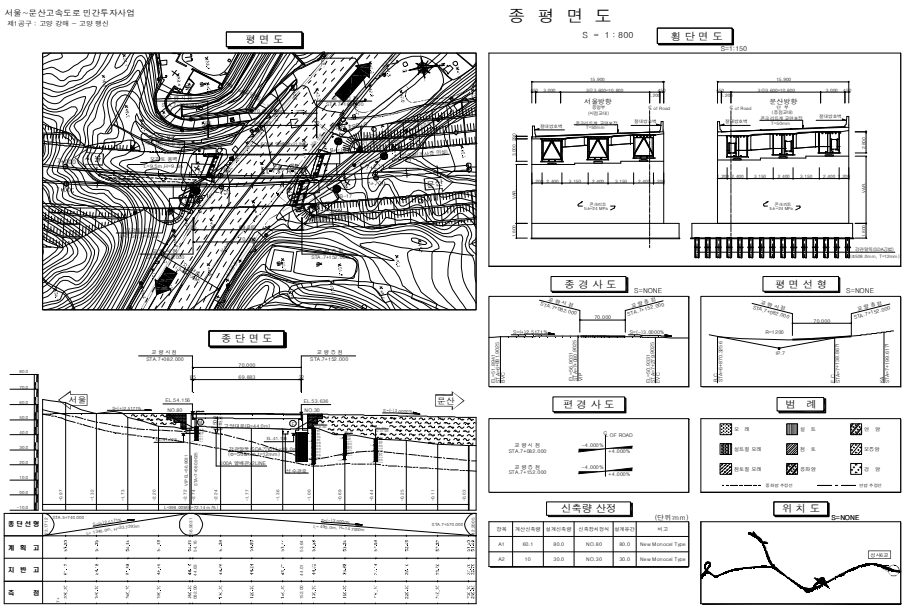
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

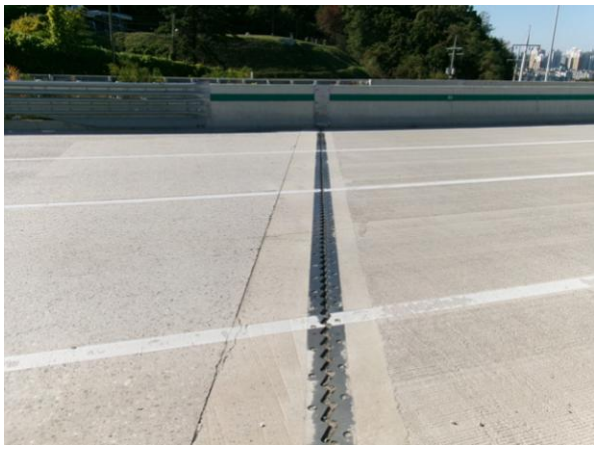
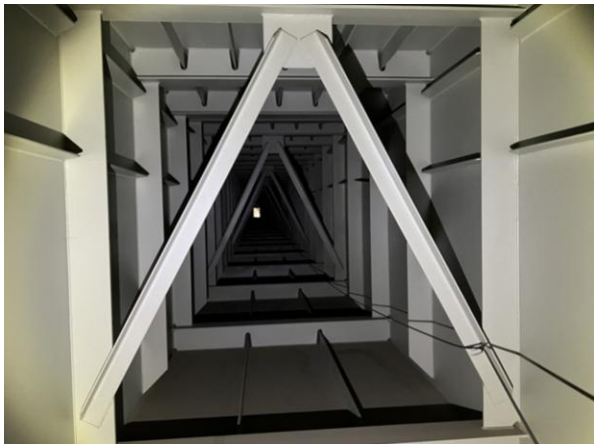
시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				측정결과	설계기준	
서울방향	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.3~29.0	27.0	■설계강도 이상(양호)
		하부구조	교대	24.9~27.5	24.0	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
		하부구조		97.0~98.0	a등급	
	종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				
문산방향	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
		하부구조	교대	24.9~27.7	24.0	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
		하부구조		97.0~98.0	a등급	
	종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문14교 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문14교	시설물번호		BR2020-0000240
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 고양대로 1489-1(성사동)			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=70.0m(1경간)			
	폭	B=32.0m, 6차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	A1 : 직접기초 A2 : 강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형			
교량받침		포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		-
부착시설내용		-			
기 타					

서문14교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더외부 전경	거더내부 전경
	
바닥판하면 전경	교대 전경

남고양IC2교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	A
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 대덕로 426 (현천동)	시설물규모	연장 498.9m, 폭 11.0m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열부백태, 파손 • 거더 파손 • 가로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만), 망상균열 • 교각 균열(0.3㎜미만), 망상균열 • 교량받침 받침몰탈 균열(0.3㎜미만), 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만) • 신축이음 여유량 부족 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 배수관 누수 • 방호벽 균열(0.3㎜미만), 파손 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비, 재설치 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 하면 균열부백태, 파손, 교각 균열, 배수관 누수, 신축이음 여유량 부족 - 진전여부확인, 주기적인 계측 필요
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

남고양IC2교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 남고양IC2교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** (서 명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강					상태평가 결과 : A
결함발생부재			상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
STB	상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
		거더	a	•상태양호	-
	2차부재	가로보	a	•상태양호	-
	기타부재	포장	a	•상태양호	-
		배수시설	b	•배수관 누수	•정비
		난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만), 파손	•표면처리, 단면보수
		신축이음	a	•여유량 부족	•정비(재설치)
	받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열 •받침콘크리트 균열	•표면처리
	하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만), 망상균열	•표면처리
라멘	상부구조	바닥판	b	•균열부백태, 파손	•표면처리, 단면보수
		거더	b	•파손	•단면보수
	2차부재	가로보	a	•상태양호	-
	기타부재	포장	a	•상태양호	-
		배수시설	a	•상태양호	-
		난간, 연석	a	•상태양호	-
	하부구조	하부	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

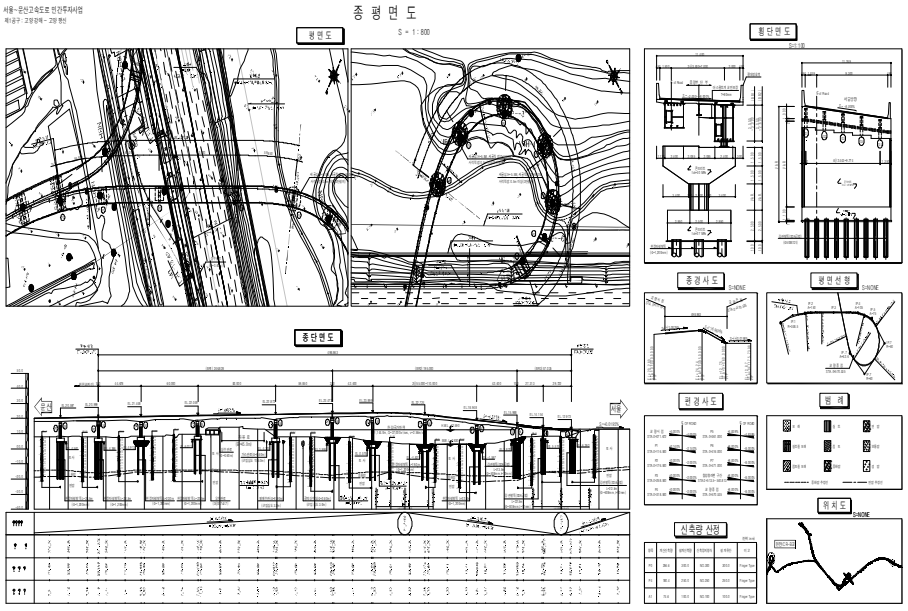
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

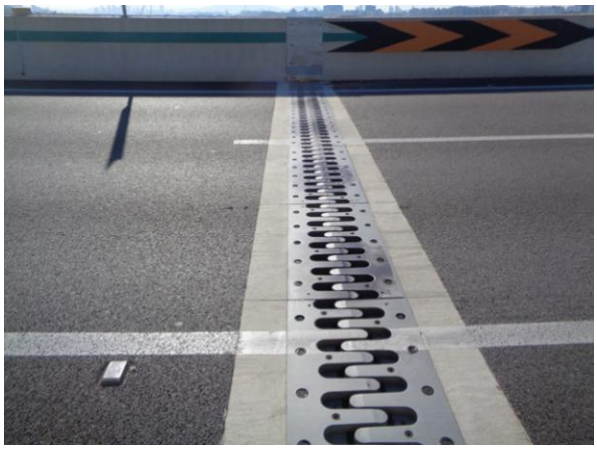
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면(STB)	27.3~29.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		바닥판 하면(라멘)	27.2~29.0	27.0	
	하부구조	교각(STB)	40.5~50.7	40.0	
		교대 및 교각(라멘)	27.9~29.5	27.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.5~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

남고양IC2교 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		남고양IC2교	시설물번호		BR2020-0000237
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 대덕로 426 (현천동)			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=498.9m (44.828+60+82+60+42.5+2@55+42.5+27.313+29.722≒498.9m)			
	폭	B=11.0m, 2차로			
구조형식	상부	Steel Box, 합성형라멘	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교각	현장타설말뚝
교량받침		면진받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		-
부착시설내용		-			
기 타					

남고양IC2교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

남고양IC1교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 자유로 88 (덕은동)	시설물규모	연장 120.0m, 폭 11.0m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 망상균열, 재료분리, 재료분리(철근노출) • 거더외부 도장긁힘, 변형 • 가로보 및 세로보 상태양호 • 교대 누수흔적 • 교각 망상균열 • 교량받침 받침몰탈 균열 • 신축이음 후타재 균열(0.3㎜미만), 여유량 부족 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 배수구 막힘 • 방호벽 균열(0.3㎜미만, 이상), 균열부백태 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수(방청), 재도장 • 정비(청소), 재설치, 주의관찰 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 하면 재료분리(철근노출), 교대 누수흔적, 방호벽 균열, 균열부백태, 신축이음 여유량 부족 - 진전 여부확인, 주기적인 계측 필요
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

남고양IC1교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 남고양IC1교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈　(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	c	•망상균열, 재료분리(철근노출)	•표면처리, 단면보수(방청)
	거더	b	•도장긁힘, 변형	•재도장, 정비(주의관찰)
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	b	•배수구 막힘	•정비(청소)
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만, 이상) •균열부백태	•표면처리, 주입보수
	신축이음	b	•후타재 균열(0.3㎜미만) •여유량부족	•표면처리 •정비(재설치)
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열	•표면처리
하부구조	하부	b	•망상균열, 누수흔적	•표면처리(정비)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

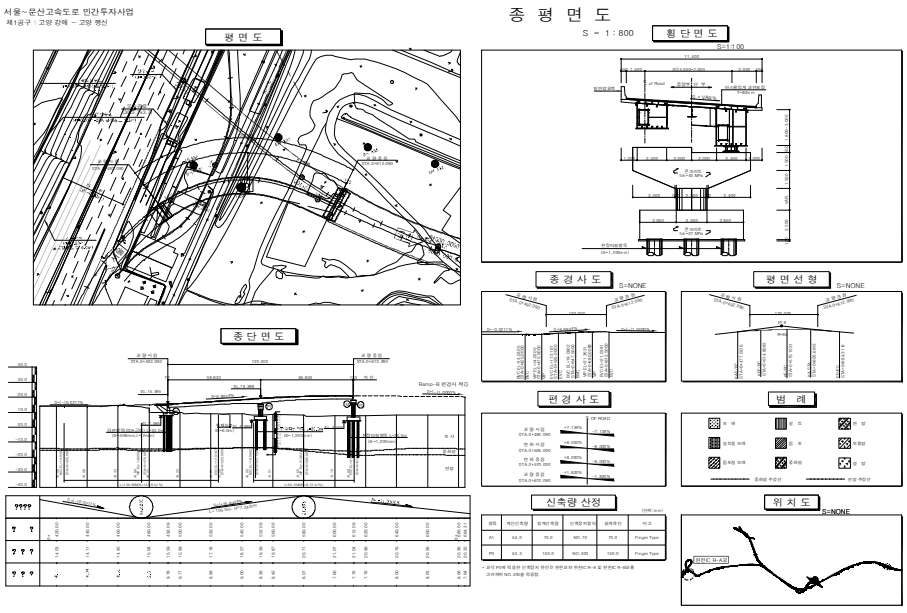
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

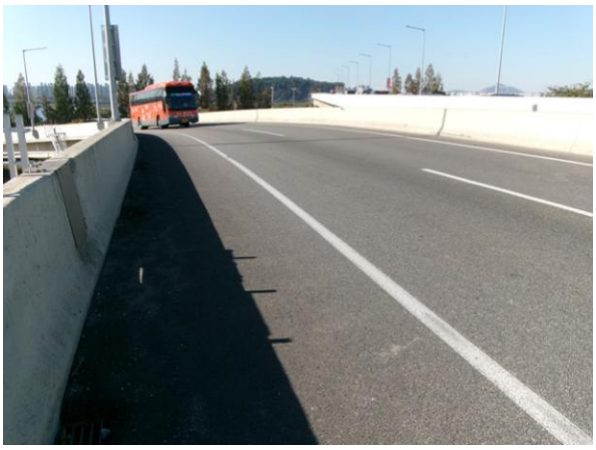
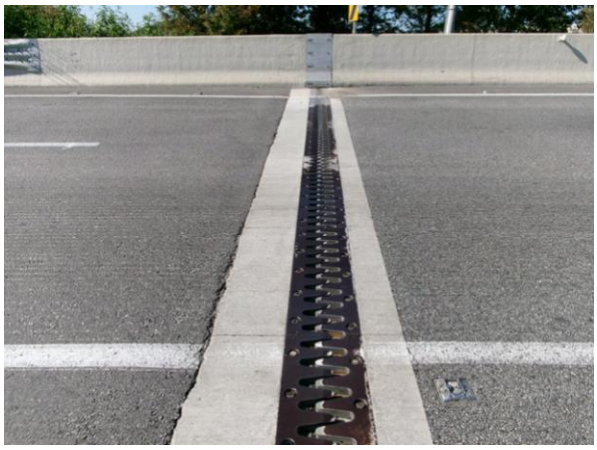
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.5~27.8	24.0	
		교각	42.0~50.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.5~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

남고양IC1교 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		남고양IC1교	시설물번호		BR2020-0000236
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 자유로 88 (덕은동)			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=120.0m (2@60=120m)			
	폭	B=11.0m, 2차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교각	현장타설말뚝
교량받침		면진받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		-
부착시설내용		-			
기 타					

남고양IC1교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더외부, 바닥판하면 전경	거더내부 전경
	
교대 전경	교각 전경

남고양교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 대덕로 426 (현천동)	시설물규모	연장 390.0m, 폭 25.0m, 4차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 균열부백태, 재료분리 • 거더 상태양호 • 가로보 및 세로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만), 망상균열 • 교각 망상균열 • 교량받침 받침몰탈 균열(0.3㎜미만) • 신축이음 이물질퇴적, 차수판 파손, 차수판 볼트탈락, 여유량 부족 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열 및 재균열(0.3㎜이상), 균열부백태 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수 • 정비(청소), 재설치 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 하면 균열부백태, 방호벽 균열 및 균열부백태, 신축이음 여유량 부족 - 진전 여부확인, 주기적인 계측 필요
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

남고양교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 남고양교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•균열(0.3㎜미만), 망상균열 •균열부백태, 재료분리	•표면처리, 단면보수
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보 및 세로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	b	•균열 및 재균열(0.3㎜이상) •균열부백태	•표면처리, 주입보수
	신축이음	b	•이물질퇴적, 차수판 파손 •여유량부족, 차수판 볼트탈락	•정비(청소) •정비(재설치)
받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	•표면처리
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만), 망상균열	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

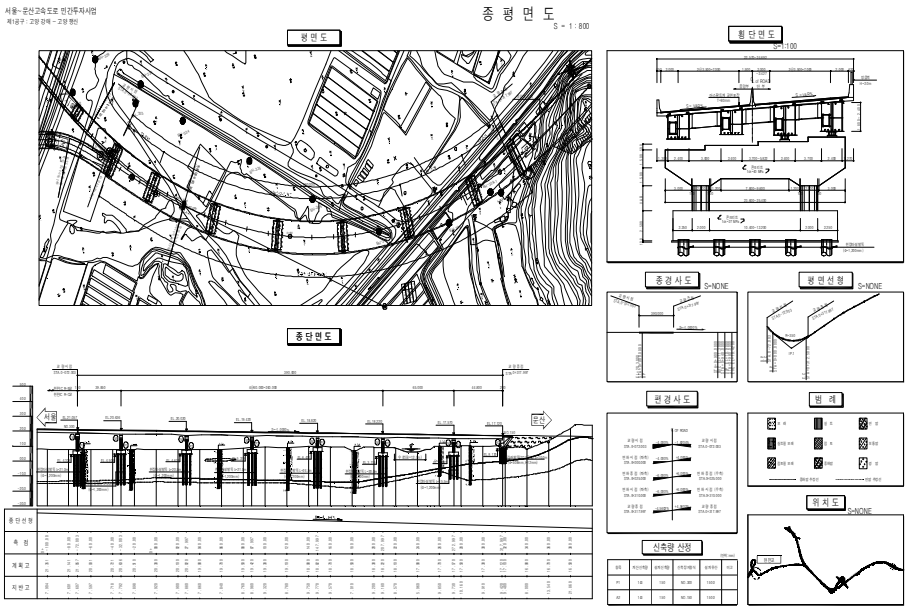
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

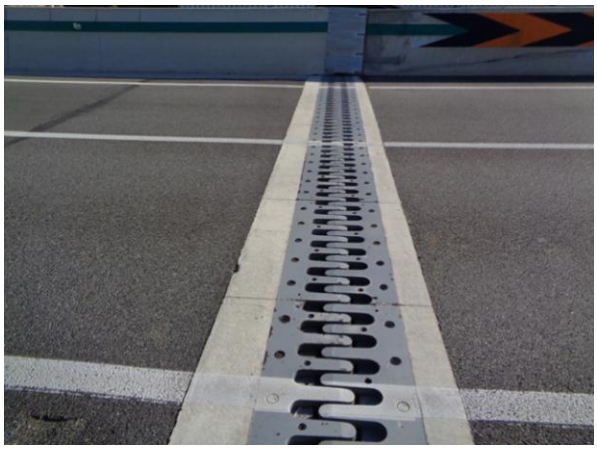
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~29.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.9~27.4	24.0	
		교각	41.0~50.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		98.5~99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

남고양교 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		남고양교	시설물번호		BR2020-0000233
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 대덕로 426 (현천동)			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=390.0m (40+4@60+65+45=390m)			
	폭	B=25.0m, 4차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교각	현장타설말뚝
교량받침		고무받침(면진받침)	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		-
부착시설내용		-			
기 타					

남고양교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문15교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 대덕로 158-121 (현천동)	시설물규모	연장 876.0m, 폭 21.0m, 4차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 망상균열, 백태, 균열부백태, 누수흔적, 파손, 재료분리 • 거더 박리, 재료분리 • 가로보 재료분리 • 교대 균열(0.3㎜이상), 망상균열, 백태, 균열부백태 • 교각 균열(0.3㎜미만, 이상), 망상균열, 박리 • 교량받침 받침몰탈 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 재료분리, 파손, 받침부식, 고정핀미제거 • 신축이음 후타재 균열(0.3㎜미만), 파손, 이물질퇴적, 하부 누수, 여유량 부족 • 교면포장 망상균열 • 배수시설 배수관 누수, 막힘, 연결불량, 파손, 배수구 막힘 • 방호벽 균열(0.3㎜미만, 이상), 균열부백태, 파손 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수 • 단면보수, 재도장 • 정비(청소), 재설치, 균열보수(재포장) 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 하면 백태, 균열부백태, 하부구조 균열(0.3㎜이상), 교면포장 망상균열, 배수관 및 배수구 누수, 막힘, 파손, 신축이음 여유량 부족 - 진전 여부확인, 주기적인 계측 필요
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문15교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문15교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강					상태평가 결과 : B
결함발생부재			상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
BICON	상부구조	바닥판	b	•망상균열, 백태, 균열부백태 •누수흔적, 파손	•표면처리, 단면보수
		거더	a	•박리, 재료분리	•단면보수
	2차부재	가로보	a	•재료분리	•단면보수
	기타부재	포장	d	•망상균열	•균열보수(재포장)
		배수시설	b	•배수관 누수, 막힘, 연결불량 •배수관 파손, 배수구 막힘	•정비(청소)
		난간, 연석	c	•균열(0.3㎜미만, 이상) •균열부백태, 파손	•표면처리, 주입보수, 단면보수
		신축이음	c	•후타재 균열(0.3㎜미만), 파손 •이물질퇴적, 하부 누수 •여유량 부족	•표면처리, 단면보수 •정비(청소), 재설치
	받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열, 망상균열 •받침콘크리트 균열, 망상균열 •재료분리, 파손 •받침부식	•표면처리, 단면보수 •재도장
	하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만, 이상), 망상균열 •백태, 균열부백태, 박리	•표면처리, 주입보수, 단면보수
STB	상부구조	바닥판	b	•망상균열, 백태	•표면처리
		거더	a	•상태양호	-
	2차부재	가로보	a	•상태양호	-
	기타부재	포장	d	•망상균열	•균열보수(재포장)
		배수시설	b	•배수관 파손, 연결불량	•정비
		난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리
		신축이음	b	•후타재 균열(0.3㎜미만) •여유량 부족	•표면처리 •정비(재설치)
	받침	교량받침	b	•받침몰탈 균열	•표면처리
	하부구조	하부	b	•망상균열	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

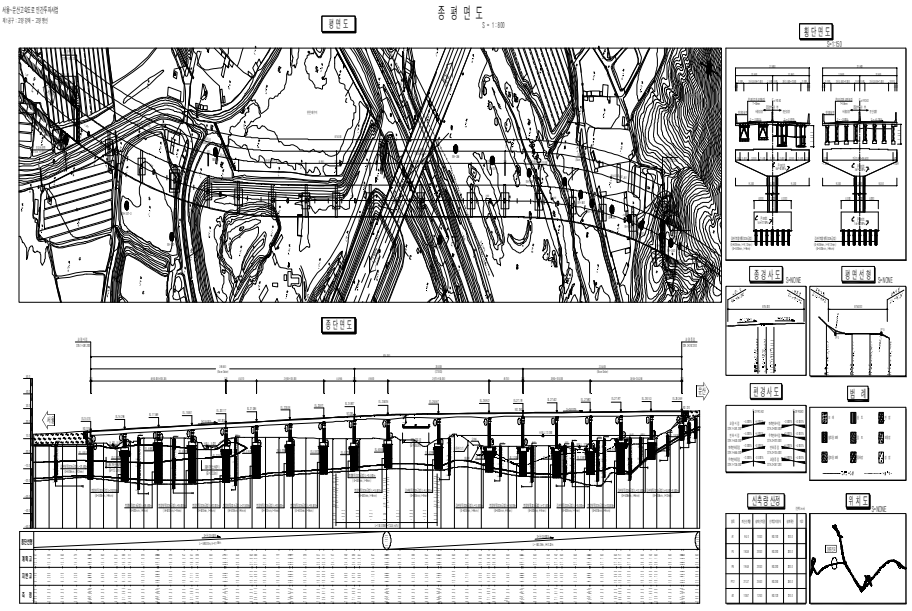
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.3~29.2	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.9~52.8	40.0	
	하부구조	교대	24.1~27.6	24.0	
		교각	41.2~51.5	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		98.5~99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문15교 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문15교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000234</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 대덕로 158-121 (현천동)</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=876.0m (4@50+45+2@50+45+50+2@75+50+2@50+3@45≒876m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=21.0m, 4차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>Bicon + Steel Box</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>A1 : 강관말뚝기초
A2 : 직접기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: T형</td><td>교각</td><td>P1~P9,P12,P13,P15,P16 : 강관말뚝기초
P10,P11,P14 : 현장타설말뚝</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>-</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

서문15교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

고양분기점 7교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 원당동 218-5	시설물규모	연장 65m, 폭 8.7m, 1차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 망상균열 • 거더 부식 • 가로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만), 표면박리 및 열화, 토사 및 폐콘크리트 퇴적, 박리, 파손 • 교량받침 Plate부식, 받침몰탈 파손 • 신축이음 후타재균열, 후타재 파손, 차수판 볼트 체결불량, 여유량 부족 • 교면포장 포트홀, 접속부 포장 파손 • 배수시설 배수구 막힘 • 방호벽 균열(0.3㎜이상), 델리네이트 파손, 접속부 파손 • 점검시설 점검계단 유실
주요 보수·보강	• 표면처리 • 아스콘 팻칭 • 단면보수 • 주입보수 • 정비 • 재도장 • 신축이음 재설치

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 여유량 부족 - 주기적인 여유량 확인, 받침몰탈 파손, 하부구조 표면열화 및 박리 -진전여부 확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

고양분기점 7교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 고양분기점 7교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈　(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•망상균열	•표면처리
	거더	b	•부식	•재도장
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	b	•포트홀, 접속부 포장 파손	•아스콘 팻칭, 단면보수
	배수시설	c	•배수구 막힘	•정비
	난간, 연석	c	•균열(0.3㎜이상) •접속부 파손 •델리네이트 파손	•주입보수 •단면보수 •정비
	신축이음	b	•후타재균열, 후타재 파손 •차수판 볼트 체결불량 •이동량 부족	•표면처리, 단면보수 •정비 •교체
받침	교량받침	b	•Plate부식 •받침몰탈 파손	•재도장 •단면보수
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만) •표면열화 및 박리, 박리, 파손 •토사 및 폐콘크리트 퇴적	•표면처리 •단면보수 •정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

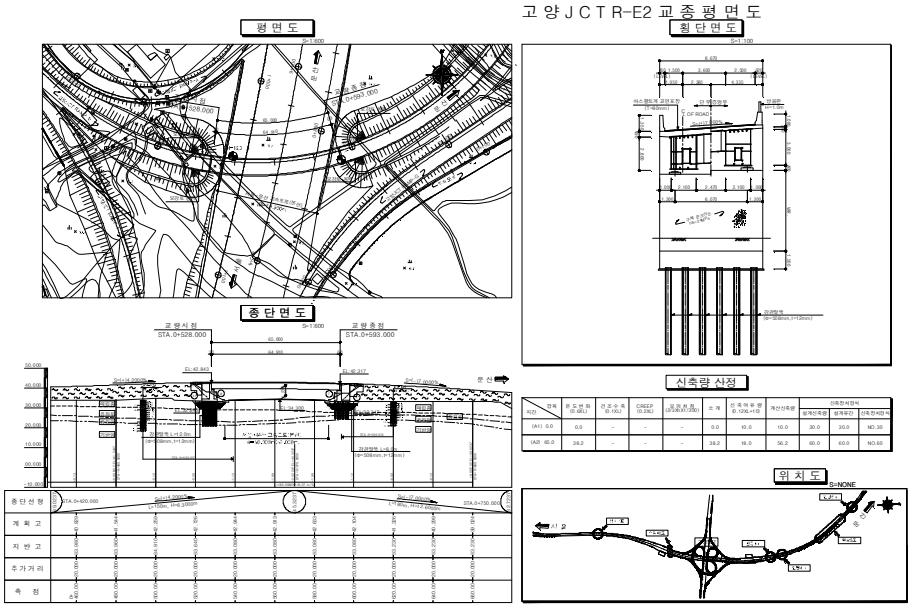
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.4	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.1~27.3	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		1.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		2.0~2.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

고양분기점 7교 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		고양분기점 7교	시설물번호		BR2020-0000161
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 원당동 218-5			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=65.0m(65.0m)			
	폭	B=8.7m, 1차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대: 역T형		교각	-
교량받침		포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		5.3m
부착시설내용		-			
기 타					

고양분기점 7교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
배수시설 전경	교대 전경

고양분기점 11교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 원당동 1060-9	시설물규모	연장 60m, 폭 8.7m, 1차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열부백태, 백태 • 거더 도장긁힘, 변형 • 가로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜내,외), 균열부백태, 마감미흡, 폐콘크리트 퇴적, 법면 토사유실 • 교량받침 받침몰탈 박리, 여유량 부족, 편기 • 신축이음 이물질퇴적 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜이상) • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 주입보수 • 백태보수 • 주의관찰 • 단면보수 • 재도장 • 정비 • 프리세팅

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 하부구조, 교량받침 균열(0.3㎜이상), 여유량 부족, 편기 - 진전 여부확인, 주기적인 여유량 측정
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

고양분기점 11교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 고양분기점 11교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•균열부백태, 백태	•백태보수
	거더	b	•도장긁힘, 변형	•재도장, 주의관찰
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	c	•균열(0.3㎜이상)	•주입보수
	신축이음	b	•이물질퇴적	•정비
받침	교량받침	c	•받침몰탈 박리 •여유량 부족, 편기	•단면보수 •프리세팅, 주의관찰
하부구조	하부	c	•균열(0.3㎜내,외) •균열부백태, 마감미흡 •폐콘크리트 퇴적, 법면 토사유실	•표면처리, 주입보수 •백태보수, 정비 •정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

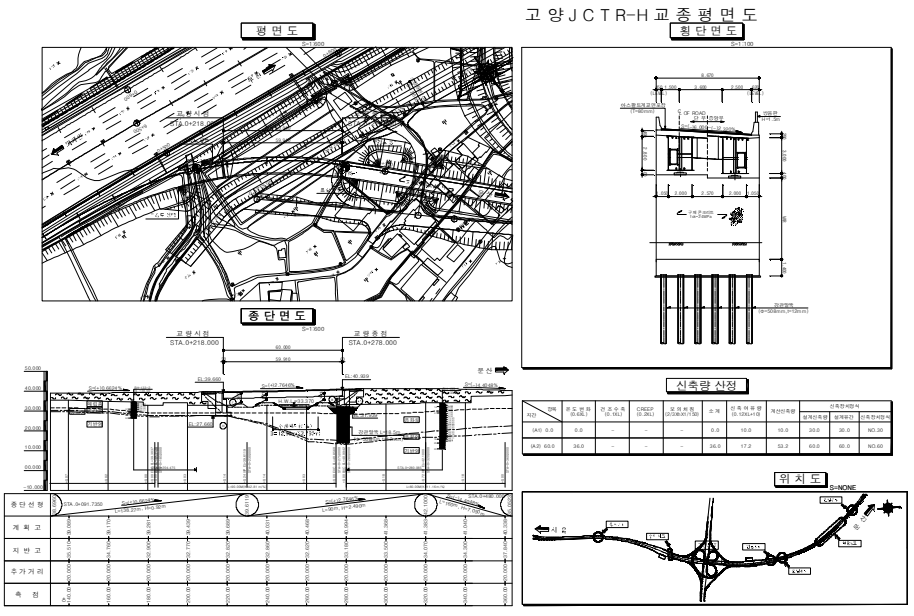
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

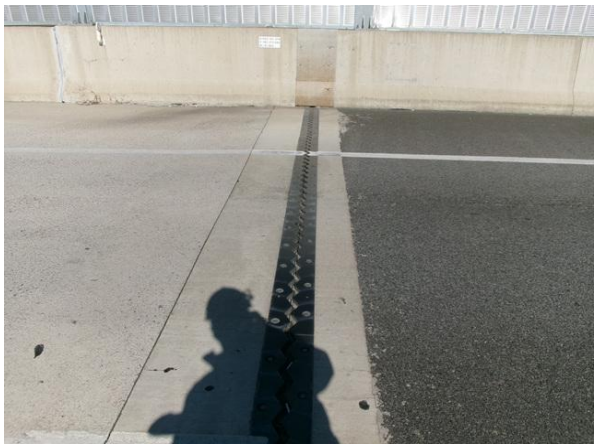
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.8	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.3~27.3	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		99.0~99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

고양분기점 11교 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		고양분기점 11교	시설물번호		BR2020-0000162
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 원당동 1060-9			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=60.0m(60.0m)			
	폭	B=8.7m, 1차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	직접기초 말뚝기초
	하부	교대: 역T형			
교량받침		포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		-	통과 높이		2.6m
부착시설내용		-			
기 타					

고양분기점 11교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수시설 전경

원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	A
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 원당동 249-9	시설물규모	연장 200m, 폭 4.1m, 1차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 상태양호 • 교각 상태양호 • 교량받침 받침몰탈 균열, 파손 • 신축이음 상태양호 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 배수구 토사퇴적 • 방호벽 접속부 파손 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 교량받침 받침몰탈 파손, 균열, 방호벽 접속부 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	c	•배수구 토사퇴적	•정비
	난간, 연석	c	•접속부 파손	•단면보수
	신축이음	a	•상태양호	-
받침	교량받침	c	•받침몰탈 균열, 파손	•표면처리, 단면보수
하부구조	하부	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

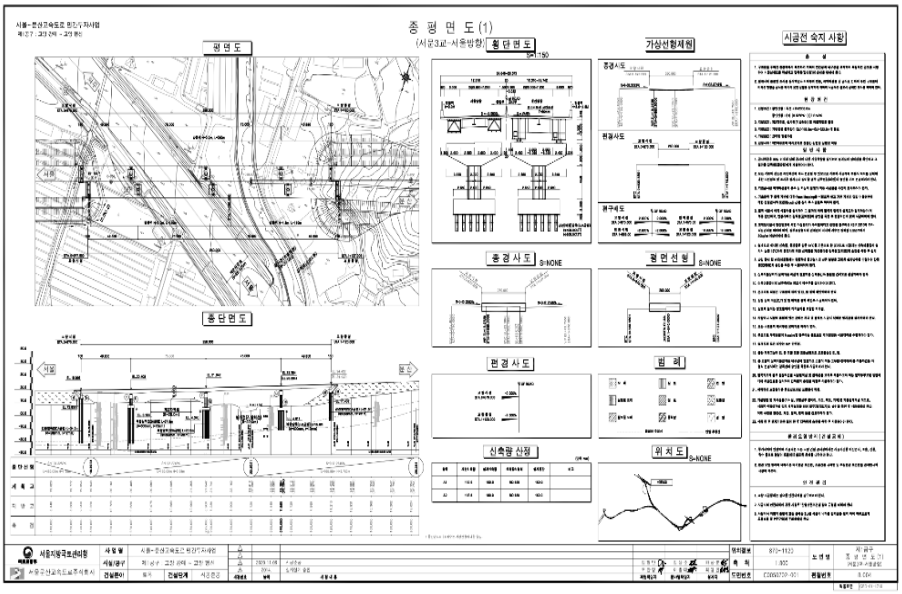
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.3~28.5	24.0	
		교각	40.4~48.5	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		99.0~99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		원당천(R-A)교 (퇴계원방향 확장부)	시설물번호		BR2020-0000114
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 원당동 249-9			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=200.0m(2@55+2@45=200.0m)			
	폭	B=4.1m			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교각	직접기초 말뚝기초
교량받침		면진받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		효릉천도로	통과 높이		5.8
부착시설내용		-			
기 타					

원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

원당천(R-C)교(부천방향 확장부) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	A
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 원당동 277-11	시설물규모	연장 200m, 폭 11.2m, 2차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 박리 • 교각 상태양호 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 토사퇴적 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 배수구 토사퇴적 • 방호벽 파손, 방음벽 파손 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 단면보수 • 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 교대 박리, 방호벽 파손, 방음벽 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

원당천(R-C)교(부천방향 확장부) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 원당천(R-C)교(부천방향 확장부)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•상태양호	-
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	c	•배수구 토사퇴적	•정비
	난간, 연석	c	•방호벽 파손, 방음벽 파손	•단면보수, 정비
	신축이음	b	•토사퇴적	•정비
받침	교량받침	a	•상태양호	-
하부구조	하부	b	•박리	•단면보수

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

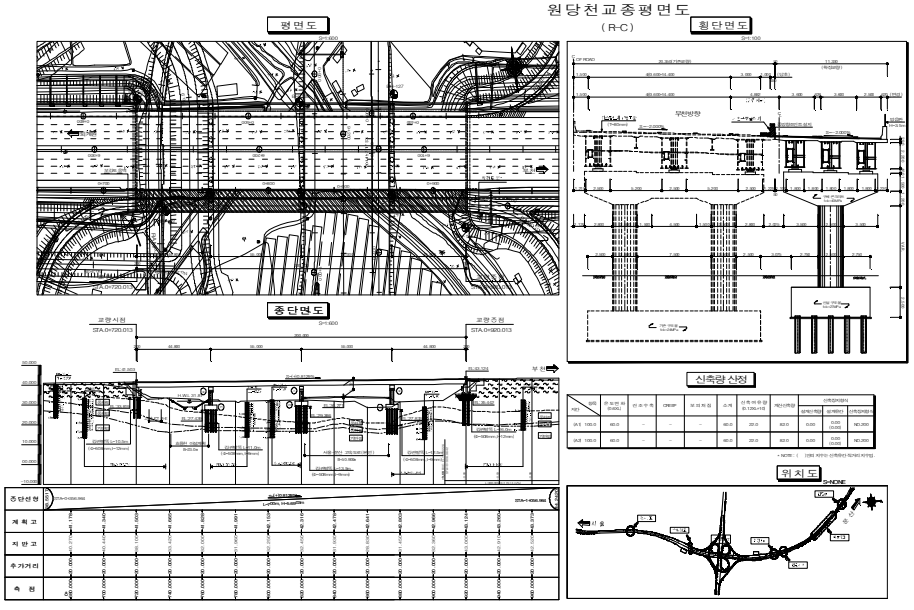
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.8	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.2~28.5	24.0	
		교각	40.4~48.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		99.0~99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

원당천(R-C)교(부천방향 확장부) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		원당천(R-C)교 (부천방향 확장부)	시설물번호		BR2020-0000115
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 원당동 277-11			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=200.0m(2@55+2@45=200.0m)			
	폭	B=11.2m			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교각	강관말뚝기초
교량받침		포트받침	신축이음		핑거조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		효릉천도로	통과 높이		5.7m
부착시설내용		-			
기 타					

원당천(R-C)교(부천방향 확장부) 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>거더 전경</td><td>바닥판하면 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대 전경</td><td>교각 전경</td></tr>
</table>

성사1교(부천방향 확장부) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14	시설물규모	연장 120m, 폭 11.5m, 2차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 파손 및 철근노출 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 상태양호 • 교각 상태양호 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 후타재 균열, 신축이음 하부 누수 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 배수구 토사퇴적 • 방호벽 접속부 파손
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수, 단면보수(방청) • 정비 • 유도배수관 설치

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 하면, 신축이음, 방호벽 파손 및 철근노출, 신축이음 하부 누수, 접속부 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

성사1교(부천방향 확장부) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 성사1교(부천방향 확장부)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** 이 상 훈 (서 명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	c	•파손 및 철근노출	•단면보수(방청)
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•상태양호	-
	배수시설	c	•배수구 토사퇴적	•정비
	난간, 연석	c	•접속부 파손	•단면보수
	신축이음	c	•후타재 균열 •신축이음 하부 누수	•표면처리 •유도배수관 설치
받침	교량받침	a	•상태양호	-
하부구조	하부	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

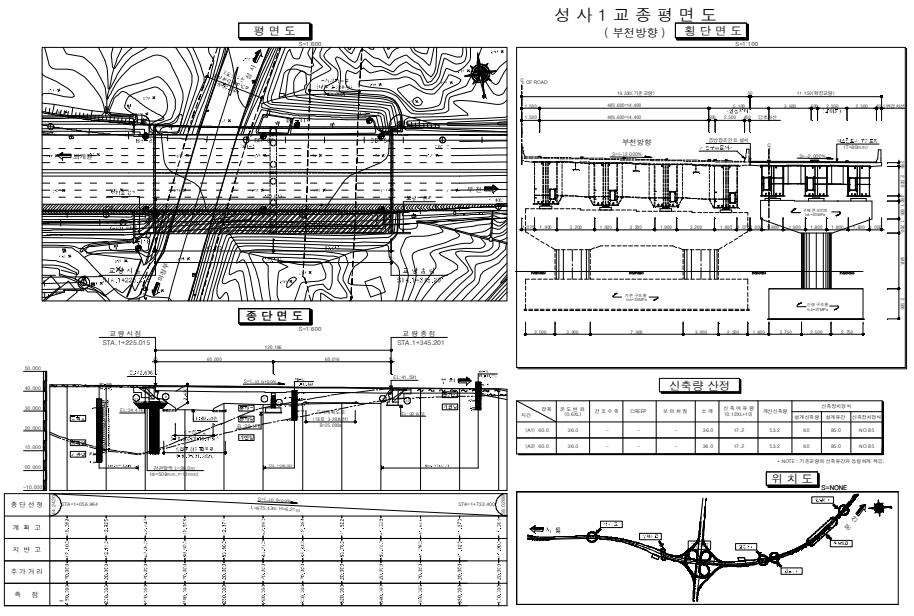
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.7~29.5	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	26.8~28.5	24.0	
		교각	43.8~53.2	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0~39.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

성사1교(부천방향 확장부) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		성사1교(부천방향 확장부)	시설물번호		BR2020-0000111
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=120.0m(2@60=120.0m)			
	폭	B=11.5m			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대: 역T형 교각: T형		교각	직접기초
교량받침		포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		호국로	통과 높이		9.4m
부착시설내용		-			
기 타					

성사1교(부천방향 확장부) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

성사1교(퇴계원방향 확장부) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14	시설물규모	연장 120m, 폭 5.0m, 1차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 상태양호 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 후타재 균열, 후타재 보수부 박리 • 교면포장 접속도로 아스콘 파손 • 배수시설 배수구 토사퇴적 • 방호벽 접속부 파손 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비 • 아스콘 팻칭

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 교면포장 방호벽 후타재 박리, 접속도로 아스콘 파손, 접속부 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

성사1교(퇴계원방향 확장부) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 성사1교(퇴계원방향 확장부)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	a	•접속도로 아스콘 파손	•아스콘 팻칭
	배수시설	c	•배수구 토사퇴적	•정비
	난간, 연석	c	•접속부 파손	•단면보수
	신축이음	c	•후타재 균열 •후타재 보수부 박리	•표면처리 •단면보수
받침	교량받침	a	•상태양호	-
하부구조	하부	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

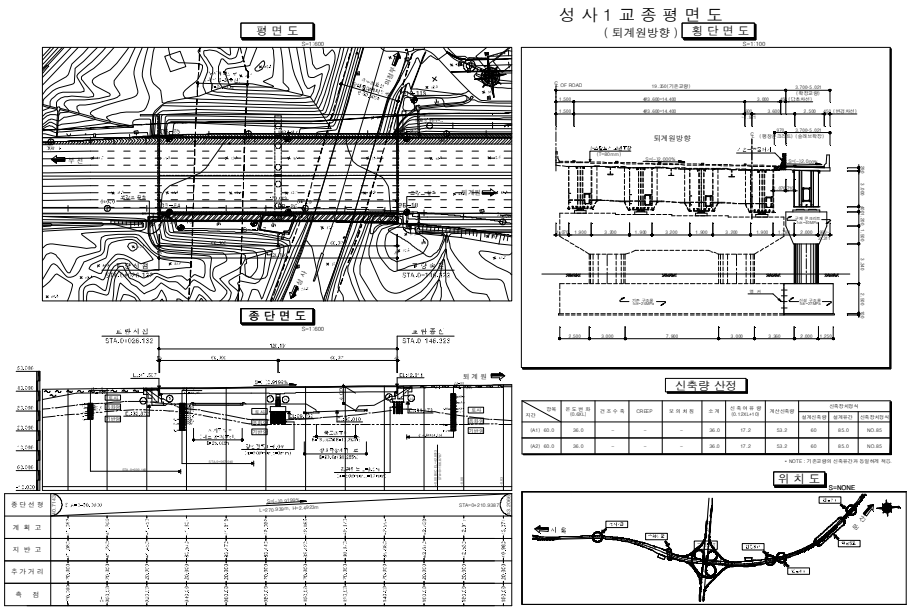
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~29.1	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	27.1~28.6	24.0	
		교각	43.3~52.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

성사1교(퇴계원방향 확장부) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>성사1교(퇴계원방향 확장부)</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000112</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=120.0m(2@60=120.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=5.0m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>Steel Box</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>직접기초
강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교각</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>호국로</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>8.6m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

성사1교(퇴계원방향 확장부) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

성사2교(확장부) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	A
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 성사동 산 14-5	시설물규모	연장 110m, 폭 4.1m, 1차로		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 상태양호 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 후타재 균열, 여유량 부족 • 교면포장 접속도로 아스콘 파손 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 상태양호 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 신축이음 재설치 • 정비 • 아스콘 팻칭

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음, 교면포장 여유량 부족, 후타재 균열, 접속도로 아스콘 파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

성사2교(확장부) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 성사2교(확장부)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	c	•접속도로 아스콘 파손	•아스콘 팻칭
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	a	•상태양호	-
	신축이음	b	•후태재 균열 •여유량 부족	•표면처리 •신축이음 교체
받침	교량받침	a	•상태양호	-
하부구조	하부	a	•상태양호	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

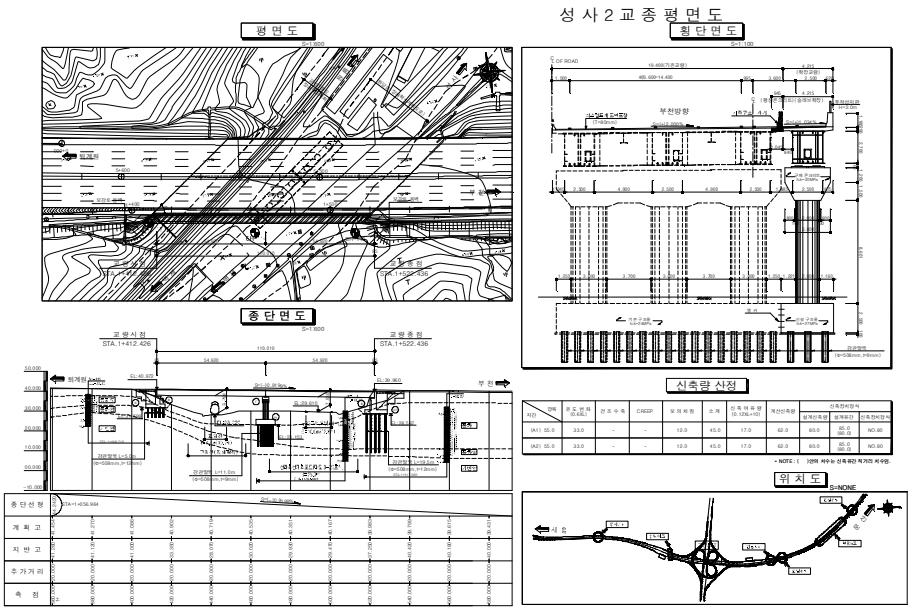
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.6	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.1~27.7	24.0	
		교각	43.6~53.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

성사2교(확장부) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		성사2교(확장부)	시설물번호		BR2020-0000113
준공년월일		2020. 11. 06	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 성사동 산 14-5			
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)		고속국도 17호선
제원	연장	L=110.0m(2@55=110.0m)			
	폭	B=4.1m			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형 교각: T형		교각	강관말뚝기초
교량받침		포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		원당로	통과 높이		7.5m
부착시설내용		-			
기 타					

성사2교(확장부) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

서문22교(서울) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 원당동 572-2	시설물규모	연장 532.0m, 폭 15.9m, 3차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 망상균열 및 백태, 파손 및 철근노출 • 거더(STB) 상태양호, 거더(BH) 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열 • 가로보(STB) 상태양호, 가로보(BH) 백태 및 철근노출 • 교대 법면 토사유실 • 교각 균열(0.3㎜미만) • 교량받침 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만) 및 재료분리, 플레이트 도장박락 • 신축이음 후타재 박락, 하부 누수, 차수판 앵커탈락 및 미설치 • 교면포장 접속도로 파손 및 망상균열 • 배수시설 배수관 이음부 누수, 월류 • 방호벽 균열(0.3㎜미만) 및 파손
주요 보수·보강	• 표면처리, 단면보수, 재도장, 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 후타재 박락, 하부 누수 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문22교(서울) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문22교(서울)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•망상균열 및 백태, 파손 및 철근노출	•표면처리, 단면보수
	거더	b	•균열(0.3㎜미만) 및 망상균열	•표면처리
2차부재	가로보	a	•백태 및 철근노출	•표면처리, 단면보수
기타부재	포장	a	•접속도로 파손 및 망상균열	•표면처리, 단면보수
	배수시설	b	•배수관 이음부 누수, 월류	•정비
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만) 및 파손	•표면처리, 단면보수
	신축이음	b	•후타재 박락, 하부 누수, 차수판 앵커탈락 및 미설치	•단면보수, 재설치, 정비
받침	교량받침	b	•받침콘크리트 균열(0.3㎜미만) 및 재료분리, 플레이트 도장박락	•표면처리, 단면보수, 재도장
하부구조	하부	b	•법면 토사유실 •균열(0.3㎜미만)	•표면처리, 정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

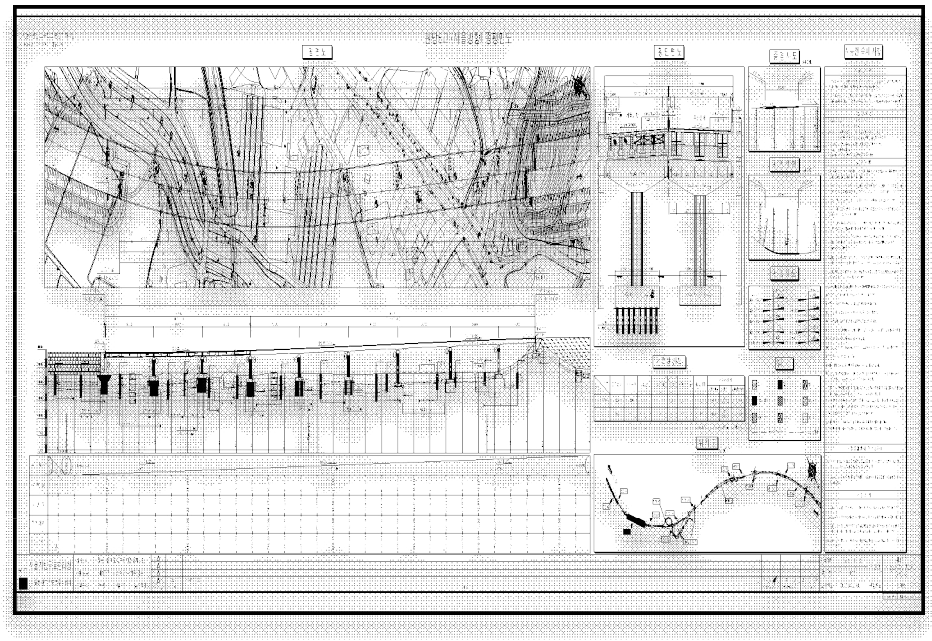
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	28.4~29.7	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	42.4~46.7	40.0	
	하부구조	교대	25.1~27.0	24.0	
		교각	40.8~45.5	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~96.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문22교(서울) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문22교(서울)</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000116</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 원당동 572-2</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선(8.270km)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=532.0m(4@60+2@61+65+60+45=532.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=15.9m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조 형식</td><td>상부</td><td>BH거더+Steel Box거더</td><td rowspan="2">기초 형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초, 직접기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교각</td><td>강관말뚝기초, 직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>핑거</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물 (도로, 철도, 하천)</td><td>원당천, 서울교외선철도</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

서문22교(서울) 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>거더(BH거더) 전경</td><td>거더(S.T.B) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대(A1) 전경</td><td>교각 전경</td></tr>
</table>

서문22교(문산) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 덕양구 원당동 572-2	시설물규모	연장 503.0m, 폭 15.9m, 3차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 망상균열 및 백태, 파손 • 거더(STB) 상태양호, 거더(BH) 상태양호 • 가로보(STB) 상태양호, 가로보(BH) 재료분리 • 교대 백태 • 교각 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 파손 • 교량받침 받침콘크리트 재료분리 • 신축이음 하부 누수, 차수판 앵커 탈락 • 교면포장 접속도로 박리 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만) 및 백태
주요 보수·보강	• 표면처리, 단면보수, 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 하부 누수 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문22교(문산) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문22교(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈　(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•망상균열 및 백태, 파손	•표면처리, 단면보수
	거더	a	•상태양호	• -
2차부재	가로보	b	•재료분리	•단면보수
기타부재	포장	a	•접속도로 박리	•단면보수
	배수시설	a	•상태양호	• -
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만) 및 백태	•표면처리
	신축이음	c	•하부 누수, 차수판 앵커 탈락	•재설치, 정비
받침	교량받침	a	•받침콘크리트 재료분리	•단면보수
하부구조	하부	b	•백태 •균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 파손	•표면처리, 단면보수

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

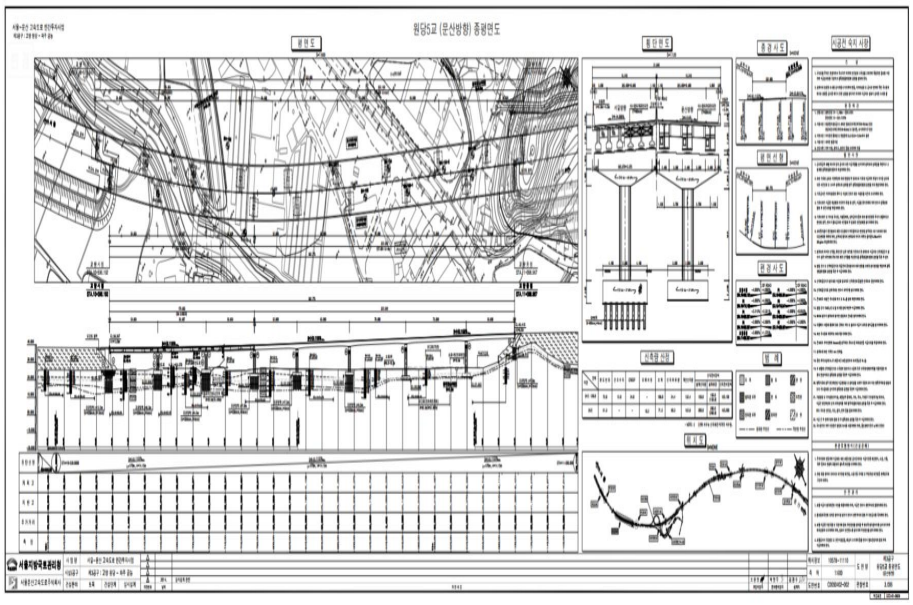
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.4~29.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.0~44.0	40.0	
	하부구조	교대	27.0~28.6	24.0	
		교각	42.2~44.7	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.5~37.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5~97.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문22교(문산) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>서문22교(문산)</td><td>시설물번호</td><td></td><td>BR2020-0000117</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td>관리번호</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 고양시 덕양구 원당동 572-2</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td>노선명(이정)</td><td></td><td>고속국도 17호선(8.270km)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=503.0m(3@60+53+65+70+75=503.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=15.9m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조 형식</td><td>상부</td><td>BH거더+Steel Box거더</td><td rowspan="2">기초 형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초, 직접기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교각</td><td>강관말뚝기초, 직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td>신축이음</td><td></td><td>핑거</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물 (도로, 철도, 하천)</td><td>원당천, 서울교외선철도</td><td>통과 높이</td><td></td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

서문22교(문산) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더(BH거더) 전경	거더(S.T.B), 바닥판하면 전경
	
교대(A2) 전경	교각 전경

서문27교(서울) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51	시설물규모	연장 50.0m, 폭 16.0m, 3차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 들뜸 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 긁힘, 박락, 균열부 백태 • 교량받침 탄성고무 배부름 • 신축이음 후타재 균열(0.3㎜미만), 하부 누수 • 교면포장 접속도로 망상균열, 박리 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만) 및 접속부 실란트 파손
주요 보수·보강	• 표면처리, 단면보수, 실란트 충전, 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 하부 누수 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문27교(서울) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문27교(서울)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈　(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•들뜸	•단면보수
	거더	a	•상태양호	• -
2차부재	가로보	a	•상태양호	• -
기타부재	포장	a	•접속도로 망상균열, 박리	•표면처리, 단면보수
	배수시설	a	•상태양호	• -
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만) 및 실란트 파손	•표면처리, 실란트충전
	신축이음	c	•후타재 균열(0.3㎜미만), 하부 누수	•표면처리, 재설치
받침	교량받침	b	•탄성고무 배부름	•재설치
하부구조	하부	b	•긁힘, 박락, 균열부 백태	•표면처리, 단면보수

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

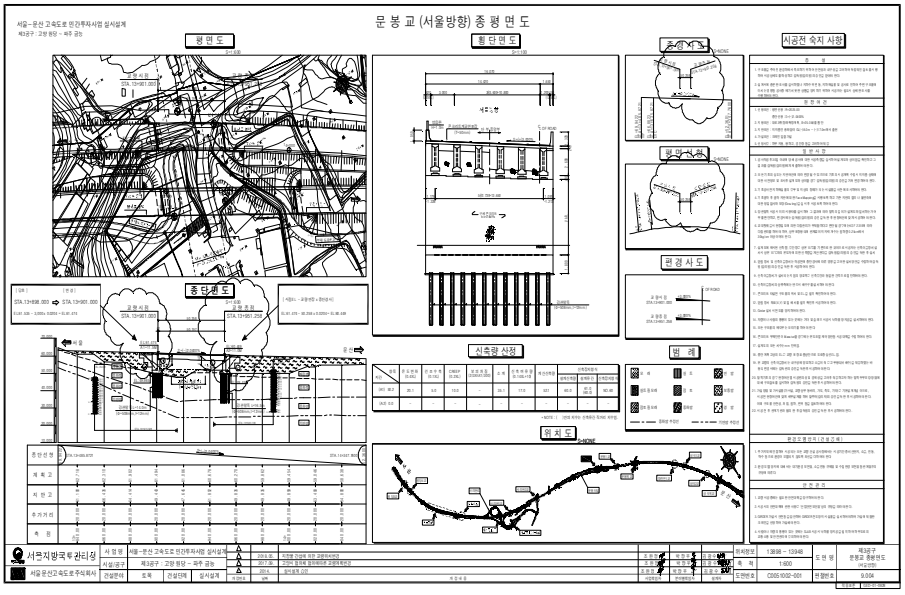
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.9~28.8	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	26.1~27.8	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5~96.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문27교(서울) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문27교(서울)	시설물번호		BR2020-0000118
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선(11.580km)
제원	연장	L=50.0m(50.0m)			
	폭	B=16.0m			
구조형식	상부	BICON거더	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형		교각	-
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		견달산로	통과 높이		5.0m
부착시설내용		-			
기 타					

서문27교(서울) 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>방호벽, 방음벽 전경</td><td>거더, 바닥판하면 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대(A1) 전경</td><td>교대(A2) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>작업사진(도보 이동점검) 전경</td><td>작업사진(고소차) 전경</td></tr>
</table>

서문27교(문산) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51	시설물규모	연장 100.0m, 폭 15.9m, 3차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 백태 • 거더 균열(0.3㎜이상) • 가로보 상태양호 • 교대 균열부 백태 • 교각 상태양호 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 균열(0.3㎜미만), 하부 누수, 차수판 앵커 탈락 • 교면포장 접속도로 망상균열 및 파손 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 접속부 실란트 파손
주요 보수·보강	• 표면처리, 주입보수, 단면보수, 실란트 충전, 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 하부 누수 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

서문27교(문산) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문27교(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•백태	•표면처리
	거더	b	•균열(0.3㎜이상)	•주입보수
2차부재	가로보	a	•상태양호	• -
기타부재	포장	a	•접속도로 망사균열 및 파손	•표면처리, 단면보수
	배수시설	a	•상태양호	• -
	난간, 연석	b	•실란트 파손	•실란트충전
	신축이음	c	•균열(0.3㎜미만), 하부 누수, 차수판 앵커 탈락	•표면처리, 재설치, 정비
받침	교량받침	a	•상태양호	• -
하부구조	하부	b	•균열부 백태	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

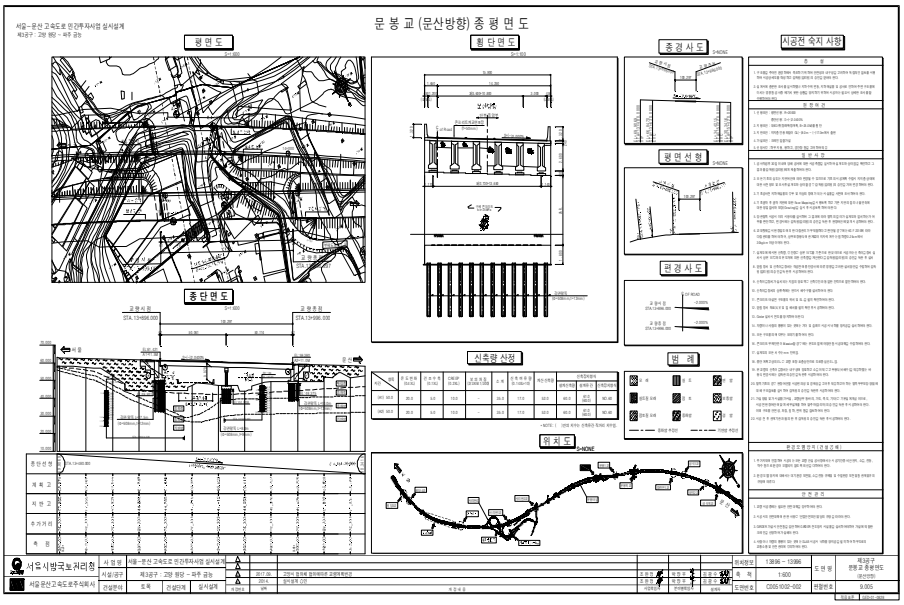
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~27.3	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	45.7	40.0	
	하부구조	교대	27.4	24.0	
		교각	43.1	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

서문27교(문산) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서문27교(문산)	시설물번호		BR2020-0000119
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선(11.580km)
제원	연장	L=100.0m(2@50=50.0m)			
	폭	B=15.9m			
구조형식	상부	BICON거더	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교각	강관말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		견달산로	통과 높이		5.0m
부착시설내용		-			
기 타					

서문27교(문산) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
배수구 전경	거더, 바닥판하면 전경
	
교대(A1) 전경	교대(A2) 전경
	
교각(P1) 전경	작업사진(도보 이동점검) 전경

장진천2교(서울) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 조리읍 능안리 95-8	시설물규모	연장 180.0m, 폭 12.3m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 망상균열, 파손 • 가로보 재료분리 • 교대 백태 • 교각 균열(0.3㎜미만) • 교량받침 상태양호 • 신축이음 후타재 균열(0.3㎜미만), 하부 누수, 이동량부족 • 교면포장 망상균열 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만)
주요 보수·보강	• 표면처리, 단면보수, 재설치

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 하부 누수, 이동량부족 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

장진천2교(서울) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 장진천2교(서울)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	• -
	거더	b	•망상균열 및 파손	•표면처리, 단면보수
2차부재	가로보	b	•재료분리	•단면보수
기타부재	포장	d	•망상균열	•표면처리
	배수시설	a	•상태양호	• -
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리
	신축이음	c	•후타재 균열(0.3㎜미만), 하부 누수, 이동량 부족	•표면처리, 재설치
받침	교량받침	a	•상태양호	• -
하부구조	하부	b	•백태, 균열(0.3㎜미만)	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

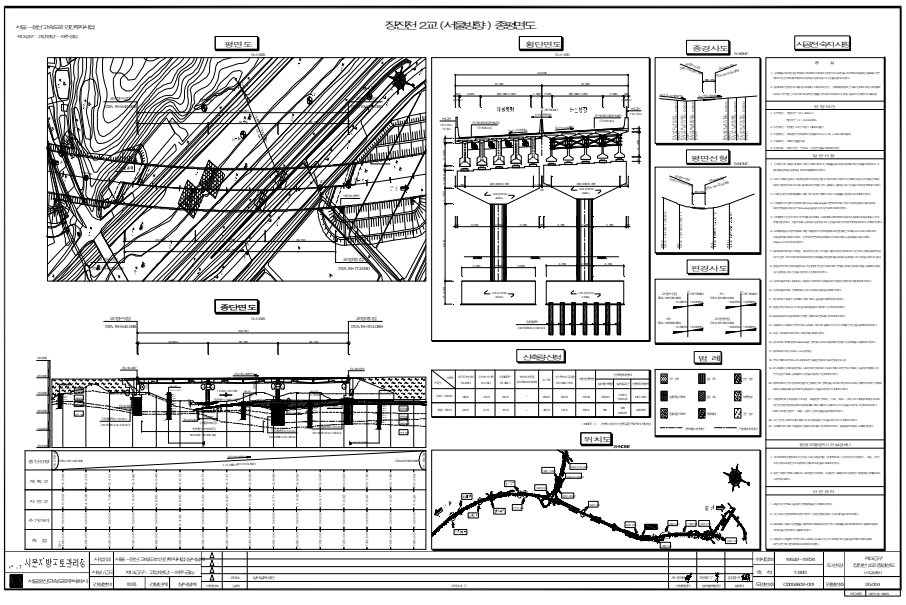
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.4~28.7	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.8	40.0	
	하부구조	교대	25.7~26.8	24.0	
		교각	42.0~46.8	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		35.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

장진천2교(서울) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>장진천2교(서울)</td><td>시설물번호</td><td></td><td>BR2020-0000120</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td>관리번호</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 조리읍 능안리 95-8</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td>노선명(이정)</td><td></td><td>고속국도 17호선(17.220km)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=180.0m(3@60=180.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=12.3m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>BH거더</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교각</td><td>P1: 직접기초
P2: 강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td>신축이음</td><td></td><td>핑거</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>장진천</td><td>통과 높이</td><td></td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

장진천2교(서울) 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>방호벽, 방음벽 전경</td><td>거더 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대(A1) 전경</td><td>교대(A2) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교각 전경</td><td>교량받침 전경</td></tr>
</table>

장진천2교(문산) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 조리읍 능안리 95-8	시설물규모	연장 180.0m, 폭 12.3m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 백태 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만) • 교각 균열(0.3㎜미만) • 교량받침 받침콘크리트 들뜸, 스토퍼 간섭 • 신축이음 후타재 파손, 하부 누수, 본체 볼트탈락, 차수판 앵커 탈락, 이동량부족 • 교면포장 망상균열 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만) 및 백태, 접속부 파손 및 이격
주요 보수·보강	• 표면처리, 단면보수, 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 하부 누수, 본체 볼트탈락, 이동량부족 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

장진천2교(문산) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 장진천2교(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈　(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•백태	•표면처리
	거더	a	•상태양호	• -
2차부재	가로보	a	•상태양호	• -
기타부재	포장	c	•망상균열	•표면처리
	배수시설	a	•상태양호	• -
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만) 및 백태, 접속부 파손 및 이격	•표면처리, 단면보수
	신축이음	c	•후타재 파손, 하부 누수, 본체 볼트탈락, 차수판 앵커 탈락, 이동량부족	•단면보수, 재설치, 정비
받침	교량받침	a	•받침콘크리트 들뜸, 스토퍼 간섭	•단면보수, 재설치
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

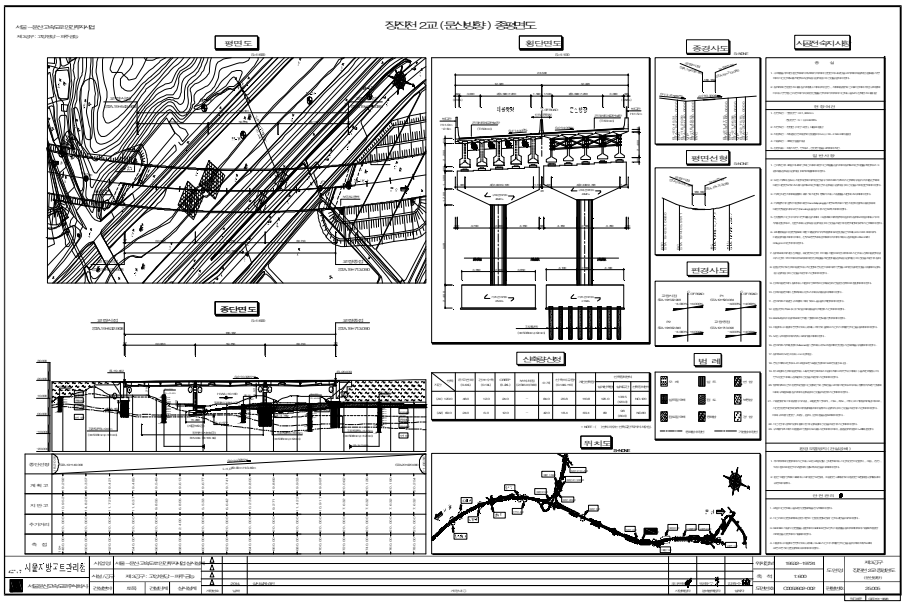
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

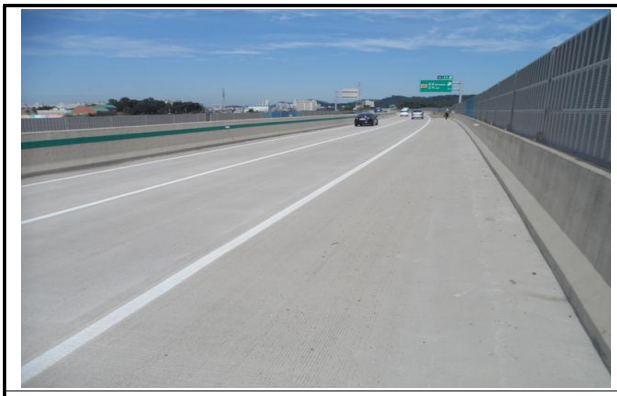
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	28.4~30.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	45.3	40.0	
	하부구조	교대	24.8~28.5	24.0	
		교각	42.2~44.7	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		35.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		94.5~95.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

장진천2교(문산) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>장진천2교(문산)</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000121</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 조리읍 능안리 95-8</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선(17.220km)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=180.0m(3@60=180.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=12.3m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>BH거더</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교각</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>핑거</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>장진천</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

장진천2교(문산) 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>방호벽, 방음벽 전경</td><td>거더 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대(A1) 전경</td><td>교대(A2) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교각 전경</td><td>교량받침 전경</td></tr>
</table>

대원2교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 조리읍 대원리 1333-3	시설물규모	연장 115.0m, 폭 24.6m, 왕복4차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 파손 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 균열부 백태, 체수흔적 • 교각 균열(0.3㎜미만) • 교량받침 상태양호 • 신축이음 후타재 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 하부 누수, 차수판 앵커 탈락 • 교면포장 망상균열, 접속부 망상균열 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만) 및 백태, 접속부 파손 및 백태, 단차
주요 보수·보강	• 표면처리, 단면보수, 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 하부 누수 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

대원2교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 대원2교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•파손	•단면보수
	거더	a	•상태양호	• -
2차부재	가로보	a	•상태양호	• -
기타부재	포장	c	•망상균열, 접속부 망상균열	•표면처리
	배수시설	a	•상태양호	• -
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만) 및 백태, 접속부 파손 및 백태, 단차	•표면처리, 단면보수
	신축이음	c	•후타재 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 하부 누수, 차수판 앵커 탈락	•단면보수, 재설치, 정비
받침	교량받침	a	•상태양호	• -
하부구조	하부	c	•균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 균열부 백태, 체수흔적	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

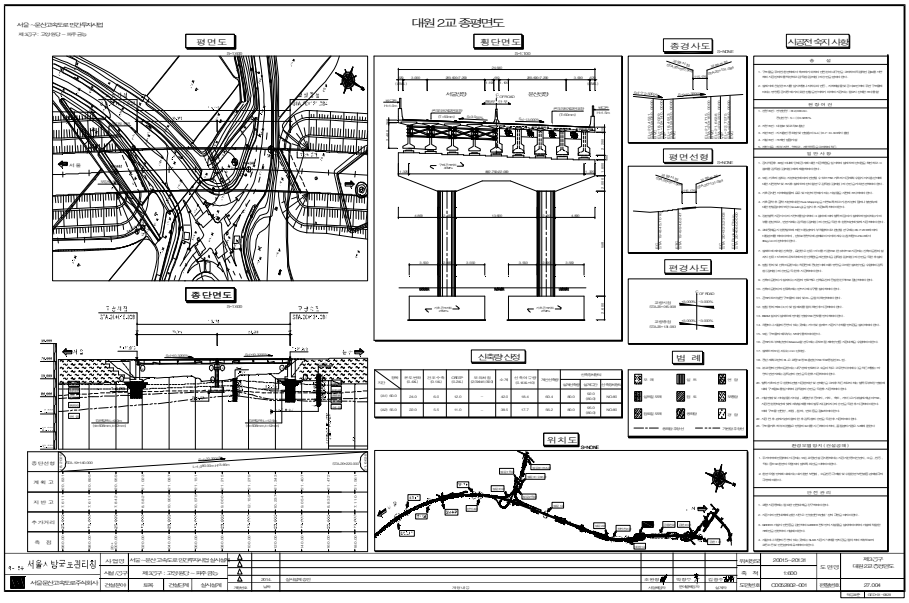
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.5~29.0	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	46.1	40.0	
	하부구조	교대	24.2~25.6	24.0	
		교각	43.1	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5~96.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

대원2교 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		대원2교	시설물번호		BR2020-0000122
준공년월일		2020년 11월 06일	관리번호		-
시설물위치		경기도 파주시 조리읍 대원리 1333-3			
설계하중		DB-24	노선명(이정)		고속국도 17호선(17.710km)
제원	연장	L=115.0m(60+55=115.0m)			
	폭	B=24.6m			
구조형식	상부	BH거더	기초형식	교대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형 교각: π형		교각	직접기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		대원로, 능안로	통과 높이		5.0m
부착시설내용		-			
기 타					

대원2교 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>방호벽, 방음벽 전경</td><td>거더 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대(A1) 전경</td><td>교대(A2) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교각 전경</td><td>교량받침 전경</td></tr>
</table>

신공릉천교(서울) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 조리읍 능안리 23-4	시설물규모	연장 320.0m, 폭 12.3m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더(PSC) 파손, 거더(BH) 망상균열 • 가로보(PSC) 상태양호, 가로보(BH) 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만) • 교각 균열(0.3㎜미만), 망상균열 • 교량받침 무수축몰탈 균열(0.3㎜미만), 플레이트 부식 • 신축이음 후타재 균열(0.3㎜미만), 박락, 하부 누수, 본체 볼트탈락 • 교면포장 균열(0.3㎜미만) • 배수시설 배수관 이음부 누수 • 방호벽 균열(0.3㎜미만) 및 백태
주요 보수·보강	• 표면처리, 단면보수, 재도장, 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 후타재 박락, 하부 누수, 본체 볼트탈락 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

신공릉천교(서울) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 신공릉천교(서울)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	• -
	거더	b	•거더(PSC) 파손, 거더(BH) 망상균열	•표면처리, 단면보수
2차부재	가로보	a	•상태양호	• -
기타부재	포장	b	•균열(0.3㎜미만)	•표면처리
	배수시설	b	•배수관 이음부 누수	•정비
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만) 및 백태	•표면처리
	신축이음	c	•후타재 균열(0.3㎜미만), 박락, 하부 누수, 본체 볼트탈락	•표면처리, 단면보수, 재설치
받침	교량받침	b	•무수축몰탈 균열(0.3㎜미만), 플레이트 부식	•표면처리, 재도장
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만), 망상균열	•표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

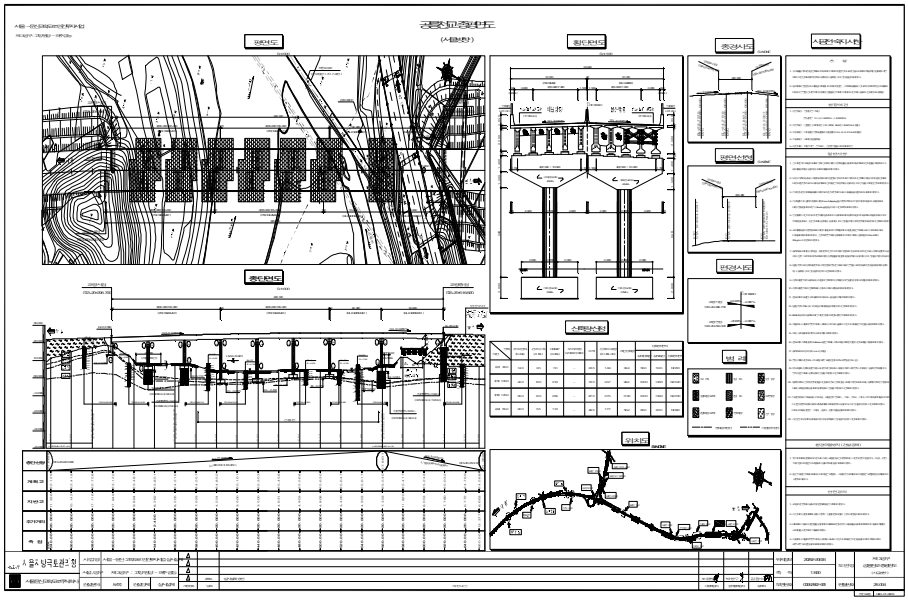
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.4~27.6	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.2~41.9	40.0	
	하부구조	교대	25.3	24.0	
		교각	40.6~43.1	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.5~37.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5~96.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

신공릉천교(서울) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>신공릉천교(서울)</td><td>시설물번호</td><td></td><td>BR2020-0000123</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td>관리번호</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 조리읍 능안리 23-4</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td>노선명(이정)</td><td></td><td>고속국도 17호선(18.000km)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=320.0m(6@35+50+60=320.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=12.3m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>PSC빔+BH거더</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>A1: 직접기초
A2: 강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교각</td><td>P1,2,7: 강관말뚝기초
P3,4,5,6: 직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>지진격리받침, 탄성받침</td><td>신축이음</td><td></td><td>핑거, 뉴모노셀</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>공릉천, 국지도56호선</td><td>통과 높이</td><td></td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

신공릉천교(서울) 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>거더(PSC) 전경</td><td>거더(BH) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대(A1) 전경</td><td>교대(A2) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교각 전경</td><td>교량받침 전경</td></tr>
</table>

신공릉천교(문산) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 조리읍 능안리 23-4	시설물규모	연장 326.0m, 폭 12.3m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더(PSC) 인양홀주위 파손, 거더(BH) 균열(0.3㎜미만) • 가로보(PSC) 상태양호, 가로보(BH) 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜미만), 실란트 파손, 법면 토사유실 및 몰탈파손 • 교각 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 누수흔적 • 교량받침 플레이트 부식 • 신축이음 균열(0.3㎜미만), 후타재 파손, 본체 볼트탈락, 하부 누수 • 교면포장 망상균열 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜미만) 및 백태, 박리
주요 보수·보강	• 표면처리, 단면보수, 실란트충전, 재도장, 재설치, 정비

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 후타재 파손, 하부 누수, 본체 볼트탈락 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

신공릉천교(문산) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 신공릉천교(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 : 이 상 훈 (서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	• -
	거더	a	•거더(PSC) 인양홀주위 파손, 거더(BH) 균열(0.3㎜미만)	•표면처리, 단면보수
2차부재	가로보	a	•상태양호	• -
기타부재	포장	b	•망상균열	•표면처리
	배수시설	a	•상태양호	• -
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜미만) 및 백태, 박리	•표면처리, 단면보수
	신축이음	c	•균열(0.3㎜미만), 후타재 파손, 본체 볼트탈락, 하부 누수	•표면처리, 단면보수, 재설치
받침	교량받침	b	•플레이트 부식	•재도장
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜미만), 실란트 파손, 법면 토사유실 및 몰탈파손, 누수흔적	•표면처리, 실란트충전, 단면보수, 정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

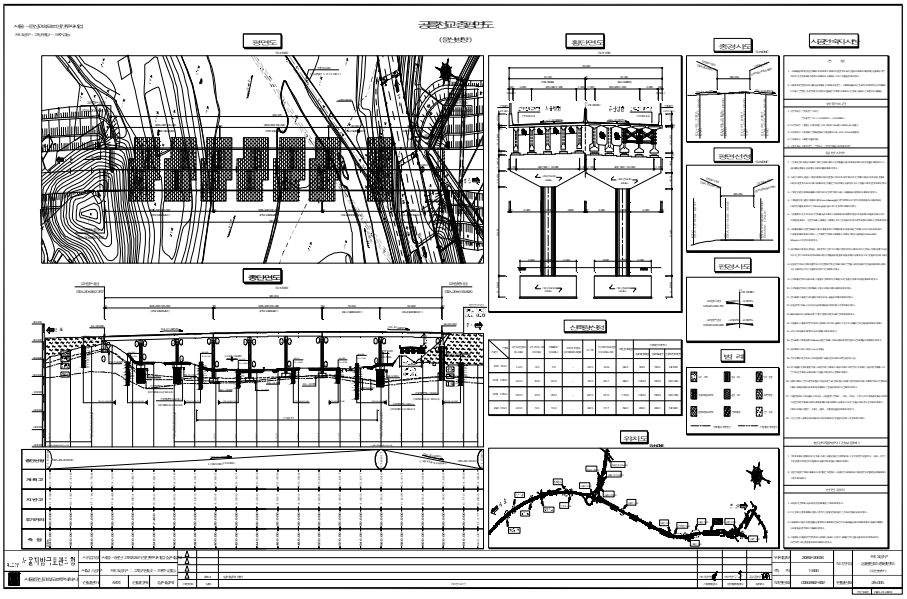
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

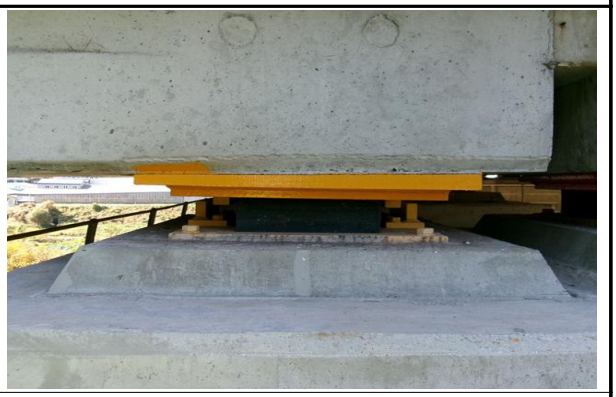
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.4	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.2~42.1	40.0	
	하부구조	교대	24.9	24.0	
		교각	40.4~45.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0~36.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5~96.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

신공릉천교(문산) 현황표

작성일 : 2022년 11월 30일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>신공릉천교(문산)</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000124</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 조리읍 능안리 23-4</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선(18.000km)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=326.0m(6@35+56+60=326.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=12.3m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>PSC거더+BH거더</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>A1: 직접기초
A2: 강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교각</td><td>P1,2,7: 강관말뚝기초
P3,4,5,6: 직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>지진격리받침, 탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀, 핑거</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>공릉천, 국지도56호선</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

신공릉천교(문산) 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>거더(PSC) 전경</td><td>거더(BH) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대(A1) 전경</td><td>교대(A2) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교각 전경</td><td>교량받침 전경</td></tr>
</table>

금촌3교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 아동동 146-10	시설물규모	연장 274.0m, 폭 24.6m, 4차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 재료분리, 균열부백태, 박리, 파손 및 철근노출 • 거더 망상균열, 파손 • 가로보 재료분리 • 교대 균열(0.3㎜내,외), 백태, 법면이격 • 교각 균열(0.3㎜내,외), 망상균열, 박리, 재료분리, 백태, 파손, 홀미채움 • 교량받침 받침콘크리트 균열, 망상균열, 재료분리, 파손, Plate부식 • 신축이음 후타재 균열(0.3㎜미만), 차수판 앵커탈락 • 교면포장 접속부이격, 파손, 망상균열, 박리, 포장박리, 포장 망상균열 • 배수시설 그레이팅 변형 • 방호벽 접속부 단차, 접속부 파손 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수, 단면보수 및 방청 • 주입보수

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

• 차기 중점점검부위 : 하부구조 균열(0.3㎜ 이상), 바닥판하면 철근노출, 방호벽 접속부 단차 등 - 진전 여부확인
• 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

금촌3교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 금촌3교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈　(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•재료분리, 박리, 파손 및 철근노출 •균열부백태	•표면처리, 단면보수, 방청
	거더	a	•망상균열, 파손	•표면처리, 단면보수
2차부재	가로보	a	•재료분리	•단면보수
기타부재	포장	b	•접속부 이격, 파손, 망상균열, 박리 •포장 박리, 망상균열	•실링재충전, 단면보수, 표면처리
	배수시설	a	•그레이팅 변형	•정비(재설치)
	난간, 연석	a	•접속부 단차, 파손	•실링재충전, 단면보수
	신축이음	b	•후타재균열, 차수판앵커탈락	•표면처리, 정비(재설치)
받침	교량받침	b	•받침콘크리트 균열, 망상균열, 재료분리, 파손 •Plate부식	•표면처리, 단면보수, 재도장
하부구조	하부	c	•균열(0.3㎜내,외), 백태, 법면이격, 망상균열 •파손, 박리, 홀미채움	•표면처리, 주입보수, 단면보수, 실링재충전

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

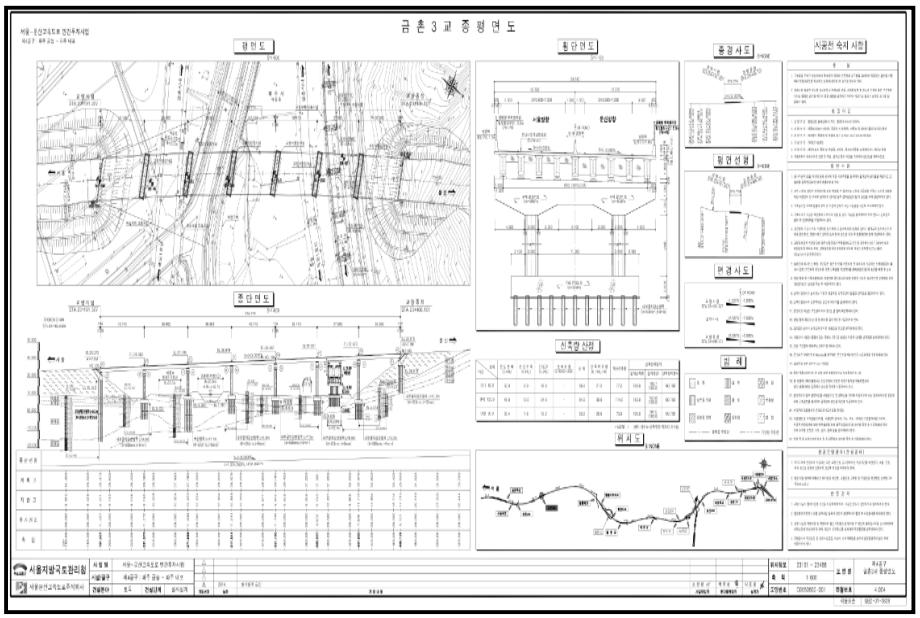
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
		거더	41.1~50.0	40.0	
	하부구조	교대	24.3~27.5	24.0	
		교각	40.2~49.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		98.0~99.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

금촌3교 현황표

작성일 : 2022년 12월 31일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>금촌3교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000143</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 아동동 146-10</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=274.0m(4@40+3@38=274.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=24.6m, 4차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>IPC GIRDER교</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>내부굴착강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교각</td><td>내부굴착강관말뚝기초
복합말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>원당천, 서울교외선철도</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

금촌3교 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>거더 전경</td><td>바닥판하면 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대 전경</td><td>교각 전경</td></tr>
</table>

신월롱교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 월롱면 위전리 287-8	시설물규모	연장 430.6m, 폭 24.4m, 4차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열(0.3㎜내), 균열부백태 • 거더외부 백태 • 거더내부 백태, 체수 • 가로보 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜내), 망상균열, 체수 • 교각 균열(0.3㎜내,외), 망상균열, 백태 및 균열부백태, 보수부 박리 • 교량받침 받침콘크리트 재료분리 • 신축이음 후타재 균열, 파손, 차수판 앵커탈락 • 교면포장 접속도로 파손, 포장박리, 접속부 이격, 포장균열, 포장 망상균열, 화재흔적 • 배수시설 배수관 누수 • 방호벽 균열(0.3㎜내), 백태 및 균열부백태, 접속부 단차, 실란트파손, 화재흔적 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 주입보수

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 하부구조 균열(0.3㎜ 이상), 교량받침 받침콘크리트 재료분리, 포장 망상균열 및 파손 등 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

신월롱교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 신월롱교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :　　이 상 훈　(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•균열(0.3㎜내), 균열부백태	•표면처리
	거더	a	•백태, 체수	•표면처리, 정비
2차부재	가로보	a	•상태양호	•-
기타부재	포장	c	•접속부 이격, 접속도로 파손, •포장박리, 균열, 망상균열, 화재흔적	•실링재충전, 단면보수, 표면처리, 정비
	배수시설	b	•배수관 누수	•정비(재설치)
	난간, 연석	b	•균열(0.3㎜내), 백태 및 균열부백태 •접속부 단차, 실란트파손, 화재흔적	•실링재충전, 단면보수, 표면처리, 정비
	신축이음	c	•후타재균열, 파손, 차수판앵커탈락	•표면처리, 단면보수, 정비(재설치)
받침	교량받침	a	•받침콘크리트 재료분리	•단면보수
하부구조	하부	c	•균열(0.3㎜내,외), 망상균열, 백태, 균열부백태 •보수부 박리	•표면처리, 주입보수, 단면보수, 실링재충전

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

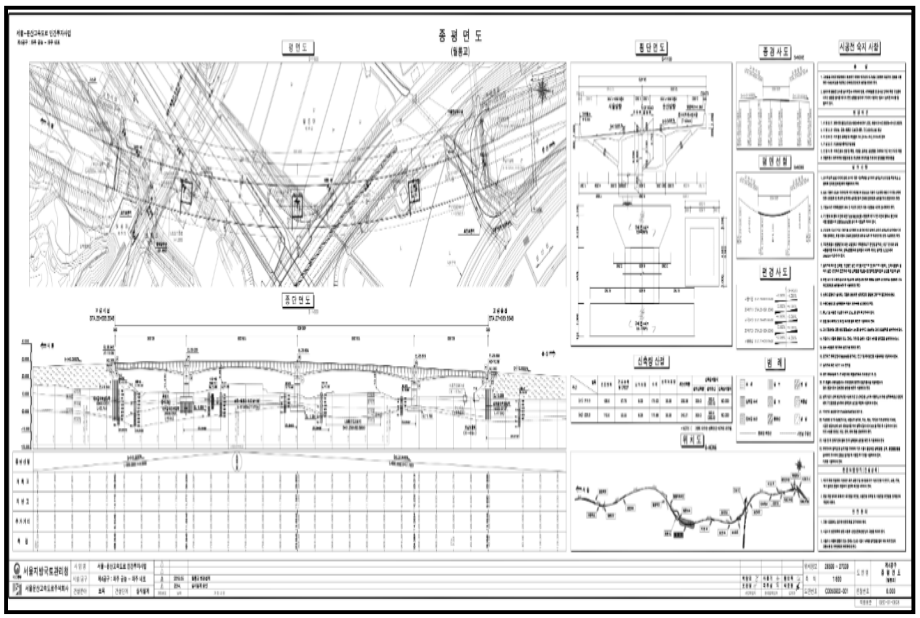
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

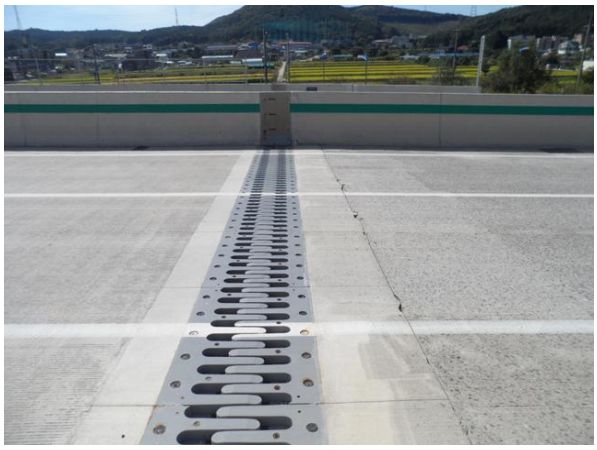
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판, 거더	45.2 ~ 58.5	45.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.1~27.3	24.0	
		교각	41.1~49.6	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.5~39.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

신월롱교 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>신월롱교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000144</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 월롱면 위전리 287-8</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=430.6m(82.3m+128.0m+135.0m+85.3m=430.6m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=24.4m, 4차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>PSC BOX</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>내부굴착강관말뚝기초
직접기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각:
단주식중공사각</td><td>교각</td><td>내부굴착강관말뚝기초
직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>지진격리받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>휴암로, 금월로</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

신월롱교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수관 전경

덕은교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 월롱면 덕은리 14-2	시설물규모	연장 50.6m, 폭 24.3m, 4차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 상태양호 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 보수부 재균열, 백태 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 후타재 균열, 파손 • 교면포장 접속부 아스콘파손, 이격 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 상태양호 • 점검시설 미설치
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 실링재충전

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 신축이음 균열(0.3mm미만) 및 교면포장 접속부파손 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

덕은교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 덕은교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항(서울)

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	-
	거더	a	•상태양호	-
2차부재	가로보	a	•상태양호	-
기타부재	포장	b	•접속부 이격, 접속부 아스콘파손,	•실링재충전, 단면보수,
	배수시설	a	•상태양호	-
	난간, 연석	a	•상태양호	-
	신축이음	c	•후타재균열, 파손	•표면처리, 단면보수
받침	교량받침	a	•상태양호	-
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜내)	•표면처리

나. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항(문산)

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	•-
	거더	a	•상태양호	•-
2차부재	가로보	a	•상태양호	•-
기타부재	포장	b	•접속부 아스콘파손,	•단면보수
	배수시설	a	•상태양호	•-
	난간, 연석	a	•상태양호	•-
	신축이음	b	•후타재균열	•표면처리
받침	교량받침	a	•상태양호	•-
하부구조	하부	b	•백태	•표면처리

다. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

라. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

마. 현장시험(서울)

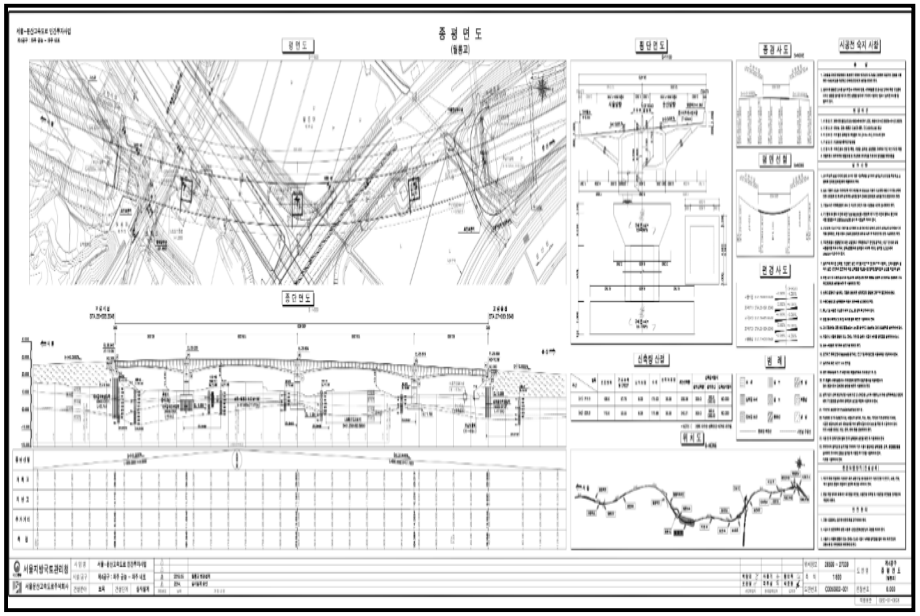
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.6~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.2~49.3	40.0	
	하부구조	교대	23.1~27.5	24.0	
		교각	38.5~39.0	a등급	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		65.5~80.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

바. 현장시험(문산)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.6	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.0~48.9	40.0	
	하부구조	교대	25.2~27.9	24.0	
		교각	38.5~39.0	a등급	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		65.5~79.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

덕은교 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>덕은교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000145</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 월롱면 덕은리 14-2</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=50.6m(단경간)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=24.3m, 4차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>IPC 거더</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td rowspan="2">교대</td><td rowspan="2">강관말뚝</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>시도27호선</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

덕은교(서울) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교대 전경

덕은교(문산) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교대 전경

능산4교(서울) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 월롱면 능산리 산 13-7	시설물규모	연장 195.4m, 폭 12.1m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 파손, 거푸집미제거 • IPC거더 상태양호 • SEGB거더 상태양호 • 가로보(IPC) 상태양호 • 가로보(SEGB) 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜내), 망상균열, 백태, 파손, 긁힘 • 교각 균열(0.3㎜내) 망상균열, 누수흔적, 폐콘크리트퇴적 • 교량받침 받침콘크리트 균열, 재료분리 • 신축이음 상태양호 • 교면포장 접속도로 포장박리 • 배수시설 배수관 이음부 불량 • 방호벽 균열(0.3㎜내), 시공불량(철근노출), 실란트 파손 • 점검시설 미설치
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수, 단면보수 및 방청 • 실링재충전

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 파손, 하부구조 망상균열, 교면포장 포장박리, 방호벽 실란트파손, 시공불량등- 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

능산4교(서울) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 능산4교(서울)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** 이 상 훈 (서 명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항(IPC)

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	a	•상태양호	•-
	거더(IPC)	a	•상태양호	•-
2차부재	가로보(IPC)	a	•상태양호	•-
기타부재	포장	b	•포장박리	•단면보수
	배수시설	a	•배수관 이음부불량	•정비(재설치)
	난간, 연석	a	•상태양호	•-
	신축이음	a	•상태양호	•-
받침	교량받침	b	•받침콘크리트 재료분리	•단면보수
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜내), 망상균열, 백태	•표면처리

나. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항(SEGB)

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•파손, 거푸집미제거	•단면보수, 정비
	거더(SEBG)	a	•상태양호	•-
2차부재	가로보(SEBG)	a	•상태양호	•-
기타부재	포장	c	•포장박리	•단면보수
	배수시설	b	•상태양호	•-
	난간, 연석	c	•균열(0.3㎜내), •시공불량(철근노출), 실란트파손	•표면처리, 단면보수, 방청
	신축이음	a	•상태양호	•-
받침	교량받침	a	•받침콘크리트 균열	•표면처리
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜내), 망상균열, 누수흔적 •파손, 긁힘, 폐콘크리트 퇴적	•표면처리, 단면보수, 정비

다. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

라. 내진성능 검토 수행 여부

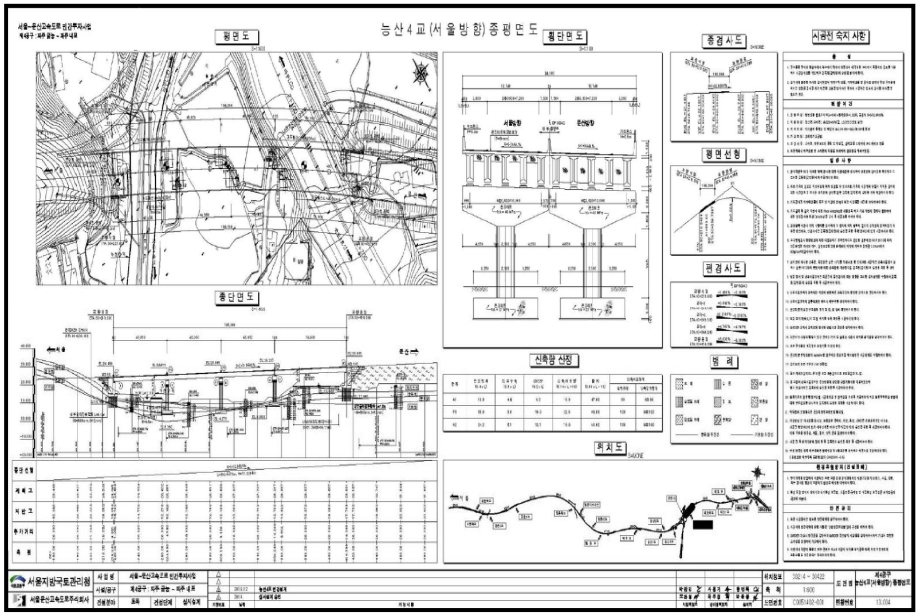
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

마. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.6~29.0	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.0~49.1	40.0	
	하부구조	교대	24.5~27.4	24.0	
		교각	40.8~49.2	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~39.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.5~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

능산4교(서울) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>능산4교(서울)</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000146</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 조리읍 능산리 산 13-7</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=195.4m(45.13+45.0+45.17+60.1=195.4m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=12.1m, 2차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>IPC 거더 + SEGB Beam</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: T형</td><td>교각</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>능산천</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

능산4교(서울) 전경사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경</td><td>신축이음 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>거더 전경</td><td>바닥판하면 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교대 전경</td><td>교각 전경</td></tr>
</table>

능산4교(문산) 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	A
시설물 위치	경기도 파주시 월롱면 능산리 산 13-7	시설물규모	연장 195.4m, 폭 12.1m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 균열부백태 • IPC거더 상태양호 • SEGB거더 상태양호 • 가로보(IPC) 재료분리 • 가로보(SEGB) 상태양호 • 교대 균열(0.3㎜내), 백태 • 교각 균열(0.3㎜내) 망상균열 • 교량받침 받침콘크리트 균열, 재료분리 • 신축이음 상태양호 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 백태 • 점검시설 상태양호
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 바닥판 균열부백태, 하부구조 백태, 망상균열, 방호벽 백태 등 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

능산4교(문산) 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 능산4교(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항(IPC)

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•균열부백태	•표면처리
	거더(IPC)	a	•상태양호	•-
2차부재	가로보(IPC)	a	•재료분리	•단면보수
기타부재	포장	b	•상태양호	•-
	배수시설	a	•상태양호	•-
	난간, 연석	a	•백태	•표면처리
	신축이음	a	•상태양호	•-
받침	교량받침	b	•받침콘크리트 재료분리	•단면보수
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜내), 망상균열, 백태	•표면처리

나. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항(SEGB)

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•상태양호	•-
	거더(SEBG)	a	•상태양호	•-
2차부재	가로보(SEBG)	a	•상태양호	•-
기타부재	포장	c	•상태양호	•-
	배수시설	b	•상태양호	•-
	난간, 연석	c	•상태양호	•-
	신축이음	a	•상태양호	•-
받침	교량받침	a	•받침콘크리트 균열	•표면처리
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜내)	•표면처리

다. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

라. 내진성능 검토 수행 여부

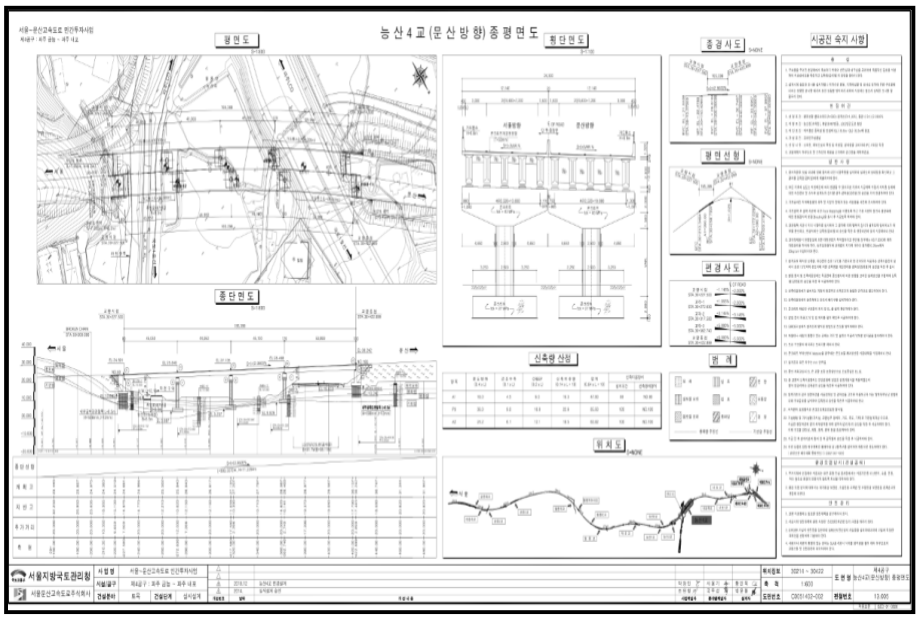
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

마. 현장시험

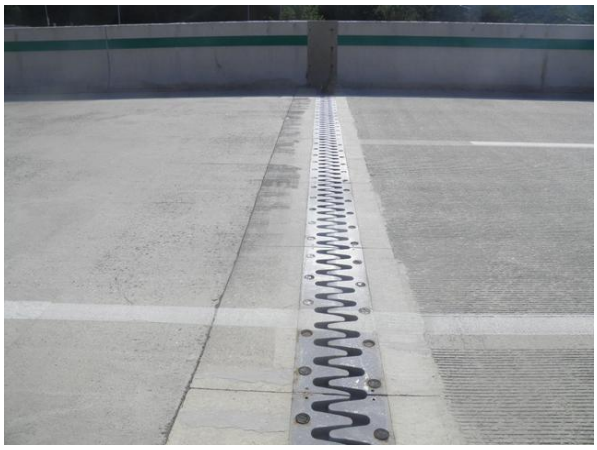
시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.7	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.8~49.0	40.0	
	하부구조	교대	24.2~27.2	24.0	
		교각	41.0~49.3	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.5~39.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

능산4교(문산) 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>능산4교(문산)</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000147</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 조리읍 능산리 산 13-7</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=195.4m(45.13+45.0+45.17+60.1=195.4m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=12.1m, 2차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>IPC 거더 + SEGB Beam</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: T형</td><td>교각</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>능산천</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

능산4교(문산) 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

내포IC R-B1교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 문산읍 내포리 554-4	시설물규모	연장 50.8m, 폭 16.3m, 2차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 파손 • 거더 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 균열부백태, 망상균열, 재료분리, 파손 • 교량받침 상태양호 • 신축이음 후타재 균열, 파손, 신축이음하부누수 • 교면포장 아스콘 균열 • 배수시설 배수구 그레이팅 변형 • 방호벽 균열(0.3㎜내), 들뜸, 철근미제거 • 점검시설 철근미제거
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수 • 정비(재설치)

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 방호벽 및 점검로 철근미제거, 교대 파손 등 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

신월롱교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 내포IC R-B1교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** **이 상 훈** **(서 명)**

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•파손	•단면보수
	거더	a	•상태양호	•-
2차부재	가로보	a	•상태양호	•-
기타부재	포장	b	•아스콘 균열	•표면처리
	배수시설	b	•배수구 그레이팅 변형	•정비(재설치)
	난간, 연석	c	•균열(0.3㎜내), 들뜸, 철근미제거	•표면처리, 단면보수, 정비(철근제거)
	신축이음	b	•후타재균열, 파손, 신축이음하부누수	•표면처리, 단면보수, 정비(재설치)
받침	교량받침	a	•상태양호	•-
하부구조	하부	b	•균열(0.3㎜내), 망상균열 •재료분리, 파손	•표면처리, 단면보수

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

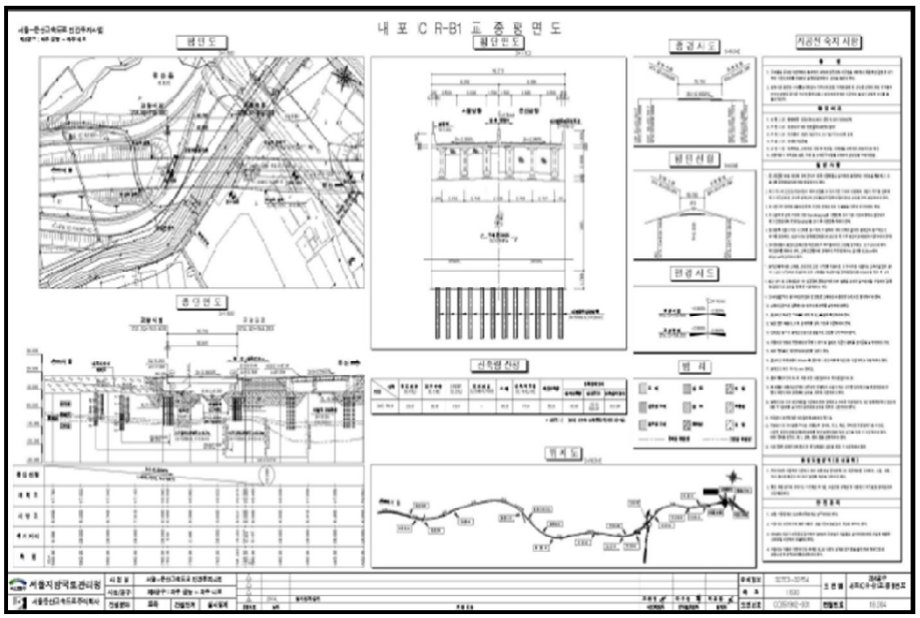
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.7	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.6~48.3	40.0	
	하부구조	교대	24.1~27.1	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.5~97.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

내포IC R-B1교 현황표

작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>내포IC R-B1교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000149</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 문산읍 내포리 554-4</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=50.8m(단경간)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=16.3m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>IPC 거더</td><td rowspan="2">기초형식</td><td rowspan="2">교대</td><td rowspan="2">강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>대명골천</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

내포IC R-B1교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수시설 전경

내포IC R-A교 정밀안전점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	서울문산고속도로 시설물 안전점검(정기,정밀안전점검)용역	점검기간	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.		
관리주체명	서울문산고속도로주식회사	대 표 자	정 대 창		
시설물 구분	교량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2020년 11월 06일	점검금액		안전등급	B
시설물 위치	경기도 파주시 문산읍 내포리 538-2	시설물규모	연장 179.0m, 폭 8.5m, 1차선		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	• 없음
점검 주요결과	• 바닥판하면 재료분리 • 거더외부 도장손상 • 거더내부 상태양호 • 가로보 상태양호 • 교대 재료분리, 파손, 철근노출, 토사유실 • 교각 균열(0.3㎜외), 파손, 표면불량 • 교량받침 받침콘크리트 재료분리 • 신축이음 후타재 균열, 파손, 차수판 볼트체결불량 • 교면포장 상태양호 • 배수시설 상태양호 • 방호벽 균열(0.3㎜내), 망상균열 및 백태, 단차, 접속부 파손 • 점검시설 점검로 파손
주요 보수·보강	• 표면처리 • 단면보수, 단면보수 및 방청 • 주입보수

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임	이 상 훈	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
참여기술자	정 지 운	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	장 진 원	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	황 상 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	서 동 진	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목특급기술자
	손 기 영	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	양 주 윤	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	전 희 균	2022. 08. 18. ~ 2022. 12. 31.	토목초급기술자
	박 성 언	2022. 08. 18. ~ 2022. 10. 25.	토목초급기술자

라. 참고사항

- 차기 중점점검부위 : 방호벽 파손, 교대 파손, 철근노출 등 - 진전 여부확인
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 : 없음

내포IC R-A교 정밀안전점검 요약표

책임기술자 종합의견
• 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 내포IC R-A교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다. • 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다. **책임기술자 :** 이 상 훈 (서 명)

가. 정밀안전점검 외관조사 결과 기본사항

상태평과 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생부재		상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
상부구조	바닥판	b	•재료분리	•단면보수
	거더	b	•도장손상	•-
2차부재	가로보	a	•상태양호	•-
기타부재	포장	a	•상태양호	•-
	배수시설	a	•상태양호	•-
	난간, 연석	c	•균열(0.3㎜내), 망상균열 및 백태 •방호벽 단차, 접속부 파손	•표면처리, 단면보수, 실링재충전
	신축이음	b	•후타재균열, 파손, 신축이음하부누수	•표면처리, 단면보수, 정비(재설치)
받침	교량받침	a	•받침콘크리트 재료분리	•단면보수
하부구조	하부	c	•균열(0.3㎜외), 토사유실, 표면불량 •재료분리, 파손, 철근노출	•단면보수, 주입보수, 방청, 정비

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	해당사항 없음	-	-

다. 내진성능 검토 수행 여부

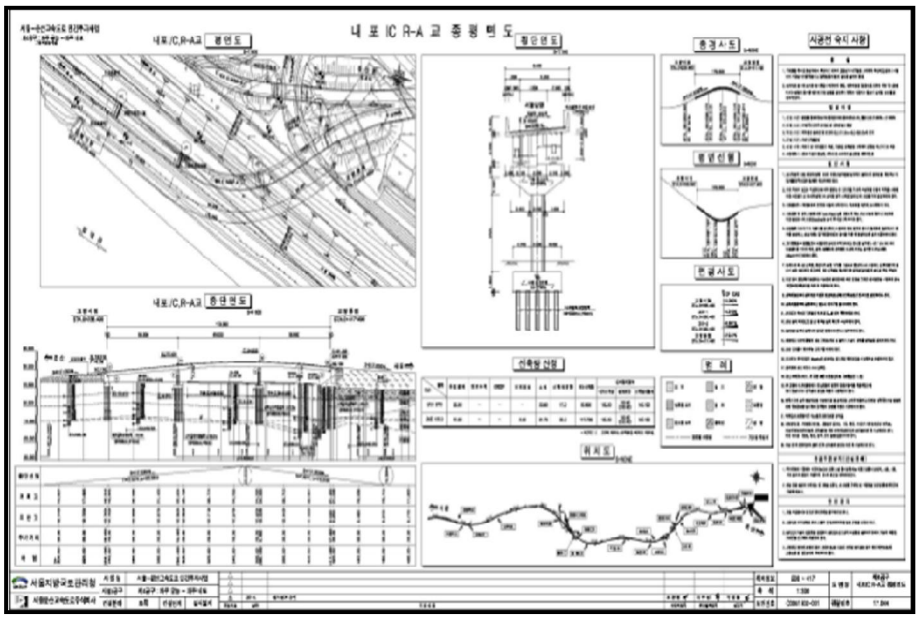
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-

라. 현장시험

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.3~27.1	24.0	
		교각	40.7~49.6	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.5~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

내포IC R-A교 현황표

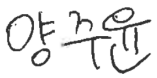
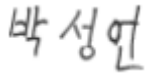
작성일 : 2022년 11월 24일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>내포IC R-A교</td><td>시설물번호</td><td></td><td>BR2020-0000148</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020년 11월 06일</td><td>관리번호</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경기도 파주시 문산읍 내포리 538-2</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td>노선명(이정)</td><td></td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=179.0m(57.0+65.0+57.0=179.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=8.5m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>S.T.B</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: T형</td><td>교각</td><td>강관말뚝기초
복합말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>지진격리받침</td><td>신축이음</td><td></td><td>강핑거조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>일반국도77호선</td><td>통과 높이</td><td></td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

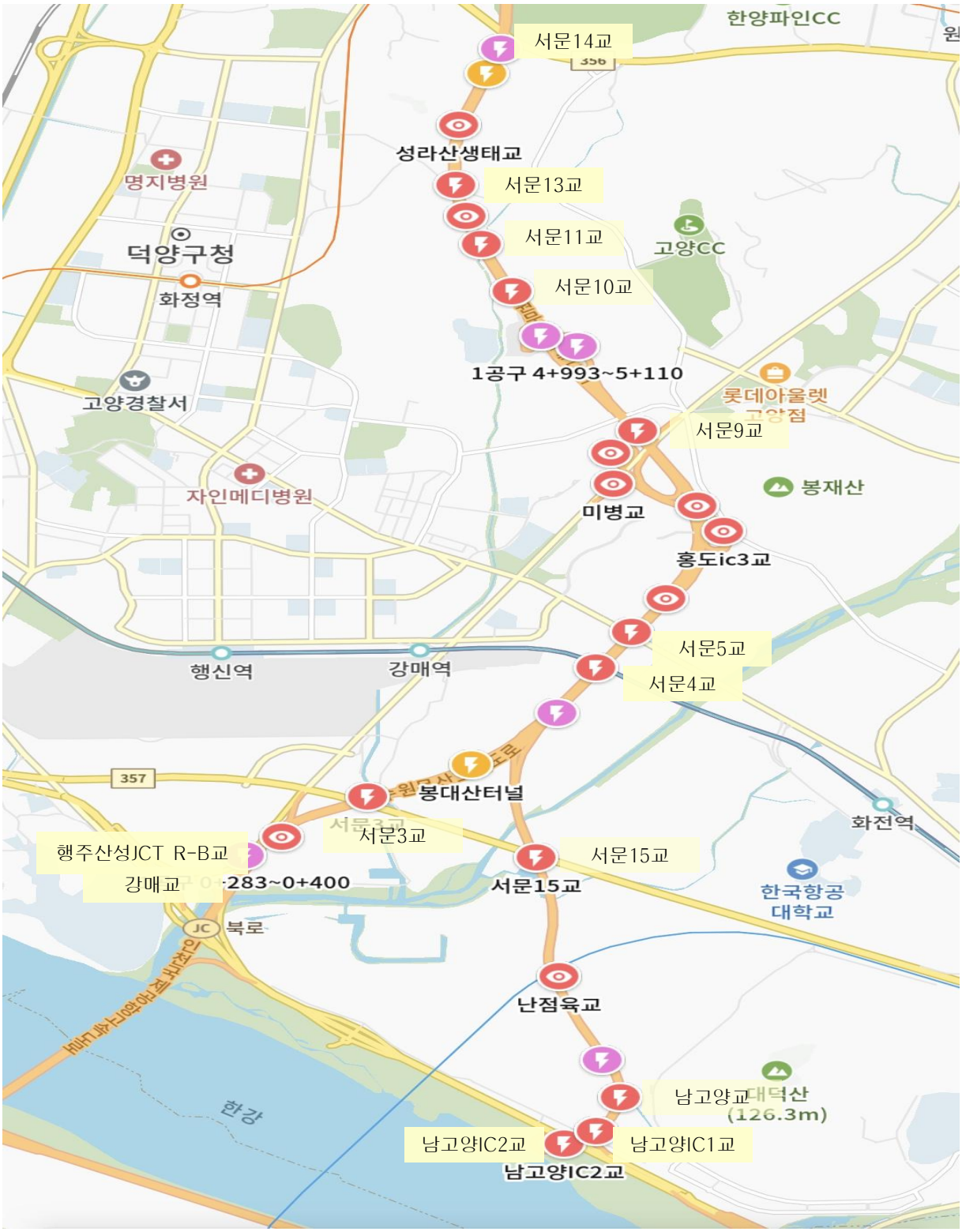
내포IC R-A교 전경사진

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

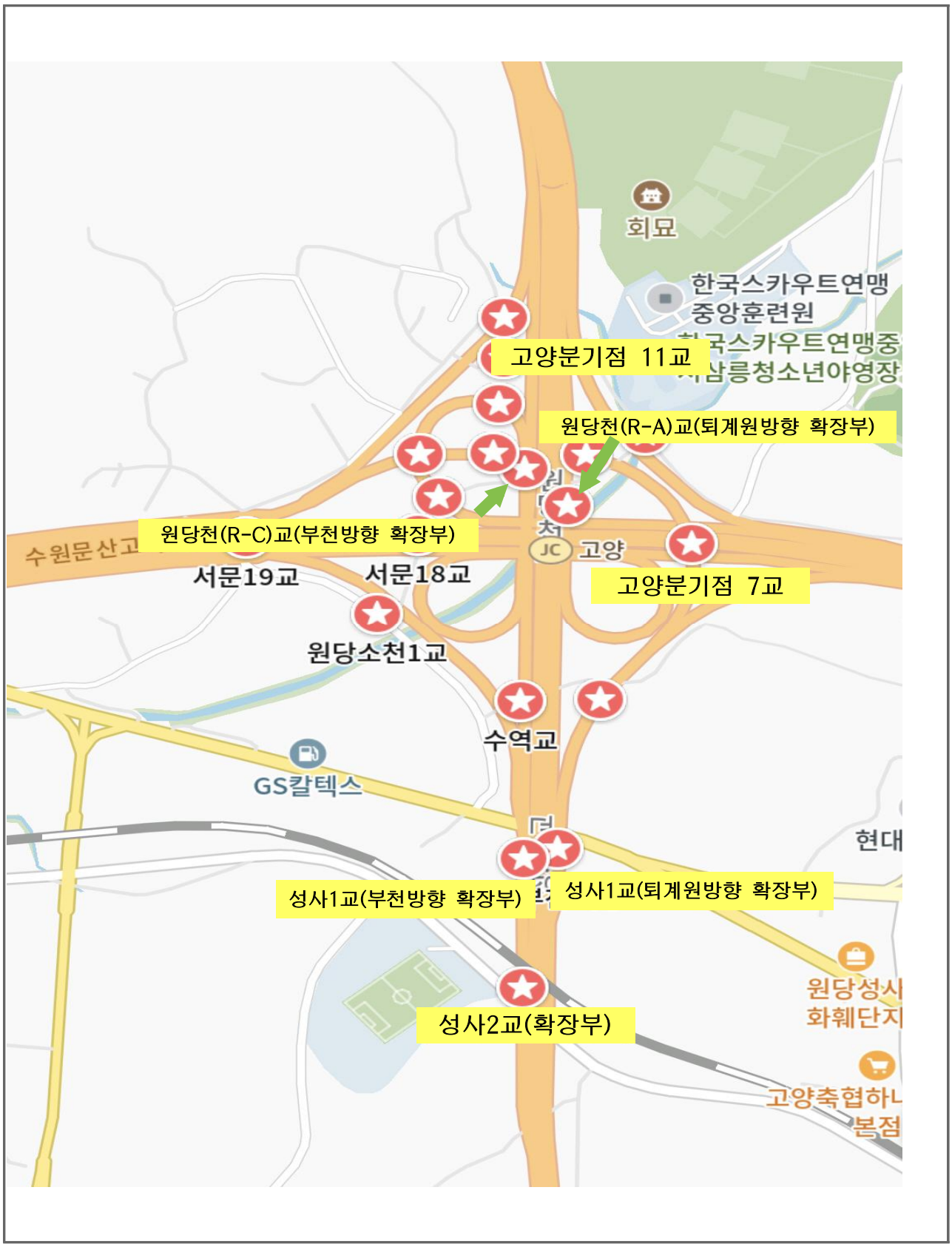
참 여 기 술 자 명 단

참여구분	참여분야	이 름	등 급	직 책	날 인
사업 책임기술자	사업책임	이 상 훈	특급기술자	부 장	
참여기술자	보고서 작성 및 외관조사	정 지 운	특급기술자	이 사	
	보고서 작성 및 외관조사	장 진 원	특급기술자	부 장	
	보고서 작성 및 외관조사	황 상 윤	특급기술자	부 장	
	보고서 작성 및 외관조사	서 동 진	특급기술자	부 장	
	보고서 작성 및 외관조사	양 주 윤	초급기술자	과 장	
	보고서 작성 및 외관조사	손 기 영	초급기술자	대 리	
	보고서 작성 및 외관조사	전 희 균	초급기술자	주 임	
	보고서 작성 및 외관조사	박 성 언	초급기술자	사 원	

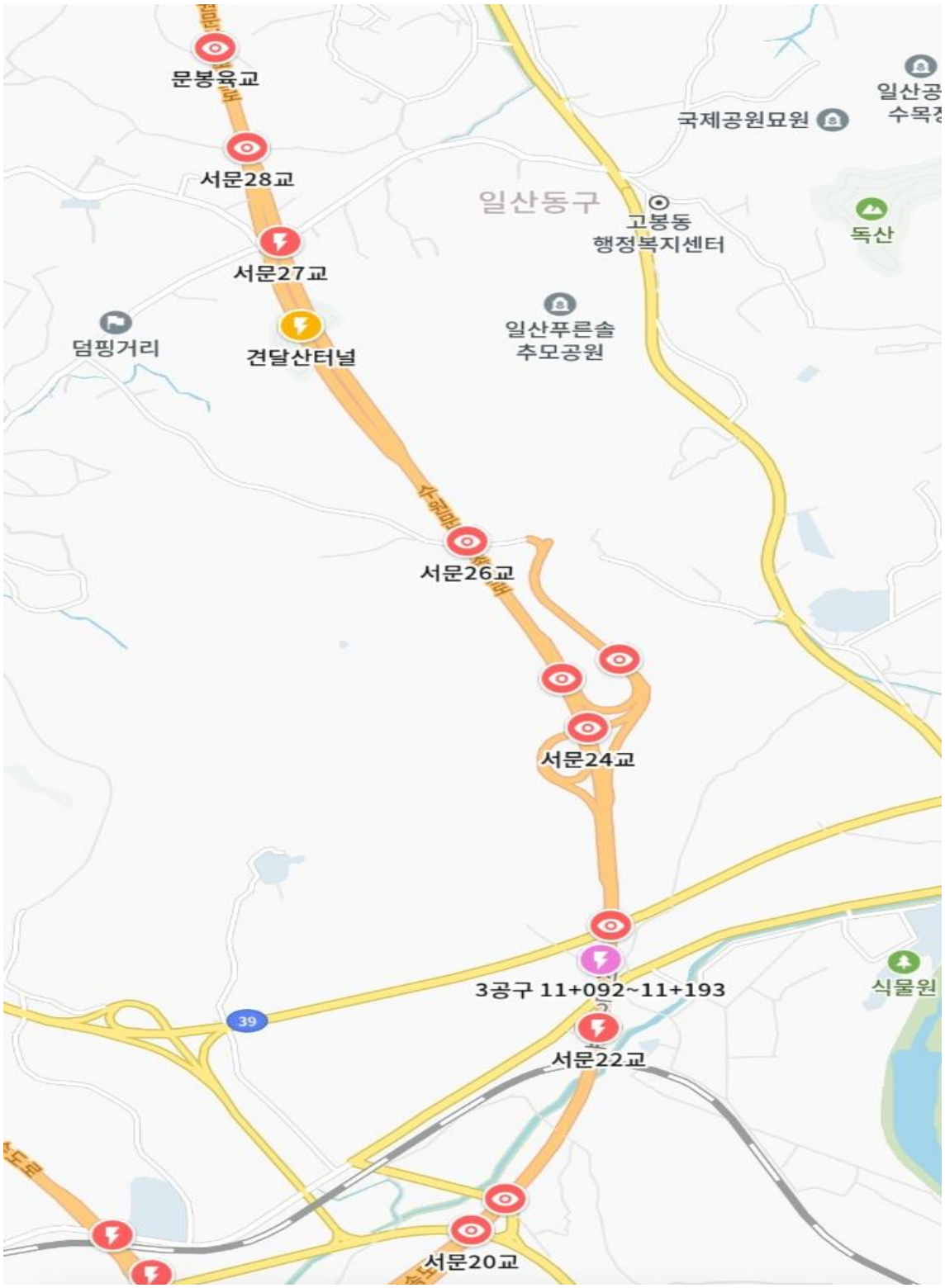
시설물의 위치도(1)


한양파인CC
서문14교
성라산생태교
명지병원
서문13교
덕양구청
서문11교
고양CC
화정역
서문10교
1공구 4+993~5+110
고양경찰서
롯데아울렛
서문9교
자인메디병원
봉재산
미병교
홍도ic3교
서문5교
행신역
강매역
서문4교
357
봉대산터널
화전역
서문3교
행주산성JCT R-B교
서문15교
강매교
283~0+400
서문15교
한국항공
대학교
JC
북로
난점육교
남고양교
대덕산
(126.3m)
한강
남고양IC2교
남고양IC1교
남고양IC2교

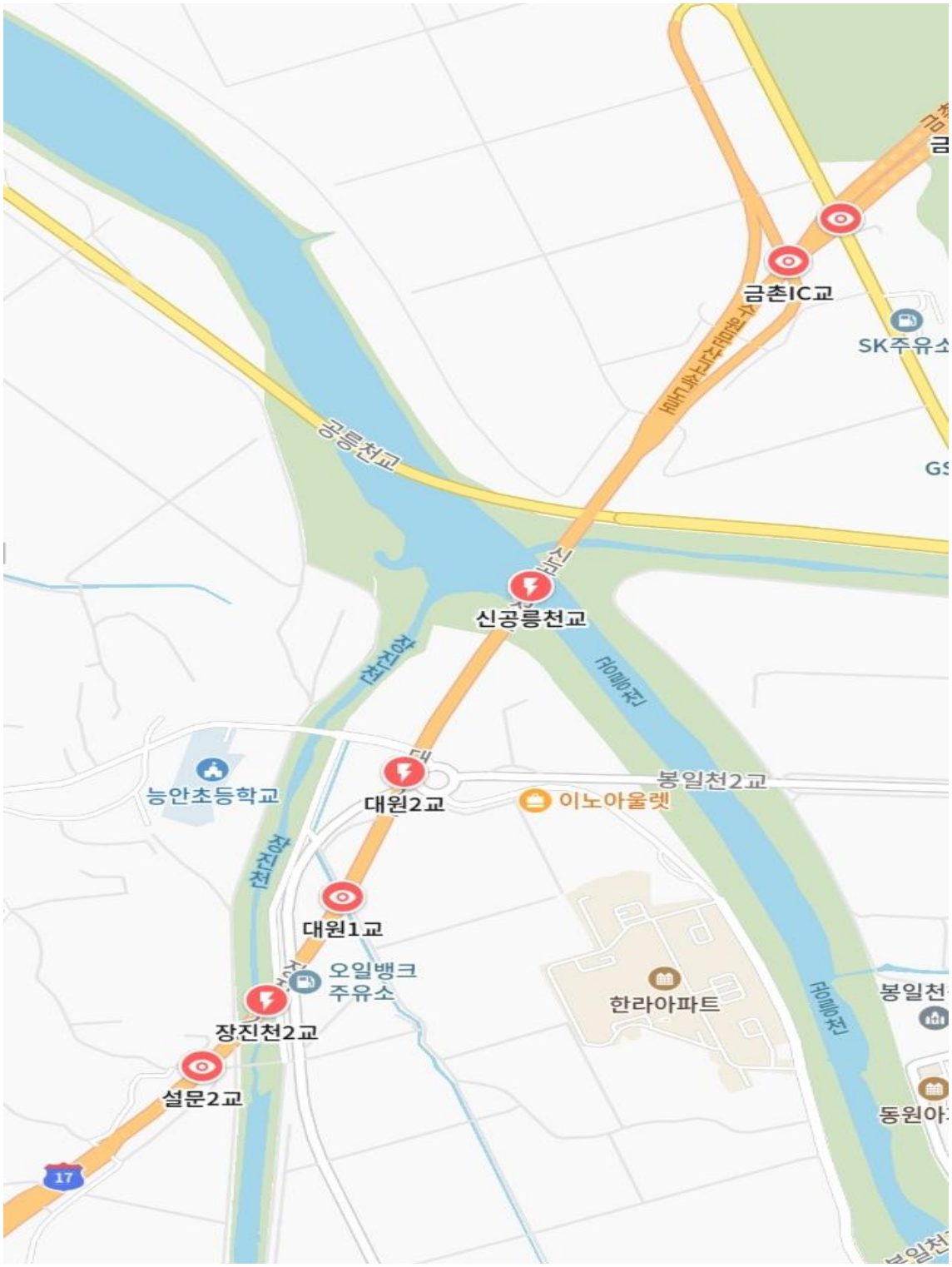
시설물의 위치도(2)


회묘
한국스카우트연맹
중앙훈련원
고양분기점 11교
원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부)
원당천(R-C)교(부천방향 확장부)
수원문산고
JC
고양
서문19교
서문18교
고양분기점 7교
원당소천1교
수역교
GS칼텍스
현대
성사1교(부천방향 확장부)
성사1교(퇴계원방향 확장부)
원당성시
화훼단지
성사2교(확장부)
고양축협하나
본점

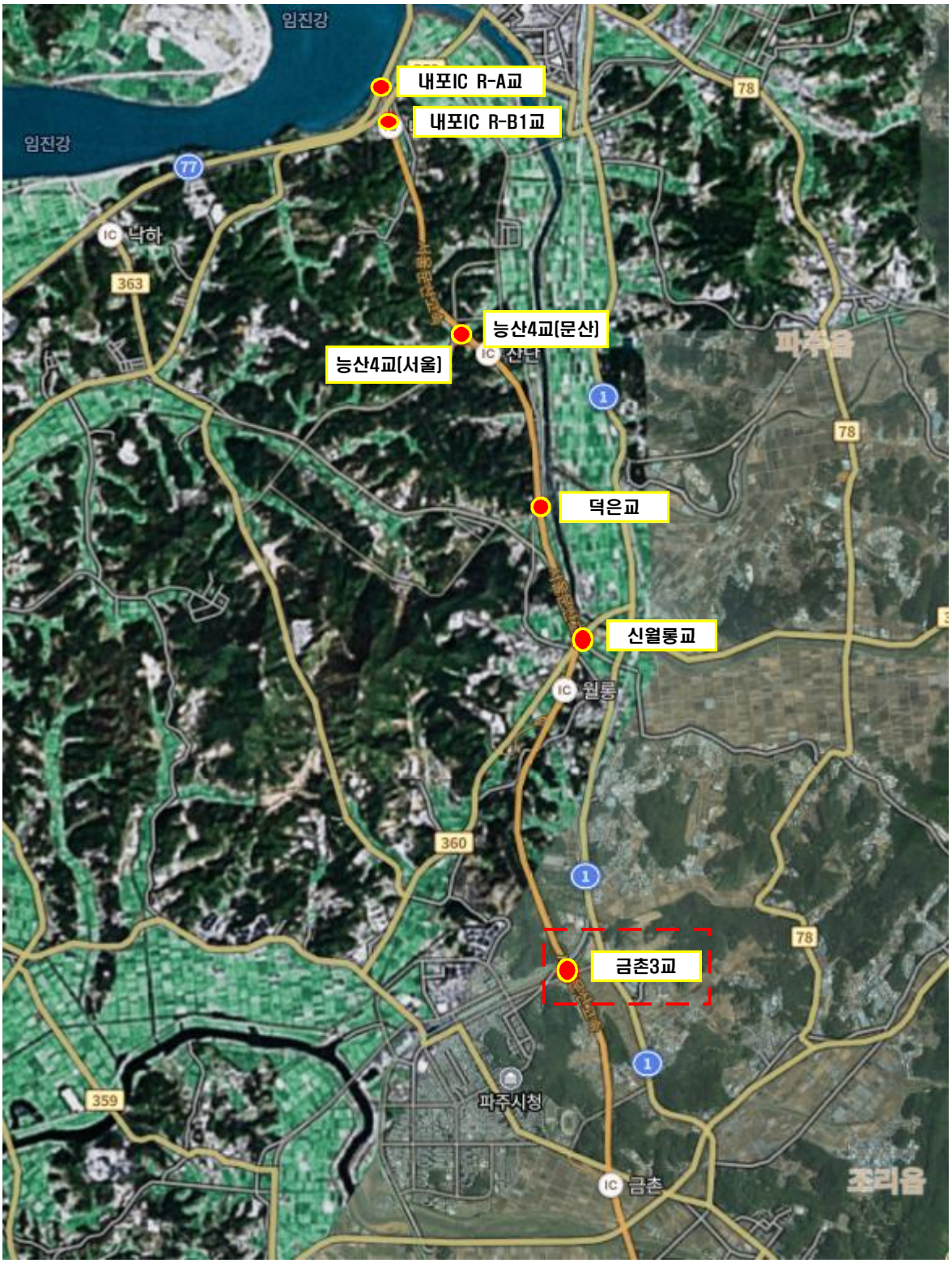
시설물의 위치도(3)


문봉육교
서문28교
서문27교
견달산터널
덤핑거리
일산동구
고봉동
행정복지센터
국제공원묘원
독산
일산푸른솔
추모공원
서문26교
서문24교
3공구 11+092~11+193
서문22교
서문20교
식물원
39

시설물의 위치도(4)


금촌IC교
SK주유소
공릉천교
신공릉천교
장진천
능안초등학교
대원2교
봉일천2교
이노아울렛
대원1교
오일뱅크
주유소
장진천2교
한라아파트
설문2교
17

시설물의 위치도(5)


임진강
내포IC R-A교
내포IC R-B1교
임진강
77
78
IC 낙하
363
능산4교(문산)
능산4교(서울)
IC 산단
파주읍
1
78
덕은교
신월롱교
IC 월롱
360
1
78
금촌3교
359
파주시청
1
IC 금촌
조리읍

보고서 목차

⊙제출문
⊙정밀안전점검 결과표, 요약표, 현황표, 위치도, 전경
⊙요약문(요약보고서 별도제출)

제 1 편 공통편

제 1 장 정밀안전점검 개요 ····· 1

1.1 과업의 목적 ····· 3
1.2 과업의 범위 및 내용 ····· 3
1.3 과업수행 절차 및 일정 ····· 5
1.4 대상시설물 개요 ····· 7
1.5 사용장비 및 시험기기의 현황 ····· 9
1.6 시설물 기호의 정의 ····· 10

제 2 장 자료수집 및 분석 ····· 11

2.1 개요 ····· 13
2.2 자료수집 현황 ····· 13
2.3 설계 및 시공자료 ····· 14
2.4 기존 점검 및 진단자료 ····· 14
2.5 시설물의 보수·보강자료 ····· 14
2.6 내진설계 여부 확인 ····· 14
2.7 자료수집 및 분석 결과요약 ····· 14

제 3 장 현장조사 및 시험 ····· 15

3.1 개요 ····· 17
3.2 교량 부재별 점검항목 및 상태평가 기준 ····· 19
3.3 내구성조사 개요 ····· 41
3.4 내구성조사 및 결과분석 방법 ····· 41

제 4 장 보수 · 보강 및 유지관리 방안 ····· 47
4.1 보수공법 개요 ····· 49
4.2 보수 · 보강 우선순위 ····· 49
4.3 보수공법 ····· 50
4.3 유지관리 방안 ····· 61

제 2 편 시설물편 Ⅰ

1. 낙동JCT교 ····· 낙동JCT교 - 1
2. 상촌교 ····· 상촌교 - 1
3. 양지교 ····· 양지교 - 1
4. 장곡교 ····· 장곡교 - 1
5. 낙동강대교 ····· 낙동강대교 - 1
6. 신개교 ····· 신개교 - 1
7. 월가교 ····· 월가교 - 1
8. 도개교 ····· 도개교 - 1
9. 신계교 ····· 신계교 - 1
10. 산호교 ····· 산호교 - 1

제 2 편 시설물편 Ⅱ

11. 오로교 ····· 오로교 - 1
12. 오실교 ····· 오실교 - 1
13. 불당교 ····· 불당교 - 1
14. 내리교 ····· 내리교 - 1
15. 군위JCT R-A4교 ····· 군위JCT R-A4교 - 1
16. 군위JCT R-C교 ····· 군위JCT R-C교 - 1

17. 장기교 ····· 장기교 - 1
18. 금매교 ····· 금매교 - 1
19. 가호교 ····· 가호교 - 1

제 2 편 시설물편 Ⅲ

20. 산성교 ····· 산성교 - 1
21. 배골교 ····· 배골교 - 1
22. 화남1교 ····· 화남1교 - 1
23. 화남교 ····· 화남교 - 1
24. 가천교 ····· 가천교 - 1
25. 신녕교 ····· 신녕교 - 1
26. 창정교 ····· 창정교 - 1
27. 중들교 ····· 중들교 - 1
28. 화산JCT R-A교 ····· 화산JCT R-A교 - 1
29. 화산JCT R-A1교 ····· 화산JCT R-A1교 - 1
30. 화산JCT R-H교 ····· 화산JCT R-H교 - 1

제 2 편 시설물편 Ⅳ

31. 가래실교 ····· 가래실교 - 1
32. 암기교 ····· 암기교 - 1
33. 고현천교 ····· 교현천교 - 1
34. 도림천교 ····· 도림천교 - 1
35. 오미교 ····· 오미교 - 1
36. 산하교 ····· 산하교 - 1

37. 단포교 ····· 단포교 - 1
38. 대성교 ····· 대성교 - 1
39. 내포교 ····· 내포교 - 1
40. 반정교 ····· 반정교 - 1
41. 영천JCT R-A교 ····· 영천JCT R-A교 - 1
42. 영천JCT R-B교 ····· 영천JCT R-B교 - 1

■ 부 록

1. 과업지시서
2. 외관조사망도(별권)
3. 측정, 시험 계측성과표
4. 상태평가 결과자료
5. 시설물관리대장 사본
6. 사진첩(별권)
7. 사용장비 및 기기의 사진
8. 사전조사 자료 일체

제2편 시 설 물 편

1. 강매교

1.1 시설물 개요

1.2 자료수집 및 분석

1.3 현장조사

1.4 콘크리트 내구성조사

1.5 상태평가

1.6 종합평가 및 안전등급 지정

1.7 보수·보강 및 유지관리 방안

1.8 종합결론

1. 강매교

1.1 시설물의 개요

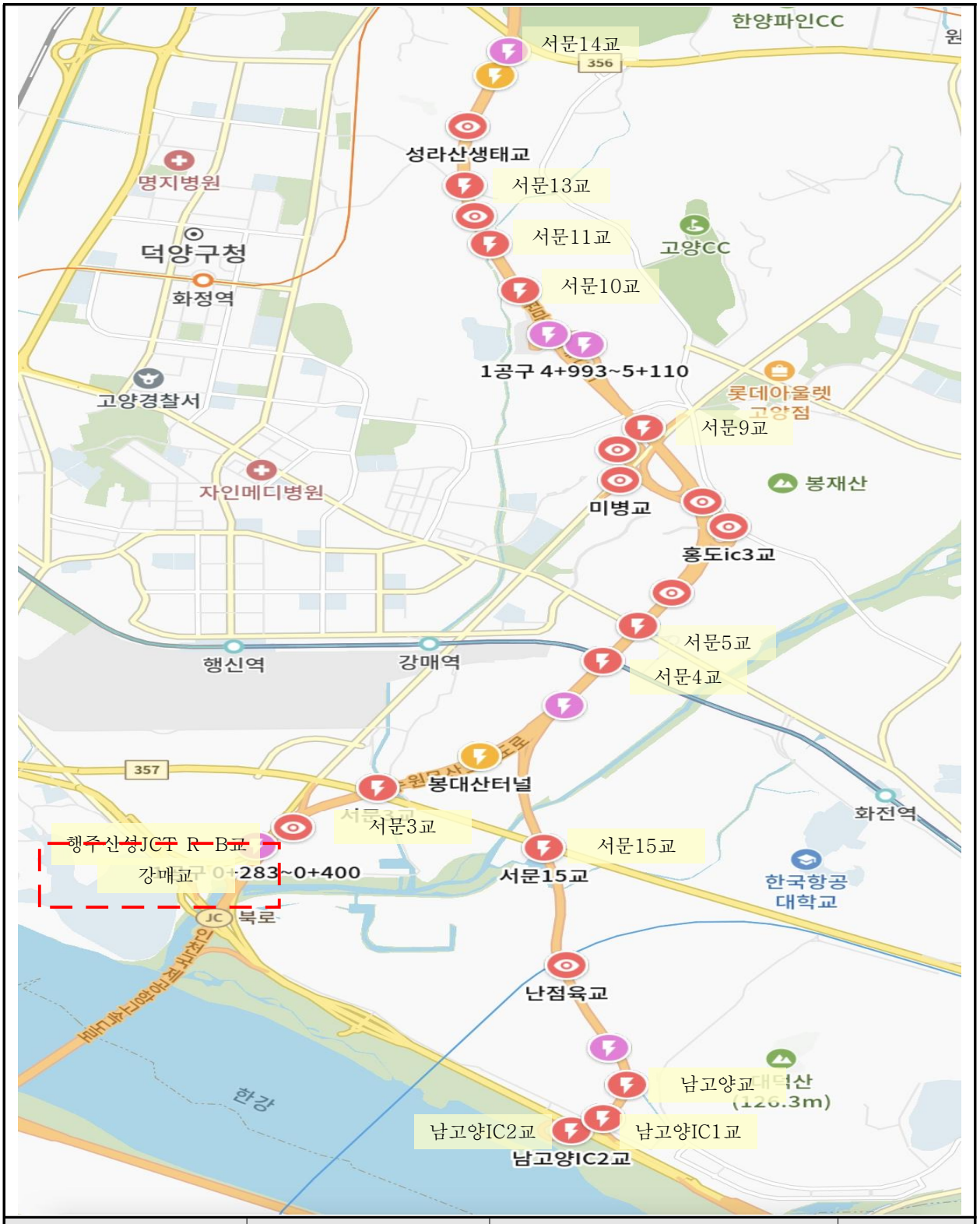
본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매로 7(강매동)에 위치한 교량으로 총 연장 290.0m, 폭 8.0m로 시공되어 있다.

1.1.1 일반사항

【표 1.1.1】 강매교 일반사항

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000227</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td>경기도 고양시 덕양구 강매로 7 (강매동)</td><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td></tr>
<tr><td colspan="2">시점이정</td><td>-</td><td colspan="2">노 선 명</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=290.0m (45+50+3@50+45=290.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=8.0m, 1차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조 형식</td><td>상부</td><td>Steel Box</td><td rowspan="2">기초 형식</td><td>교 대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: T형</td><td>교 각</td><td>복합말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>-</td><td colspan="2">통과높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td>-</td><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td></tr>
<tr><td colspan="2">시 공 자</td><td>지에스건설㈜</td><td colspan="2">설 계 자</td><td>㈜다산컨설턴트</td></tr>
<tr><td colspan="2">감 리 자</td><td>㈜동일기술공사</td><td colspan="2">관리주체</td><td>서울문산고속도로주식회사</td></tr>
<tr><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">측면 전경</td><td colspan="3">상부 전경</td></tr>
</table>

1.1.2 위치도 및 전경사진



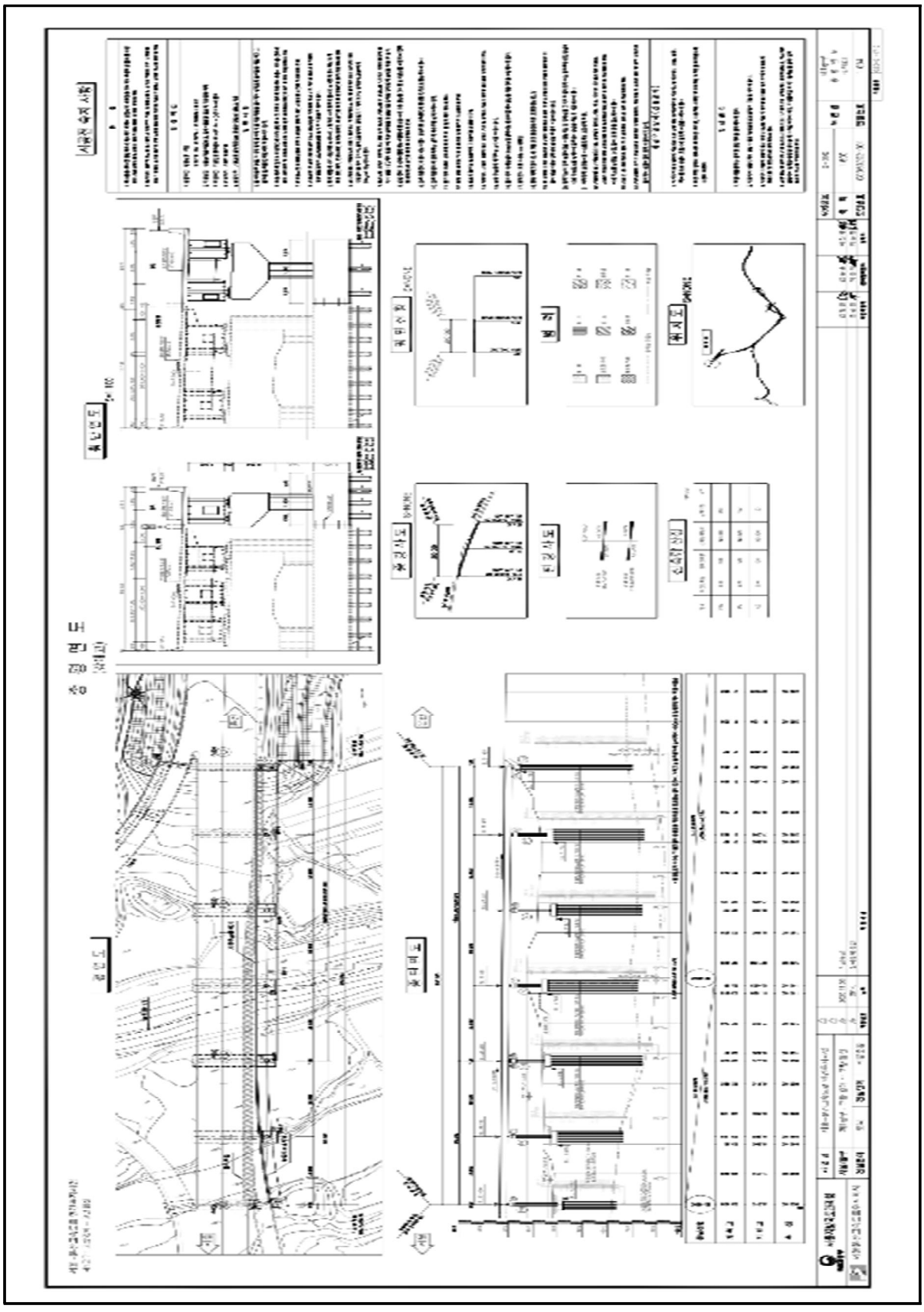
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S6	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 1.1.1】 위치도

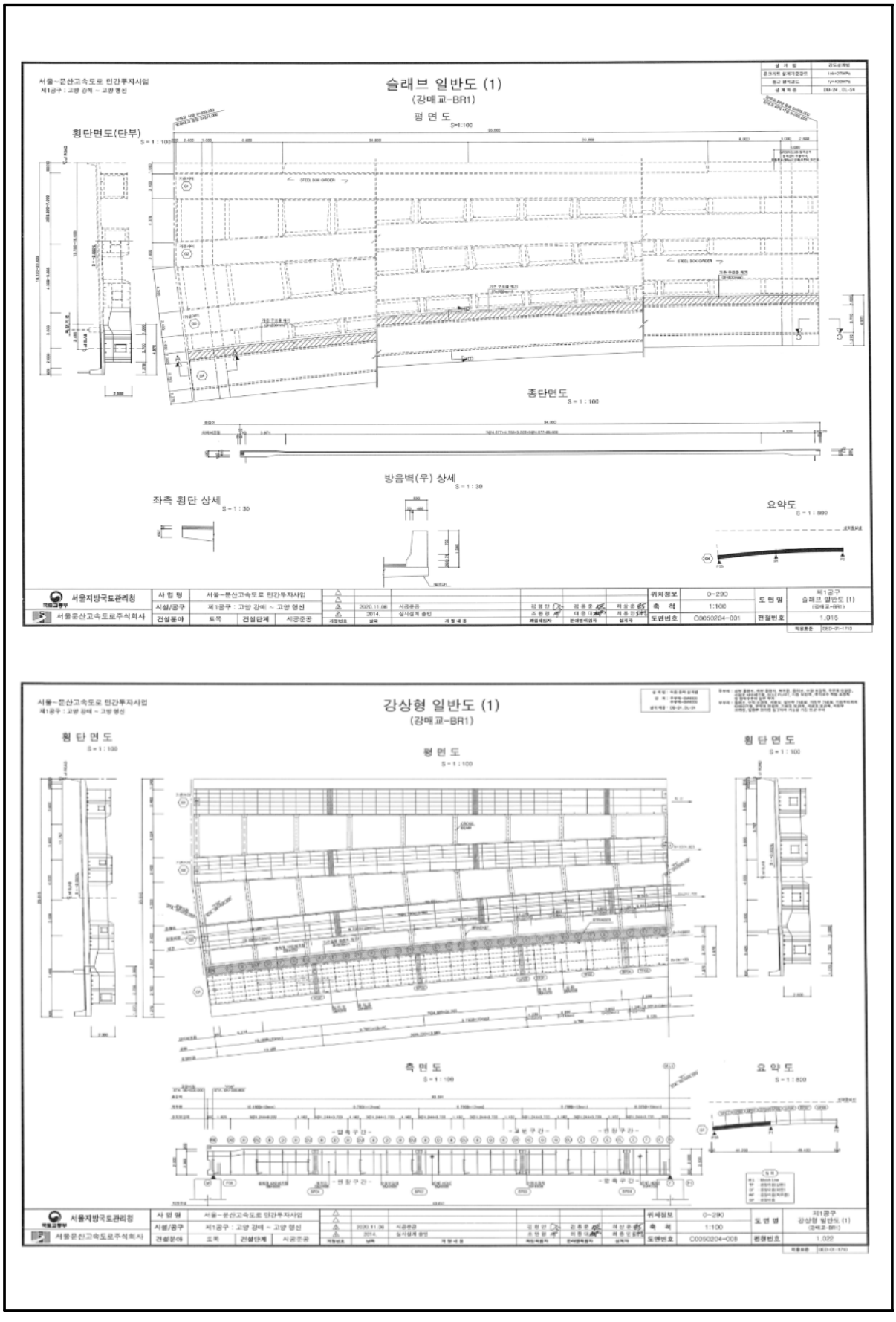
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 1.1.2】부재별 현황

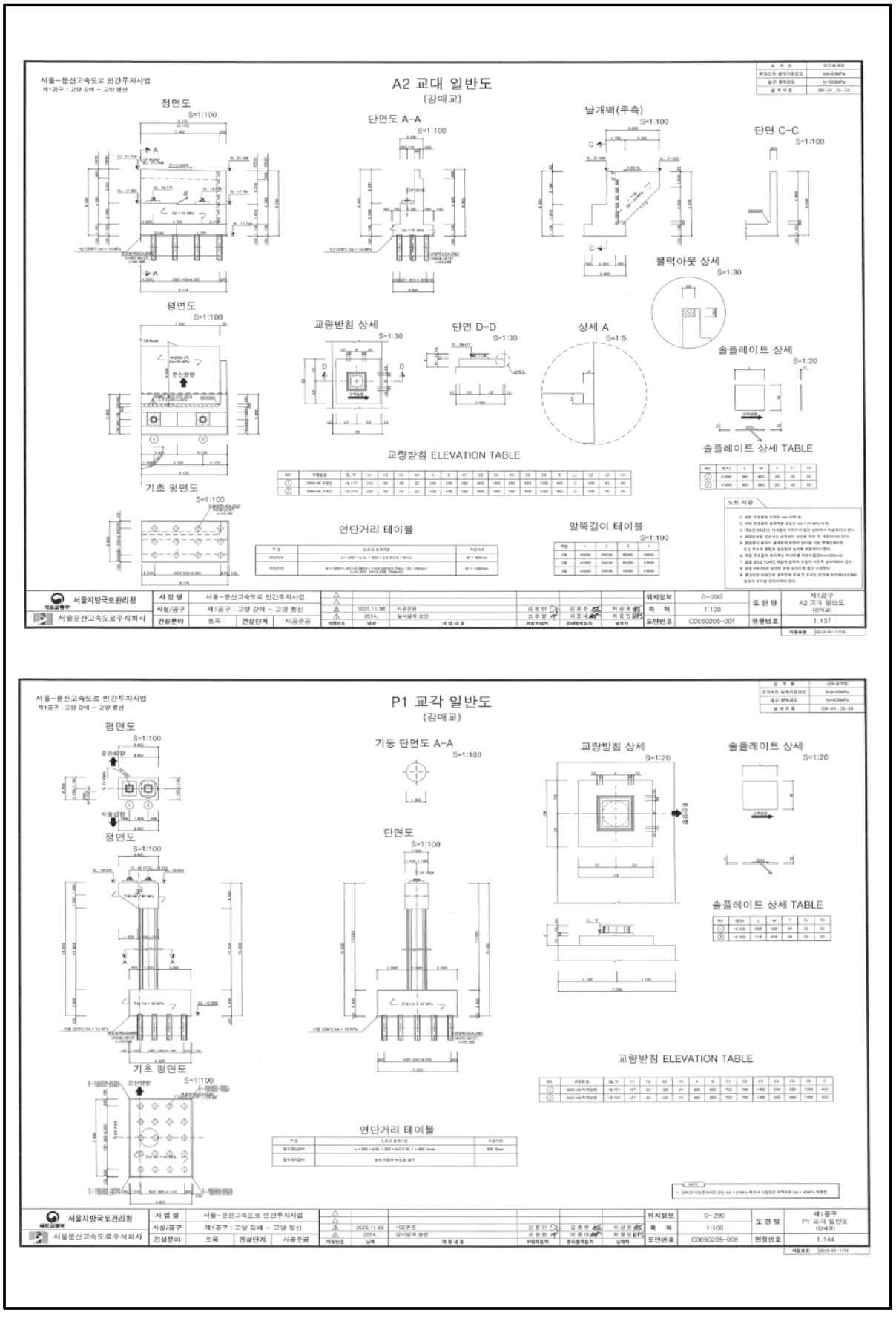
1.1.3 시설물 일반도



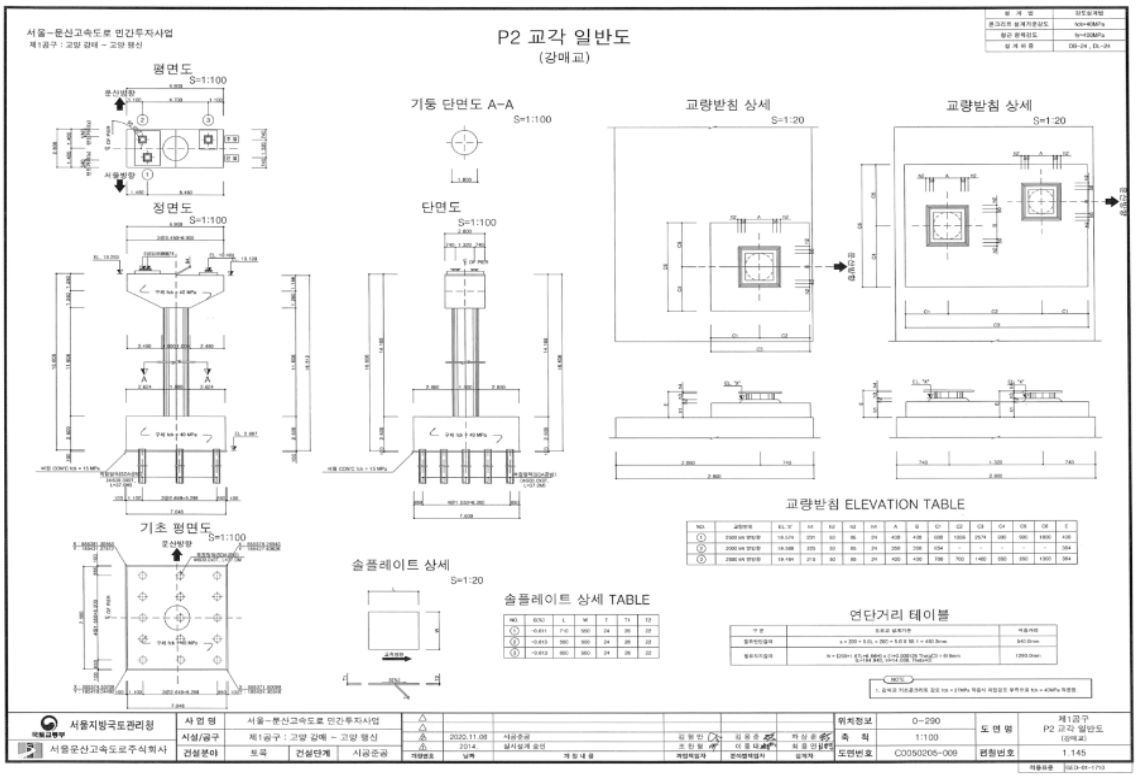
【그림 1.1.3】 평면 및 종단면도

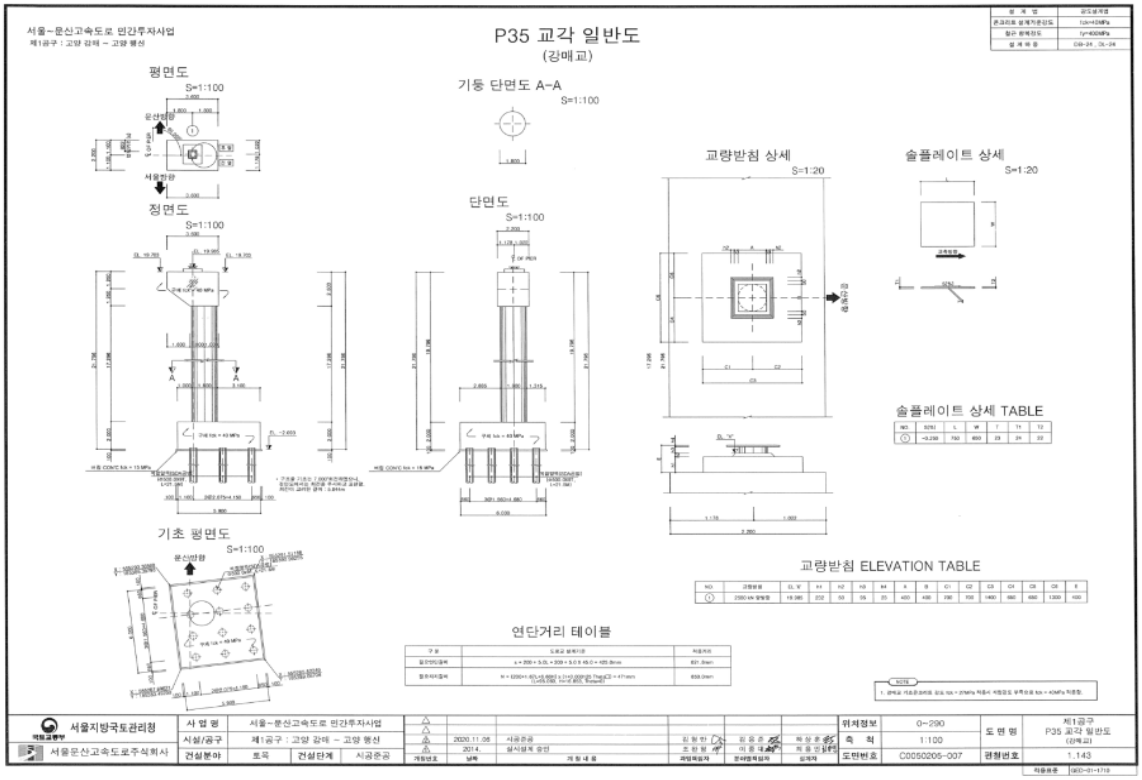


【그림 1.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도

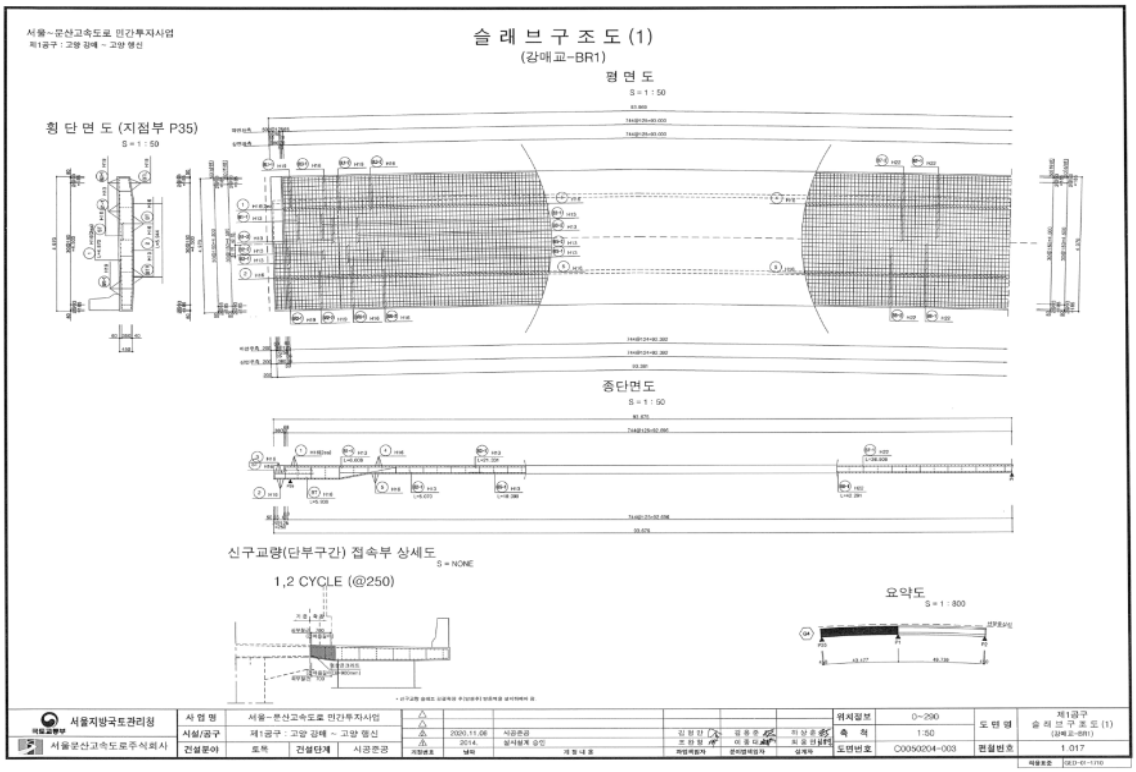


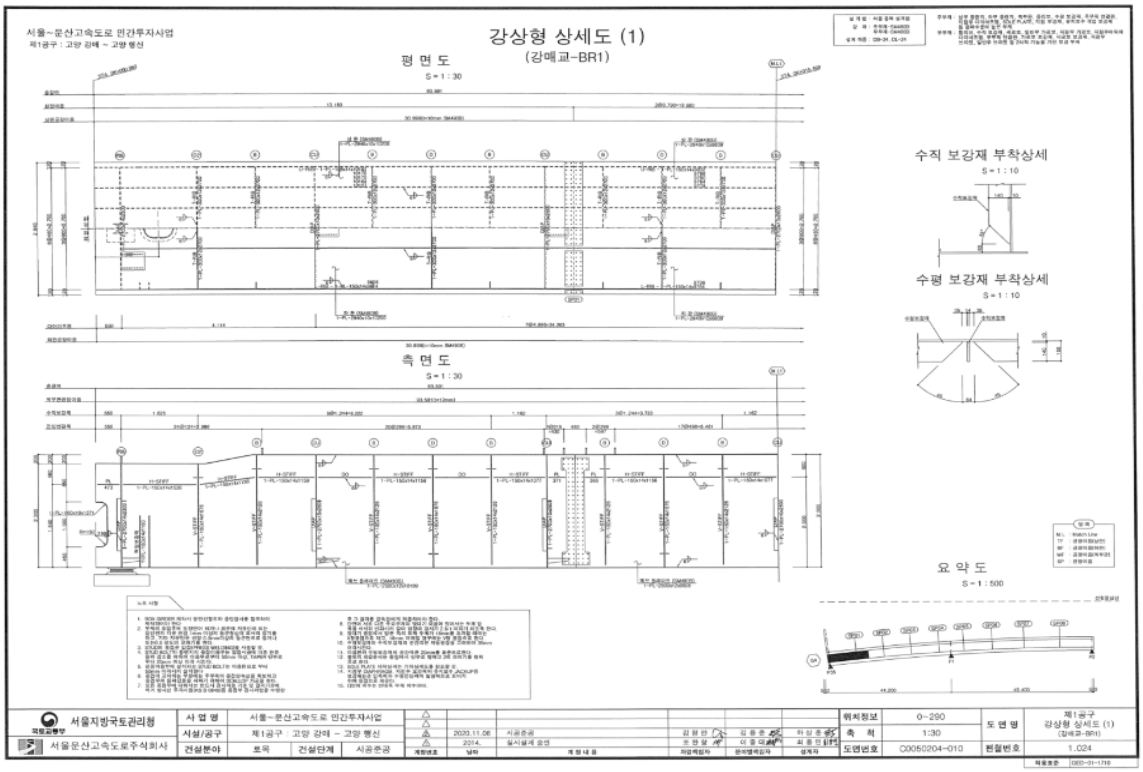
【그림 1.1.5】 교대 일반도, 교각 일반도


P2 교각 일반도
(강매교)
평면도 S=1:100
정면도 S=1:100
기초 평면도 S=1:100
기둥 단면도 A-A S=1:100
단면도 S=1:100
교량받침 상세 S=1:20
교량받침 상세 S=1:20
교량받침 ELEVATION TABLE
솔플레이트 상세 S=1:20
솔플레이트 상세 TABLE
연단거리 테이블
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
위치정보 0~290
축 척 1:100
도면번호 C0050205-009
도 면 명 제1공구 P2 교각 일반도 (강매교)
편철번호 1.145

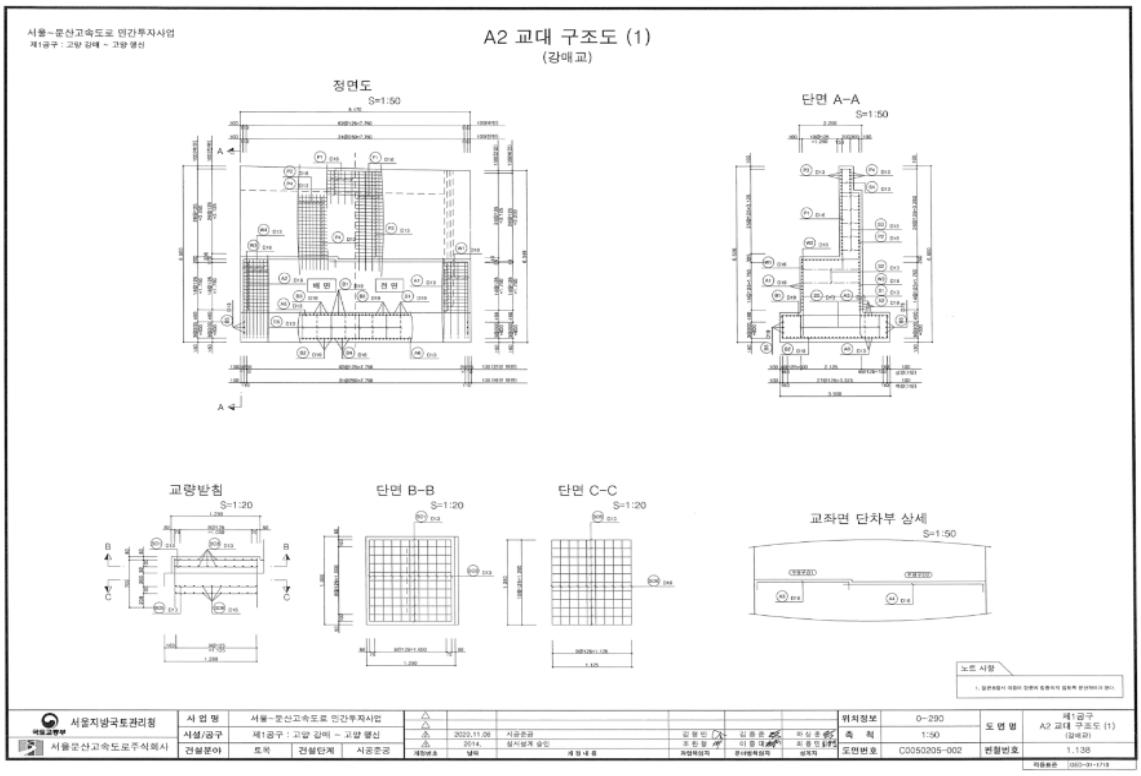

P35 교각 일반도
(강매교)
평면도 S=1:100
정면도 S=1:100
기초 평면도 S=1:100
기둥 단면도 A-A S=1:100
단면도 S=1:100
교량받침 상세 S=1:20
솔플레이트 상세 S=1:20
솔플레이트 상세 TABLE
교량받침 ELEVATION TABLE
연단거리 테이블
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
위치정보 0~290
축 척 1:100
도면번호 C0050205-007
도 면 명 제1공구 P35 교각 일반도 (강매교)
편철번호 1.143

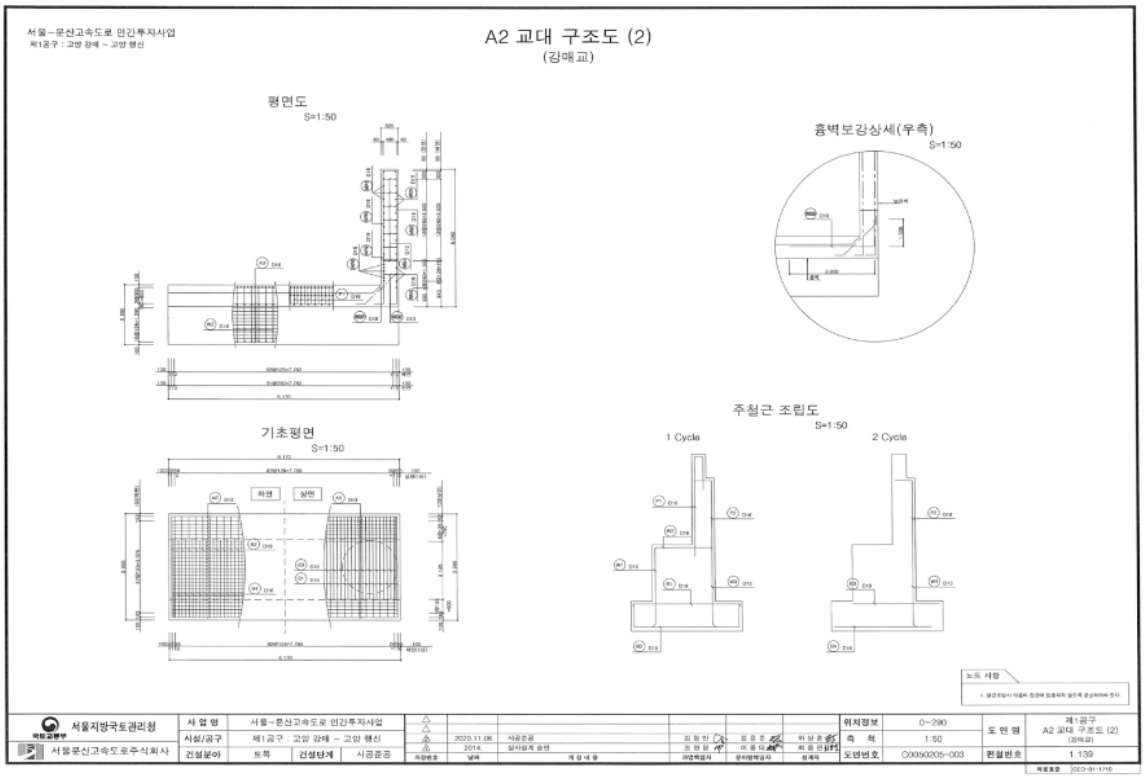
【그림 1.1.6】 교각 일반도



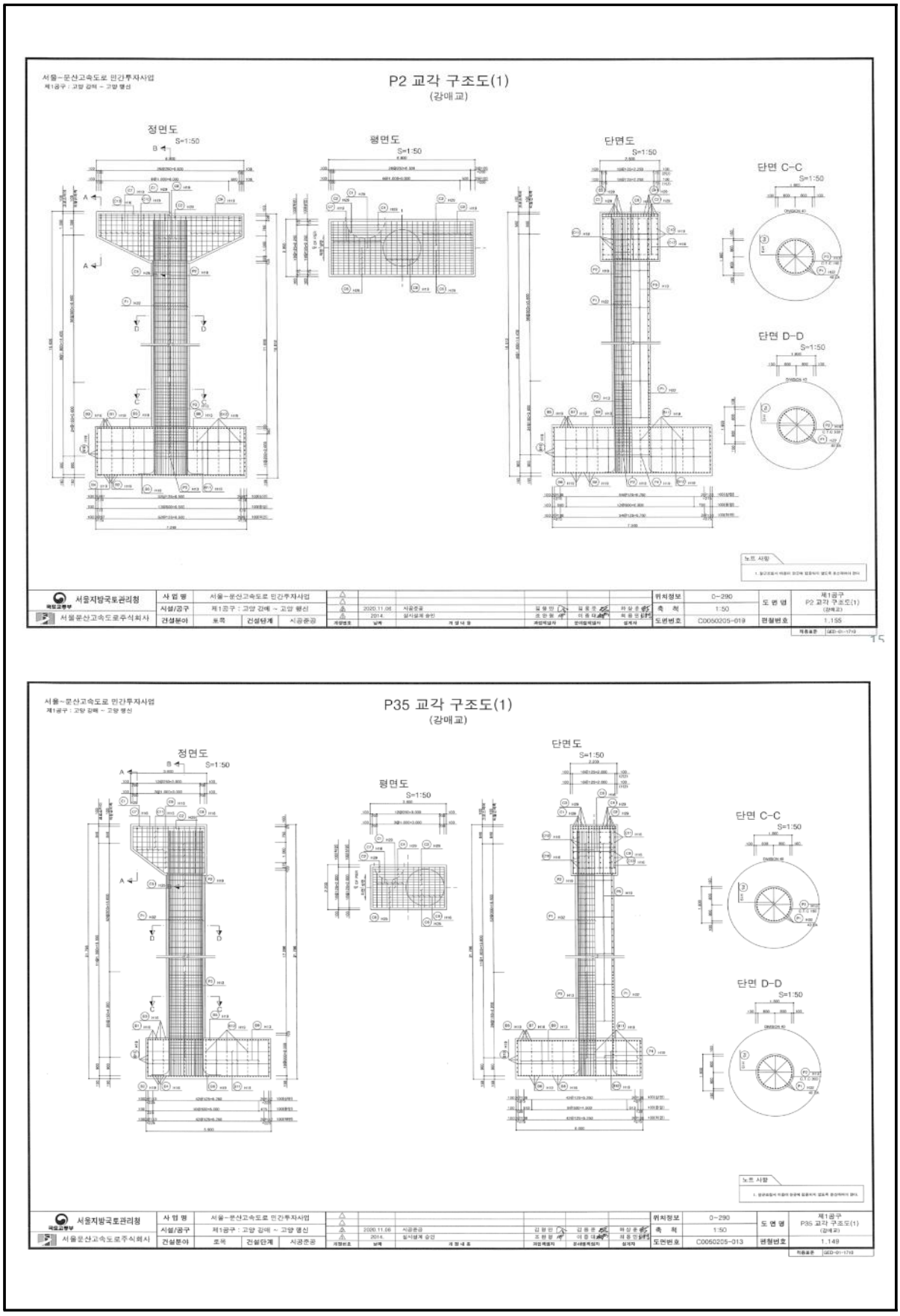


【그림 1.1.7】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도


서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
A2 교대 구조도 (1)
(강매교)
정면도
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
교량받침
S=1:20
단면 B-B
S=1:20
단면 C-C
S=1:20
교좌면 단차부 상세
S=1:50
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
2020.11.06 시공준공
2014. 실시설계 승인
위치정보 0~290
측 척 1:50
도면번호 C0050205-002
도 면 명 제1공구 A2 교대 구조도 (1) (강매교)
편철번호 1.138


서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
A2 교대 구조도 (2)
(강매교)
평면도
S=1:50
흉벽보강상세(우측)
S=1:50
기초평면
S=1:50
주철근 조립도
S=1:50
1 Cycle
2 Cycle
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
2020.11.06 시공준공
2014. 실시설계 승인
위치정보 0~290
측 척 1:50
도면번호 C0050205-003
도 면 명 제1공구 A2 교대 구조도 (2) (강매교)
편철번호 1.139

【그림 1.1.8】교대 구조도


P2 교각 구조도(1)
(강매교)
정면도
S=1:50
평면도
S=1:50
단면도
S=1:50
단면 C-C
S=1:50
단면 D-D
S=1:50
P35 교각 구조도(1)
(강매교)
정면도
S=1:50
평면도
S=1:50
단면도
S=1:50
단면 C-C
S=1:50
단면 D-D
S=1:50

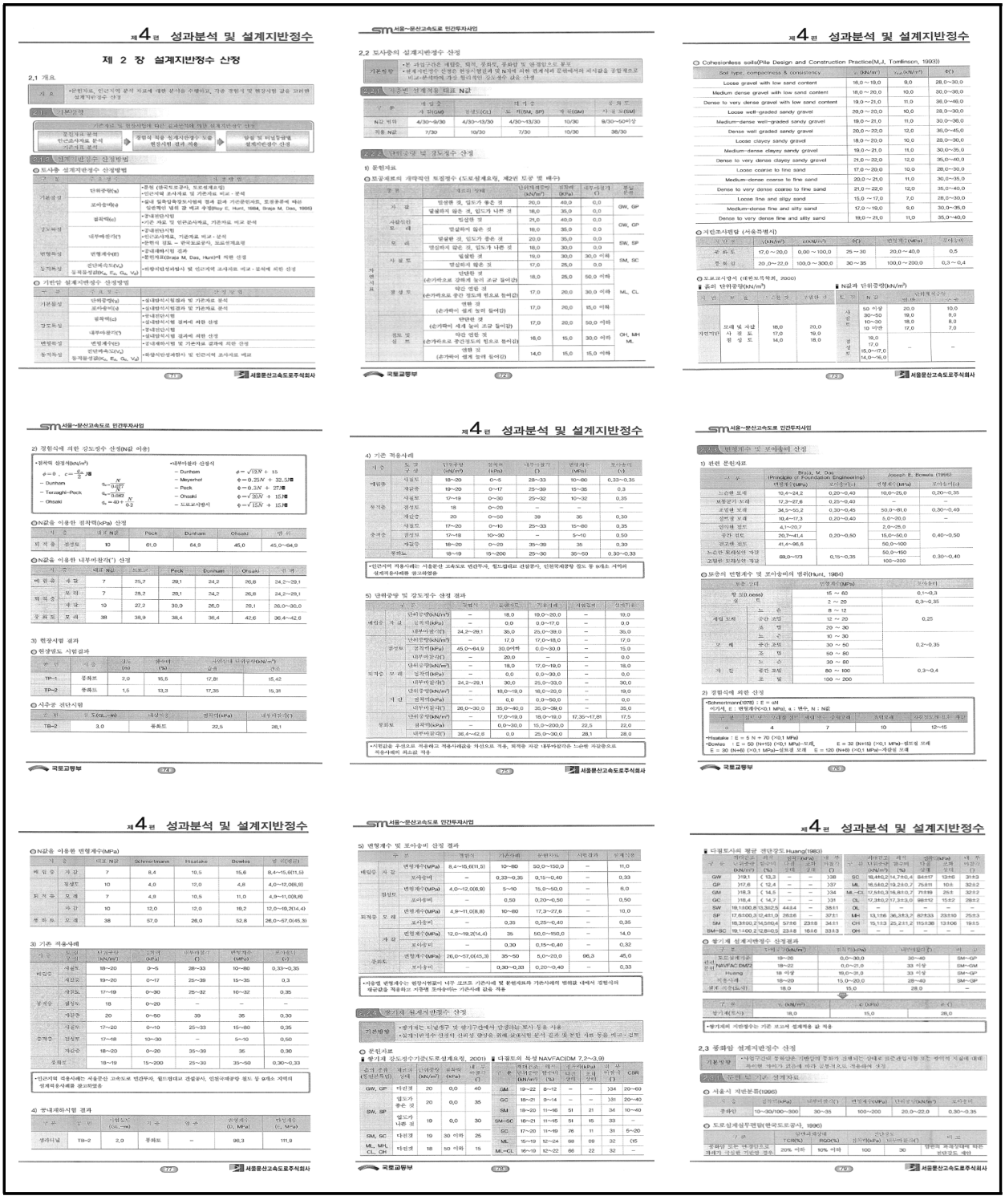
【그림 1.1.9】 교각 구조도

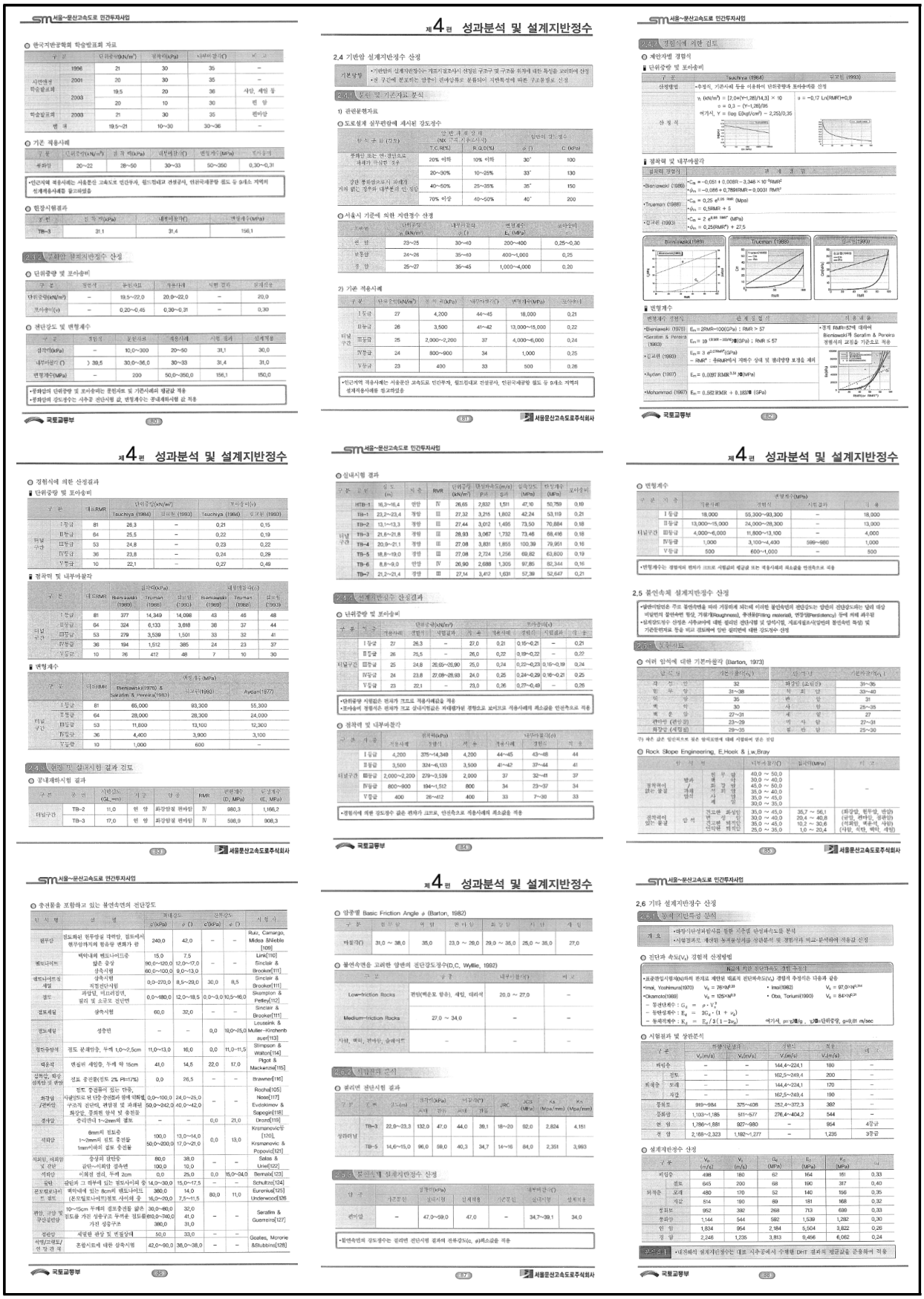
1.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

1.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질


제4편 성과분석 및 설계지반정수
제 2 장 설계지반정수 산정
2,1 개요
2,2 토사층의 설계지반정수 산정
제4편 성과분석 및 설계지반정수
서울문산고속도로 민간투자사업
제4편 성과분석 및 설계지반정수
제4편 성과분석 및 설계지반정수
제4편 성과분석 및 설계지반정수
제4편 성과분석 및 설계지반정수
제4편 성과분석 및 설계지반정수
서울문산고속도로 민간투자사업





제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	·문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-5}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-5}

일반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성 암반	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성 암반	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성 암반	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
균열 간격이 없을때	불투수성 암반	1.0×10^{-9} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	-	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	-	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	-	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	-	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	-	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	-	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	-	6.4×10^{-5}

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기대	토 사	18.0	15.0	28.0	-	-	-
	암미력	20.0	0.0	35.0	-	-	-
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-6}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

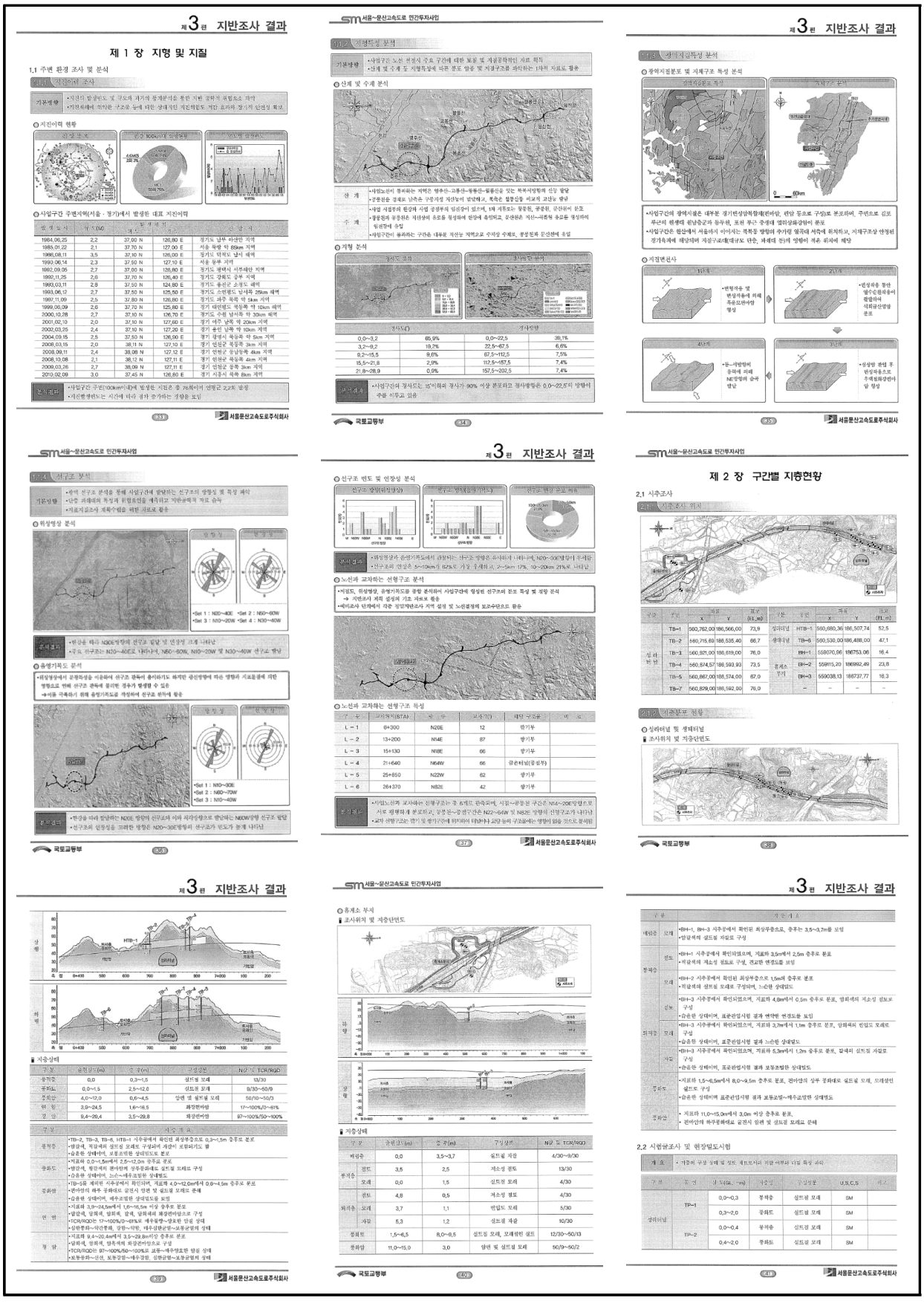
2.7.3 물언속체 설계지반정수

암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

나. 지반 및 지질 조사보고서



서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 현장밀도시험 결과

구 분	공 번	심 도 (GL, -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
성라터널	TP-1	2.0	풍화토	17.81	15.42	14.18	12.28	1.256
	TP-2	1.5	풍화토	17.35	15.31	13.62	12.02	1.274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17.35~17.81kN/m³, 건조단위중량 : 15.31~15.42kN/m³ •L값 : 1.256~1.274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

구 분	지 층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	-
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토시구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

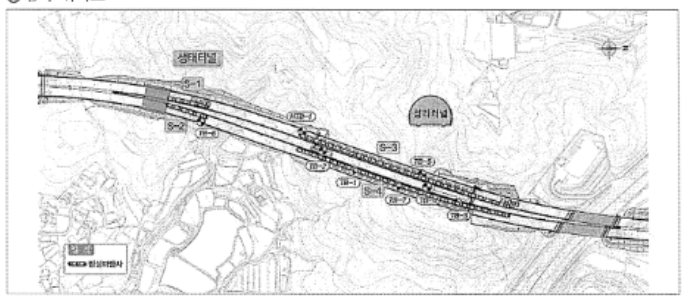
국토교통부 42

제3편 지반조사 결과

제 3 장 물리탐사

3.1 굴절법탄성파탐사

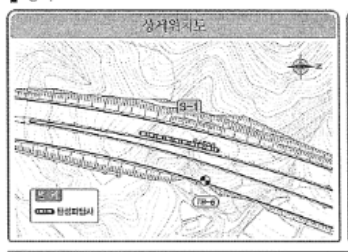
○ 탐사 위치도



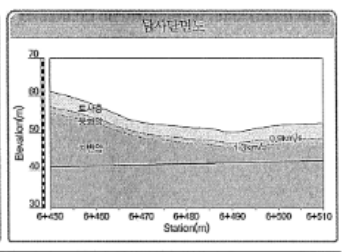
○ 탐사 결과

S-1

상세위치도



탐사단면도



구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL.-4.71 출현

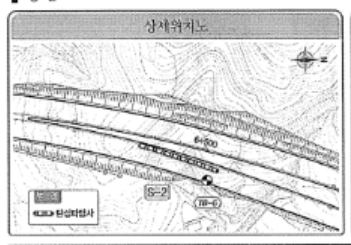
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 풍화암층의 두께는 1.13~1.68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.03~5.61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 풍화암층의 평균 두께는 1.36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.71m로 분석되었음

43 서울문산고속도로주식회사

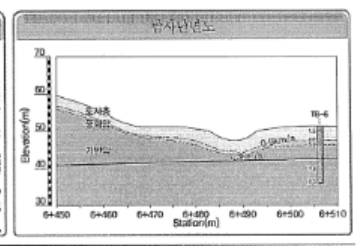
서울~문산고속도로 민간투자사업

S-2

상세위치도



탐사단면도

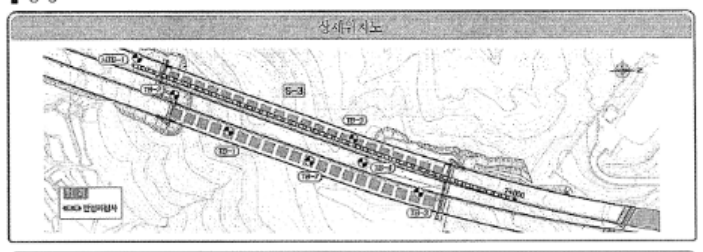


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.16	0.92	GL.-4.09 출현

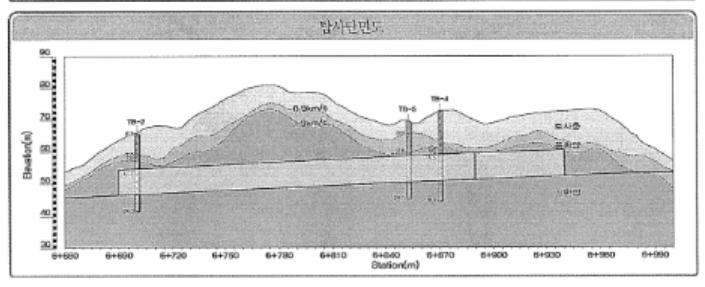
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.29~4.03m, 풍화암층의 두께는 0.52~1.20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2.81~5.21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3.16m, 풍화암층의 평균 두께는 0.92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.09m로 분석되었음

S-3

상세위치도



탐사단면도



국토교통부 44

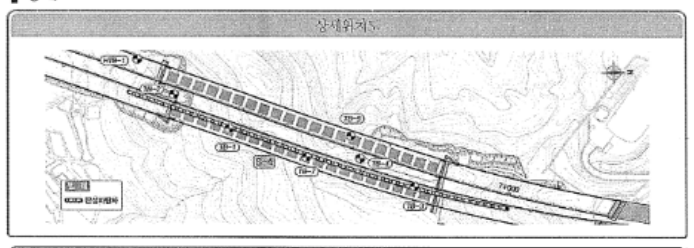
제3편 지반조사 결과

구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6.67	2.93	GL.-9.60 출현

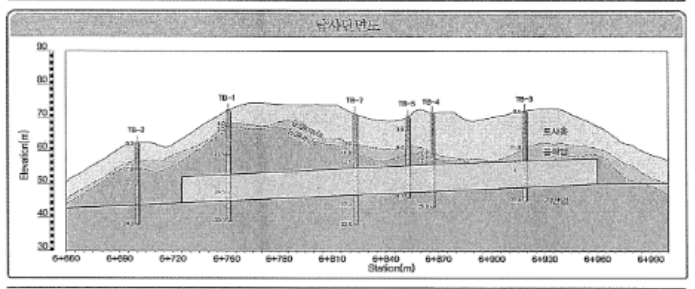
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.78~10.86m, 풍화암층의 두께는 0.95~5.92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.45~13.60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6.67m, 풍화암층의 평균 두께는 2.93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9.60m로 분석되었음

S-4

상세위치도



탐사단면도



구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7.80	2.32	GL.-10.11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.98~13.49m, 풍화암층의 두께는 0.61~5.28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5.64~15.54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7.80m, 풍화암층의 평균 두께는 2.32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10.11m로 분석되었음

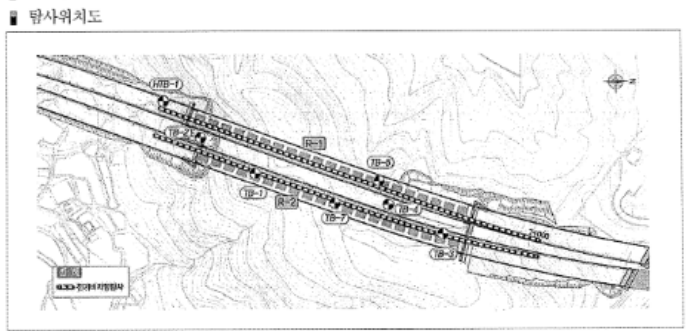
45 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

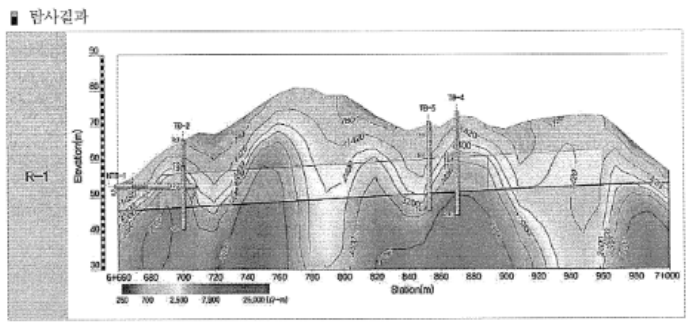
3.2 전기비저항탐사

○ 성라터널 서울방향

탐사위치도



탐사결과



분석결과

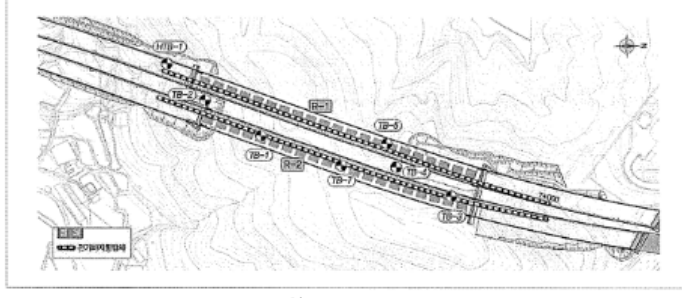
•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

국토교통부 46

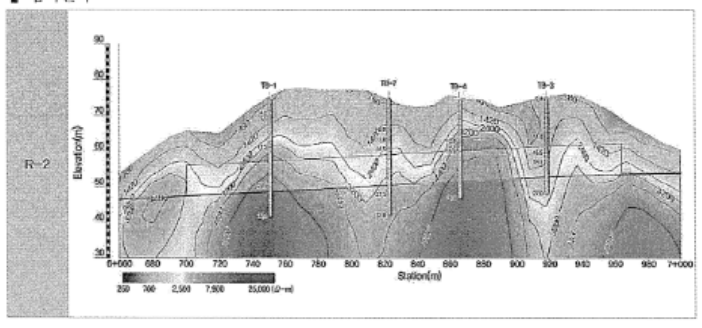
제3편 지반조사 결과

○ 성라터널 문산방향

탐사위치도



탐사결과



분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

47 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2.0	풍화토	-	96.3	111.9
	TB-2	11.0	연 암	화강편마암	980.3	1,166.2
	TB-3	13.0	풍화암	-	156.1	231.1
	TB-3	17.0	연 암	화강편마암	598.9	908.3

○ 결과분석

구분	변형계수(D,MPa) 풍화토	변형계수(D,MPa) 풍화암	변형계수(D,MPa) 연 암	탄성계수(E,MPa) 풍화토	탄성계수(E,MPa) 풍화암	탄성계수(E,MPa) 연 암
성라터널	96.3	156.1	598.9~980.3	111.9	231.1	908.3~1,166.2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96.3MPa, 풍화암은 156.1MPa,연암은 598.9~980.3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 원지반 점착력(c)과 내부마찰각(Ø) 측정

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3.0	풍화토	22.5	28.1
	TB-3	12.0	풍화암	31.1	31.4

○ 결과분석

구분	점착력(c, kPa) 풍화토	점착력(c, kPa) 풍화암	마찰각(Ø, °) 풍화토	마찰각(Ø, °) 풍화암
성라터널	22.5	31.1	28.1	31.4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22.5kPa, 풍화암 31.1kPa로 산정되며, 마찰각(Ø)은 풍화토 28.1°, 풍화암 31.4°로 나타남

국토교통부 48

제3편 지반조사 결과

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

○ 터널구간

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
TB-1	7.4	66.5	TB-4	15.5	58.0	TB-7	17.6	58.4
TB-2	6.1	60.6	TB-5	6.8	60.2	-	-	-
TB-3	17.0	59.0	TB-6	3.6	43.5	-	-	-

○ 기타구간(휴게소 부지)

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
BH-1	3.2	13.2	BH-2	6.6	17.2	BH-3	3.5	12.8

○ 결과분석

구 분	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
터널구간	3.6~17.6	43.5~66.5
기타구간 (휴게소 부지)	3.2~6.6	12.8~17.2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3.6~17.6m, 기타구간 : GL.- 3.2~6.6m 범위로 분포

49 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.2.2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL.-m)	지 층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	1.95×10^{-4}	7.4
	TB-2	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	3.08×10^{-4}	6.1
	TB-3	12.0 ~ 13.0	풍화암	-	4.53×10^{-5}	17.0
	TB-4	8.0 ~ 9.0	풍화토	SM	2.07×10^{-4}	15.5

○ 결과분석

구 분	풍 화 토	풍 화 암
성라터널	1.96×10^{-4} ~ 3.08×10^{-4}cm/s	4.53×10^{-5}cm/s

4.2.3 수압시험

개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 계산을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7.0 ~ 12.0	연 암	3.06×10^{-6}	0.11	Dilation
	TB - 2	16.0 ~ 21.0	경 암	1.28×10^{-6}	0.08	Dilation
	TB - 3	20.0 ~ 25.0	경 암	2.49×10^{-6}	0.04	Dilation
	TB - 6	6.0 ~ 11.0	연 암	4.76×10^{-6}	0.14	Dilation

○ 결과분석

구 분	투수계수(cm/s) 연 암	투수계수(cm/s) 경 암	평균 Lugeon 연 암	평균 Lugeon 경 암
성라터널	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	0.11~0.14	0.04~0.08

국토교통부 50

4.3 불연속면특성 분석

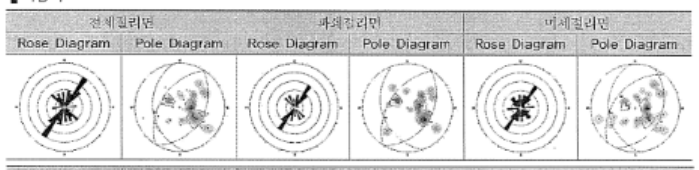
4.3.1 공내영상촬영

개 요	•암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악 •불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

○ 시험결과

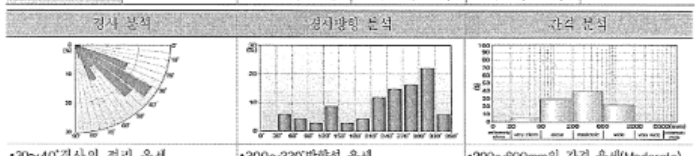
TB-1

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



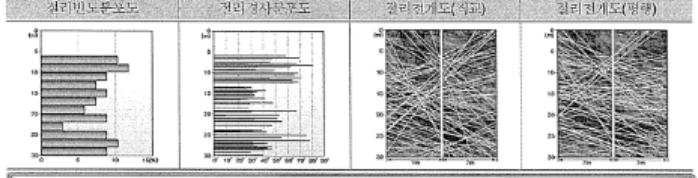
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-1	전체절리	43/303(59.55)	28/263(85.24)	33/121(94.80)	68
	파쇄절리	45/303(61.08)	31/251(39.28)	33/121(53.08)	27
	미세절리	39/310(63.64)	28/264(71.60)	28/116(58.46)	41

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세	•300~330°방향성 우세	•200~600mm의 간격 우세(Moderate)

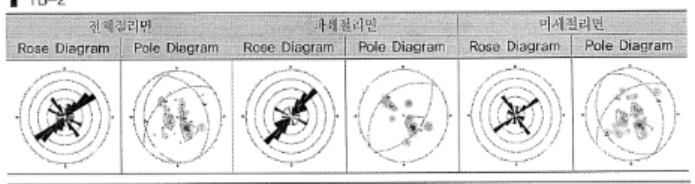
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 아크릴관 밖에 슬러지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

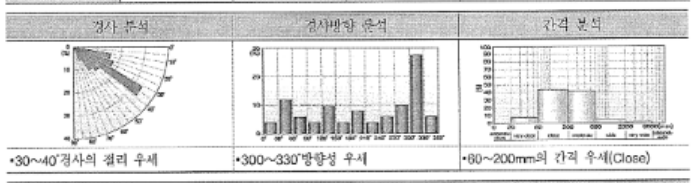
TB-2

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



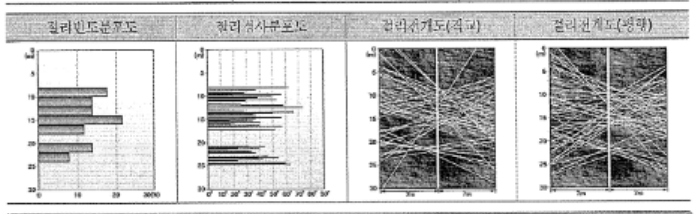
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-2	전체절리	38/321(77.54)	23/63(56.42)	15/266(79.84)	51
	파쇄절리	30/320(38.49)	43/129(38.81)	–	18
	미세절리	38/320(58.01)	22/61(51.90)	20/235(72.36)	33

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세	•300~330°방향성 우세	•60~200mm의 간격 우세(Close)

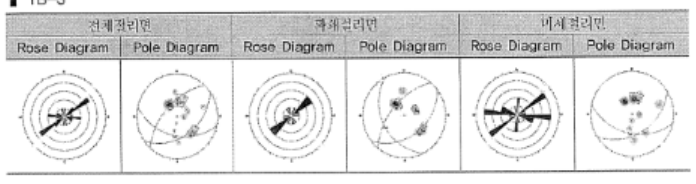
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

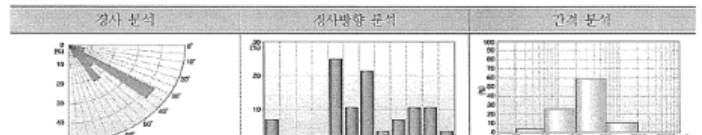
TB-3

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



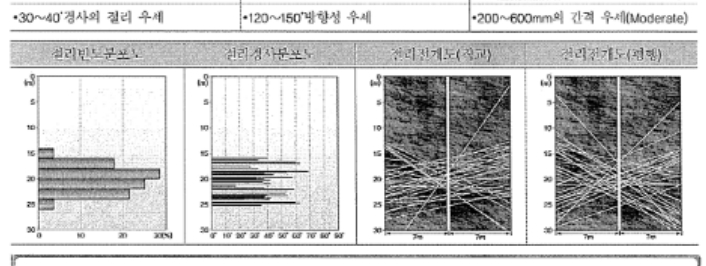
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-3	전체절리	38/145(176.3)	41/193(80.35)	56/313(71.51)	28
	파쇄절리	37/143(119.93)	55/310(55.92)	33/243(173.7)	11
	미세절리	41/193(64.42)	39/148(419.8)	–	17

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세	•120~150°방향성 우세	•200~600mm의 간격 우세(Moderate)

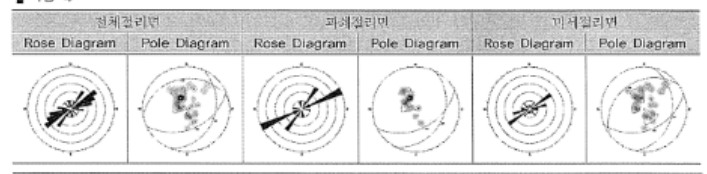
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

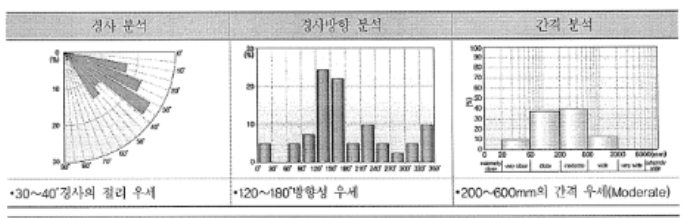
TB-4

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



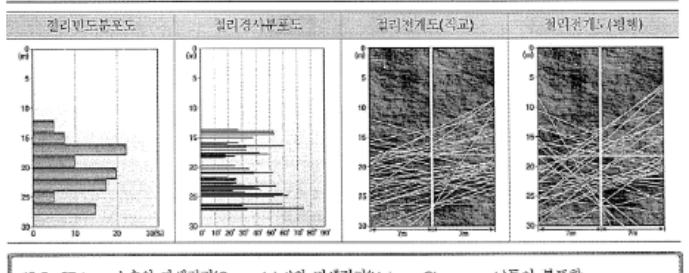
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-4	전체절리	39/156(48.01)	23/111(69.14)	19/349(359.3)	41
	파쇄절리	40/153(50.83)	24/117(52.12)	–	14
	미세절리	37/158(42.76)	23/325(46.83)	23/102(111.7)	27

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세	•120~180°방향성 우세	•200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요	•기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 점착력과 마찰각 산정 → 불연속체 해석물성치 산정시 기초 자료로 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa)		마찰각(°)		JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
			최대	잔류	최대	잔류				
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과	•터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요	•측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_d, K_d)산정 •동포아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

○ 시험결과

TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	927	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,168	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

○ 전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 심도 (GL.-m)	EL.(m)	지표하 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (설계적용 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL.-7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL.-30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요	•시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행 •지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널 구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	붕적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타 구간 (휴게소)	BH-1	4.0	붕적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과	•실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 붕적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨 •함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 다짐 및 CBR시험

개 요	•쌓기재료로 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악 •쌓기재료에 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 쌓기재료 유용성 평가시 활용

○ 실시설계 시험결과

공 번		심 도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m³)	OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m³)	OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널 구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.26	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과	•건조단위중량은 A다짐:17.37~17.45kN/m³, D다짐:17.37~18.40kN/m³로 분석됨 •CBR는 12.0~12.8%(평균 12.4%)의 범위에 해당

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요	•시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정 •지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	압축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

○ 지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	압축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과	•연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19 •경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

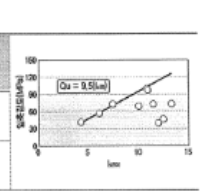
개 요	•암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index Is_{50}값을 산정

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$Is_{(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$Is_{(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널 구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널 구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

○ 지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
$Is_{(50)}$(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3



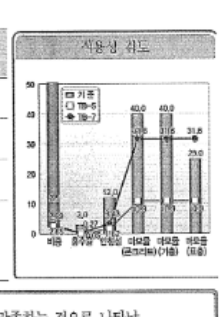
•과업구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.5(Is_{50})의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 본선발생암 유용성 검토

○ 시험결과 및 적용성 검토

시험항목	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

적용성 검토



•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 강매교 원용방향 BR2
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 49.940 + 50.000 + 50.000 + 45.000 = 194.940 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 8.970 m
(6) Girder 제원 : B = 2.000 m H = 2.500 m
(7) 사 각(Skew) : 90.000 °
(8) 곡률반경(R) : 선형중심 = ∞ m (기존교량)
(9) 설 계 속 도 : 100.000 km/h
(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

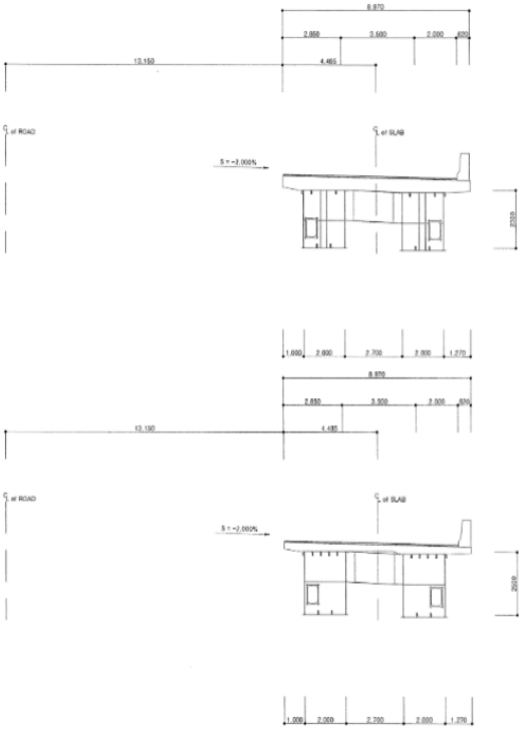
• 사 용 재 료

주 부 재	SM490B(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 슬플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부의 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_{st})	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도설.해 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SW 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

2. 단면가정



1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식 : 역T형 코어
(2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
(3) 교 량 등 급 : 1 등교
(4) 교 대 폭 목 : B = 8.170 M
(5) 교 대 총높이 : H = 6.500 M
(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
(7) SKEW : 90.000 °

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : q1 = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 261.186 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 122.527 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.050

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 7.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 25.247 ° (Φ2 = 15 + √15N)
(4) 기초지반의 점착력 : C = 0.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.303 : TAN(δ : Φ2) : 콘크리트
(6) 지반 개속도 계수 : A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등교 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 26800.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD500) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2006)
(5) 도로설계 요령 (2006)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2005)

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1955.4	822.611	O.K
	허용인발력(kN/EA)	383.077	-	O.K
	휨응력(MPa)	126	93.675	O.K
	전단응력(MPa)	72	11.588	O.K
	수평변위(mm)	15	10.214	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2933.2	807.801	O.K
	허용인발력(kN/EA)	574.616	-21.889	O.K
	휨응력(MPa)	189	97.282	O.K
	전단응력(MPa)	108	14.264	O.K
	수평변위(mm)	15	7.174	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1100	150	221.573	1940.4	53.584	463.002	8.641	O.K
후면저판		1100	100	382.373	2292	97.231	574.61	5.91	O.K
벽체 : H=5.400		2200	100	510.565	1301.2	272.919	693.618	2.541	O.K
돔벽		800	100	919.697	1588.8	162.58	278.868	1.715	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	685.191	1146	93.47	155.342	1.662	O.K
	A(T=620 mm)	620	80	1471.68	2292	198.589	305.759	1.54	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	511.963	1588.8	70.006	214.045	3.058	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	769.845	1588.8	104.896	214.045	2.041	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sg)	비 고
전면저판		18.617	150	125	3384.019	O.K
후면저판		27.753	150	125	2270.048	O.K
벽체 : H=5.400		62.177	150	125	1013.244	O.K
돔벽		110.053	150	125	485.563	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	87.476	150	250	720.195	O.K
	A(T=620 mm)	94.488	150	125	657.365	O.K
	B(T=620 mm)	48.28	150	125	1304.889	O.K
	C(T=620 mm)	73.008	150	125	862.919	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ 로교설계요령 제2판 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.05

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 6
2) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 24.487 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.293 : TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 40 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 31879 MPa
기둥: 31879 MPa
기초: 31879 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
기둥(전단철근 400 MPa
기초(전단철근 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

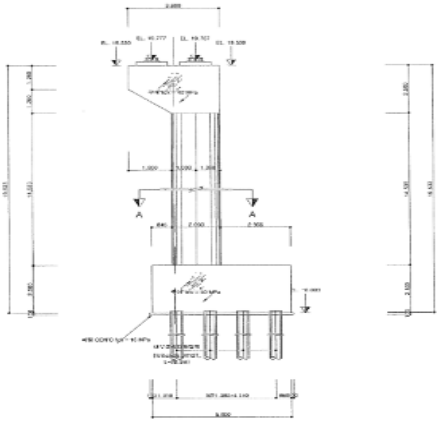
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1557.000	730.378	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1021.298	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	49.413	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	0.430	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.132	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2335.500	1134.626	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1531.947	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	100.925	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	5.788	O.K
		수평변위(mm)	15.000	8.587	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1557.000	1447.471	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1021.298	8.554	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	117.647	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	0.307	O.K
		수평변위(mm)	15.000	3.154	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2335.500	950.554	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1531.947	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	92.842	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	3.287	O.K
		수평변위(mm)	15.000	4.877	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	ΦPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.019	13302.983	71929.224	5.407	O.K
	모멘트최대	0.019	9043.349	82204.828	9.090	O.K
	탄성설계	0.019	6956.422	13407.399	1.927	O.K
	편심최대	0.019	6260.780	82204.828	13.130	O.K
교축직각방향	축력최대	0.019	13302.983	34851.358	2.620	O.K
	모멘트최대	0.019	9043.349	10960.440	1.212	O.K
	탄성설계	0.019	6956.422	102756.034	14.771	O.K
	편심최대	0.019	6260.780	7223.464	1.154	O.K
합성부재력	축력최대	0.019	13302.983	34851.358	2.620	O.K
	모멘트최대	0.019	9043.349	10938.273	1.210	O.K
	탄성설계	0.019	6956.422	13379.439	1.923	O.K
	편심최대	0.019	6260.780	7211.139	1.152	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		강대 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	Φ Mn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내면보	2500.0	100.0	20680.000	21841.600	-	-	2.188	O.K
	좌측내면부	2200.0	100.0	396.508	3250.700	282.981	2319.634	8.197	O.K
	교량받침1	1543.1	100.0	86.512	21841.600	52.734	12681.802	########	O.K
기초	교축방향	2500.0	150.0	11675.254	15879.900	9281.524	12681.085	1.360	O.K
	교직-지점부	2500.0	150.0	3642.364	14354.400	2906.711	11414.219	3.930	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
두부보	좌측내면보	54.945	180.000	129.412	1146.594	O.K
	좌측내면보수평	42.488	180.000	250.000	1482.435	O.K
	교량받침1	19.567	180.000	129.412	3219.707	O.K
기초	교축방향	147.398	180.000	123.404	186.757	O.K
	교직-지점부	51.218	180.000	127.119	1186.303	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
3) 교 좌 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ 로고설계요령 제2판 P366]
3) 고장활하 마찰계수 : fs = 0.05

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 2
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 20.477 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.243 : TAN(¾ · φ2) : 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 40 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 31879 MPa
기둥: 31879 MPa
기초: 31879 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
기둥(전단철근 400 MPa
기초(전단철근 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

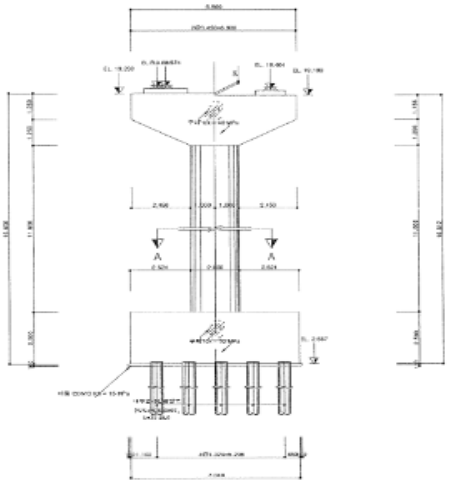
3.5 설 계 방 법

1) 안 전 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1470.500	586.140	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1319.972	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	46.375	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	1.443	O.K
		수평변위(mm)	15.000	3.800	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2205.750	588.727	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1979.957	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	52.202	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	2.651	O.K
		수평변위(mm)	15.000	3.932	O.K
교축직각 방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1470.500	820.067	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1319.972	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	81.011	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	4.624	O.K
		수평변위(mm)	15.000	12.175	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2205.750	483.967	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1979.957	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	51.715	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	3.211	O.K
		수평변위(mm)	15.000	4.764	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.019	11522.382	82204.828	7.134	O.K
	모멘트최대	0.019	7510.173	38556.429	4.868	O.K
	탄성설계	0.019	6006.138	38042.315	5.990	O.K
	편심최대	0.019	5707.731	28003.243	4.959	O.K
교축직각방향	축력최대	0.019	11522.382	56972.676	4.986	O.K
	모멘트최대	0.019	7810.579	10026.596	1.284	O.K
	탄성설계	0.019	6006.138	76320.494	12.703	O.K
	편심최대	0.019	5407.324	6731.801	1.245	O.K
합성부재력	축력최대	0.019	11522.382	54982.730	4.772	O.K
	모멘트최대	0.019	7510.173	9388.932	1.247	O.K
	탄성설계	0.019	6006.138	32759.467	5.453	O.K
	편심최대	0.019	5707.731	6459.332	1.132	O.K
	모멘트최대	0.019	7810.579	9956.479	1.275	O.K
	편심최대	0.019	5407.324	6697.639	1.239	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		길이 (mm)	폭폭 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	φMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내단부	2405.0	100.0	25267.200	26960.800	-	-	1.804	O.K
	우측내단부	2405.0	100.0	25267.200	26960.800	-	-	2.821	O.K
	좌측내단부	2800.0	100.0	97.628	3863.300	89.614	3534.103	39.437	O.K
	우측내단부	2800.0	100.0	97.628	3863.300	89.614	3534.103	39.437	O.K
	교량받침2	1811.2	100.0	140.095	26960.800	79.114	14719.222	186.051	O.K
	교량받침1	1989.8	100.0	1619.844	26960.800	1011.388	16357.342	16.173	O.K
	교량받침3	1717.2	100.0	138.795	26960.800	73.939	13656.916	187.410	O.K
기초	교축방향	2500.0	150.0	9067.847	16330.500	7221.877	12872.390	1.800	O.K
	교직-지점부	2500.0	150.0	6422.191	22838.900	5120.332	18108.184	3.540	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
두부보	좌측내단부	86.102	180.000	133.333	680.096	O.K
	우측내단부	68.553	180.000	133.333	918.996	O.K
	좌측내단부수평	8.830	180.000	218.727	7135.101	O.K
	우측내단부수평	8.830	180.000	218.727	7135.101	O.K
	교량받침2	11.079	180.000	133.333	5686.261	O.K
	교량받침1	14.057	180.000	133.333	4481.756	O.K
	교량받침3	14.792	180.000	133.333	4258.965	O.K
기초	교축방향	157.326	180.000	123.649	149.297	O.K
	교직-지점부	36.545	180.000	127.119	1723.920	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ 도로설계요령 제2권 P396]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.05

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 4
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 22.746 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.271 : TAN(3/4 · φ2) : 흙과 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 40 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 31679 MPa
기둥: 31679 MPa
기초: 31679 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
기둥(전단철근 400 MPa
기초(전단철근 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

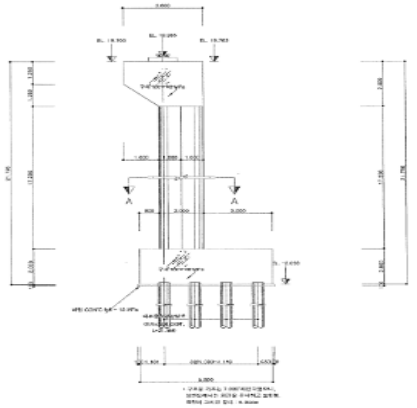
3.5 설 계 방 법

1) 단 면 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1557.000	647.111	O.K
		허용인발력(kN/EA)	800.574	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	45.587	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	0.533	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.859	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2335.500	964.229	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1201.011	-154.521	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	85.128	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	4.352	O.K
		수평변위(mm)	15.000	6.529	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1557.000	812.971	O.K
		허용인발력(kN/EA)	800.574	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	75.477	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	4.068	O.K
		수평변위(mm)	15.000	14.150	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2335.500	488.511	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1201.011	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	52.034	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	2.937	O.K
		수평변위(mm)	15.000	5.757	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.015	5518.302	79280.482	14.367	O.K
	모멘트최대	0.015	4026.884	28706.406	7.149	O.K
	단면설계	0.015	3221.516	8311.319	2.580	O.K
	편심최대	0.015	3080.440	21400.636	6.963	O.K
교축직각방향	축력최대	0.015	5518.302	45121.913	8.177	O.K
	모멘트최대	0.015	4197.970	5329.334	1.273	O.K
	단면설계	0.015	3221.516	9525.207	2.957	O.K
	편심최대	0.015	2899.364	3830.886	1.321	O.K
말뚝부재력	축력최대	0.015	5518.302	44557.436	8.076	O.K
	모멘트최대	0.015	4026.884	5134.506	1.275	O.K
	단면설계	0.015	3221.516	6648.984	2.064	O.K
	편심최대	0.015	3080.440	3718.981	1.215	O.K
	모멘트최대	0.015	4197.970	5282.286	1.261	O.K
	편심최대	0.015	2899.364	3802.593	1.312	O.K

▣ 단면 설계

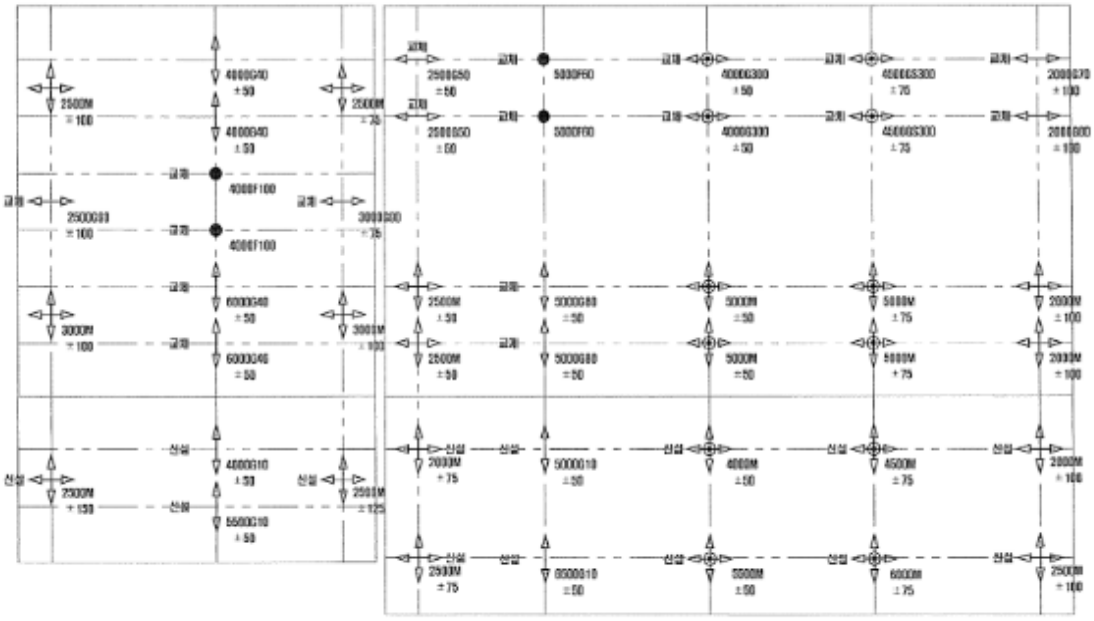
단면위치		강이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	단면도	비 고
두부보	좌측내면보	2500.0	100.0	20690.000	21841.600	-	-	44.097	O.K
	좌측내면부	2200.0	100.0	44.338	3250.700	31.855	2319.634	73.277	O.K
기초	교축방향	2000.0	150.0	5057.581	11443.800	3172.535	7153.757	2.260	O.K
	교직-지점부	2000.0	150.0	13184.440	23814.900	8222.685	14790.522	1.800	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
두부보	좌측내면보	2.882	180.000	129.412	22014.114	O.K
	좌측내면보수평	4.754	180.000	250.000	13252.065	O.K
기초	교축방향	38.573	180.000	125.532	1533.272	O.K
	교직-지점부	150.092	180.000	127.660	189.926	O.K

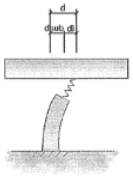
5. 내진 해석결과

5.1 받침 배치도



5.6 변위해석결과

* 지진시에 상부구조와 교대 혹은 인접하는 상부구조간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지하기 설계시 고려된 내진성능이 충분히 발휘할 수 있도록 하기 위하여 상부구조의 단부에는 여유간격을 설치하여야 한다.
* 상부구조의 여유간격은 다음 식에 의한 값보다 작아서는 안된다.
「도로교설계기준,6.4.8」



$\Delta l_t = d + \Delta ls + \Delta lc + 0.4\Delta lt$

여기서, Δl_t : 상부구조의 여유간격

d : 지반에 대한 상부구조의 총변위 ($d_l + d_{sub}$)

Δl_s : 콘크리트 건조수축에 의한 이동량

Δl_c : 콘크리트 크리프에 의한 이동량

Δl_t : 온도변화에 의한 이동량

① 상부구조 총변위

교 각	점 검 No.	상부변위 (mm) 교축방향 해석시	상부변위 (mm) 교축직각방향 해석시	비고
P35	41	261.2	241.3	
P2	51	187.6	32.2	
A2	61	58.4	2.5	

* 여유간격 산정
- 지진시 상부가 교대의 흉벽에 충돌하는 경우 건조수축과 크리프의 변위는 충돌하려는 변위와 반대방향으로 거동하기 때문에 건조수축과 크리프의 변위량은 상부구조의 여유간격 감소 요인으로 작용하므로 받침의 이동량 및 신축유간보다 상부구조의 여유간격을 크게 확보하기 위해서는 건조수축 및 크리프에 의한 이동은 완료된 것으로 보고 상부구조의 여유간격을 산정한다.

② 교각 35 여유간격

d = 261.2 mm
Δl_s = 0.0 mm
Δl_c = 0.0 mm
L = 45.0 m
Δl_t = 0.4×L = ±18 mm
∴ d_l = 261.2 + 0.4 × 18.0 = 268.41 mm
따라서 교각 35의 여유간격은 268.5mm 이상 확보해야 함.

③ 교각 2 여유간격

d = 187.6 mm
Δl_s = 0.0 mm
Δl_c = 0.0 mm
L = 50.0 m
Δl_t = 0.4×L = ±20 mm
∴ d_l = 187.6 + 0.4 × 40.0 = 203.63 mm
따라서 교대2의 여유간격은 203.7mm 이상 확보해야 함.

④ 교대2 여유간격

d = 58.4 mm
Δl_s = 0.0 mm
Δl_c = 0.0 mm
L = 145.0 m
Δl_t = 0.4×L = ±58 mm
∴ d_l = 58.4 + 0.4 × 116.0 = 104.82 mm
따라서 교대2의 여유간격은 104.9mm 이상 확보해야 함.

1.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 1.2.1】 강매교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	상태 양호	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	상태 양호	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	상태 양호	양호

1.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

1.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

1.2.5 시설물 보수 이력

【표 1.2.2】 강매교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

1.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 1.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y		
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

1.3 현장조사

1.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

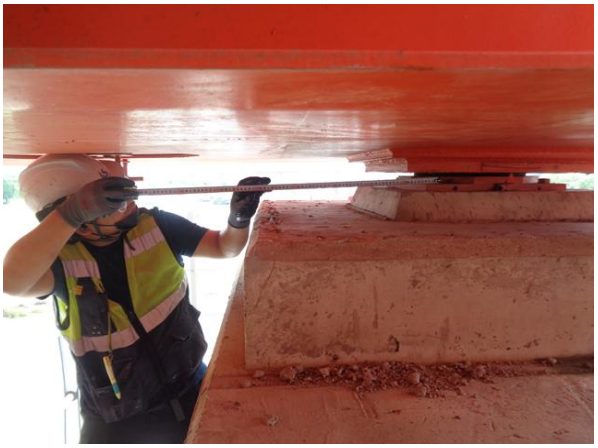
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S6	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



제원조사



비파괴시험

【사진 1.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

1.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 강매교는 총 6경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=290.0m 폭 8.0m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보, 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경



바닥판 하면 전경

【사진 1.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과, 바닥판의 안전성에 영향을 미칠만한 구조적인 손상은 조사되지 않았으나, 폭 0.3㎜미만의 균열 및 망상균열, 박리 등의 손상이 조사되었다.

【표 1.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		박리 (㎡/개소)	
S1	2.00	2	-	-	-	-
S2	2.00	2	-	-	0.12	3
S3	1.00	1	100.00	10	-	-
S4	-	-	100.00	10	-	-
S5	-	-	100.00	10	-	-
S6	2.00	2	55.00	6	-	-
합계	7.00	7	355.00	36	0.12	3

	
S1 켄틸레버부 균열(0.2㎜/1.0m×2EA)	S1 켄틸레버부 균열(0.2㎜/1.0m×2EA)
	
S2 박리(0.5m×2.0m×3EA)	S1 켄틸레버부 균열(0.2㎜/1.0m)
	
S3 망상균열(2.0m×5.0m×10EA)	S3 망상균열(2.0m×5.0m×10EA)

【사진 1.3.3】 바닥판하면 손상현황

	
S4 망상균열(2.0m×5.0m×10EA)	S5 망상균열(2.0m×5.0m×10EA)
	
S6 균열(0.2㎜/2.0m)	S6 망상균열(2.0m×5.0m×5EA)

【사진 1.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면은 초기 건조수축에 의한 폭 0.2㎜ 미만의 균열 및 망상균열이 조사되었고, 시공시 다짐미흡 등에 의한 박리가 일부 조사되었다. 손상부는 초기 손상으로 추정되면 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 보수가 필요할 것으로 사료된다. 또한 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인, 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Box 거더는 2열로 시공되었으며, 도보 및 고소작업차를 이용하여 현장조사를 실시하였다



거더외부 전경



거더내부 전경

【사진 1.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 거더 내, 외부의 경우 국부적인 도장손상(박리, 긁힘)이 확인되었다.

【표 1.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		도장손상(박리,긁힘)(㎡/개소)	
거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	0.02	1
	S5	-	-
	S6	0.03	1
합계		0.05	2

【표 1.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		도장손상(박리)(㎡/개소)	
거더 내부	S1	-	-
	S2	0.01	1
	S3	-	-
	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
합계		0.01	1

	
S4-G3 도장손상(0.1m×0.2m)	S6-G4 도장손상(0.1m×0.3m)
	-
S2-G4 도장손상(0.1m×0.1m)	-

【사진 1.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부에 발생한 도장손상은 시공 초기 외부 충격에 의한 긁힘, 시공시 전처리 미흡에 의한 박리로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었다, 손상부는 강우시 부재의 부식 등의 진전을 유발 할 수 있으므로 재도장 등의 유지관리가 필요하다.
- 거더내부에 발생한 도장손상은 시공 초기 외부 충격에 의한 긁힘에 의한 박리로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었다, 손상부는 장기 공용시 부식 등의 진전을 유발 할 수 있으므로 재도장 등의 유지관리가 필요하다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 강재로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경



세로보 전경

【사진 1.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 1.3.4】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
세로보 상태양호	세로보 상태양호

【사진 1.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 강매교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A2)



교대 전경(A2)

【사진 1.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A2에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜ 미만 균열이 조사되었다.

【표 1.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
A2	1.00	1
합계	1.00	1

	
A2 균열(폭 0.2㎜/1.0m)	A2 균열(폭 0.2㎜/1.0m)

【사진 1.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 0.2㎜균열이 조사 되었고, 균열의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 강매교의 교각은 T형으로, 복합말뚝기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
교각 전경	교각 전경

【사진 1.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 기 손상인 폭 0.3㎜미만 망상균열, 폐 콘크리트 퇴적이 조사되었다.

【표 1.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		폐콘크리트 퇴적 (㎡/개소)	
P35	-	-	-	-
P1	5.00	1	-	-
P2	-	-	6.00	1
P3	-	-	-	-
P4	-	-	-	-
P5	2.00	1	-	-
합계	7.00	2	6.00	1

	
P1 코핑부 망상균열(5.0m×1.0m)	P2 코핑부 상면 폐코크리트 적치
	-
P5 코핑부 망상균열(2.0m×1.0m)	-

【사진 1.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

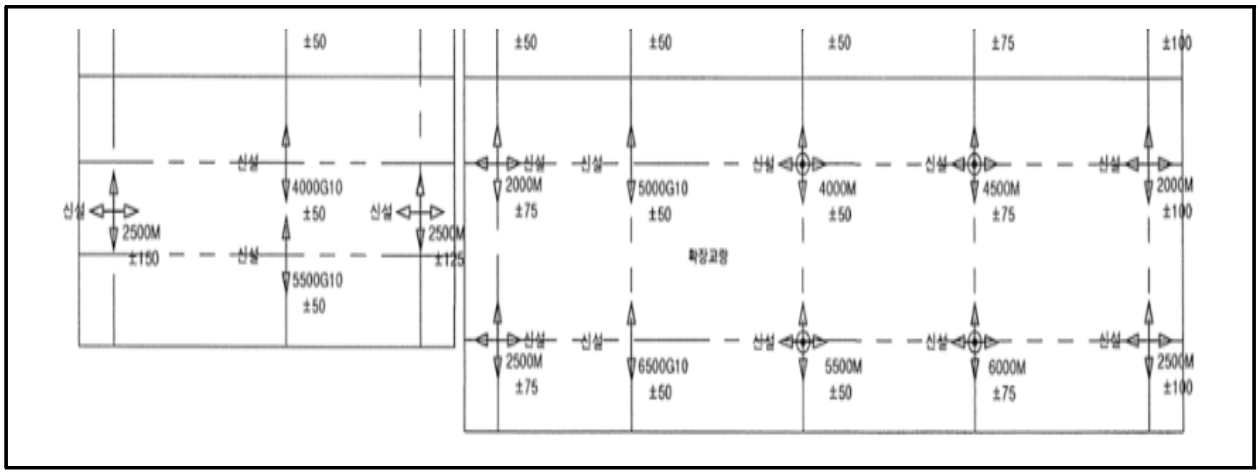
4) 검토의견

■ 교각 코핑부에 발생한 망상균열은 폭 0.3㎜미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 폐콘크리트 적치의 경우, 시공시 발생한 손상으로 청소 등의 정비가 요구된다. 교각은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인, 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 강매교의 받침은 포트받침으로 총 14기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 1.3.1】 교량받침 배치도



포트받침(일방향) 전경



포트받침(양방향) 전경

【사진 1.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 받침콘크리트 파손이 3개소 조사되었다.

【표 1.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침콘크리트 파손 (m/개소)	
P35	0.06	2
P1	0.03	1
P2	-	-
P3	-	-
P4	-	-
P5	-	-
A2	-	-
합계	0.09	2

	
P35-Sh1 받침콘크리트 파손(0.1m×0.3m×2EA)	P35-Sh1 받침콘크리트 파손(0.1m×0.3m×2EA)
	-
P1-Sh1 받침콘크리트 파손(0.1m×0.3m)	-

【사진 1.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

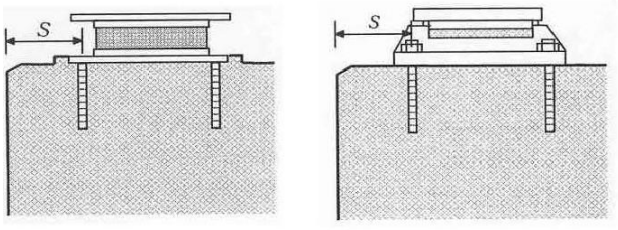
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 받침본체에서 발생된 받침콘크리트 파손의 경우, 시공시 외부충격 및 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 파손으로 추정되며 공사중에 발생한 손상으로 하자보수 등의 유지관리가 필요하며, 받침의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 1.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 1.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : 200+5×45.0 = 425(㎜)
- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450(㎜)

【표 1.3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)			검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	
P35		425	820			O.K
P1	A1측	450	820	820		O.K
	A2측	450	820	820		O.K
P2	A1측	450	540			O.K
	A2측	450		540	540	O.K
P3	A1측	450	955	955		O.K
	A2측	450	955	955		O.K
P4	A1측	450	855	855		O.K
	A2측	450	855	855		O.K
P5	A1측	450	875	875		O.K
	A2측	450	875	875		O.K
A2		425	480	480		O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 1.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 1.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
P35	29.4	30.6	0.000012	44.8	15.8	16.5	
P1	고정단						
P2	29.4	30.6	0.000012	50.0	17.6	18.4	
P3	고정단						
P4	29.4	30.6	0.000012	50.0	17.6	18.4	
P5	29.4	30.6	0.000012	100.0	35.3	36.7	
A2	29.4	30.6	0.000012	144.8	51.1	53.2	
1) 조사당시 온도 : 18.9℃(조사일 : 2021년 10월 08일, 평균온도, 상주) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(보통지방)							

【표 1.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P35	SH1	30	180	120	15.8	16.5	±150	O.K
P1	고정단							
P2(P35측)	SH1	0	125	125	17.6	18.4	±125	O.K
P2(A2측)	SH2	0	125	125	17.6	18.4	±50	O.K
	SH3	5	55	45			±50	O.K
P3	고정단							
P4	SH1	10	60	40	17.6	18.4	±50	O.K
	SH2	10	60	40			±50	O.K
P5	SH1	0	75	75	35.3	36.7	±75	O.K
	SH2	0	75	75			±75	O.K
A2	SH1	20	120	80	51.1	53.2	±100	O.K
	SH2	20	120	80			±100	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

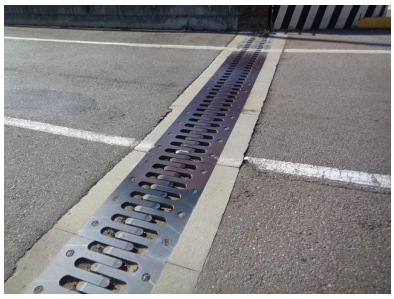
② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

■ 본 교량의 신축이음장치는 P35, P2, A2에 강핑거조인트로 시공된 상태이다.

		
EXP.J1(P35) 전경	EXP.J2(P2) 전경	EXP.J3(A2) 전경

【사진 1.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

■ 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3㎜미만), 본체 이물질퇴적, 신축이음 하부 누수 등의 손상이 조사되었다. P35 신축이음의 경우 인천국제공항 고속도로 관리 구간으로 본 과업에서 해당사항 없음으로 확인되었다.

【표 1.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	이물질퇴적 (m/개소)		후타재 균열 (m/개소)		하부 누수 (m/개소)		여유량 부족 (개소/개소)	
P35 (EXP J1)	-	-	-	-	-	-	-	-
P2 (EXP J2)	-	-	-	-	-	-	-	-
A2 (EXP J3)	3.00	1	3.00	10	1.00	1	1.00	1
합계	6.00	2	3.00	10	1.00	1	1.00	1

	
A2 후타재 균열(0.2㎜/0.3m×10EA)	A2 본체 이물질퇴적
	
A2 하부 누수	A2 하부 누수

【사진 1.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 망상균열, 박락의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상으로 시급한 보수 보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갓길측 체수 등에 의한 본체 부식 등의 손상이 발생하였고, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 18. 기온 적용: 9.4℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−9.4℃ = 30.6℃
△T(수축시) : −20.0℃−(9.4℃) = 29.4℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 1.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 1.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
P2	29.4	30.6	0.000012	99.9	35.2	36.7	83.0	150.0	125.0	
A2	29.4	30.6	0.000012	144.4	50.9	53.0	90.0	120.0	180.0	
1) 조사당시 온도 : 9.4℃(조사일 : 2022년 10월 18일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 1.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
P2	신축이음	35.2	36.7	83.0	120	1.8	46.3	O.K
	바닥판			150.0	-	-	113.3	O.K
	거더			125.0	-	-	88.3	O.K
A2	신축이음	50.9	53.0	90.0	120	-20.9	37.0	N.G
	바닥판			120.0	-	-	67.0	O.K
	거더			180.0	-	-	127.0	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A2 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 강매교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

【사진 1.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 주행에 영향을 줄만한 손상은 조사되지 않았고, 일부 구간에서 라벨링이 확인되었다.

【표 1.3.14】 교면포장 현장조사 결과

구분	라벨링 (㎡/개소)	
S1	45.00	1
S2	50.00	1
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
합계	95.00	2

	
S1 라벨링(1.0m×45.0m)	S2 라벨링(1.0m×50.0m)

【사진 1.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장은 중차량 통행 및 공용중 열화에 의한 라벨링이 확인 되었고, 손상은 현재 미미한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 재포장 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 강매교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



배수구 전경



배수관 전경

【사진 1.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 1.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
합계	-	-

	
배수관 상태 양호	배수관 상태 양호
	
배수구 상태 양호	배수구 상태 양호

【사진 1.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

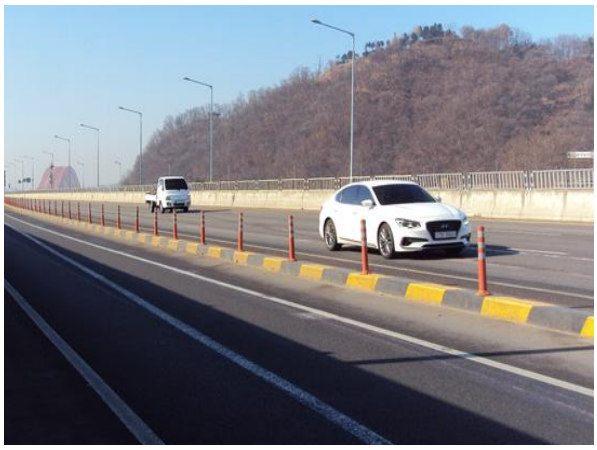
차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽 전경



중분대 전경

【사진 1.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜내, 외 균열, 국부적인 파손이 확인되었다.

【표 1.3.16】 난간 및 연석 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)		파손 (㎡/개소)	
S1	10.00	6	-	-	-	-
S2	7.80	3	0.90	2	-	-
S3	2.90	2	1.10	1	-	-
S4	0.50	1	-	-	0.30	1
S5	4.60	5	-	-	-	-
S6	9.60	8	1.20	1	-	-
합계	35.40	25	3.20	4	0.30	1

	
S1 방호벽 균열(0.2㎜/0.4m×5EA)	S1 방호벽 균열(0.2㎜/0.8m)
	
S2 방호벽 균열부(0.2㎜/7.0m)	S2 방호벽 균열부(0.3㎜/0.5m)
	
S3 방호벽 균열부(0.2㎜/2.5m)	S3 방호벽 균열부(0.3㎜/1.1m)

【사진 1.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

	
S4 방호벽 균열(0.2㎜/0.5m)	S5 방호벽 균열(0.2㎜/1.2m)
	
S6 방호벽 균열(0.3㎜/1.2m)	S4 파손(1.0m×0.3m)

【사진 1.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열은 초기 건조수축, 거푸집 조기탈영 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면보수, 주입보수가 필요하며, S4에 발생한 파손의 경우, 외부 충격에 의한 손상으로 단면보수가 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 강매교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P35, P1~5에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

【사진 1.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 점검로 파손이 1개소 확인되었다.

【표 1.3.17】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	점검로 파손 (개소/개소)	
P35	-	-
P1	-	-
P2	1.00	1
P3	-	-
P4	-	-
P5	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	-
P4 점검로 파손(1EA)	-

【사진 1.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 일부 구간에서 점검로 파손이 확인되었고, 작업자의 안전 확보 차원의 보수 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

1.3.3 현장조사 총괄표

【표 1.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	7.00	7	
		망상균열	㎡	355.00	36	
		박리	㎡	0.12	3	
거더	외부	도장박리, 긁힘	㎡	0.05	2	
	내부	도장박리	㎡	0.01	1	
가로보		상대양호	-	-	-	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	1.00	1	
교각		망상균열	㎡	7.00	2	
		폐콘크리트퇴적	㎡	6.00	1	
교량받침		파손	㎡	0.09	2	
신축이음		이물질퇴적	m	6.00	2	
		후타재균열	m	3.00	10	
		하부누수	m	1.00	1	
		여유량 부족	EA	1.00	1	
교면포장		라벨링	㎡	95.00	2	
배수시설		상태양호	-	-	-	
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	35.40	25	
		균열(0.3㎜이상)	m	3.20	4	
		파손	㎡	0.30	1	
점검시설		점검로 파손	EA	1.00	1	

1.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

1.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

1.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 1.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	6	6	6	6	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	2	4	

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



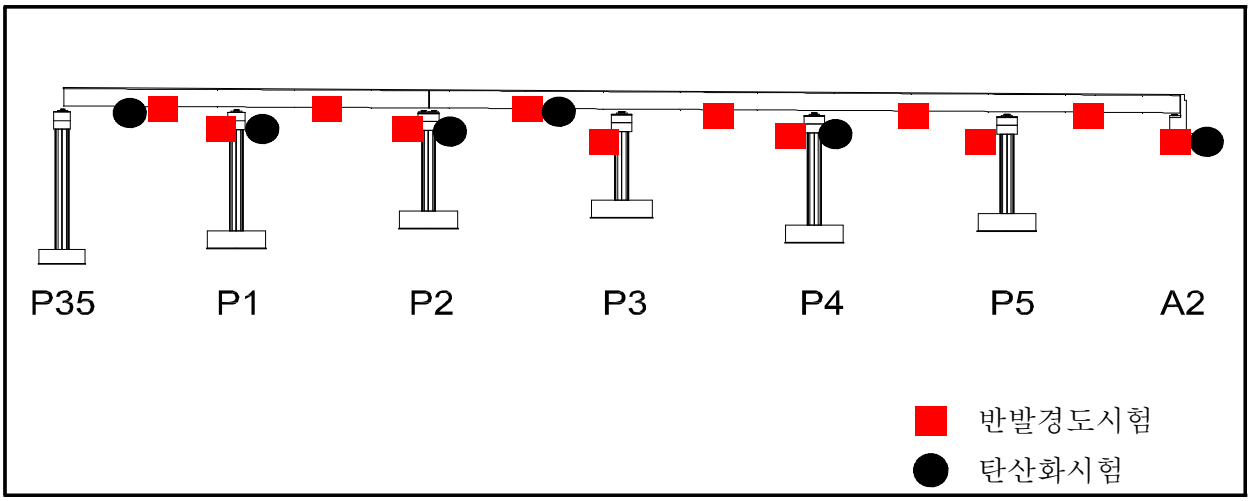
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 1.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 1.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

1.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 12개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 1.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	45.9	27.0	28.6	0.67	27.0	
	S2	바닥판	46.4	27.4	28.8			
	S3	바닥판	46.0	27.1	28.6			
	S4	바닥판	46.3	27.3	28.8			
	S5	바닥판	46.4	27.4	28.8			
	S6	바닥판	47.9	28.7	29.5			

【표 1.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A2	교대	43.8	25.2	27.6	0.67	24.0	

【표 1.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
하부구조	P1	교각	48.0	40.5	48.1	0.67	40.0	
	P2	교각	49.3	41.7	50.0			
	P3	교각	49.1	41.6	49.8			
	P4	교각	48.5	40.9	48.8			
	P5	교각	49.4	41.8	50.2			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~29.5㎫, 하부구조(교대) 25.2~27.6㎫, 하부구조(교각) 40.5~50.2㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 1.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.0~29.5	27.0	100.0~109.3
하부구조	교대	25.2~27.6	24.0	105.0~115.0
	교각	40.5~50.2	40.0	101.3~125.5

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 1.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
	S3 바닥판	3.0	40.0	37.0	2.12	100년이상	a
하부구조	A2 흉벽	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	P1 코핑부	1.0	100.0	99.0	0.71	100년이상	a
	P2 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	P4 코핑부	1.0	100.0	99.0	0.71	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 1.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	2.0~3.0	37.0~38.0	
하부구조	1.0~3.0	97.0~99.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 1.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~29.5	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.2~27.6	24.0	
		교각	40.5~50.2	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0~38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~99.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

1.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

1.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급'으로 산정되었다.

【표 1.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	b	a	a	b	a	b	a	b	a	q	a	–
S2	P1	STB	b	b	a	b	a	b	–	b	b	q	–	a
S3	P2	STB	b	a	a	a	a	b	a	a	a	q	a	a
S4	P3	STB	b	b	a	a	a	b	–	a	a	q	–	–
S5	P4	STB	b	a	a	a	a	b	–	a	a	q	–	a
S6	P5	STB	b	b	a	a	a	b	–	a	b	q	–	–
	A2								b	a	b	q	–	a
평균			0.200	0.150	0.100	0.133	0.100	0.200	0.133	0.129	0.143	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.030	0.005	0.009	0.003	0.004	0.012	0.012	0.029	–	0.004	0.003
													0.146	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.146) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 1.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
강매교	0.146	B	290.0	1	290.0	1.000	0.146
합계(∑)			290.0	1	290.0	1	0.146
1. 평가지수 =							0.146
2. 상태평가결과 =							B

1.5.2 기 점검 결과와의 비교

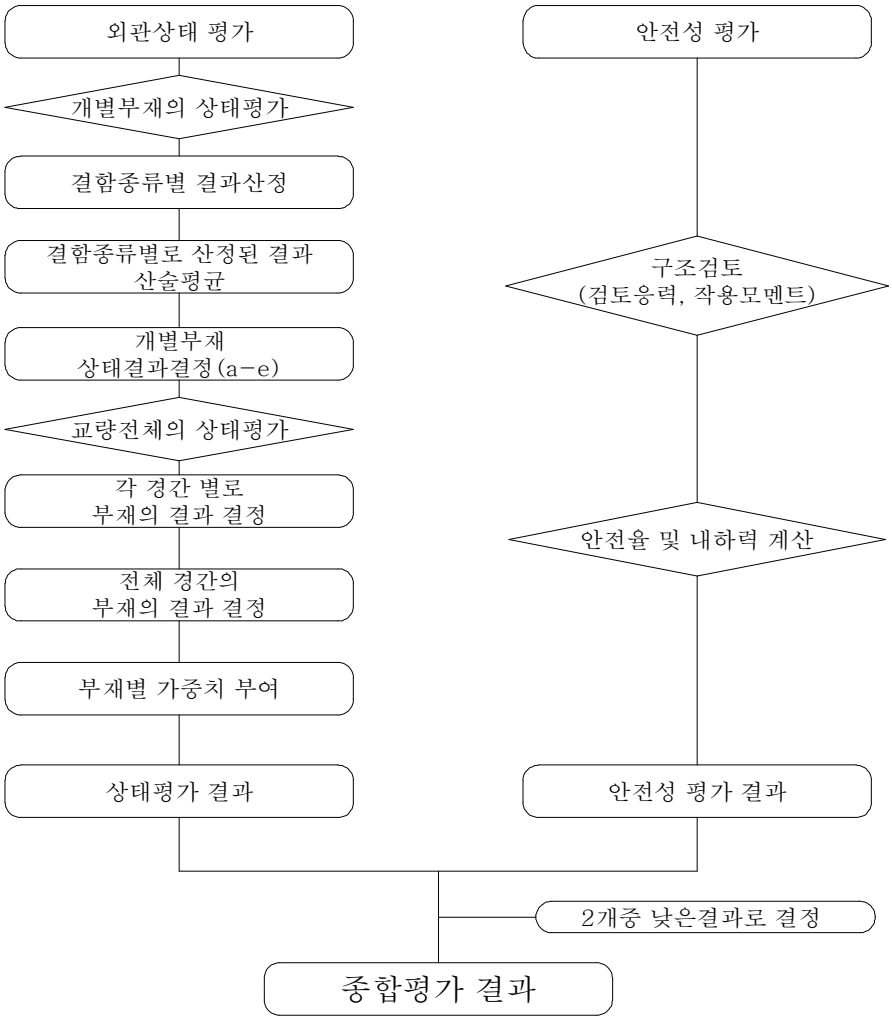
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

1.6 종합평가 및 안전등급 지정

1.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 1.6.1】종합평가 결과 산정절차

1.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 1.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
강매교	0.146	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

1.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 1.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

1.7 보수·보강 및 유지관리방안

1.7.1 보수·보강 방안

【표 1.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	7.00	7	표면처리	하자
		망상균열	㎡	355.00	36	표면처리	하자
		박리	㎡	0.12	3	단면보수	하자
거더	외부	도장박리, 긁힘	㎡	0.05	2	재도장	하자
	내부	도장박리	㎡	0.01	1	재도장	하자
가로보		상대양호	-	-	-	-	-
교대		균열(0.3㎜미만)	m	1.00	1	표면처리	하자
교각		망상균열	㎡	7.00	2	표면처리	하자
		폐콘크리트퇴적	㎡	6.00	1	정비	하자
교량받침		파손	㎡	0.09	2	단면보수	하자
신축이음		이물질퇴적	m	6.00	2	청소	3순위
		후타재균열	m	3.00	10	표면처리	하자
		하부누수	m	1.00	1	교체	하자
		여유량 부족	EA	1.00	1	교체	하자
교면포장		라벨링	㎡	95.00	2	재포장	하자
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	35.40	25	표면처리	하자
		균열(0.3㎜이상)	m	3.20	4	주입보수	하자
		파손	㎡	0.30	1	단면보수	하자
점검시설		점검로 파손	EA	1.00	1	정비	하자

1.7.2 개략공사비

【표 1.7.2】 개략공사비

구 분		손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면		균열(0.3㎜미만)	표면처리	7.00	2.63	m	-	-	하자
		망상균열	표면처리	355.00	532.50	㎡	-	-	하자
		박리	단면보수	0.12	0.18	㎡	-	-	하자
거더	외부	도장박리, 긁힘	재도장	0.05	0.08	㎡	-	-	하자
	내부	도장박리	재도장	0.01	0.02	㎡	-	-	하자
교대		균열(0.3㎜미만)	표면처리	1.00	0.38	m	-	-	하자
교각		망상균열	표면처리	7.00	10.50	㎡	-	-	하자
		폐콘크리트퇴적	정비	6.00	9.00	㎡	-	-	하자
교량받침		파손	단면보수	0.09	0.14	㎡	-	-	하자
신축이음		이물질퇴적	청소	6.00	9.00	m	30	270	3순위
		후타재균열	표면처리	3.00	4.50	m	-	-	하자
		하부누수	교체	1.00	1.50	m	-	-	하자
		여유량 부족	교체	1.00	1.00	EA	-	-	하자
교면포장		라벨링	재포장	95.00	142.50	㎡	-	-	하자
방호벽		균열(0.3㎜미만)	표면처리	35.40	13.27	m	-	-	하자
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	3.20	4.80	m	-	-	하자
		파손	단면보수	0.30	0.45	㎡	-	-	하자
점검시설		점검로 파손	정비	1.00	1.00	EA	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	270
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	135
	합계	-	-	405
개략공사비 총계(천원)		405		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

1.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 1.7.3】 중점유지관리 항목

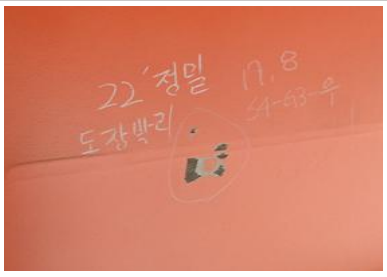
부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

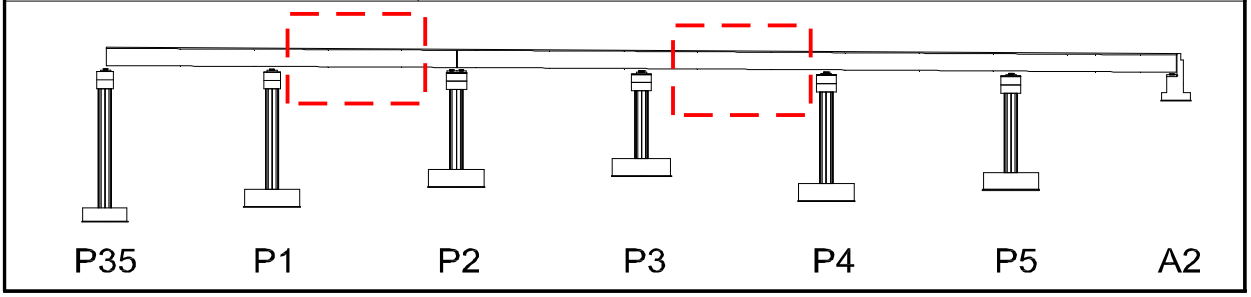


① 바닥판 박리 – 진전 여부확인





② 거더외부 도장박리 - 부식 등의 진전 여부확인



1.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매로 7(강매동)에 위치한 교량으로 총 연장 290.0m, 폭 8.0m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

1.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면은 초기 건조수축에 의한 폭 0.2㎜ 미만의 균열 및 망상균열이 조사되었고, 시공시 다짐미흡 등에 의한 박리가 일부 조사되었다. 손상부는 초기 손상으로 추정되면 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 보수가 필요할 것으로 사료된다. 또한 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인, 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부에 발생한 도장손상은 시공 초기 외부 충격에 의한 긁힘, 시공시 전처리 미흡에 의한 박리로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었다, 손상부는 강우시 부재의 부식 등의 진전을 유발 할 수 있으므로 재도장 등의 유지관리가 필요하다.
- 거더내부에 발생한 도장손상은 시공 초기 외부 충격에 의한 긁힘에 의한 박리로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었다, 손상부는 장기 공용시 부식 등의 진전을 유발 할 수 있으므로 재도장 등의 유지관리가 필요하다.

3) 가로보

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 0.2㎜균열이 조사 되었고, 균열의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교각

■ 교각 코핑부에 발생한 망상균열은 폭 0.3㎜미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 폐콘크리트 적치의 경우, 시공시 발생한 손상으로 청소 등의 정비가 요구된다. 교각은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인, 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

6) 교량받침

■ 받침본체에서 발생된 받침콘크리트 파손의 경우, 시공시 외부충격 및 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 파손으로 추정되며 공사중에 발생한 손상으로 하자보수 등의 유지관리가 필요하며, 받침의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

■ 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 망상균열, 박락의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상으로 시급한 보수 보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갓길측 체수 등에 의한 본체 부식 등의 손상이 발생하였고, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A2 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

8) 교면포장

■ 교면포장은 중차량 통행 및 공용중 열화에 의한 라벨링이 확인 되었고, 손상은 현재 미미한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 재포장 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

9) 배수시설

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

■ 방호벽에 발생한 균열은 초기 건조수축, 거푸집 조기탈영 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면보수, 주입보수가 필요하며, S4에 발생한 파손의 경우, 외부 충격에 의한 손상으로 단면보수가 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 일부 구간에서 점검로 파손이 확인되었고, 작업자의 안전 확보 차원의 보수 등의 유지관리가 요구된다.

12) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~29.5㎫, 하부구조(교대) 25.2~27.6㎫, 하부구조(교각) 40.5~50.2㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 강매교의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 강매교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

1.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

1.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

2. 행주산성JCT R-B교

2.1 시설물 개요
2.2 자료수집 및 분석
2.3 현장조사
2.4 콘크리트 내구성조사
2.5 상태평가
2.6 종합평가 및 안전등급 지정
2.7 보수·보강 및 유지관리 방안
2.8 종합결론

2. 행주산성JCT R-B교

2.1 시설물의 개요

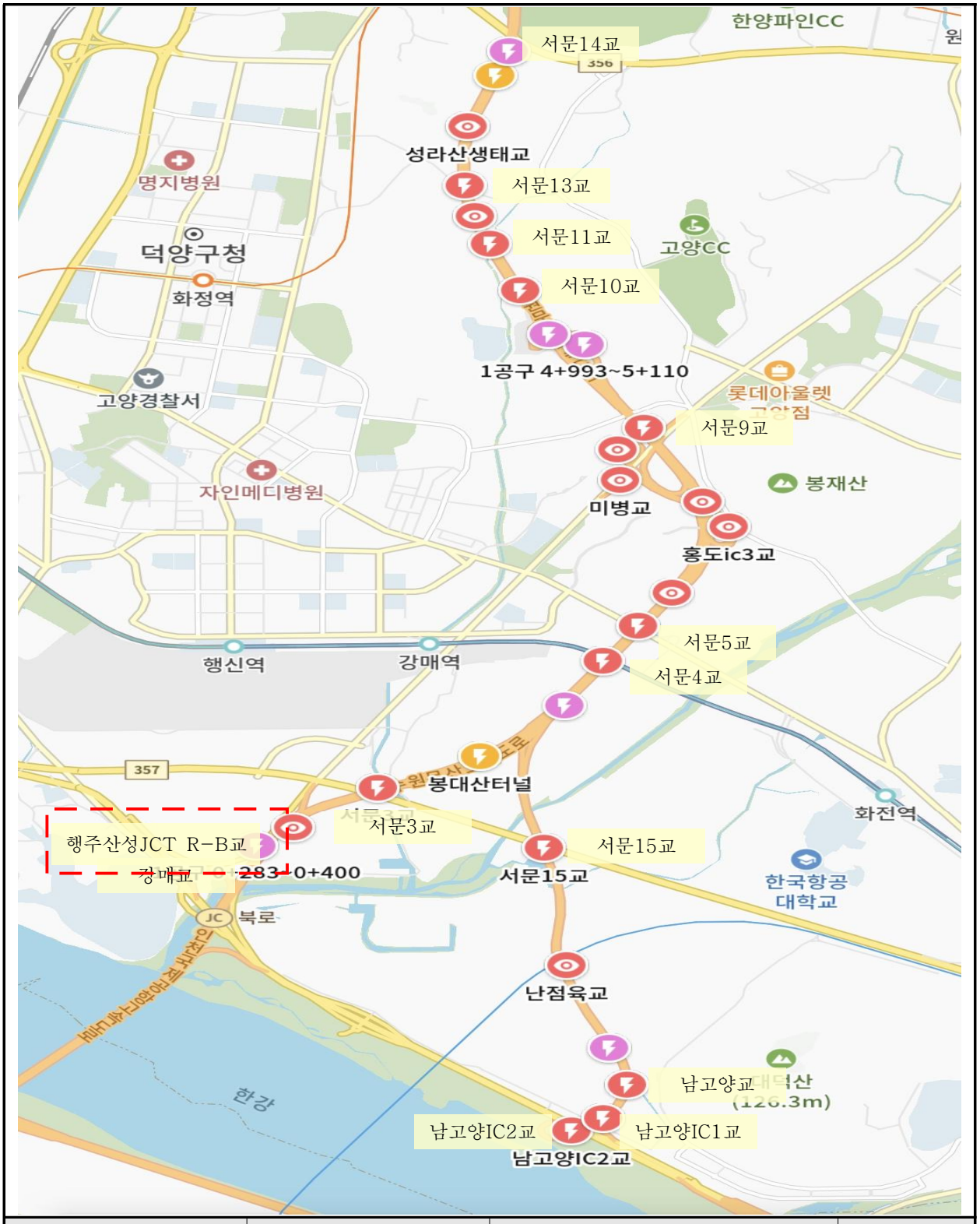
본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 행주로 54-90(강매동)에 위치한 교량으로 총 연장 110.0m, 폭 5.0m로 시공되어 있다.

2.1.1 일반사항

【표 2.1.1】 행주산성JCT R-B교 일반사항

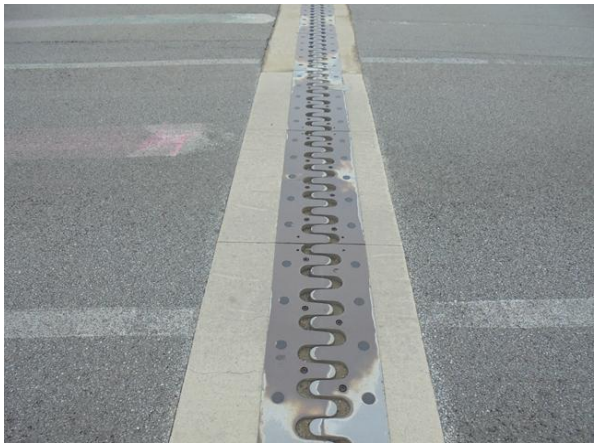
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000235</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td>경기도 고양시 덕양구 행주로 54-90 (강매동)</td><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td></tr>
<tr><td colspan="2">시점이정</td><td>-</td><td colspan="2">노 선 명</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=110.0m (35+40+35=110.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=5.0m, 1차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조 형식</td><td>상부</td><td>Steel Box</td><td rowspan="2">기초 형식</td><td>교 대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: T형</td><td>교 각</td><td>복합말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>-</td><td colspan="2">통과높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td>-</td><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td></tr>
<tr><td colspan="2">시 공 자</td><td>지에스건설㈜</td><td colspan="2">관리주체</td><td>㈜다산컨설턴트</td></tr>
<tr><td colspan="2">감 리 자</td><td>㈜동일기술공사</td><td colspan="2">관리주체</td><td>서울문산고속도로주식회사</td></tr>
<tr><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">측면 전경</td><td colspan="3">상부 전경</td></tr>
</table>

2.1.2 위치도 및 전경사진



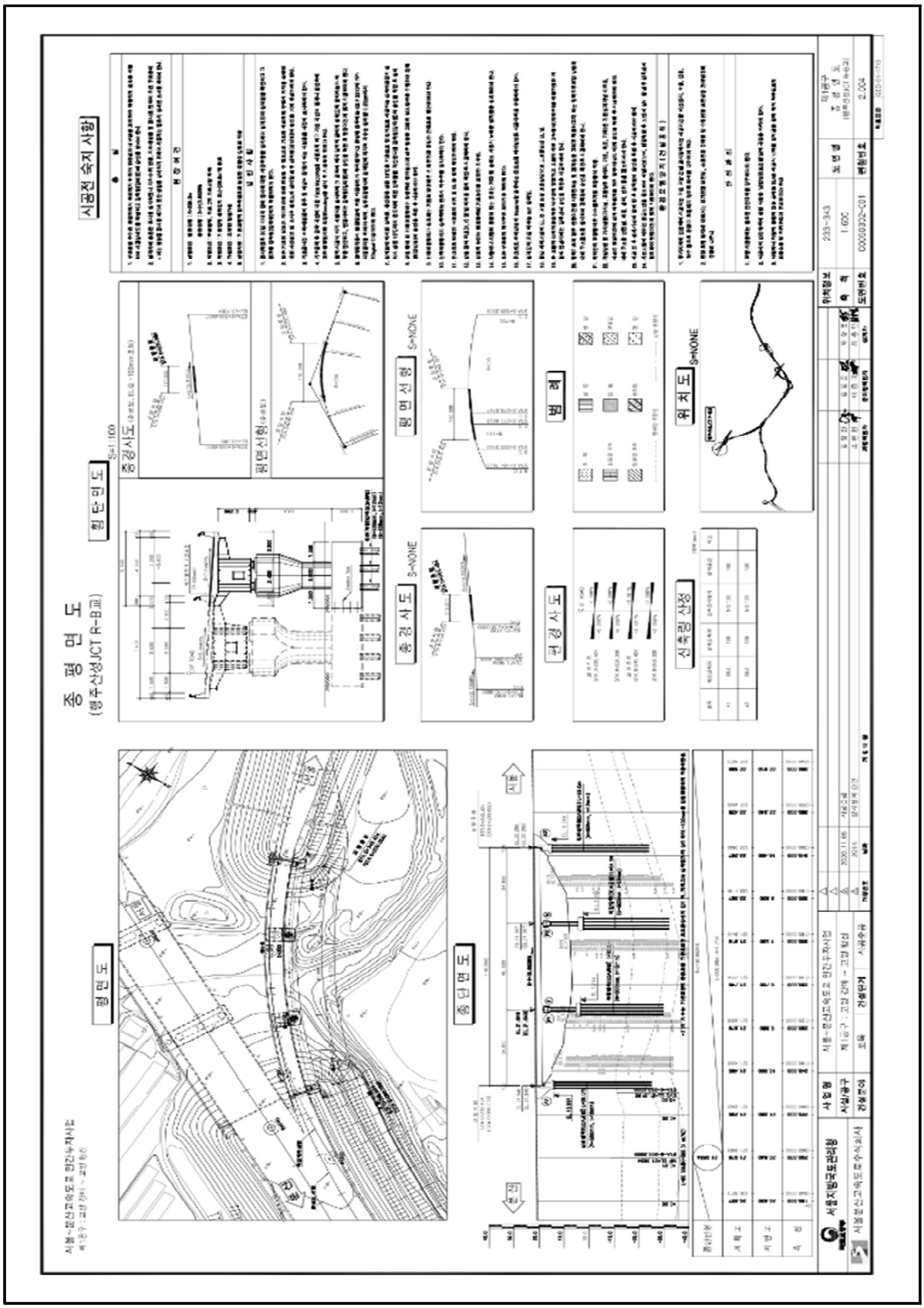
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S3	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 2.1.1】 위치도

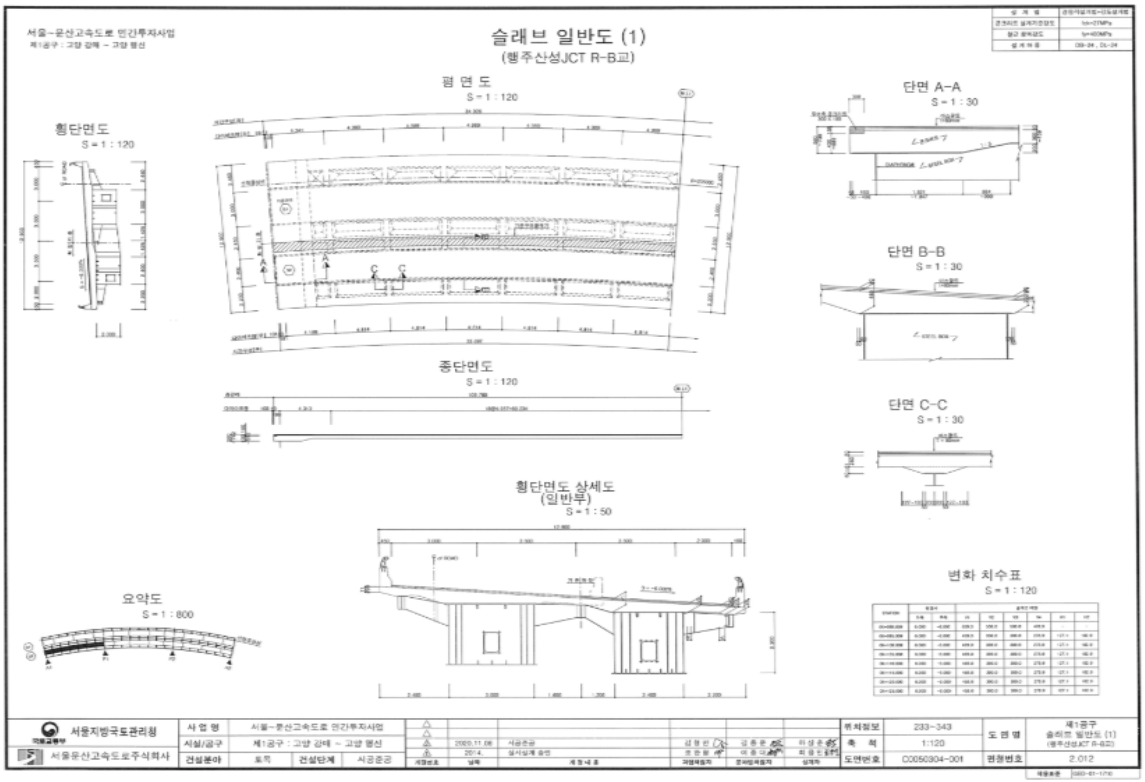
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

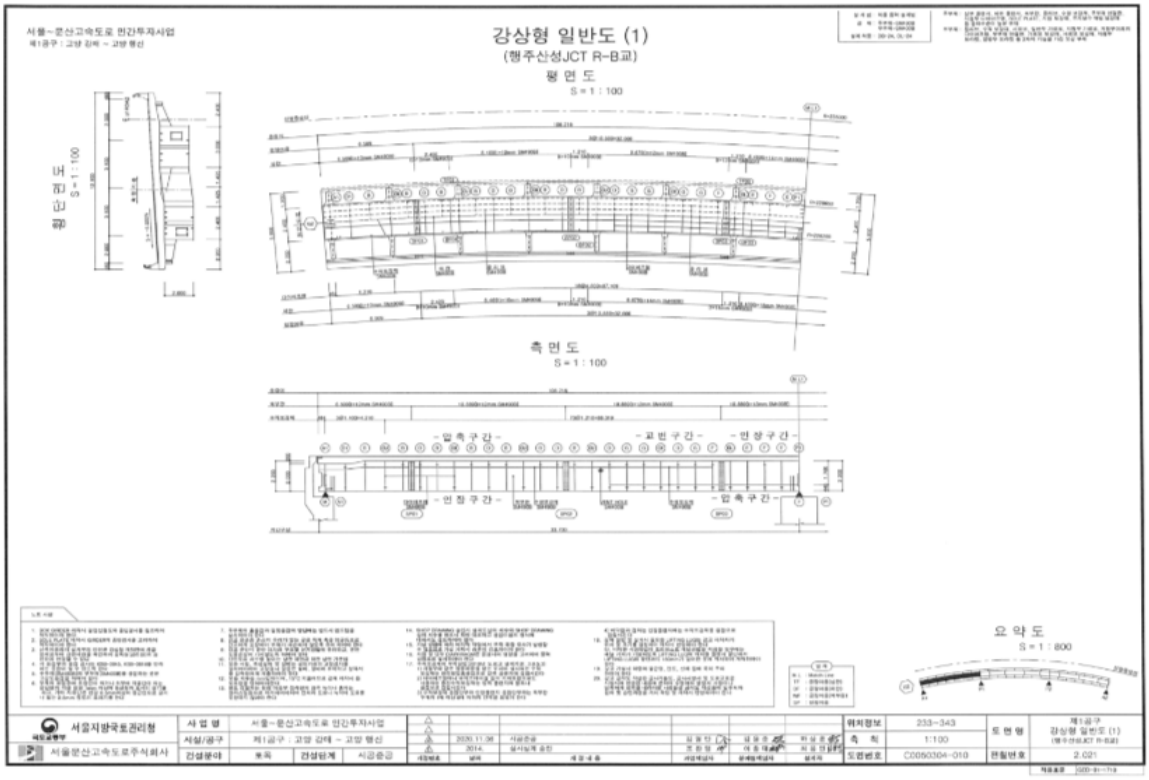
【그림 2.1.2】부재별 현황

2.1.3 시설물 일반도

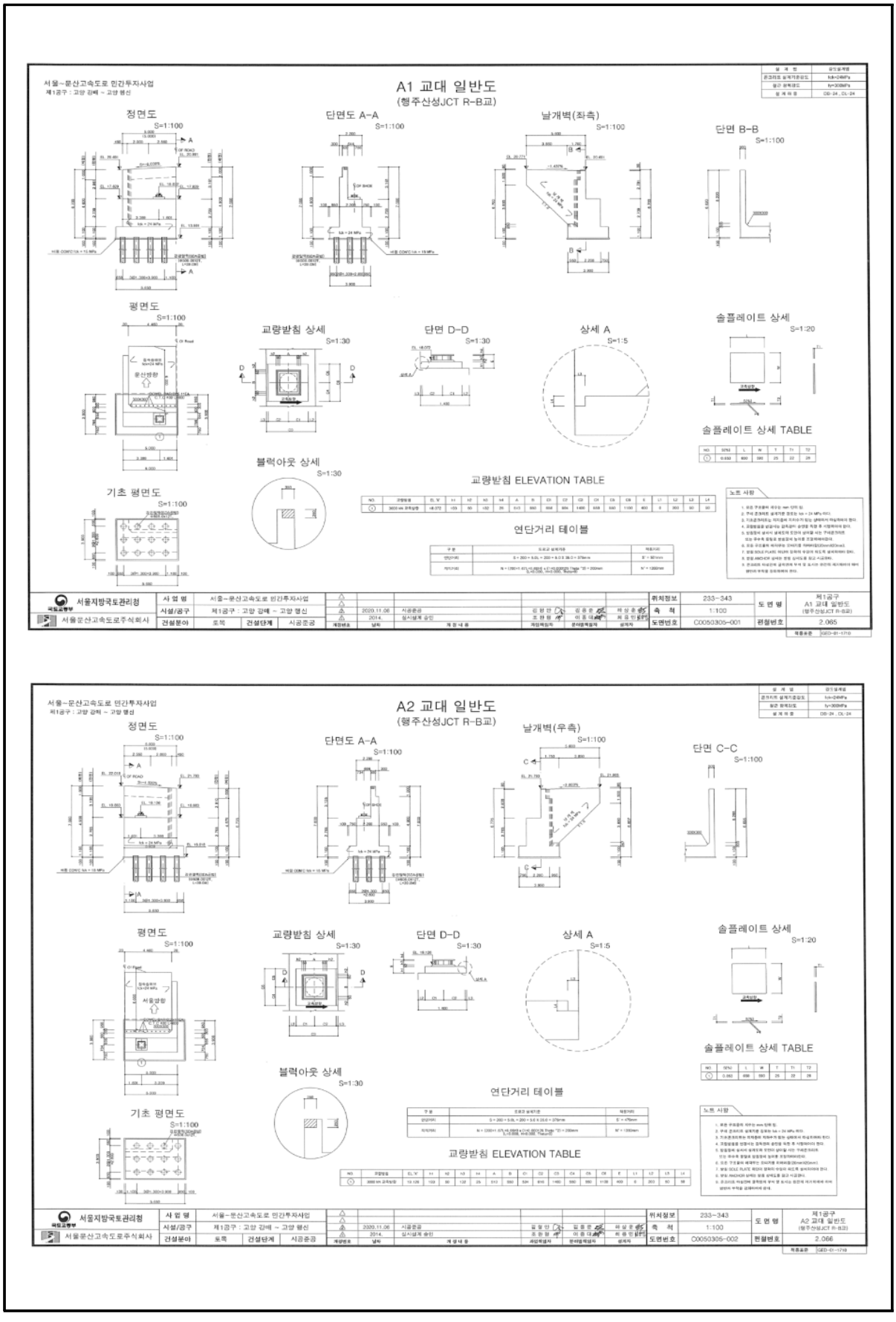


【그림 2.1.3】 평면 및 종단면도

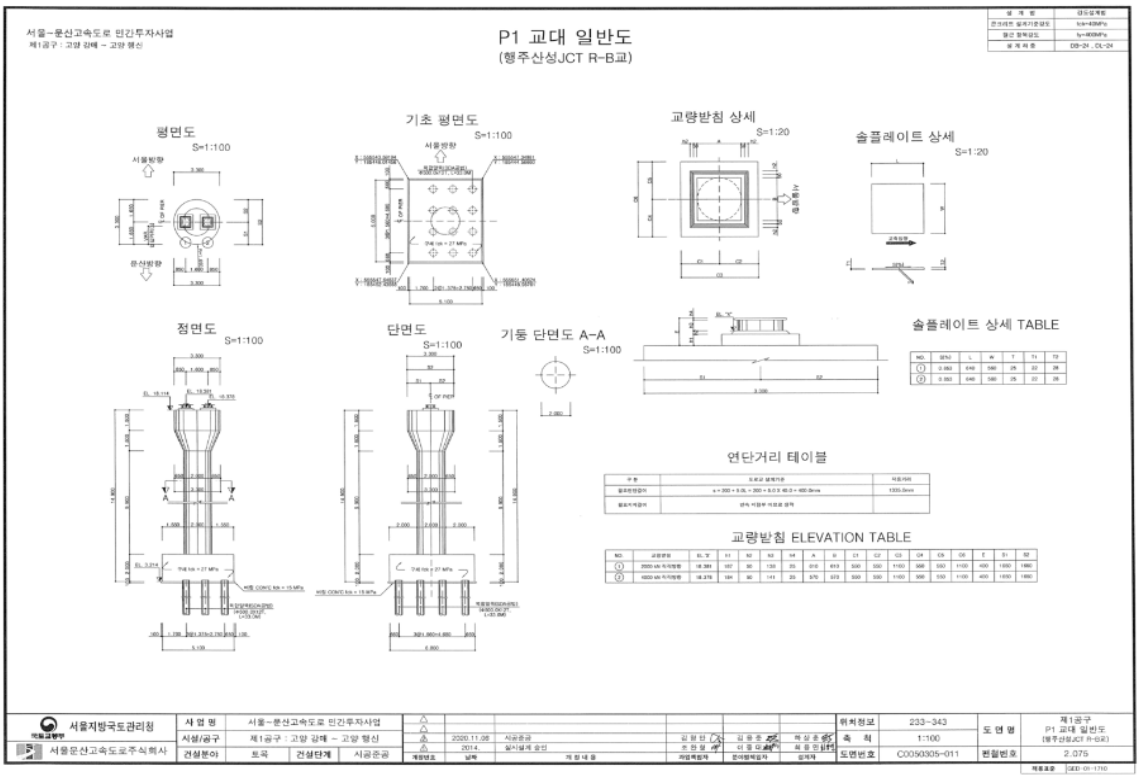


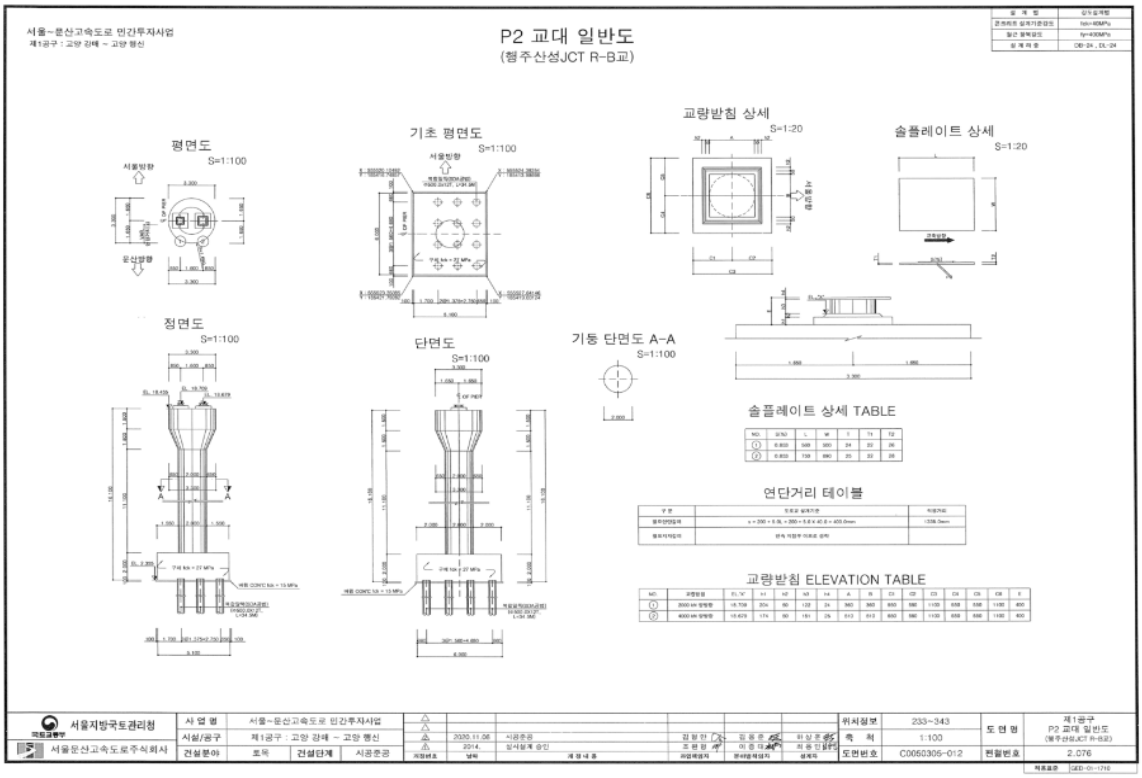


【그림 2.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도

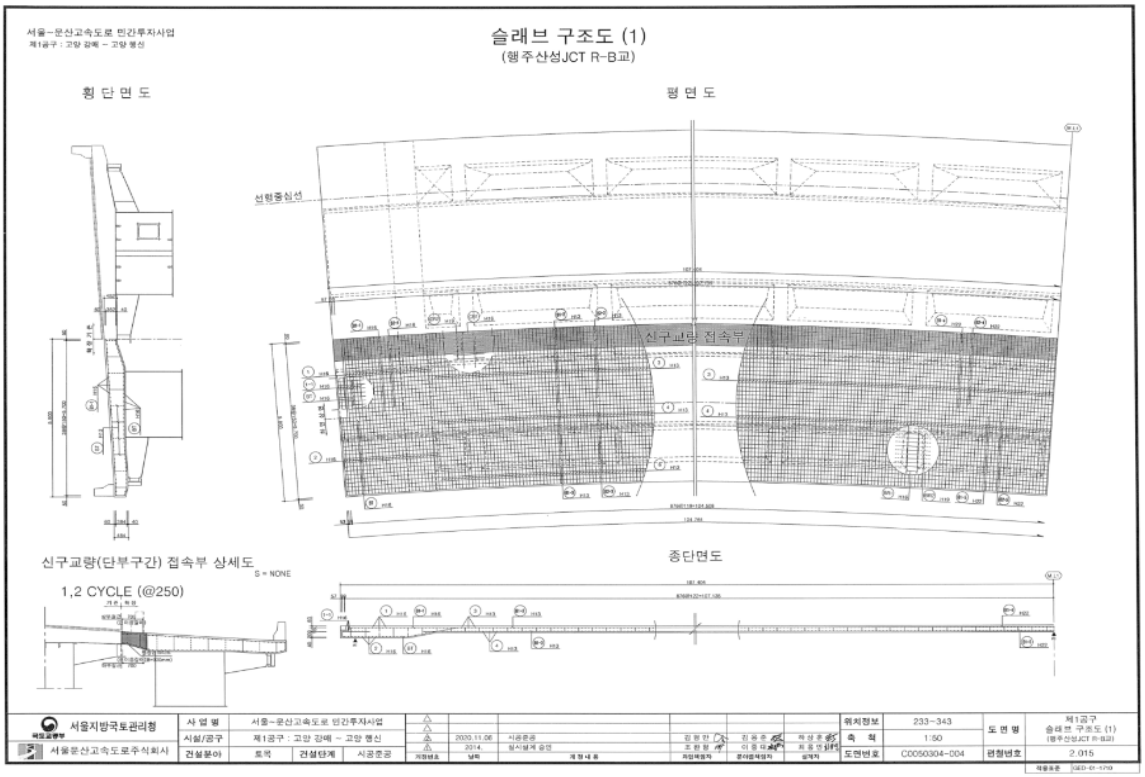

A1 교대 일반도
(행주산성JCT R-B교)
정면도
단면도 A-A
날개벽(좌측)
단면 B-B
평면도
교량받침 상세
단면 D-D
상세 A
솔플레이트 상세
솔플레이트 상세 TABLE
블럭아웃 상세
교량받침 ELEVATION TABLE
기초 평면도
연단거리 테이블
노트 사항
A2 교대 일반도
(행주산성JCT R-B교)
정면도
단면도 A-A
날개벽(우측)
단면 C-C
평면도
교량받침 상세
단면 D-D
상세 A
솔플레이트 상세
솔플레이트 상세 TABLE
블럭아웃 상세
연단거리 테이블
교량받침 ELEVATION TABLE
노트 사항

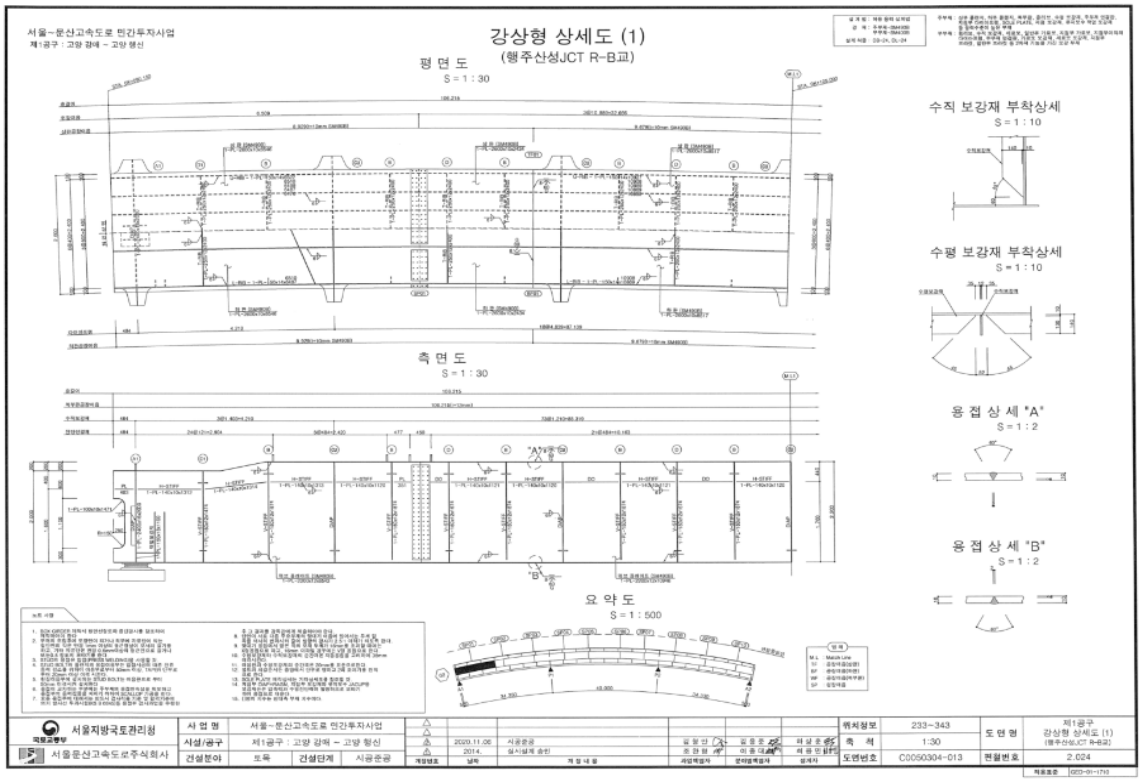
【그림 2.1.5】 교대 일반도


P1 교대 일반도
(행주산성JCT R-B교)
평면도
S=1:100
기초 평면도
S=1:100
교량받침 상세
S=1:20
솔플레이트 상세
S=1:20
정면도
S=1:100
단면도
S=1:100
기둥 단면도 A-A
S=1:100
솔플레이트 상세 TABLE
연단거리 테이블
교량받침 ELEVATION TABLE
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
토목
시공준공
233-343
1:100
C0050305-011
2.075
제1공구
P1 교대 일반도
(행주산성JCT R-B교)

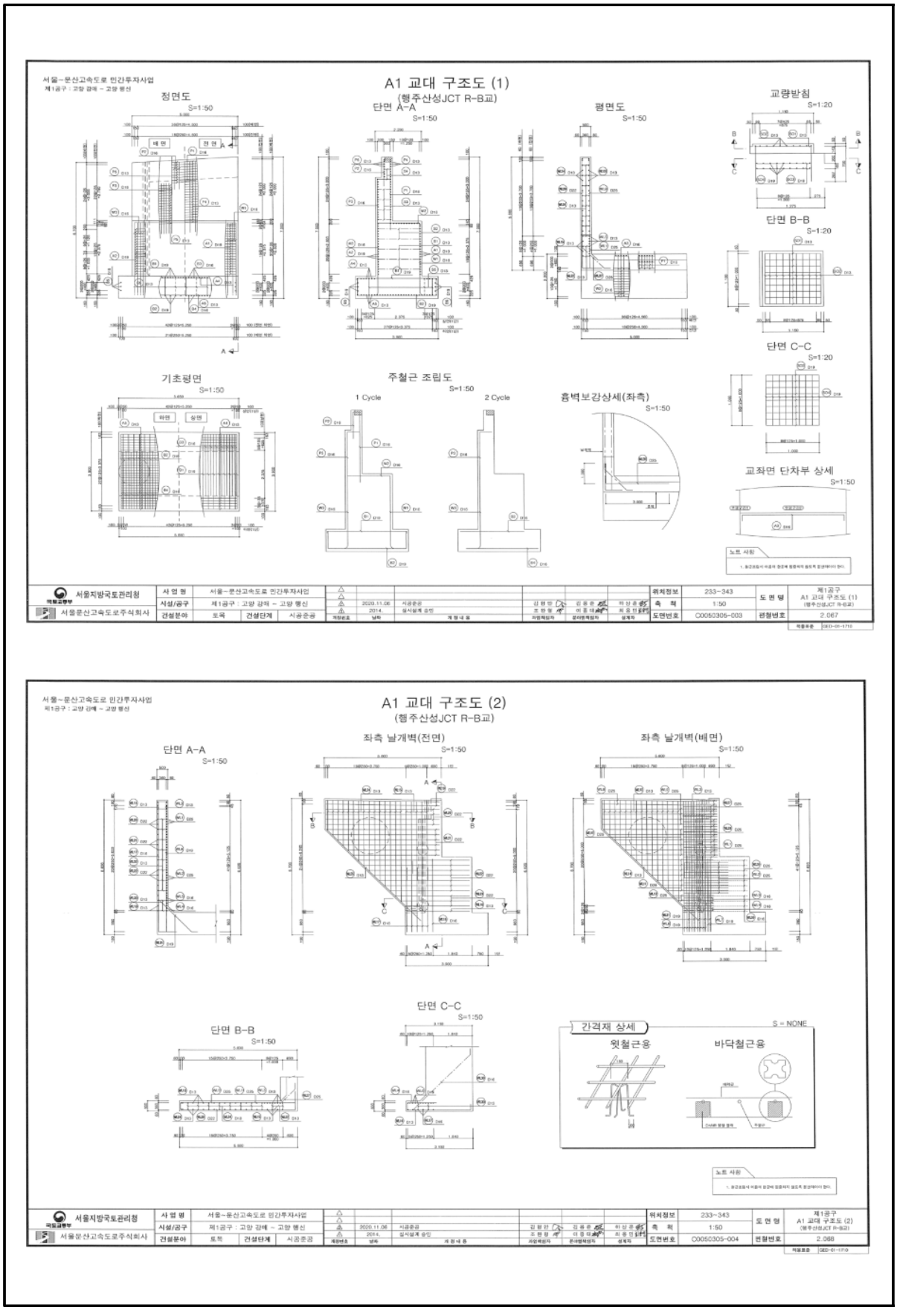

P2 교대 일반도
(행주산성JCT R-B교)
평면도
S=1:100
기초 평면도
S=1:100
교량받침 상세
S=1:20
솔플레이트 상세
S=1:20
정면도
S=1:100
단면도
S=1:100
기둥 단면도 A-A
S=1:100
솔플레이트 상세 TABLE
연단거리 테이블
교량받침 ELEVATION TABLE
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
토목
시공준공
233-343
1:100
C0050305-012
2.076
제1공구
P2 교대 일반도
(행주산성JCT R-B교)

【그림 2.1.6】교각 일반도

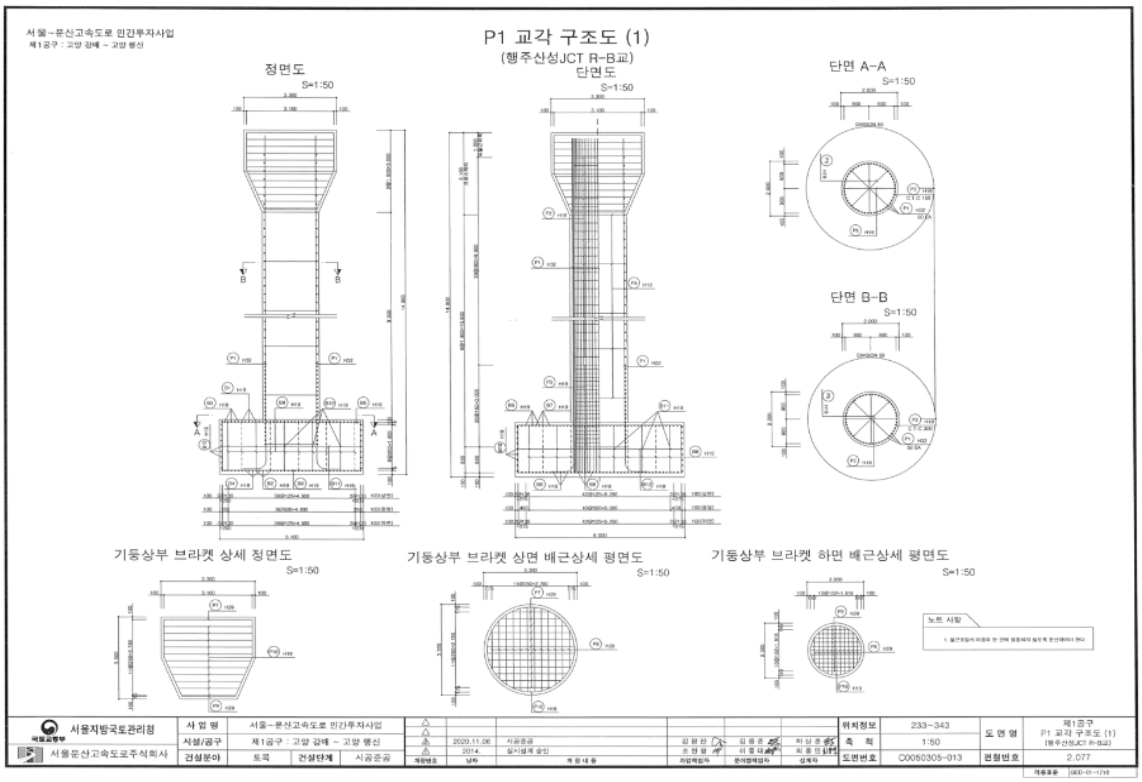


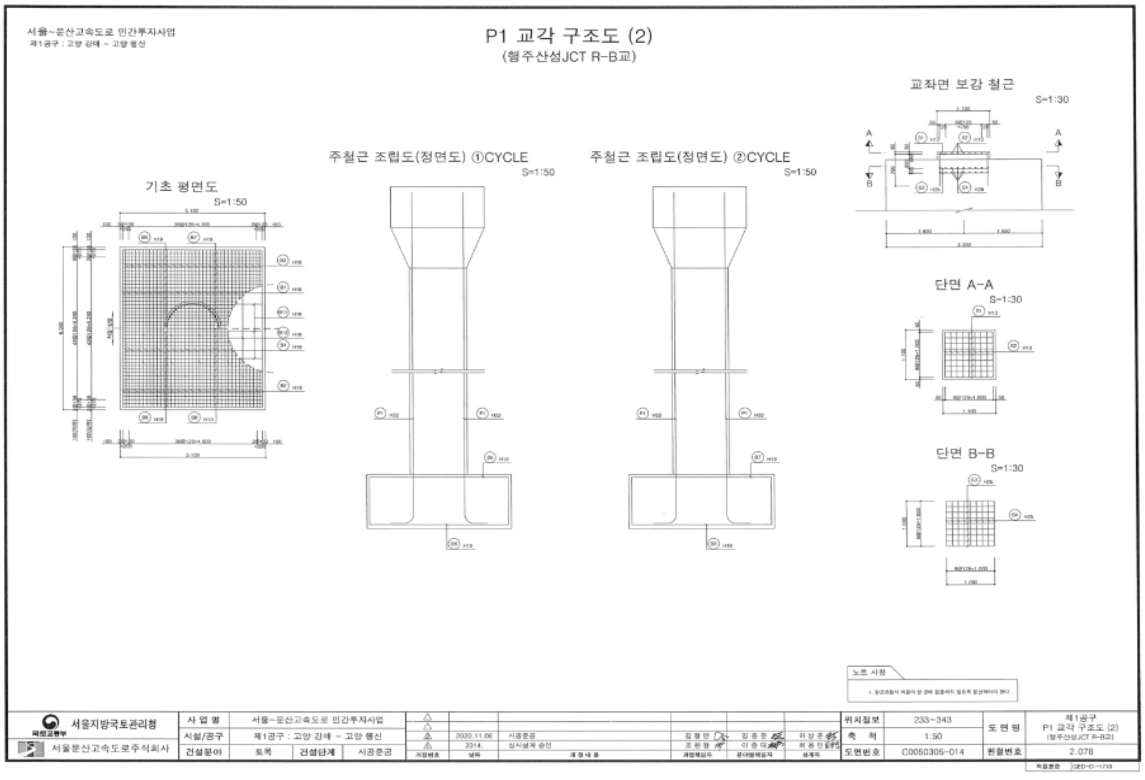


【그림 2.1.7】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도


A1 교대 구조도 (1)
(행주산성JCT R-B교)
정면도
단면 A-A
평면도
교량받침
단면 B-B
단면 C-C
기초평면
주철근 조립도
1 Cycle
2 Cycle
흉벽보강상세(좌측)
교좌면 단차부 상세
A1 교대 구조도 (2)
(행주산성JCT R-B교)
좌측 날개벽(전면)
좌측 날개벽(배면)
간격재 상세
윗철근용
바닥철근용

【그림 2.1.8】 교대 구조도


서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
P1 교각 구조도 (1)
(행주산성JCT R-B교)
정면도
S=1:50
단면도
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
단면 B-B
S=1:50
기둥상부 브라켓 상세 정면도
S=1:50
기둥상부 브리켓 상면 배근상세 평면도
S=1:50
기둥상부 브라켓 하면 배근상세 평면도
S=1:50
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
2020.11.06 시공준공
2014. 실시설계 승인
위치정보 233-343
축 척 1:50
도면번호 C0050305-013
도면명 제1공구 P1 교각 구조도 (1) (행주산성JCT R-B교)
준공번호 2.077


서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
P1 교각 구조도 (2)
(행주산성JCT R-B교)
교좌면 보강 철근
S=1:30
주철근 조립도(정면도) ①CYCLE
S=1:50
주철근 조립도(정면도) ②CYCLE
S=1:50
기초 평면도
S=1:50
단면 A-A
S=1:30
단면 B-B
S=1:30
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
2020.11.06 시공준공
2014. 실시설계 승인
위치정보 233-343
축 척 1:50
도면번호 C0050305-014
도면명 제1공구 P1 교각 구조도 (2) (행주산성JCT R-B교)
준공번호 2.078

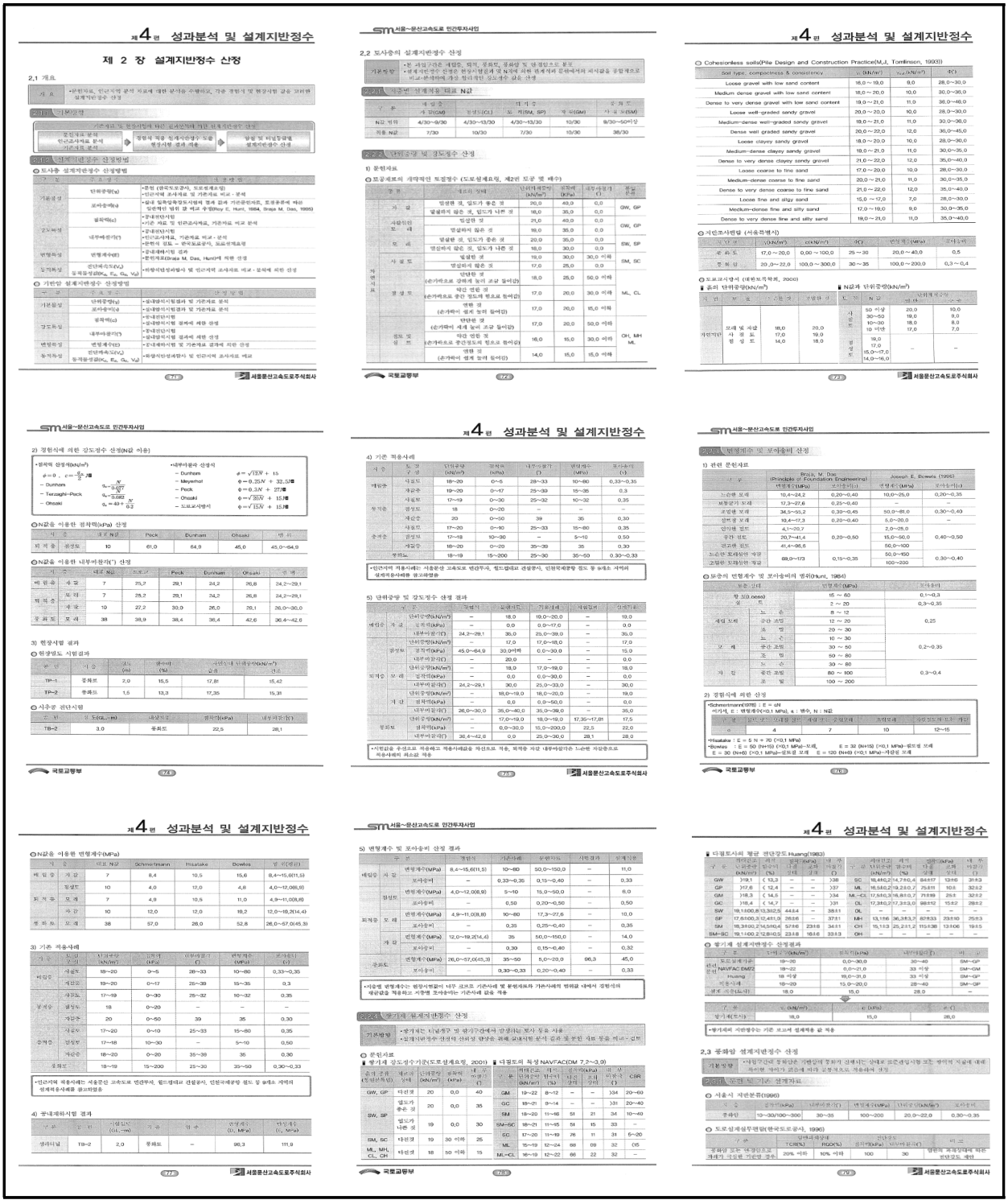
【그림 2.1.9】 교각 구조도

2.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

2.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



행주산성JCT R-B교- 13

○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비 고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	–
	2001	20	30	35	–
	2003	19,5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편 암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범 위		19,5~21	10~30	30~36	–

○ 기존 적용사례

구 분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0,30~0,31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공 번	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31,1	31,4	156,1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	–	19,5~22,0	20,0~22,0	–	20,0
포아송비(v)	–	0,20~0,45	0,30~0,31	–	0,30

○ 전단강도 및 변형계수

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	–	10,0~300	20~50	31,1	30,0
내부마찰각(°)	〉39,5	30,0~36,0	30~33	31,4	31,0
변형계수(MPa)	–	200	50,0~350,0	156,1	150,0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 선정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암석종류(강도)	암반과쇄상태 (NX 규격 시추조사시)		암반의 강도정수	
	T.C.R(%)	R.Q.D(%)	φ(°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~30%	10~25%	33°	130
	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반명	단위중량 γ_t (kN/m³)	내부마찰각 φ(°)	변형계수 E_s (MPa)	포아송비 ν
연 암	23~25	30~40	200~400	0,25~0,30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0,25
경 암	25~27	35~45	1,000~4,000	0,20

2) 기존 적용사례

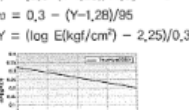
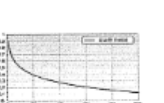
구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	I등급	27	4,200	44~45	18,000	0,21
	II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0,22
	III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0,24
	IV등급	24	800~900	34	1,000	0,25
	V등급	23	400	33	500	0,26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

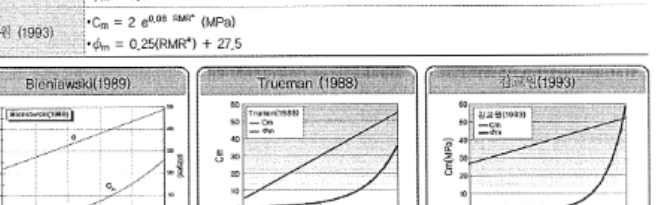
○ 제안자별 경험식

▮ 단위중량 및 포아송비

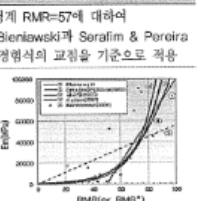
구 분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산정식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y-1.28)/14.3] × 10 υ = 0.3 − (Y−1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35 	υ = −0.17 Ln(RMR')+0.9 

▮ 점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	관계경험식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346\times10^{-5}RMR^2$ •$\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031\ RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0.25\ e^{0.05\ RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2\ e^{0.08\ RMR^*}$ (MPa) •$\phi_m = 0.25(RMR^*) + 27.5$



▮ 변형계수

변형계수 경험식	관계경험식	적용내용
•Bieniawski (1978)	E_m = 2RMR−100(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\ e^{0.07RMR^*}$(GPa) – RMR* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\ RMR^{3.54}$ (MPa)	
•Mohammad (1997)	E_m = 0.562 RMR + 0.183 (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구 분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	단위중량(kN/m³) 김교원 (1993)	포아송비(v) Tsuchiya (1984)	포아송비(v) 김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	26,3	–	0,21	0,15
	II등급	64	25,5	–	0,22	0,19
	III등급	53	24,8	–	0,23	0,22
	IV등급	36	23,8	–	0,24	0,29
	V등급	10	22,1	–	0,27	0,49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구 분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	V등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구 분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Sarafim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,800	13,100	12,300
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	–

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.−m)	지 층	암 종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11,0	연 암	화강암질 편마암	IV	980,3	1,166,2
	TB-3	17,0	연 암	화강암질 편마암	IV	598,9	908,3

○실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16,3~16,4	연암	IV	26,65	2,832	1,511	47,10	50,759	0,19
	TB-1	23,2~23,4	경암	III	27,32	3,215	1,802	42,24	53,119	0,21
	TB-2	13,1~13,3	경암	III	27,44	3,012	1,495	73,50	70,884	0,18
	TB-3	21,6~21,8	경암	III	28,93	3,067	1,732	73,46	68,416	0,18
	TB-4	20,9~21,1	경암	III	27,08	3,831	1,855	100,39	79,951	0,16
	TB-5	18,8~19,0	경암	III	27,08	2,724	1,256	69,82	63,800	0,19
	TB-6	8,8~9,0	연암	IV	26,90	2,688	1,305	97,85	82,344	0,16
	TB-7	21,2~21,4	경암	III	27,14	3,412	1,631	57,39	52,647	0,21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	지 층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적 용	포아송비(v) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	I등급	27	26,3	–	27,0	0,21	0,15~0,21	–	0,21
	II등급	26	25,5	–	26,0	0,22	0,19~0,22	–	0,22
	III등급	25	24,8	26,65~26,90	25,0	0,24	0,22~0,23	0,16~0,19	0,24
	IV등급	24	23,8	27,08~28,93	24,0	0,25	0,24~0,29	0,16~0,21	0,25
	V등급	23	22,1	–	23,0	0,26	0,27~0,49	–	0,26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구 분	지 층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적 용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적 용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구 분	지 층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	–	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	–	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	–	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	–	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암석명	기본마찰각(ϕ_b)	암석명	기본마찰각(ϕ_b)
각 섬 암	32	화강암 (조립질)	31~35
현 무 암	31~38	석 회 암	33~40
역 암	35	반 암	31
백 악	30	사 암	25~35
백 운 암	27~31	셰 일	27
편마암 (편암질)	23~29	미 사 암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점 판 암	25~30

주) 좌측 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암 석 명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비 고
점착력이 없는 물질	방괴 / 파쇄 암석	현무암 백악 화강암 석회암 사암 셰일	40,0 ~ 50,0 30,0 ~ 40,0 45,0 ~ 50,0 35,0 ~ 40,0 35,0 ~ 45,0 30,0 ~ 35,0	–	–
점착력이 있는 물질	암 석	견고한 화성암 변 성 암 견고한 퇴적암 연약한 퇴적암	35,0 ~ 45,0 30,0 ~ 40,0 35,0 ~ 45,0 25,0 ~ 35,0	35,7 ~ 56,1 20,4 ~ 40,8 10,2 ~ 30,6 1,0 ~ 20,4	(화강암, 현무암, 반암) (규암, 편마암, 점판암) (석회암, 백운석, 사암) (사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암 석 명	설 명	최대강도 c'(kPa)	최대강도 φ(°)	잔류강도 c'(kPa)	잔류강도 φ(°)	시 험 자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240,0	42,0	–	–	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15,0 90,0~120,0 60,0~100,0	7,5 12,0~17,0 9,0~13,0	–	–	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0,0~270,0	8,5~29,0	30,0	8,5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0,0~180,0	12,0~18,5	0,0~3,0	10,5~16,0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60,0	32,0	–	–	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	–	–	0,0	19,0~25,0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
혈탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1,0~2,5cm	11,0~13,0	16,0	0,0	11,0~11,5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41,0	14,5	22,0	17,0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화강섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0,0	26,5	–	–	Brawner[116]
화강암 /편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 악화된 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0,0~100,0 50,0~242,0	24,0~25,0 40,0~42,0	–	–	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	–	–	0,0	21,0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100,0 50,0~200,0	13,0~14,0 17,0~21,0	0,0	13,0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80,0 100,0	38,0 10,0	–	–	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0,0	25,0	0,0	15,0~24,0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14,0~30,0	15,0~17,5	–	–	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360,0 16,0~20,0	14,0 7,5~11,5	80,0	11,0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30,0~80,0 610,0~740,0 380,0	32,0 41,0 31,0	–	–	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50,0	33,0	–	–	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42,0~90,0	36,0~38,0	–	–	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구 분	현무암	역 암	편마암	화강암	사 암	셰 일
마찰각(°)	31,0 ~ 38,0	35,0	23,0 ~ 29,0	29,0 ~ 35,0	25,0 ~ 35,0	27,0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C, Wyllie, 1992)

구 분	암 종	내부마찰각(°)	비 고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20,0 ~ 27,0	–
Medium-friction Rocks	27,0 ~ 34,0	–	–
사암, 백악, 편마암, 슬레이트	–	–	–

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상리터널	TB-3	22,9~23,3	132,0	47,0	44,0	39,1	18~20	92,0	2,824	4,151
	TB-5	14,6~15,0	96,0	59,0	40,3	34,7	14~16	84,0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암 종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	–	47,0~59,0	47,0	–	34,7~39,1	34,0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개 요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음

•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76 \times N^{0.33}$ • Imai(1982) $V_s = 97.0 \times N^{0.314}$
•Okamoto(1989) $V_s = 125 \times N^{0.3}$ • Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84 \times N^{0.31}$

– 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$
– 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$
– 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1 - 2\nu_d)$ 여기서, $\rho = \gamma_t/g$, γ_t=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구 분		하향식탄성파 V_p(m/s)	하향식탄성파 V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비 고
매립층		–	–	144,4~224,1	180	–
퇴적층	점토	–	–	162,5~249,4	200	–
	모래	–	–	144,4~224,1	170	–
	자갈	–	–	162,5~249,4	190	–
풍화토		919~984	375~408	252,4~372,3	392	–
풍화암		1,103~1,185	511~577	276,4~404,2	544	–
연 암		1,786~1,881	927~980	–	954	4등급
경 암		2,168~2,323	1,192~1,277	–	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0,33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0,40
	모래	480	170	52	140	156	0,35
	자갈	514	190	69	181	168	0,32
풍화토		952	392	268	713	699	0,33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0,30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0,26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0,24

분석결과	•내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
	일반	
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
	일반	
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
	일반	
균열 간격이 없을때	불투수성	1.0×10^{-9} 이상
	일반	

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
쌓기재	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

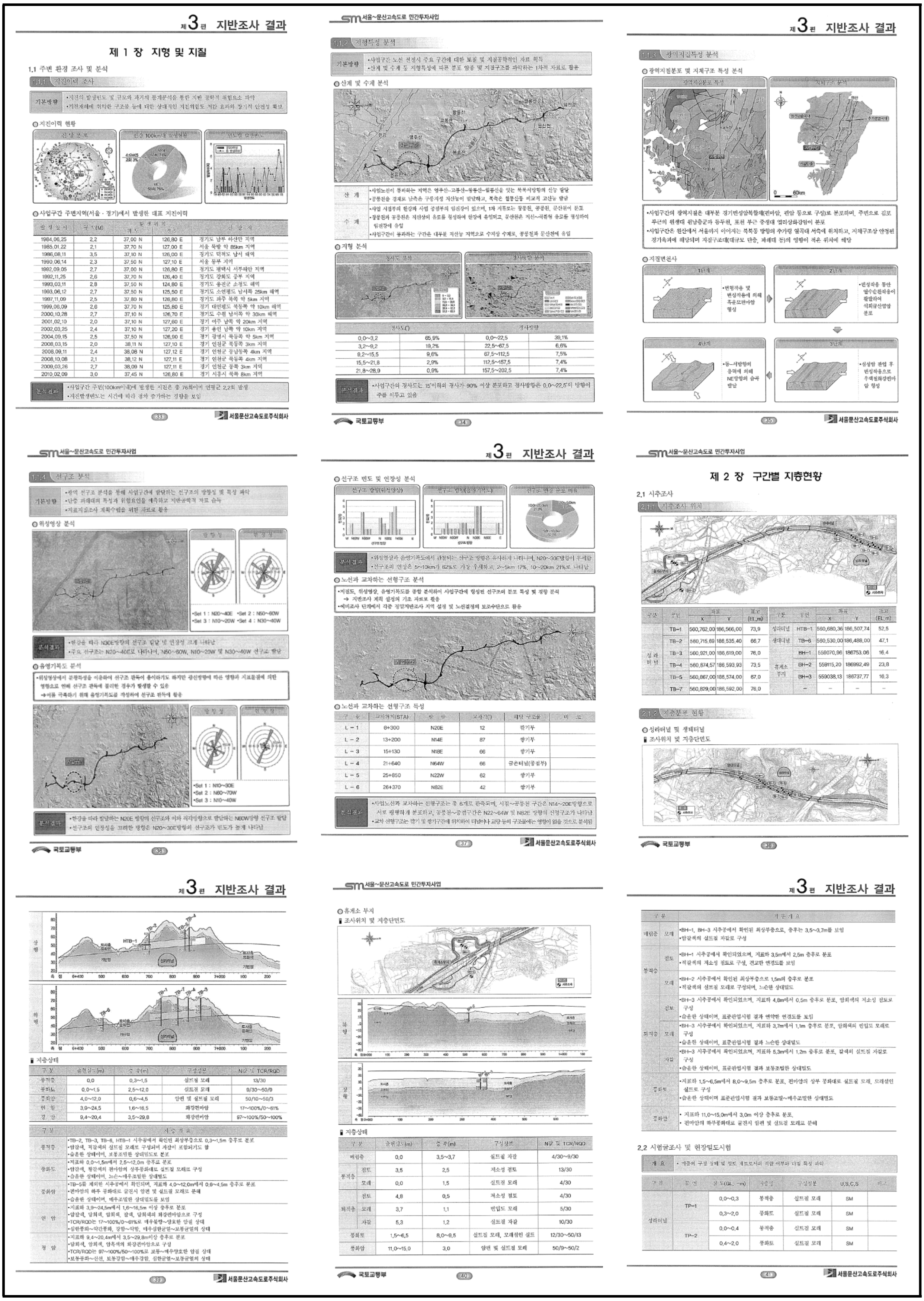
2.7.3 물안속체 설계지반정수

암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	υ_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

나. 지반 및 지질 조사보고서



제3편 지반조사 결과

제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

○지진이력 현황

진앙 분포 / 반경 100km내 발생현황 / 연도별 발생빈도

○사업구간 주변지역(서울 · 경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

33　서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석

산 계	•사업노선이 통과하는 지역은 영주산–고봉산–왕릉산–월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수 계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 저산성의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 저산~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석

경사도 분석 / 경사방향 분석

경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부　34

제3편 지반조사 결과

1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석

광역지질분포 특성 / 지체구조 분석

•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 월남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
•사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사

1단계	2단계
•변형작용 및 변성작용에 의해 흑운모편마암 형성	•변성작용 동안 열수순환작용이 활발하여 석회규산염암 분포
4단계	**3단계**
•동–서방향의 응력에 의해 NE방향의 습곡 발달	•심성암 관입 후 변성작용으로 우백질화강편마암 형성

35　서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

○위성영상 분석

방향성 / 연장성

•Set 1 : N20~40E •Set 2 : N50~60W
•Set 3 : N10~20W •Set 4 : N30~40W

분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

방향성 / 연장성

•Set 1 : N10~30E
•Set 2 : N60~70W
•Set 3 : N10~40W

분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부　36

제3편 지반조사 결과

○선구조 빈도 및 연장성 분석

선구조 방향(위성영상) / 선구조 방향(음영기복도) / 선구조 연장 분포 비율

분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용

○노선과 교차하는 선형구조 특성

구 분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	해당 구조물	비 고
L – 1	6+300	N20E	12	깎기부	
L – 2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L – 3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L – 4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L – 5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L – 6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 관측되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

37　서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
성라터널	TB–1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB–1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB–2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB–6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB–3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소 부지	BH–1	559070.96	186753.06	16.4
	TB–4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH–2	559115.20	186992.49	23.8
	TB–5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH–3	559038.13	186737.77	16.3
	TB–7	560,829.00	186,592.00	76.0		–	–	–	–

2.1.2 지층분포 현황

○성라터널 및 생태터널

▮조사위치 및 지층단면도

국토교통부　38

제3편 지반조사 결과

상행 / 하행 지층단면도

▮지층상태

구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연 암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경 암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

구 분	지층개요
붕적층	•TB–2, TB–3, TB–6, HTB–1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB–5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연 암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경 암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39　서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▮조사위치 및 지층단면도

하행 / 상행 지층단면도

▮지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부　40

제3편 지반조사 결과

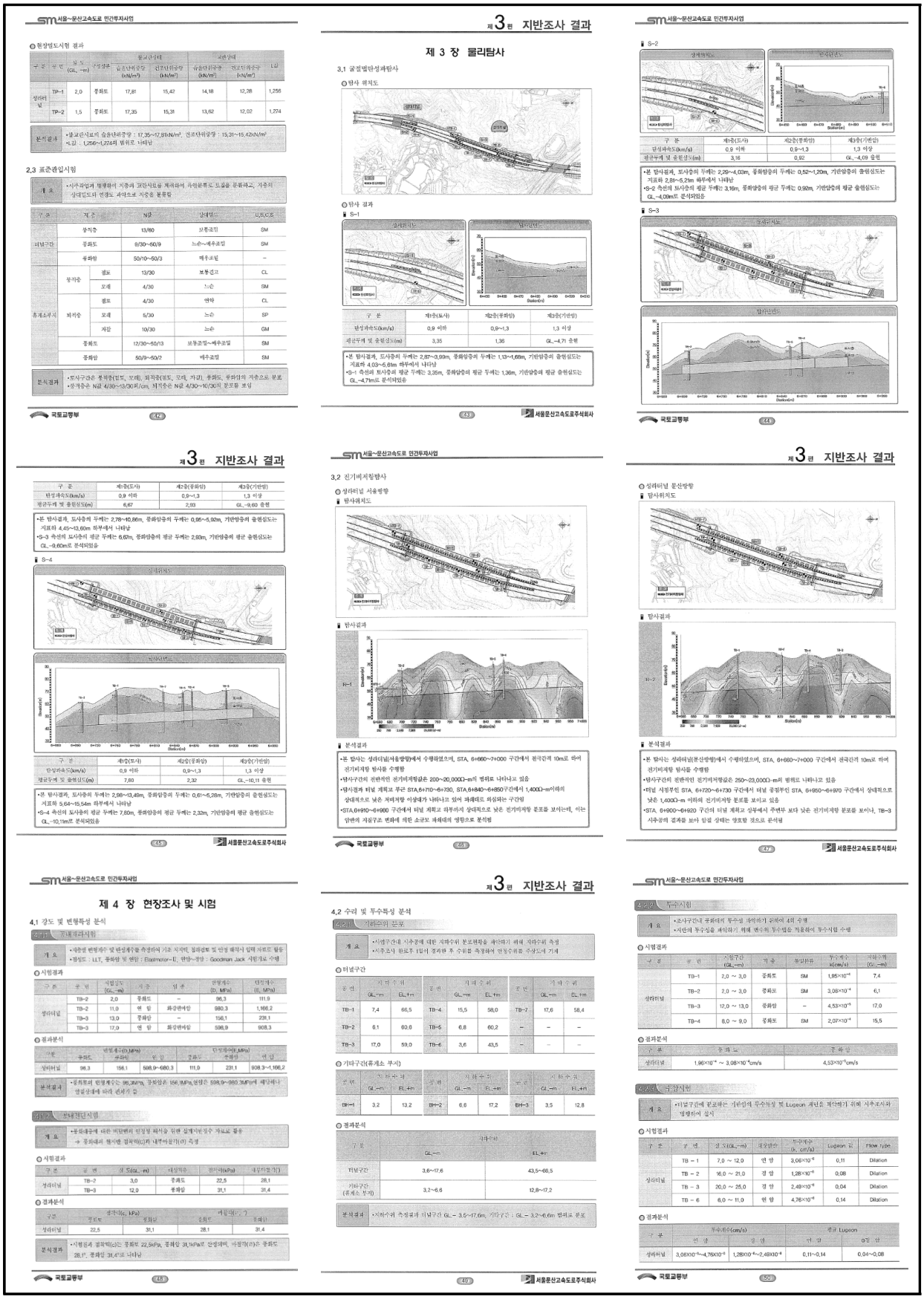
구 분		지층개요
매립층	모래	•BH–1, BH–3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH–1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
	모래	•BH–2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
	모래	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
	자갈	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포. • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

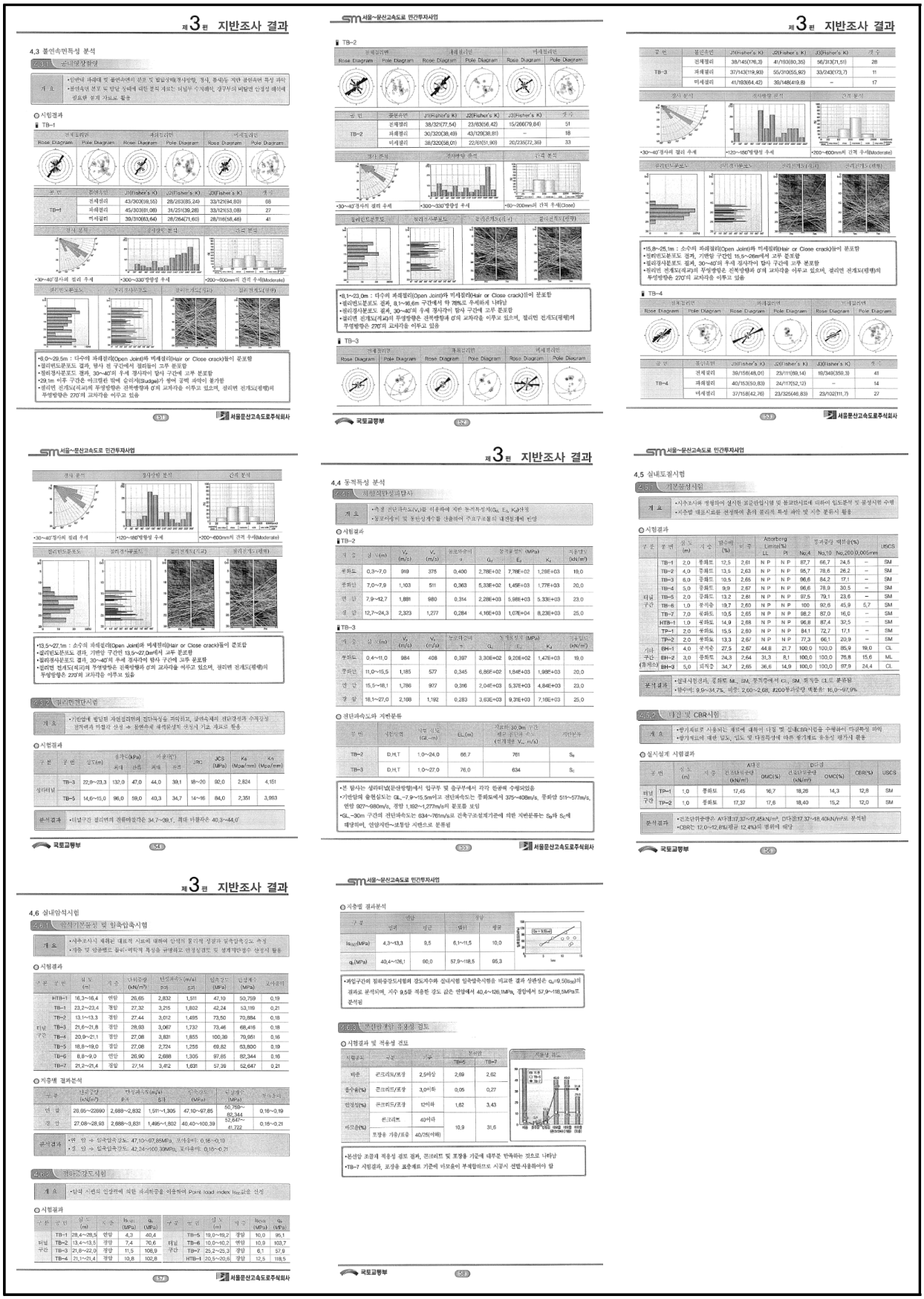
2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개 요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구 분	공 번	심 도(GL. –m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP–1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
	TP–2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41　서울문산고속도로주식회사





제3편 지반조사 결과

4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

개 요 •일반대 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 통과)등 지반 불연속면 특성 파악
•불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 경구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

시험결과

TB-1

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-1	전체절리	43/303(59,55)	28/263(85,24)	33/121(94,80)	68
	파쇄절리	45/303(61,08)	31/251(39,28)	33/121(53,08)	27
	미세절리	39/310(63,64)	28/264(71,60)	28/116(58,48)	41

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(이파) / 절리전개도(평행)

•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 아크랜탄 밖에 슬리지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(이파)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

51 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

TB-2

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-2	전체절리	38/321(77,54)	23/63(56,42)	15/266(79,84)	51
	파쇄절리	30/320(38,49)	43/129(38,81)	–	18
	미세절리	38/320(58,01)	22/61(51,90)	20/235(72,39)	33

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •60~200mm의 간격 우세(Close)

절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(이파) / 절리전개도(평행)

•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(이파)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-3

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-3	전체절리	38/145(176,3)	41/193(80,35)	56/313(71,51)	28
	파쇄절리	37/143(119,93)	55/310(55,92)	33/243(173,7)	11
	미세절리	41/193(64,42)	39/148(419,8)	–	17

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(이파) / 절리전개도(평행)

•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(이파)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-4

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-4	전체절리	39/156(48,01)	23/111(69,14)	19/349(359,3)	41
	파쇄절리	40/153(50,83)	24/117(52,12)	–	14
	미세절리	37/158(42,76)	23/325(46,83)	23/102(111,7)	27

53 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(이파) / 절리전개도(평행)

•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(이파)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요 •기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 결정에서 마찰각 산정 → 불연속체 해석문제의 안정시 기초 자료로 활용

시험결과

구 분	공 번	심도(m)	정착도(kPa) 최대	정착도(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과 •터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

국토교통부 54

제3편 지반조사 결과

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요 •측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_o, E_o, K_d)산정
•동교아울비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

시험결과

TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동교아울비 σ	동적물성치 (MPa) G_o	E_o	K_d	지층밀도 (kN/m³)
풍화도	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동교아울비 σ	동적물성치 (MPa) G_o	E_o	K_d	지층밀도 (kN/m³)
풍화도	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	927	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,168	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

전단파속도와 지반분류

공 번	시험방향	시험 심도 (GL-m)	EL_s(m)	기초하 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (전개점용 V_{s}, m/s)	지반분류
TB-2	D,H,T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D,H,T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL.-7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화도에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL.-30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당되며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

55 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요 •시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
•지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	Pl	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널 구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	풍적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타 구간 (홍제소)	BH-1	4.0	풍적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과 •실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 풍적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨
•함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 타입 및 CBR시험

개 요 •평가재료로 사용되는 재료에 대하여 타입 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악
•평가재료에 대한 입도, 입도 및 다짐특성에 따른 평가재료 유용성 평가시 활용

실시설계 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널 구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.28	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과 •건조단위중량은 A다짐17.37~17.45kN/m³, D다짐17.37~18.40kN/m³로 분석됨
•CBR는 12.0~12.8%평균 12.4%의 범위에 해당

국토교통부 56

제3편 지반조사 결과

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요 •시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정
•지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성계수도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,255	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

지층별 결과분석

구 분	탄성강도 (kN/m³)	탄성계수도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22890	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과 •연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19
•경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

개 요 •암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index I_{S50}값을 산정

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{S(50)}$ (MPa)	q_o (MPa)	구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{S(50)}$ (MPa)	q_o (MPa)
터널 구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널 구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

57 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
I_{S50}(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_o(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3

•개입구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_o=9.50I_{S50}의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 본선암계암 유용성 검토

시험결과 및 적용성 검토

시험결과	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

국토교통부 58

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 복로 JCT R-B

(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)

(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교

(4) 교 량 연 장 : 35.000 + 40.000 + 35.000 = 110.000 m

(5) 교 량 폭 원 : B (기존) = 7.900 m
B (확장) = 5.800 m

(6) Girder 제원 : B = 2.400 ~ 3.000 m H = 2.200 m

(7) 사 각(Skew) : 90.000 °

(8) 곡률반경(R) : 선형중심 = 174.000 m

(9) 설 계 속 도 : 50.000 km/h

(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

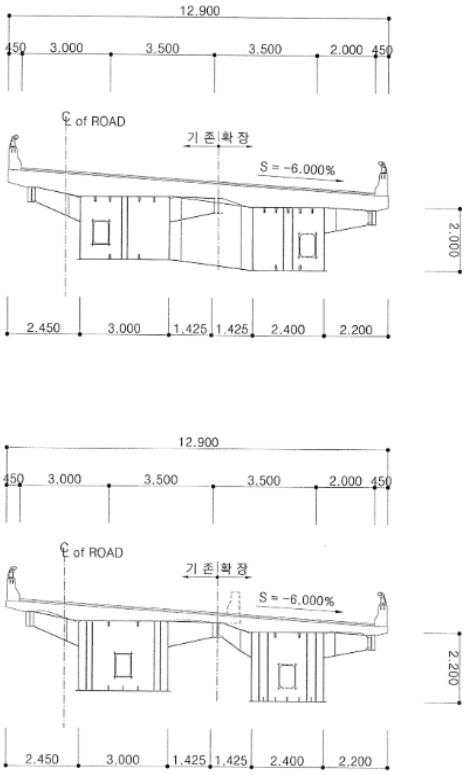
• 사 용 재 료

주 부 재	SM490B(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 슬롭레이트)
무 부 재	SM400B(지점부의 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_{st})	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류 \ 강 종 / 판두께(mm)		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
측방향 인장응력 및 첨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

2. 단면가정



1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대

(2) 상 부 형 식 : STEEL BOX

(3) 교 량 등 급 : 1 등교

(4) 교 대 총 폭 : B = 5.000 M

(5) 교 대 총높이 : H = 7.000 M

(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초

(7) SKEW : 90.000 °

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]

(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]

(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³

(4) 과 재 하 중 : qi = 10.000 kN/m

(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 319.603 kN/m

(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 210.431 kN/m

(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.050

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °

(2) 기초지반의 N치 : N = 6.000

(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 24.487 ° {Φ2 = 15 + √15N}

(4) 기초지반의 점착력 : C = 0.000 kN/m²

(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.293 ; TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트

(6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수

- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 27849.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법

(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1859.15	687.09	O.K
	허용인발력(kN/EA)	270.959	-	O.K
	휨응력(MPa)	126	81.188	O.K
	전단응력(MPa)	72	9.005	O.K
	수평변위(mm)	15	13.353	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2788.72	704.737	O.K
	허용인발력(kN/EA)	406.438	-78.652	O.K
	휨응력(MPa)	189	90.581	O.K
	전단응력(MPa)	108	12.498	O.K
	수평변위(mm)	15	10.443	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1100	150	307.624	1940.4	74.345	463.002	6.228	O.K
후면저판		1100	100	450.214	1940.4	114.425	487.742	4.263	O.K
벽체 : H=5.900		2200	100	936.259	1588.8	499.723	846.069	1.693	O.K
흉벽		800	100	840.885	1588.8	148.772	278.868	1.874	O.K
좌측날개벽	D(T=500 mm)	500	80	1139.12	2026.8	119.567	209.368	1.751	O.K
	A(T=500 mm)	500	80	2582.06	4053.6	264.038	403.331	1.528	O.K
	B(T=500 mm)	500	80	926.354	1588.8	97.603	165.427	1.695	O.K
	C(T=500 mm)	500	80	1464.54	2292	152.83	235.623	1.542	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		27.023	150	125	2331.365	O.K
후면저판		40.704	150	125	1547.749	O.K
벽체 : H=5.900		80.93	150	125	743.067	O.K
흉벽		101.239	150	125	547.86	O.K
좌측날개벽	D(T=500 mm)	83.925	150	250	750.668	O.K
	A(T=500 mm)	94.761	150	125	662.287	O.K
	B(T=500 mm)	87.554	150	125	719.445	O.K
	C(T=500 mm)	96.988	150	125	635.71	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : 기둥식 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.05

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 4
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 22.746 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.271 : TAN(3/4 · φ2) : 흙과 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 31879.1 MPa
기둥: 31879.1 MPa
기초: 28693.4 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

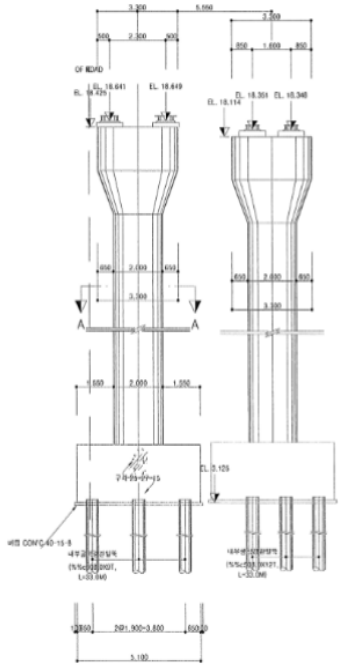
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1557.000	633.782	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1032.453	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	42.638	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	0.324	O.K
		수평변위(mm)	15.000	0.693	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2335.500	1533.093	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1548.680	-540.854	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	143.859	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	10.953	O.K
		수평변위(mm)	15.000	13.198	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1557.000	1209.236	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1032.453	147.0981288	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	124.367	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	3.309	O.K
		수평변위(mm)	15.000	7.076	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2335.500	572.185	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1548.680	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	53.833	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	3.336	O.K
		수평변위(mm)	15.000	4.019	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.013	9189.323	77662.727	8.451	O.K
	모멘트최대	0.013	5750.463	77662.727	13.505	O.K
	탄성설계	0.013	4423.433	5300.791	1.198	O.K
	편심최대	0.013	3981.089	77662.727	19.508	O.K
교축직각방향	축력최대	0.013	9189.323	77662.727	8.451	O.K
	모멘트최대	0.013	5750.463	19734.276	3.432	O.K
	탄성설계	0.013	4423.433	42489.324	9.606	O.K
	편심최대	0.013	3981.089	13580.815	3.411	O.K
합성부재력	축력최대	0.013	9189.323	77662.727	8.451	O.K
	모멘트최대	0.013	5750.463	19722.603	3.430	O.K
	탄성설계	0.013	4423.433	5145.191	1.163	O.K
	편심최대	0.013	3981.089	13570.496	3.409	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		길이(mm)	피복(mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
기초	교축방향	2000.0	150.0	9814.818	11748.500	6117.555	7308.396	1.200	O.K
	교직-지점부	2000.0	150.0	3036.567	13465.500	1905.447	8380.259	4.400	O.K

▣ 사용성 검토

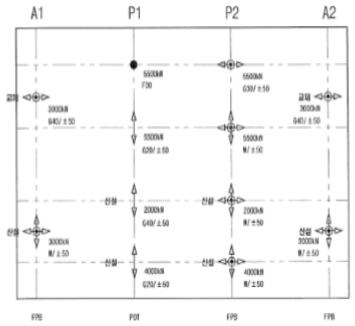
단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
기초	교축방향	105.336	180.000	124.390	396.356	O.K
	교직-지점부	23.273	180.000	127.660	2707.011	O.K

1. 설계조건

상부구조형식	구 조 형 식	Steel Box GIRDER교	
	교량내진등급	1등급	
	지 간	35.000 + 40.000 + 35.000 = 110.000m	
	폭 원	12.900 m	
하부구조형식	교 각 형 식	T형	
	기 초 형 식	말뚝기초	
사 용 재 료	교각 콘크리트 (fck)	27, 40 Mpa	
	교대 콘크리트 (fck)	24 MPa	
재 료 특 성	콘크리트 단위중량(γ_c)	25.0 kN/㎥	
	아스팔트 단위중량(γ_a)	23.0 kN/㎥	
가 속 도 계 수(A)	지진구역계수	0.11 (I)	
	위 험 도 계수	1.4 (1000년 재현주기)	
	가 속 도 계수 (A)	지진구역계수 × 위험도 계수 = 0.154 g	
지 반 계 수 (S)	지 반 종 류	III	
	지 반 계 수	S = 1.5 (내진), S = 2.0 (면진)	
응 답 수 정 계 수	구 조 부 재	항복시 (설계기준) R	탄성거동시 R
	기 둥 (단 주)	3.0	1.0
	연결 상부구조와 교대	0.8	0.8
	연결 상부구조와 교각	1.0	1.0
	기 초	3.0 / 2 = 1.5	1.0
해 석 방 법	* POT + FPB 받침은 4개의 인공지진파를 이용하여 시간이력해석 방법을 수행함.		

5. 내진 해석결과

5.1 받침 배치도



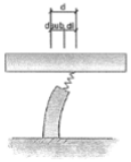
5.2 받침 수평력 검토

위 치	받 침 NO.	받 침 Type	중량 (kN)	지진시 작용 수평력(kN) 교축해석 교축	교축해석 교직	교직해석 교축	교직해석 교직	지진시 허용 수평력 (kN) 교축	교직	판정 교축	교직	비고
A1	1	교축방향	3000G40	229	564	229	1,086	1,560	1,560	OK	OK	
	2	양방향	3000M	229	92	229	144	450	450	OK	OK	
P1	3	고정단	5500F30	767	616	707	1,687	2,145	2,145	OK	OK	
	4	교직방향	5500G20	556	0	720	0	1,430	0	OK	OK	
	5	교직방향	2000G40	928	0	996	0	1,040	0	OK	OK	
	6	교직방향	4000G20	631	0	1,006	0	1,040	0	OK	OK	
P2	7	교축방향	5500G30	300	567	319	1,409	2,150	2,150	OK	OK	
	8	양방향	5500M	348	8	437	8	825	825	OK	OK	
	9	양방향	2000M	122	84	72	125	300	300	OK	OK	
	10	양방향	4000M	291	159	137	298	675	675	OK	OK	
A2	11	교축방향	3000G40	229	550	229	956	1,560	1,560	OK	OK	
	12	양방향	3000M	229	89	229	134	450	450	OK	OK	

5.6 변위해석결과

* 지진시에 상부구조와 교대 혹은 인접하는 상부구조간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지하기 위해 설계시 고려한 내진성능이 충분히 발휘할 수 있도록 하기 위하여 상부구조의 단부에는 이유간격을 설치하여야 한다.
* 상부구조의 이유간격은 다음 식에 의한 값보다 작아서는 안된다.

「도로교설계기준,6.4.8」



$\Delta l_t = d + \Delta ls + \Delta lc + 0.4\Delta lt$

여기서, Δl_t : 상부구조의 이유간격

d : 지반에 대한 상부구조의 총변위 ($d_i + d_{sub}$)

Δl_s : 콘크리트 건조수축에 의한 이동량

Δl_c : 콘크리트 크리프에 의한 이동량

Δl_t : 온도변화에 의한 이동량

① 상부구조 총변위

교 각	절 점 No.	상부변위 (mm) 교축방향 해석시	교축직각방향 해석시	비고
A1	41	34.1	16.7	
A2	51	31.3	14.4	

* 이유간격 산정

- 지진시 상부가 교대의 흉벽에 충돌하는 경우 건조수축과 크리프의 변위는 충돌하려는 변위와 반대방향으로 거동하기 때문에 건조수축과 크리프의 변위량은 상부구조의 이유간격 감소 요인으로 작용하므로 받침의 이동량 및 신축유간보다 상부구조의 이유간격을 크게 확보하기 위해서는 건조수축 및 크리프에 의한 이동은 완료된 것으로 보고 상부구조의 이유간격을 산정한다.

③ 교대1 이유간격

d = 34.1 mm

Δl_s = 0.0 mm

Δl_c = 0.0 mm

L = 35.0 m

$\Delta l_t = 0.4 \times L$ = ±14 mm

$\therefore d_i$ = 34.1 + 0.4 × 14.0 = 39.69 mm

따라서 교대1의 이유간격은 39.7mm 이상 확보해야 함.

④ 교대2 이유간격

d = 31.3 mm

Δl_s = 0.0 mm

Δl_c = 0.0 mm

L = 75.0 m

$\Delta l_t = 0.4 \times L$ = ±30 mm

$\therefore d_i$ = 31.3 + 0.4 × 60.0 = 55.323 mm

따라서 교대2의 이유간격은 55.4mm 이상 확보해야 함.

2.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 2.2.1】 행주산성JCT R-B교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	상태 양호	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	상태 양호	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	상태 양호	양호

2.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

2.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

2.2.5 시설물 보수 이력

【표 2.2.2】 행주산성JCT R-B교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

2.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 2.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y		
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

2.3 현장조사

2.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 도보를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S3	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



제원조사



제원조사



비파괴시험



비파괴시험

【사진 2.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

2.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 행주산성JCT R-B교는 총 3경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=110.0m 폭 5.0m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차로 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경

【사진 2.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-

	
바닥판 하면 상태양호	바닥판 하면 상태양호

【사진 2.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 1열로 시공되었으며, 도보 및 고소작업차를 이용하여 현장조사를 실시하였다



거더외부 전경



거더내부 전경

【사진 2.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 거더 내·외부의 경우 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 2.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
합계		-	-

【표 2.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 내부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
합계		-	-

	
거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
	
거더외부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 2.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

■ 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보 및 세로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보 및 세로보는 강재로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경



세로보 전경

【사진 2.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 2.3.4】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
세로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
가로보 상태양호	세로보 상태양호

【사진 2.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보 및 세로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 행주산성JCT R-B교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 2.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 폭 0.3㎜ 미만의 망상균열, 누수흔적, 체수 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 2.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)		누수흔적, 체수 (㎡/개소)	
A1	0.25	1	0.60	1	-	-
A2	-	-	-	-	2.60	2
합계	0.25	1	0.60	1	2.60	2

	
A1 누수흔적(0.3m×2.0m)	A1 망상균열(0.5m×0.5m)
	
A2 체수(1.0m×2.0m)	A2 누수흔적(0.3m×2.0m)

【사진 2.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적, 체수가 확인되었고, 손상부는 신축이음과 연계한 보수가 필요한 상태이다. 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 행주산성JCT R-B교의 교각은 T형으로 구성되어 있으며, 복합말뚝기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
교각 전경	교각 전경

【사진 2.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 망상균열이 조사되었다.

【표 2.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)	
P1	23.20	2
P2	12.40	2
합계	35.60	4

	
P1 망상균열(10.4m×1.0m) – 금회	P1 망상균열(10.4m×1.0m) – 22년 상반기
	
P2 망상균열(10.4m×1.0m) – 금회	P2 망상균열(10.4m×1.0m) – 22년 상반기

【사진 2.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

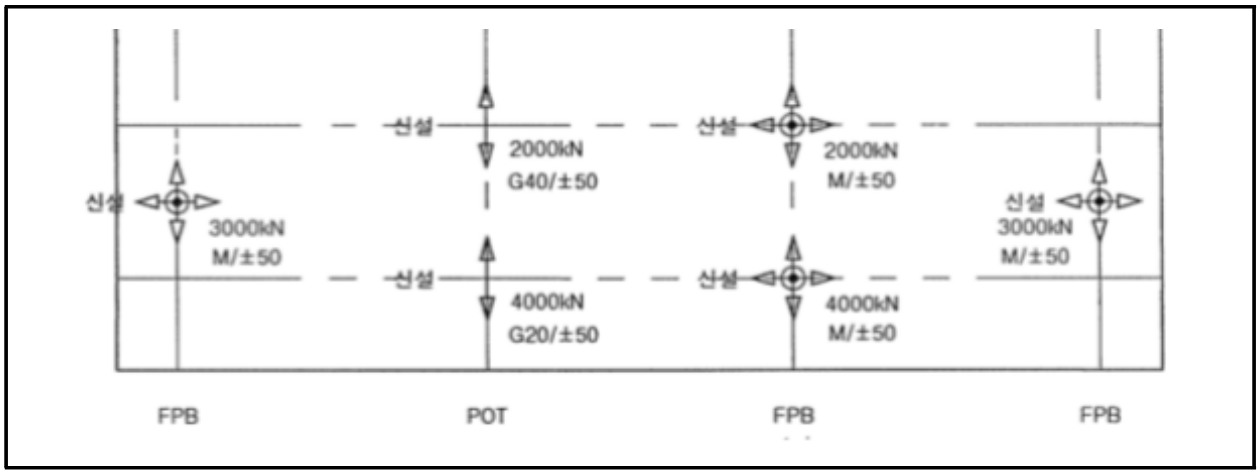
4) 검토의견

- 교각에 발생한 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 및 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 행주산성JCT R-B교의 받침은 포트받침으로 총 6기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 2.3.1】 교량받침 배치도



포트받침(일방향) 전경



포트받침(양방향) 전경



포트받침(고정) 전경

【사진 2.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 받침콘크리트 재료분리가 확인되었다.

【표 2.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침콘크리트 재료분리 (㎡/개소)	
A1	0.02	1
P1	-	-
P2	-	-
A2	-	-
합계	0.02	1

	
A1-Sh1 받침콘크리트 재료분리(0.1m×0.2m)-금회	A1-Sh1 받침콘크리트 재료분리(0.1m×0.2m)-21년 하반기

【사진 2.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

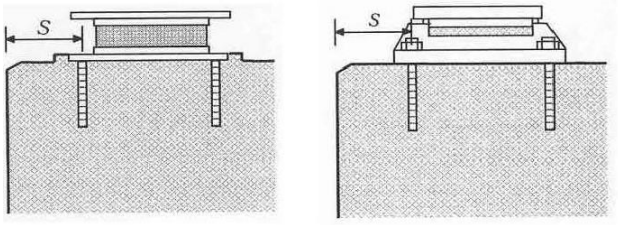
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 받침콘크리트에서 발생된 재료분리는 다짐미흡, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 손상으로 하자담보 만료기간전에 단면보수 등의 하자보수가 필요 할 것으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 2.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 2.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : 200+5×35.0 = 375(㎜)
- 거더 경간길이(L=40.0m) : 200+5×40.0 = 400(㎜)

【표 2.3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		375	500		O.K
P1	A1측	375	600	500	O.K
	A2측	400	600	600	O.K
P2	A1측	400	650	570	O.K
	A2측	375	650	600	O.K
A2		375	500		O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 2.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 2.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	45.4	14.6	0.000012	35.0	19.1	6.1	
P1	고정단						
P2	45.4	14.6	0.000012	40.0	21.8	7.0	
A2	45.4	14.6	0.000012	75.0	40.9	13.1	
1) 조사당시 온도 : 25.4℃(조사일 : 2022년 08월 23일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 2.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동 여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	18	68	32	19.1	6.1	±50	O.K
P1	고정단							
P2	SH1	0	50	50	21.8	7.0	±50	O.K
	SH2	0	50	50			±50	O.K
A2	SH1	15	65	35	40.9	13.1	±50	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

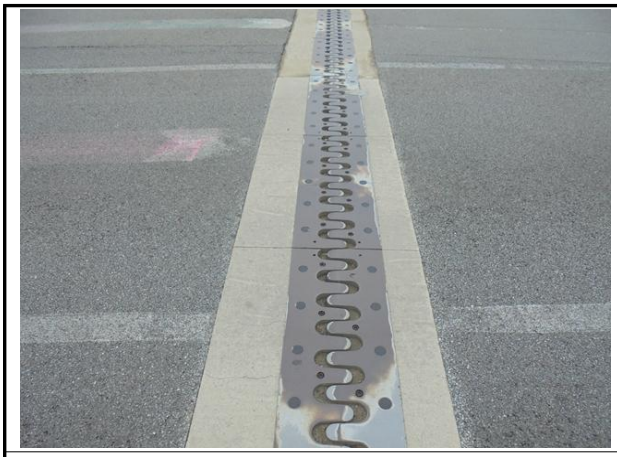
② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

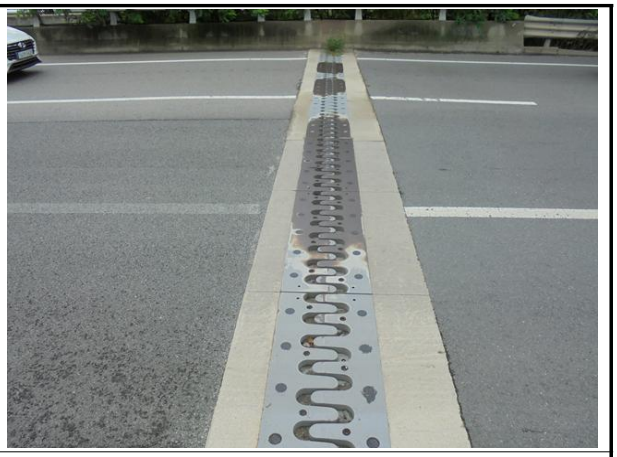
사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 모두 강핑거조인트로 시공된 상태이다.



EXP.J1(A1) 전경



EXP.J2(A2) 전경

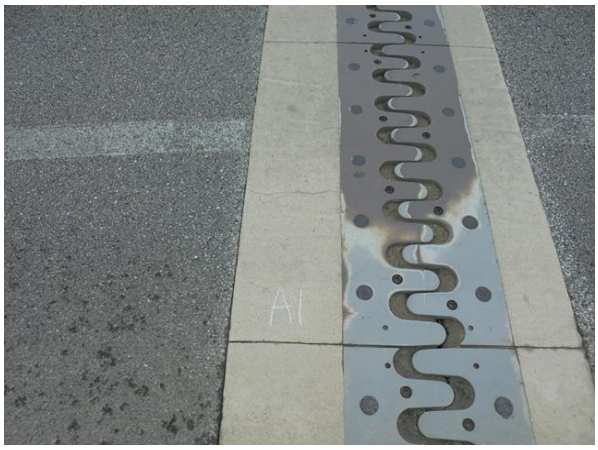
【사진 2.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3㎜이상), 하부누수 등의 손상이 조사되었다.

【표 2.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재균열 (m/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	1.40	6	-	-
A2 (EXP J2)	2.40	8	1.00	1
합계	3.80	14	1.00	1

	
A1 후타재 균열(0.3㎜/0.25m×4EA)	A2 하부 누수(1.0m)
	
A2 하부 누수(1.0m)	A2 하부 누수(1.0m)

【사진 2.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

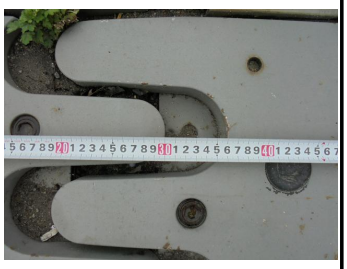
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나, 하자보수 만료전이므로 주입보수 등의 보수가 필요할 것으로 사려되며, 신축이음 하부 누수의 경우 손상의 진전시 신축이음 교체 등의 보수가 필요할 것으로 판단된다, 신축이음은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10-5, α(콘크리트): 1.0×10-5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 08. 23. 기온 적용: 25.3℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃-25.3℃ = 14.6℃
△T(수축시) : -20.0℃-(25.3℃) = 45.4℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>-10~+40</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>-10~+50</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>-5~+35</td><td>-15~+35</td><td>1.0×10-5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 2.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 2.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	45.4	14.6	0.000012	35.0	19.1	6.1	53.0	100.0	142.0	
A2	45.4	14.6	0.000012	75.0	40.9	13.1	60.0	98.0	93.0	

1) 조사당시 온도 : 25.4℃(조사일 : 2022년 08월 23일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)

【표 2.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	19.1	6.1	53.0	100	27.9	46.9	O.K
	바닥판			100.0	-	-	93.9	O.K
	거더			142.0	-	-	135.9	O.K
A2	신축이음	40.9	13.1	60.0	120	19.1	46.9	O.K
	바닥판			98.0	-	-	84.9	O.K
	거더			93.0	-	-	79.9	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 행주산성JCT R-B교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.



교면포장 전경#1



교명판 전경

【사진 2.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 2.3.14】 교면포장 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-

	
교면포장 상태양호	교면포장 상태양호
	
교면포장 상태양호	교면포장 상태양호

【사진 2.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 행주산성JCT R-B교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 2.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 2.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태 양호 – 금회	배수구 상태 양호 - 21년 하반기
	
배수관 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 2.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

	
방호벽 전경	방호벽 전경

【사진 2.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 2.3.16】 난간 및 연석 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-

	
난간 및 연석 상태양호	난간 및 연석 상태양호
	
난간 및 연석 상태양호	난간 및 연석 상태양호

【사진 2.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 난간 및 연석은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 행주산성JCT R-B교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1~2에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.



점검통로 전경

【사진 2.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 2.3.17】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
P2	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 2.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

2.3.3 현장조사 총괄표

【표 2.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	
거더	외부	상태양호	-	-	-	
	내부	상태양호	-	-	-	
가로보 및 세로보		상태양호	-	-	-	
교대		망상균열	㎡	0.25	1	
		누수흔적	㎡	0.60	1	
		누수흔적, 체수	㎡	2.60	2	
교각		망상균열	㎡	35.60	4	
교량받침		재료분리	㎡	0.02	1	
신축이음		후타재 균열	m	3.80	14	
		하부 누수	㎡	1.00	1	
교면포장		상태양호	-	-	-	
배수시설		상태양호	-	-	-	
방호벽		상태양호	-	-	-	
점검시설		상태양호	-	-	-	

2.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

2.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

2.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 2.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	3	3	3	3	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



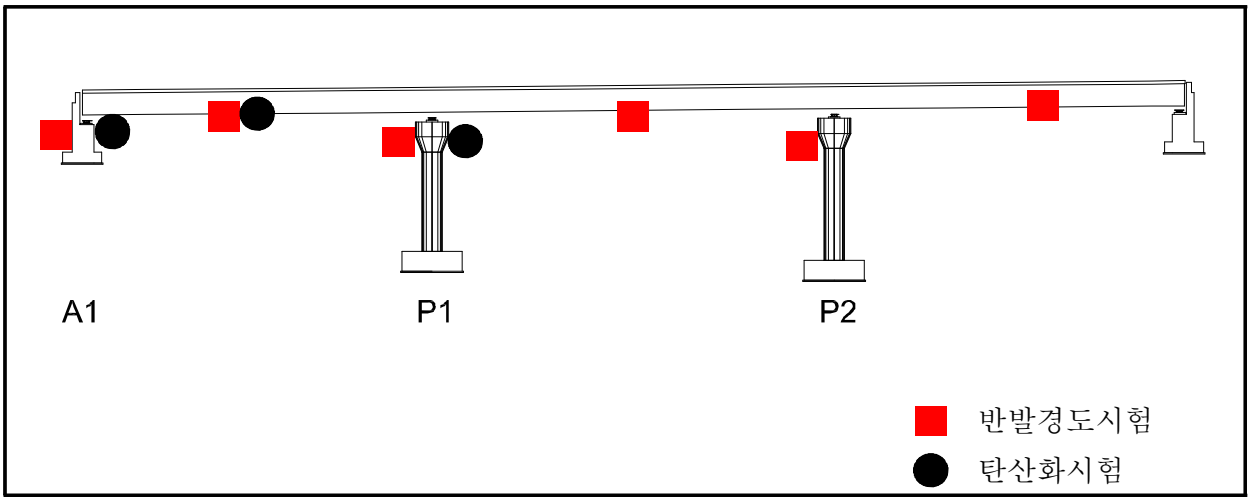
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 2.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 2.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

2.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 6개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 2.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	바닥판	46.7	27.7	28.9	0.67	27.0	
	S2	바닥판	47.0	27.9	29.1			
	S3	바닥판	46.1	27.2	28.7			

【표 2.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	교대	43.5	24.9	27.4	0.67	24.0	

【표 2.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	교각	49.1	41.5	49.7	0.67	40.0	
	P2	교각	48.9	41.3	49.4			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~29.1MPa, 하부구조(교대) 24.9~27.4MPa, 하부구조(교각) 41.3~49.4MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각:40.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 2.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.2~29.1	27.0	100.7~107.8
하부구조	교대	24.9~27.4	24.0	103.8~114.2
	교각	41.3~49.4	40.0	103.3~123.5

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 2.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	4.0	100.0	96.0	2.83	100년이상	a
	P1 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 3.0~4.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 2.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	2.0	38.0	
하부구조	3.0~4.0	96.0~97.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 2.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.2~29.1	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.9~27.4	24.0	
		교각	41.3~49.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~97.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

2.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

2.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급'으로 산정되었다.

【표 2.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	a	a	a	a	a	a	b	b	b	q	a	a
S2	P1	STB	a	a	a	a	a	a	–	a	b	q	–	a
S3	P2	STB	a	a	a	a	a	a	–	a	b	q	–	–
	A2								c	a	b	q	–	–
평균			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.300	0.125	0.200	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.027	0.011	0.040	–	0.004	0.003
													0.140	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.140) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 2.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
행주산성JCT R-B교	0.140	B	110	1	110	1.000	0.140
합계(Σ)			110	1	110	1	0.140
1. 평가지수 =							0.140
2. 상태평가결과 =							B

2.5.2 기 점검 결과와의 비교

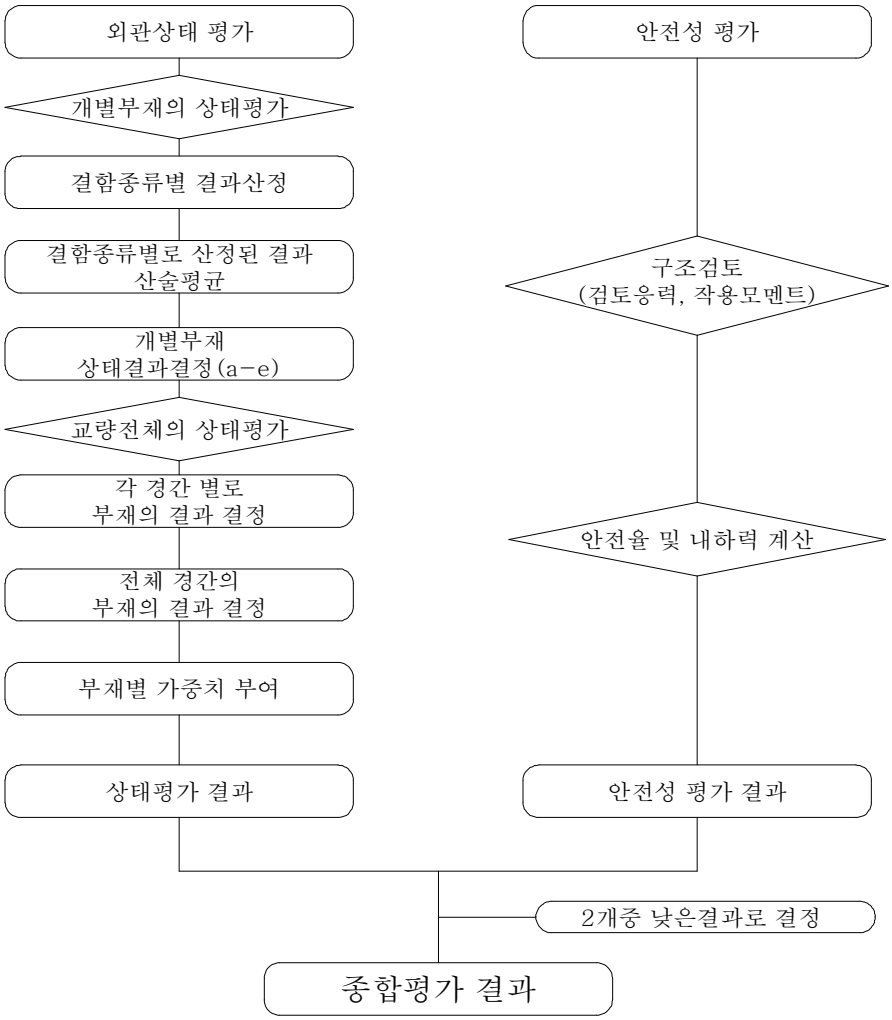
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

2.6 종합평가 및 안전등급 지정

2.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 2.6.1】 종합평가 결과 산정절차

2.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 2.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
행주산성JCT R-B교	0.140	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

2.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 2.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

2.7 보수·보강 및 유지관리방안

2.7.1 보수·보강 방안

【표 2.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	-	-
거더	외부	상태양호	-	-	-	-	-
	내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보 및 세로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		망상균열	㎡	0.25	1	표면처리	하자
		누수흔적	㎡	0.60	1	표면처리	하자
		누수흔적, 체수	㎡	2.60	2	표면처리	하자
교각		망상균열	㎡	35.60	4	표면처리	하자
교량받침		재료분리	㎡	0.02	1	단면보수	하자
신축이음		후타재 균열	m	3.80	14	표면처리	하자
		하부 누수	㎡	1.00	1	교체	하자
교면포장		상태양호	-	-	-	-	-
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
방호벽		상태양호	-	-	-	-	-
점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

2.7.2 개략공사비

【표 2.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교대	망상균열	표면처리	0.25	0.38	㎡	-	-	하자
	누수흔적	표면처리	0.60	0.90	㎡	-	-	하자
	누수흔적, 체수	표면처리	2.60	3.90	㎡	-	-	하자
교각	망상균열	표면처리	35.60	53.40	㎡	-	-	하자
교량받침	재료분리	단면보수	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
신축이음	후타재 균열	표면처리	3.80	1.42	m	-	-	하자
	하부 누수	교체	1.00	1.50	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		0						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

2.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 2.7.3】 중점유지관리 항목

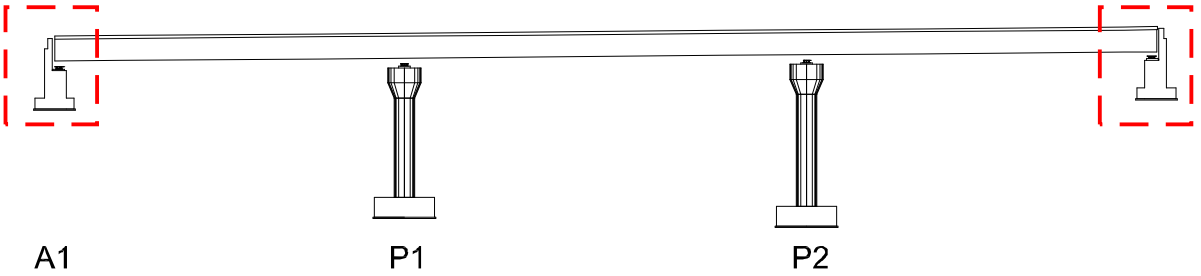
부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상





① 교대 망상균열 및 누수흔적 등 - 진전 여부확인



2.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 행주로 54-90(강매동)에 위치한 교량으로 총 연장 110.0m, 폭 5.0m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

2.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보 및 세로보

- 가로보 및 세로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적, 체수가 확인되었고, 손상부는 신축이음과 연계한 보수가 필요한 상태이다. 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교각

- 교각에 발생한 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 및 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

6) 교량받침

- 받침콘크리트에서 발생된 재료분리는 다짐미흡, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 손상으로 하자담보 만료기간전에 단면보수 등의 하자보수가 필요 할 것으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나, 하자보수 만료전이므로 주입보수 등의 보수가 필요할 것으로 사려되며, 신축이음 하부 누수의 경우 손상의 진전시 신축이음 교체 등의 보수가 필요할 것으로 판단된다, 신축이음은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

8) 교면포장

- 교면포장은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

9) 배수시설

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 난간 및 연석은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~29.1㎫, 하부구조(교대) 24.9~27.4㎫, 하부구조(교각) 41.3~49.4㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 3.0~4.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 행주산성JCT R-B교의 상태평가 결과는 “B” 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 행주산성JCT R-B교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

2.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

2.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

3. 서문3교(서울방향)

3.1 시설물 개요
3.2 자료수집 및 분석
3.3 현장조사
3.4 콘크리트 내구성조사
3.5 상태평가
3.6 종합평가 및 안전등급 지정
3.7 보수·보강 및 유지관리 방안
3.8 종합결론

3. 서문3교(서울방향)

3.1 시설물의 개요

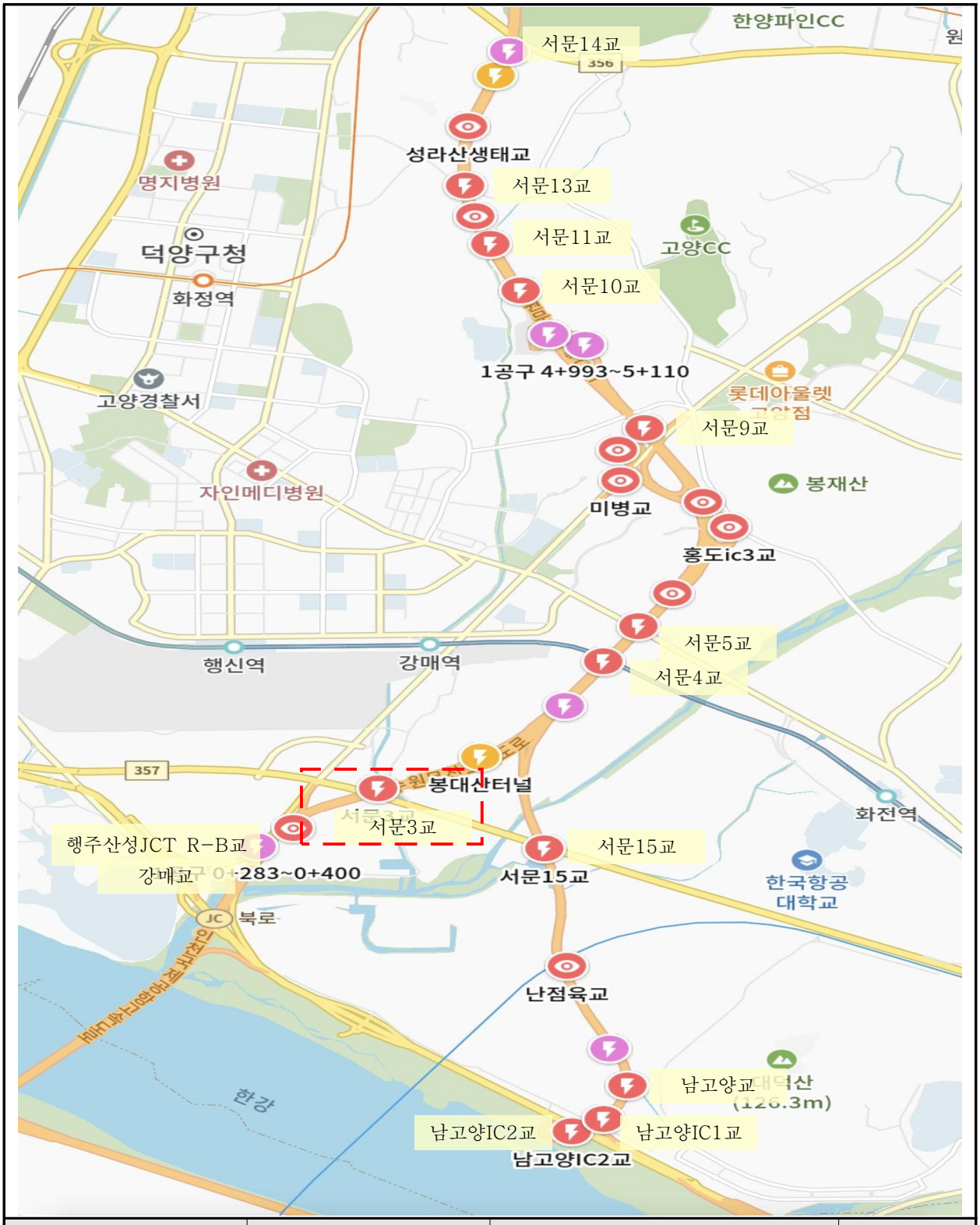
본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매로 93-95, 391-2 (강매동)에 위치한 교량으로 총 연장 250.0m, 폭 12.3m로 시공되어 있다.

3.1.1 일반사항

【표 3.1.1】 서문3교(서울방향) 일반사항

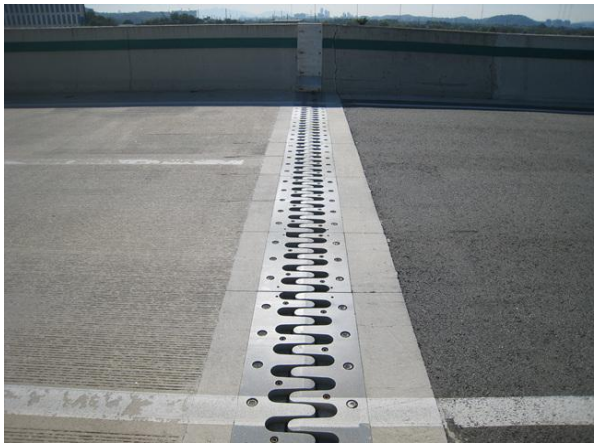
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000228</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td>경기도 고양시 덕양구 강매로
93-95, 391-2 (강매동)</td><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td></tr>
<tr><td colspan="2">시점이정</td><td>-</td><td colspan="2">노 선 명</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=250.0m (50+2@75+50=250.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=12.3m, 2차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>Steel Box</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교 대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: T형</td><td>교 각</td><td>복합말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>-</td><td colspan="2">통과높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td>-</td><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td></tr>
<tr><td colspan="2">시 공 자</td><td>지에스건설㈜</td><td colspan="2">설 계 자</td><td>㈜다산컨설턴트</td></tr>
<tr><td colspan="2">감 리 자</td><td>㈜동일기술공사</td><td colspan="2">관리주체</td><td>서울문산고속도로주식회사</td></tr>
<tr><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">측면 전경</td><td colspan="3">상부 전경</td></tr>
</table>

3.1.2 위치도 및 전경사진



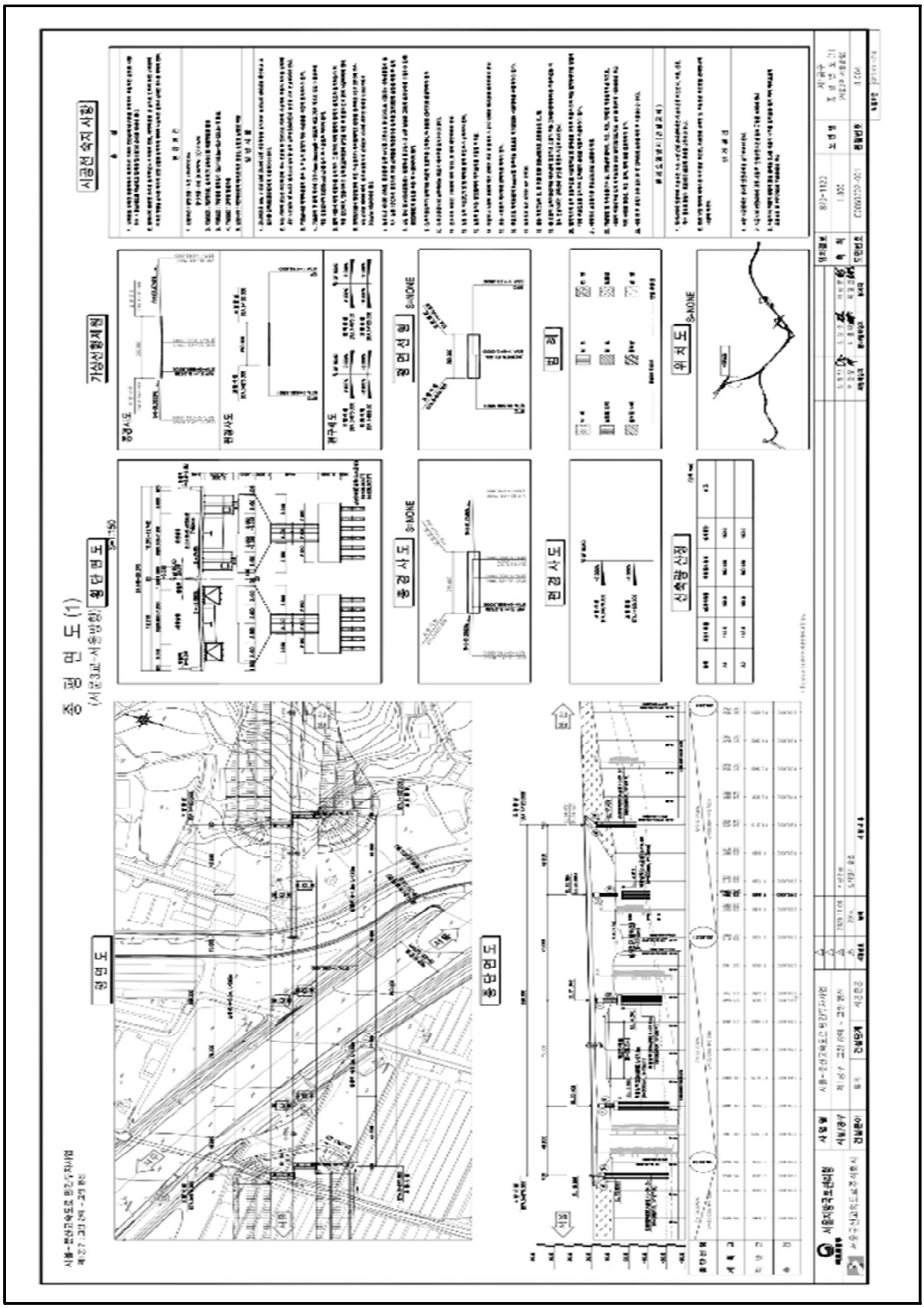
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S4	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 3.1.1】 위치도

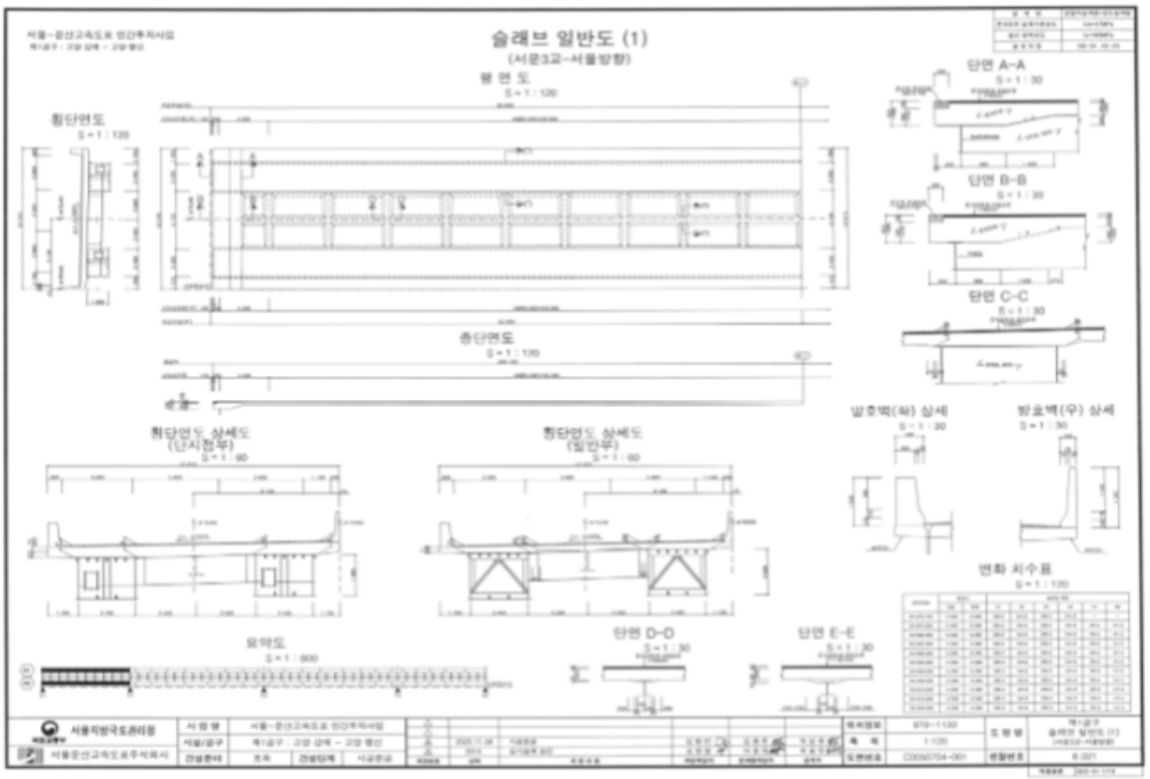
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

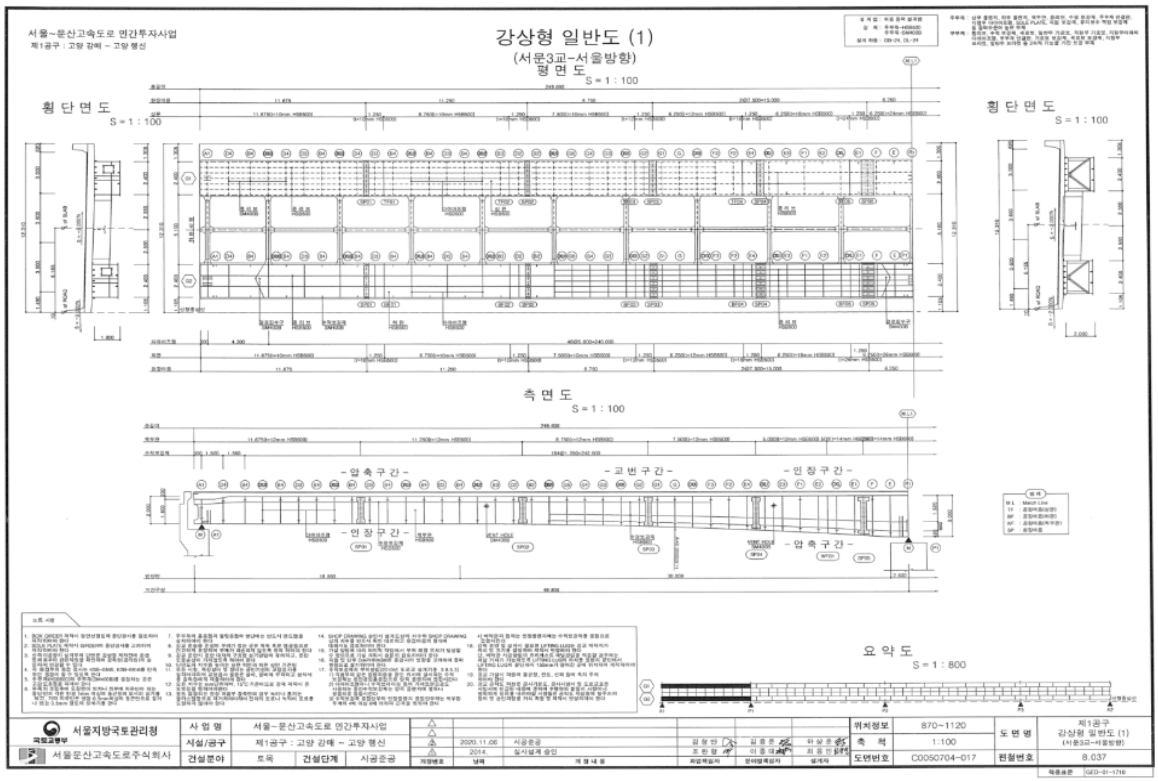
【그림 3.1.2】 부재별 현황

3.1.3 시설물 일반도

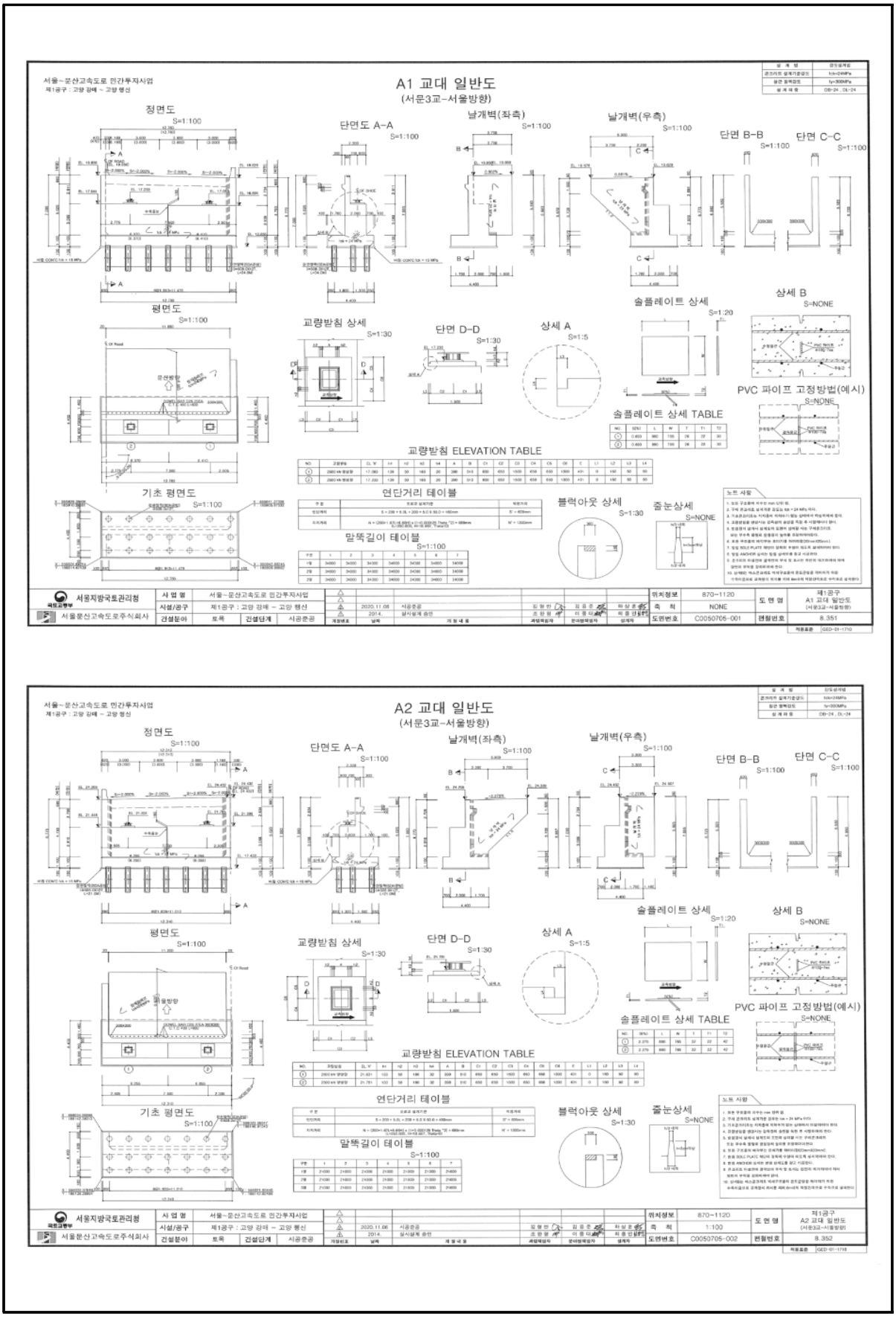


【그림 3.1.3】 평면 및 종단면도

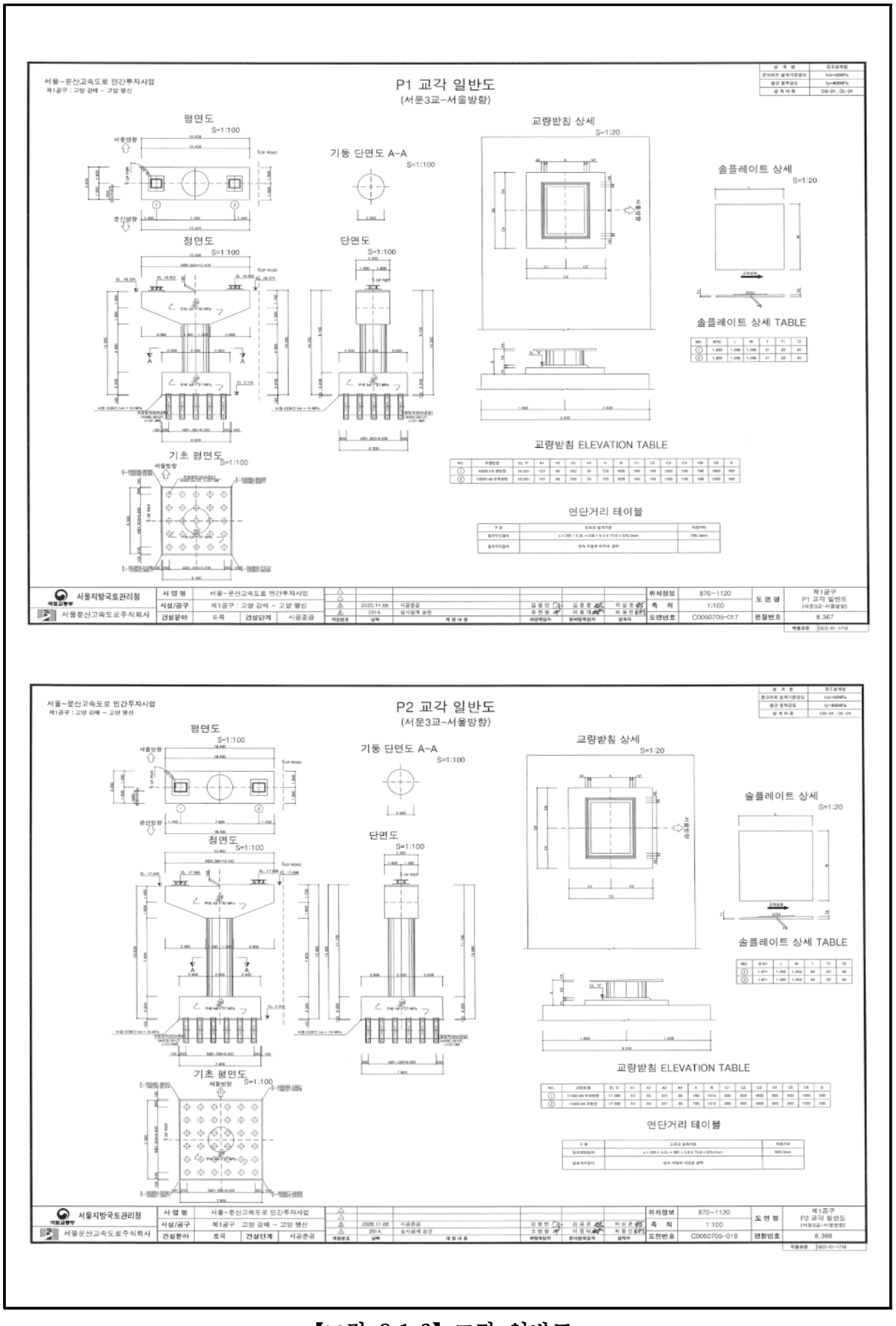




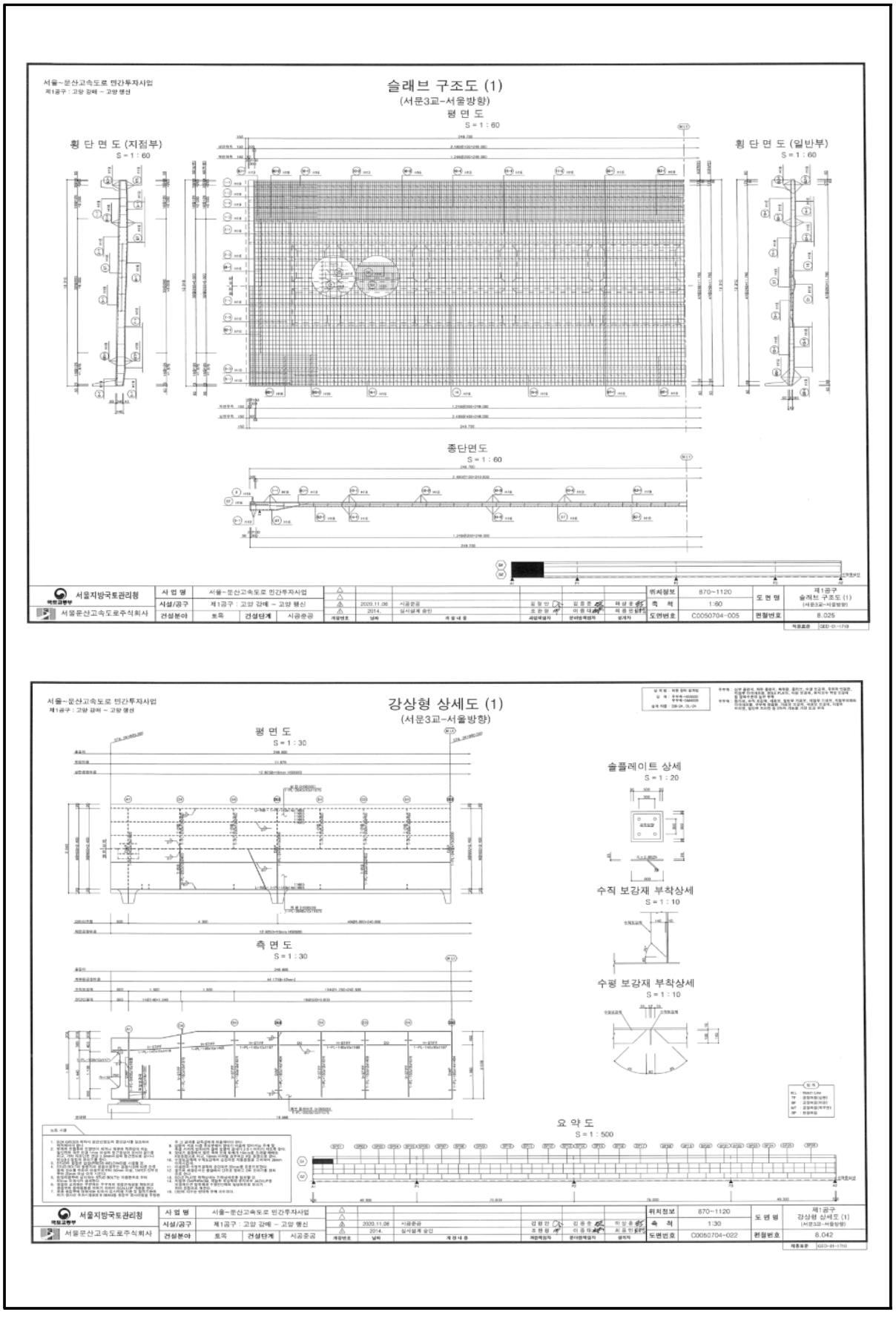
【그림 3.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도


A1 교대 일반도
(서문3교-서울방향)
정면도
단면도 A-A
날개벽(좌측)
날개벽(우측)
단면 B-B
단면 C-C
평면도
교량받침 상세
단면 D-D
상세 A
슬플레이트 상세
상세 B
PVC 파이프 고정방법(예시)
슬플레이트 상세 TABLE
교량받침 ELEVATION TABLE
기초 평면도
연단거리 테이블
말뚝길이 테이블
블럭아웃 상세
줄눈상세
노트 사항
A2 교대 일반도
(서문3교-서울방향)
교량받침 ELEVATION TABLE
서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사

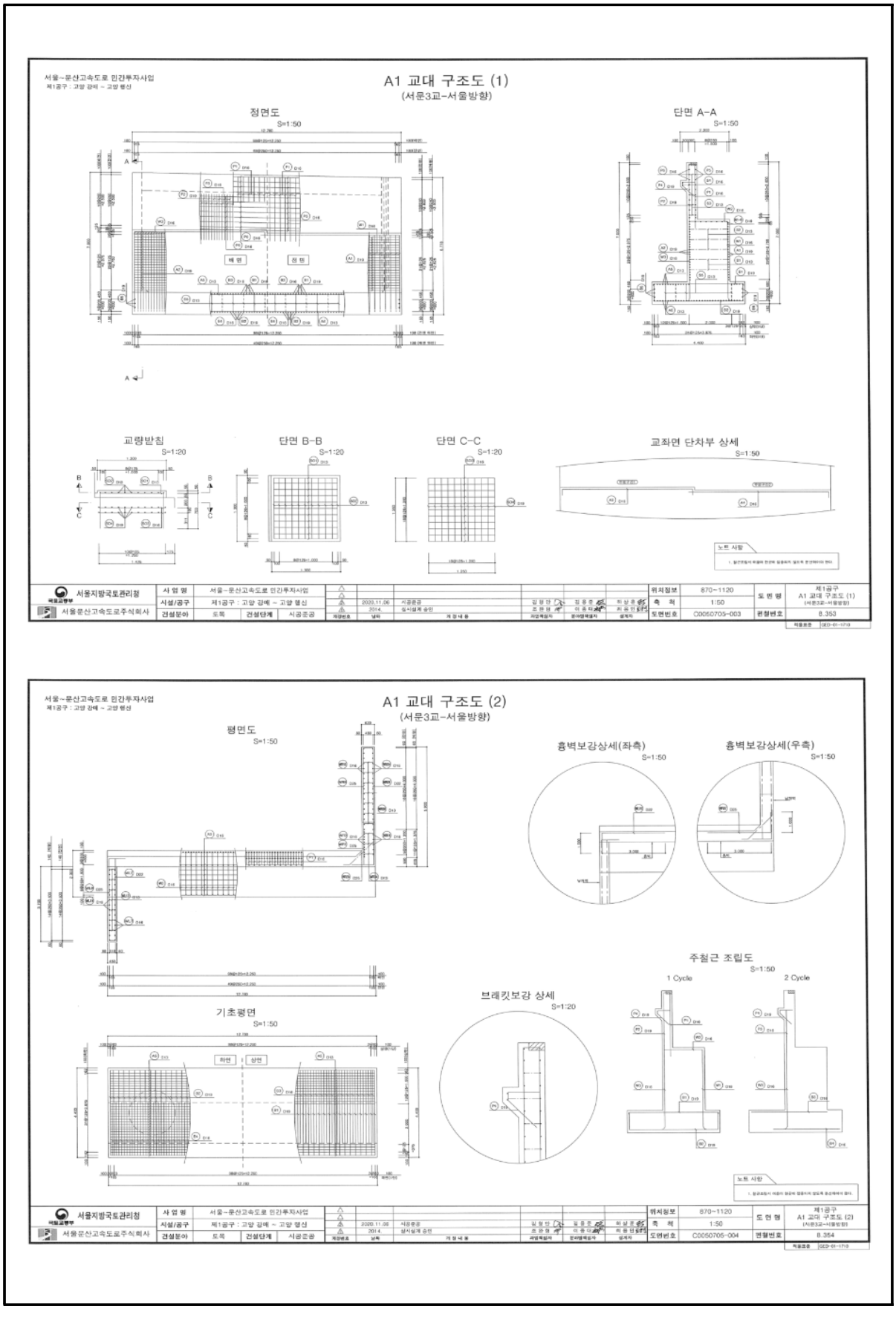
【그림 3.1.5】 교대 일반도


P1 교각 일반도
(서문3교-서울방향)
평면도
S=1:100
기둥 단면도 A-A
S=1:100
교량받침 상세
S=1:20
솔플레이트 상세
S=1:20
정면도
S=1:100
단면도
S=1:100
솔플레이트 상세 TABLE
교량받침 ELEVATION TABLE
기초 평면도
S=1:100
연단거리 테이블
P2 교각 일반도
(서문3교-서울방향)
평면도
S=1:100
기둥 단면도 A-A
S=1:100
교량받침 상세
S=1:20
솔플레이트 상세
S=1:20
정면도
S=1:100
단면도
S=1:100
솔플레이트 상세 TABLE
교량받침 ELEVATION TABLE
기초 평면도
S=1:100
연단거리 테이블

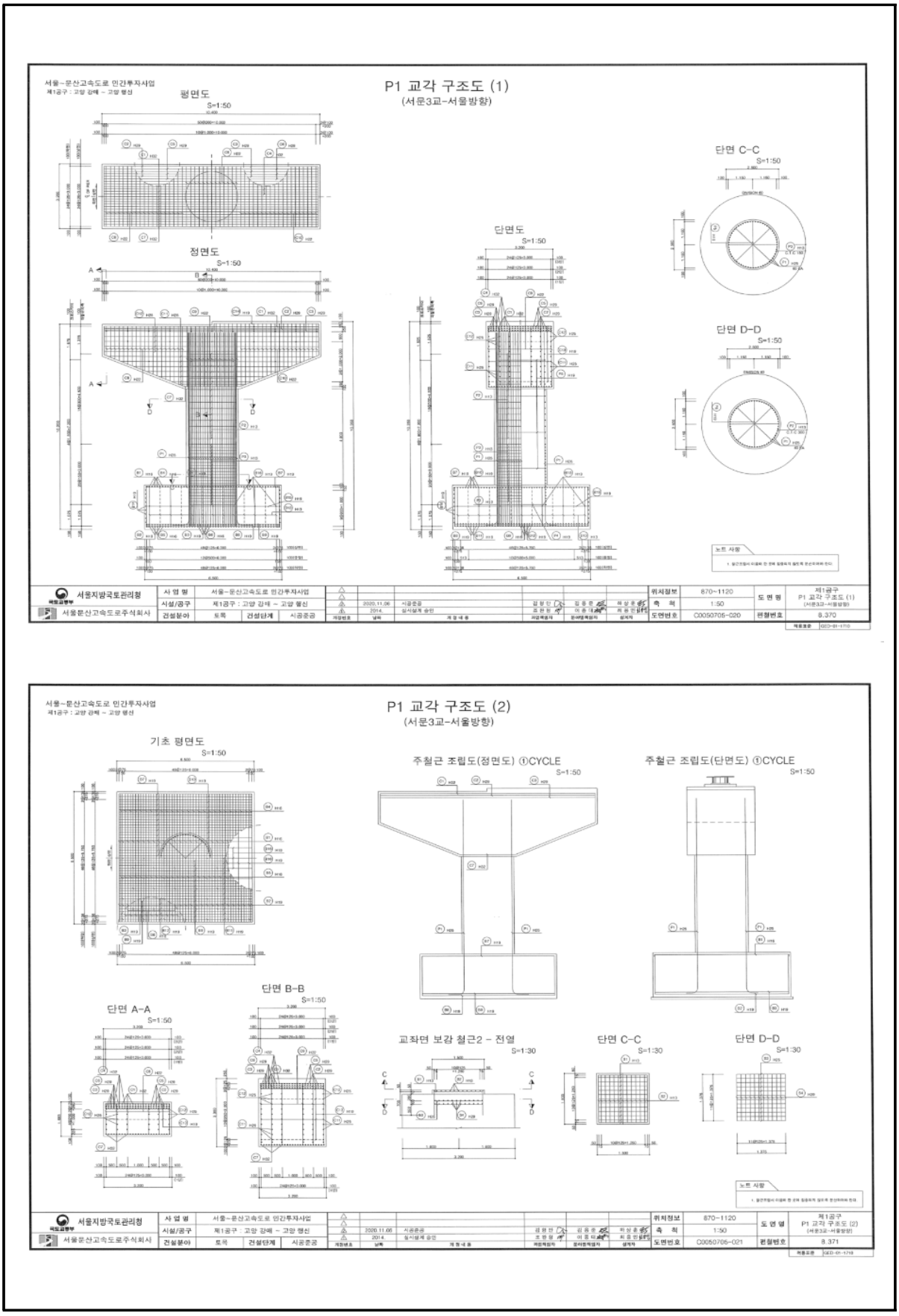
【그림 3.1.6】 교각 일반도



【그림 3.1.7】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도


A1 교대 구조도 (1)
(서문3교-서울방향)
정면도
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
교량받침
S=1:20
단면 B-B
S=1:20
단면 C-C
S=1:20
교좌면 단차부 상세
S=1:50
노트 사항
A1 교대 구조도 (2)
(서문3교-서울방향)
평면도
S=1:50
흉벽보강상세(좌측)
S=1:50
흉벽보강상세(우측)
S=1:50
주철근 조립도
S=1:50
1 Cycle
2 Cycle
브레킷보강 상세
S=1:20
기초평면
S=1:50
노트 사항

【그림 3.1.8】 교대 구조도


서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
P1 교각 구조도 (1)
(서문3교-서울방향)
평면도
S=1:50
정면도
S=1:50
단면도
S=1:50
단면 C-C
S=1:50
단면 D-D
S=1:50
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
위치정보 870~1120
축 척 1:50
도면명 제1공구 P1 교각 구조도 (1) (서문3교-서울방향)
도면번호 C0050705-020
편철번호 8.370
서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
P1 교각 구조도 (2)
(서문3교-서울방향)
기초 평면도
S=1:50
주철근 조립도(정면도) ①CYCLE
S=1:50
주철근 조립도(단면도) ①CYCLE
S=1:50
단면 B-B
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
교좌면 보강 철근2 - 전열
S=1:30
단면 C-C
S=1:30
단면 D-D
S=1:30
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
위치정보 870~1120
축 척 1:50
도면명 제1공구 P1 교각 구조도 (2) (서문3교-서울방향)
도면번호 C0050706-021
편철번호 8.371

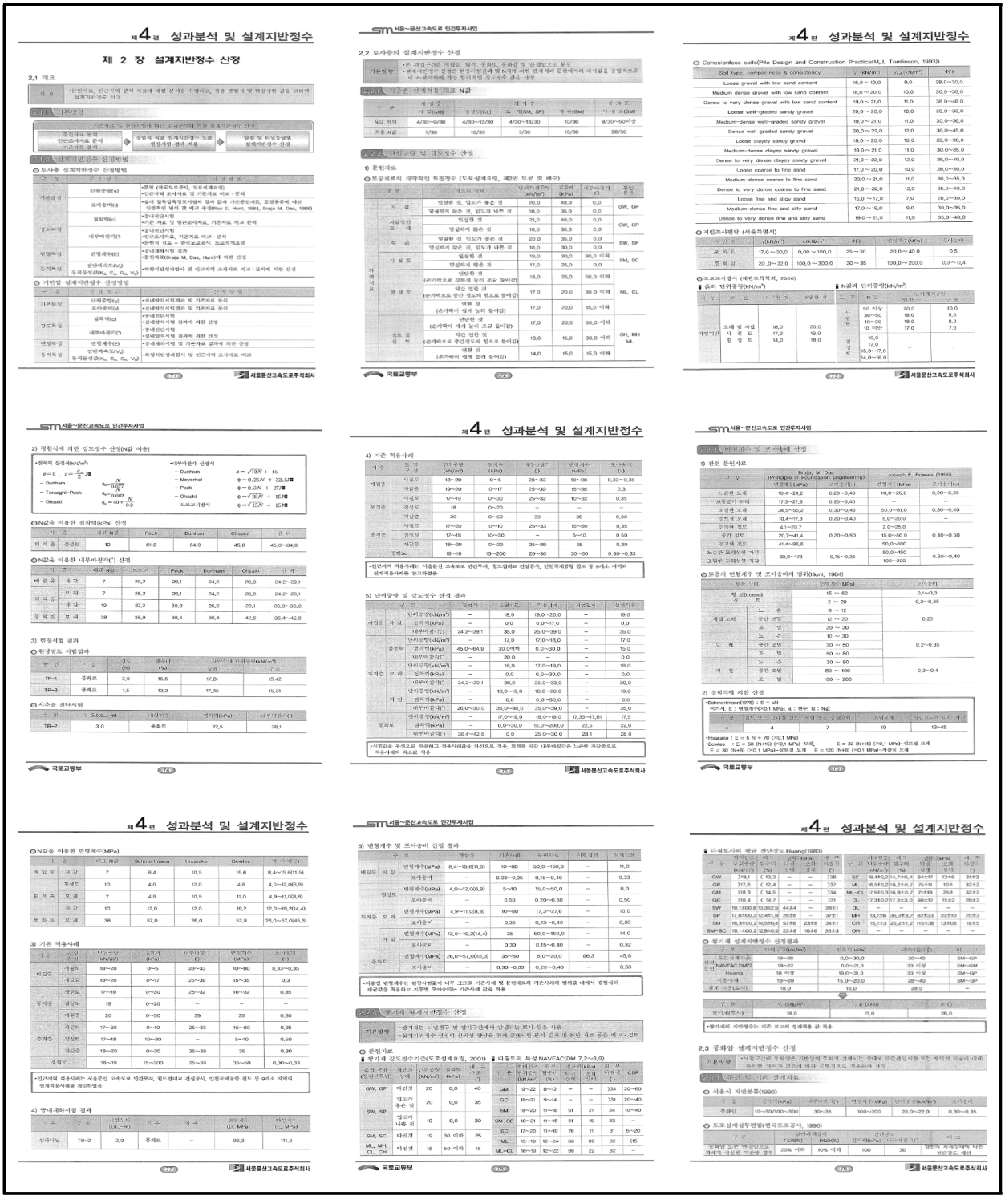
【그림 3.1.9】 교각 구조도

3.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

3.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비 고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	-
	2001	20	30	35	-
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편 암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범 위		19.5~21	10~30	30~36	-

○ 기존 적용사례

구 분	단위중량(kN/m³)	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0.30~0.31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공 번	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31.1	31.4	156.1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	-	19.5~22.0	20.0~22.0	-	20.0
포아송비(ν)	-	0.20~0.45	0.30~0.31	-	0.30

○ 전단강도 및 변형계수

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	-	10.0~300	20~50	31.1	30.0
내부마찰각 (°)	) 39.5	30.0~36.0	30~33	31.4	31.0
변형계수(MPa)	-	200	50.0~350.0	156.1	150.0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

국토교통부 80

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 산정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○ 도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암 석 종 류 (강도)	암 반 과 쇄 상 태 (NX 규격 시추조사시)		암반의 강도정수	
	T.C.R(%)	R.Q.D(%)	φ (°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
	20~30%	10~25%	33°	130
경한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○ 서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반명	단위중량 γt (kN/m³)	내부마찰각 φ (°)	변형계수 E_s (MPa)	포아송비 ν
연 암	23~25	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0.25
경 암	25~27	35~45	1,000~4,000	0.20

2) 기존 적용사례

구 분		단위중량(kN/m³)	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	I등급	27	4,200	44~45	18,000	0.21
	II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0.22
	III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0.24
	IV등급	24	800~900	34	1,000	0.25
	V등급	23	400	33	500	0.26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

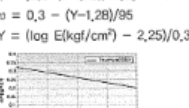
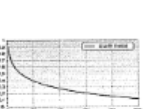
81 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

2.4.2 경험식에 의한 검토

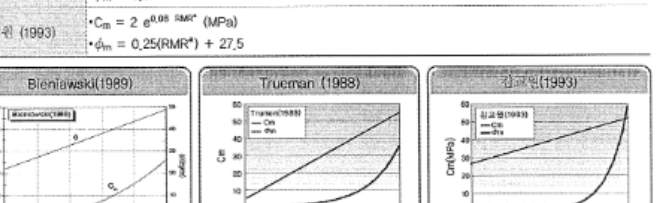
○ 제안자별 경험식

▮ 단위중량 및 포아송비

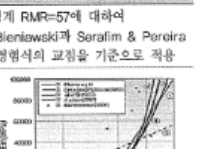
구 분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산 정 식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y-1.28)/14.3] × 10 υ = 0.3 - (Y-1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) - 2.25)/0.35 	υ = -0.17 Ln(RMR')+0.9 

▮ 점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	관 계 경 험 식
•Bieniawski (1989)	$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346 \times 10^{-5}RMR^2$ $\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031\ RMR^2$
•Trueman (1988)	$C_m = 0.25\ e^{0.05\ RMR}$ (Mpa) $\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	$C_m = 2\ e^{0.08\ RMR^*}$ (MPa) $\phi_m = 0.25(RMR^*) + 27.5$



▮ 변형계수

변형계수 경험식	관 계 경 험 식	적 용 내 용
•Bieniawski (1978)	E_m = 2RMR-100(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\ e^{0.07RMR^*}$(GPa) - RMR* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\ RMR^{3.54}$(MPa)	
•Mohammad (1997)	E_m = 0.562 RMR + 0.183 (GPa)	

국토교통부 82

제4편 성과분석 및 설계지반정수

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구 분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	단위중량(kN/m³) 김교원 (1993)	포아송비(ν) Tsuchiya (1984)	포아송비(ν) 김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	26.3	-	0.21	0.15
	II등급	64	25.5	-	0.22	0.19
	III등급	53	24.8	-	0.23	0.22
	IV등급	36	23.8	-	0.24	0.29
	V등급	10	22.1	-	0.27	0.49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구 분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	점착력(kPa) Truman (1988)	점착력(kPa) 김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	내부마찰각(φ) Truman (1988)	내부마찰각(φ) 김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	V등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구 분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Sarafim & Pereira(1983)	변형계수(MPa) 김교원(1993)	변형계수(MPa) Aydan(1977)
터널구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,800	13,100	12,300
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	-

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11.0	연 암	화강암질 편마암	IV	980.3	1,166.2
	TB-3	17.0	연 암	화강암질 편마암	IV	598.9	908.3

83 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	탄성파속도(m/s) S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	IV	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	III	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	III	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	III	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	III	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	III	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	IV	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	III	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	지 층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적 용	포아송비(ν) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	I등급	27	26.3	-	27.0	0.21	0.15~0.21	-	0.21
	II등급	26	25.5	-	26.0	0.22	0.19~0.22	-	0.22
	III등급	25	24.8	26.65~26.90	25.0	0.24	0.22~0.23	0.16~0.19	0.24
	IV등급	24	23.8	27.08~28.93	24.0	0.25	0.24~0.29	0.16~0.21	0.25
	V등급	23	22.1	-	23.0	0.26	0.27~0.49	-	0.26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구 분	지 층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적 용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적 용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

국토교통부 84

제4편 성과분석 및 설계지반정수

○ 변형계수

구 분	지 층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	-	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	-	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	-	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	-	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)	암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)
각 섬 암	32	화강암 (조립질)	31~35
현 무 암	31~38	석 회 암	33~40
역 암	35	편 암	31
백 악	30	사 암	25~35
백 운 암	27~31	셰 일	27
편마암 (편암질)	23~29	미 사 암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점 판 암	25~30

주) 좌측 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암 석 명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비 고
점착력이 없는 물질	빙과/과쇄암석	현무암	40.0 ~ 50.0	-	-
		백악	30.0 ~ 40.0		
		화강암	45.0 ~ 50.0		
		석회암	35.0 ~ 40.0		
		사암	35.0 ~ 45.0		
		셰일	30.0 ~ 35.0		
점착력이 있는 물질	암 석	견고한 화성암	35.0 ~ 45.0	35.7 ~ 56.1	(화강암, 현무암, 반암)
		변성암	30.0 ~ 40.0	20.4 ~ 40.8	(규암, 편마암, 점판암)
		견고한 퇴적암	35.0 ~ 45.0	10.2 ~ 30.6	(석회암, 백운석, 사암)
		연약한 퇴적암	25.0 ~ 35.0	1.0 ~ 20.4	(사암, 석탄, 백악, 셰일)

85 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암 석 명	설 명	최대강도 c'(kPa)	최대강도 φ (°)	잔류강도 c'(kPa)	잔류강도 φ (°)	시 험 자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240.0	42.0	-	-	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15.0 90.0~120.0 60.0~100.0	7.5 12.0~17.0 9.0~13.0	-	-	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0.0~270.0	8.5~29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0.0~180.0	12.0~18.5	0.0~3.0	10.5~16.0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60.0	32.0	-	-	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	-	-	0.0	19.0~25.0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
협탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0~13.0	16.0	0.0	11.0~11.5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화강섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0.0	26.5	-	-	Brawner[116]
화강암 /편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 약화됨, 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0.0~100.0 50.0~242.0	24.0~25.0 40.0~42.0	-	-	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	-	-	0.0	21.0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0~200.0	13.0~14.0 17.0~21.0	0.0	13.0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80.0 100.0	38.0 10.0	-	-	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0~24.0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14.0~30.0	15.0~17.5	-	-	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360.0 16.0~20.0	14.0 7.5~11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30.0~80.0 610.0~740.0 380.0	32.0 41.0 31.0	-	-	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50.0	33.0	-	-	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42.0~90.0	36.0~38.0	-	-	

국토교통부 86

제4편 성과분석 및 설계지반정수

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구 분	현무암	역 암	편마암	화강암	사 암	셰 일
마찰각(°)	31.0 ~ 38.0	35.0	23.0 ~ 29.0	29.0 ~ 35.0	25.0 ~ 35.0	27.0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C, Wyllie, 1992)

구 분	암 종	내부마찰각(°)	비 고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20.0 ~ 27.0	-
Medium-friction Rocks	27.0 ~ 34.0	-	-
사암, 역암, 편마암, 슬레이트	-	-	-

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암 종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	-	47.0~59.0	47.0	-	34.7~39.1	34.0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

87 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개 요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음

•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76 \times N^{0.33}$ • Imai(1982) $V_s = 97.0 \times N^{0.314}$

•Okamoto(1989) $V_s = 125 \times N^{0.3}$ • Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84 \times N^{0.31}$

- 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$
- 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$
- 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1-2\nu_d)$

여기서, ρ= γ/g , γ=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구 분		하향식탄성파 V_p(m/s)	하향식탄성파 V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비 고
매립층		-	-	144.4~224.1	180	-
퇴적층	점토	-	-	162.5~249.4	200	-
	모래	-	-	144.4~224.1	170	-
	자갈	-	-	162.5~249.4	190	-
풍화토		919~984	375~408	252.4~372.3	392	-
풍화암		1,103~1,185	511~577	276.4~404.2	544	-
연 암		1,786~1,881	927~980	-	954	4등급
경 암		2,168~2,323	1,192~1,277	-	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

분석결과 •내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용

국토교통부 88



제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성 암반	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성 암반	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성 암반	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
균열 간격이 없을때	불투수성 암반	1.0×10^{-9} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

89 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

2.7.3 불연속체 설계지반정수

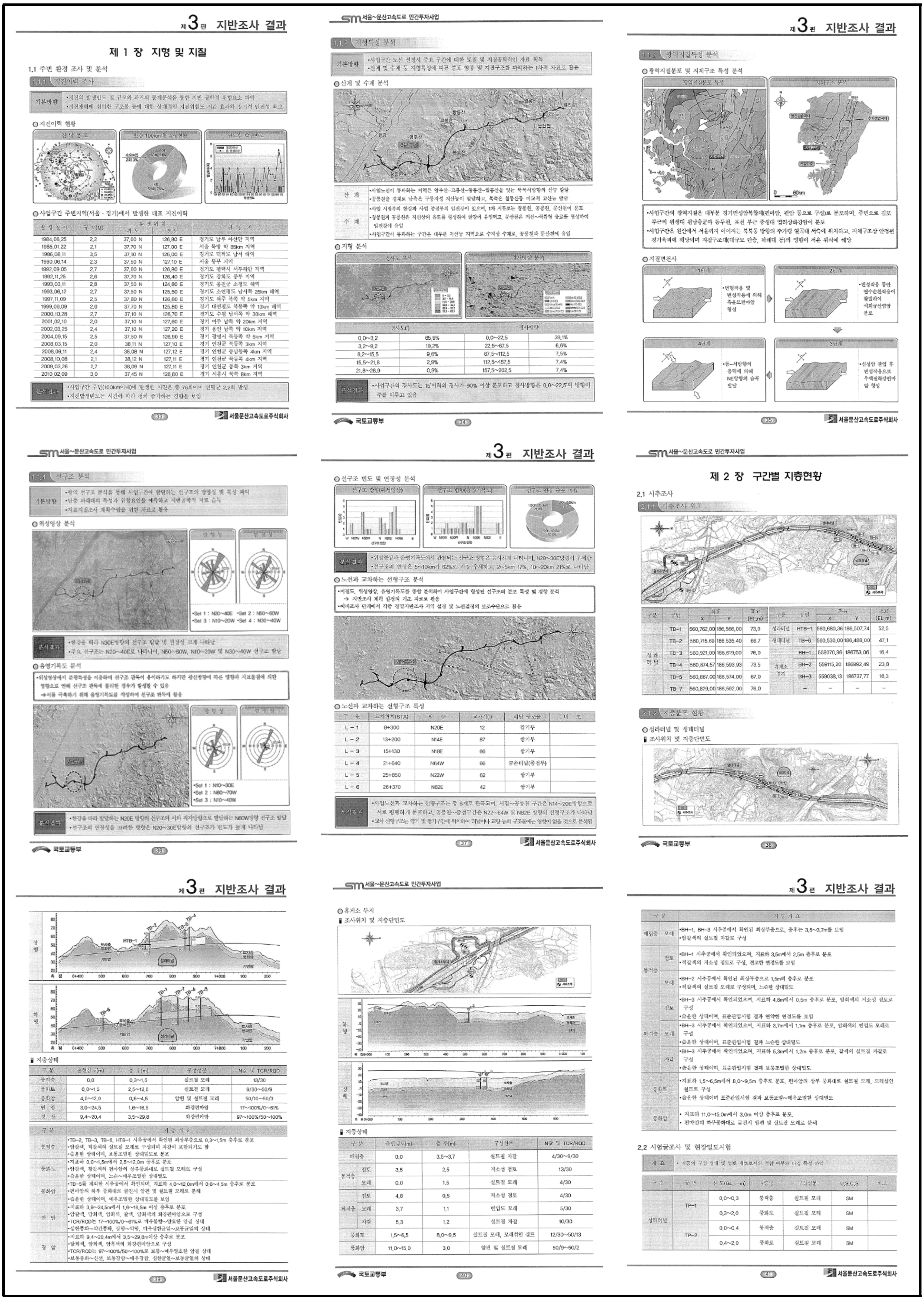
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	v_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부 90

나. 지반 및 지질 조사보고서



제3편 지반조사 결과

제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

○지진이력 현황

진앙분포 / 반경 100km내 발생현황 / 연도별 발생빈도

○사업구간 주변지역(서울·경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

33　서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석

산계	•사업노선이 통과하는 지역은 영주산–고봉산–왕봉산–월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 저산성의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 저산~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석

경사도 분석 / 경사방향 분석

경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부　34

제3편 지반조사 결과

1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석

광역지질분포 특성 / 지체구조 분석

•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
•사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사

1단계: •변형작용 및 변성작용에 의해 흑운모편마암 형성
2단계: •변성작용 동안 열수순환작용이 활발하여 석회규산염암 분포
3단계: •심성암 관입 후 변성작용으로 우백질화강편마암 형성
4단계: •동–서방향의 응력에 의해 NE방향의 습곡 발달

35　서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

○위성영상 분석

방향성 / 연장성

•Set 1 : N20~40E •Set 2 : N50~60W
•Set 3 : N10~20W •Set 4 : N30~40W

분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

방향성 / 연장성

•Set 1 : N10~30E
•Set 2 : N60~70W
•Set 3 : N10~40W

분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부　36

제3편 지반조사 결과

○선구조 빈도 및 연장성 분석

선구조 방향(위성영상) / 선구조 방향(음영기복도) / 선구조 연장 분포 비율

분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용

○노선과 교차하는 선형구조 특성

구분	교차위치(STA)	방향	교차각(°)	해당 구조물	비고
L – 1	6+300	N20E	12	깎기부	
L – 2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L – 3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L – 4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L – 5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L – 6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 관측되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

37　서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
성라터널	TB–1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB–1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB–2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB–6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB–3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소 부지	BH–1	559070.96	186753.06	16.4
	TB–4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH–2	559115.20	186992.49	23.8
	TB–5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH–3	559038.13	186737.77	16.3
	TB–7	560,829.00	186,592.00	76.0		–	–	–	–

2.1.2 지층분포 현황

○성라터널 및 생태터널

▮조사위치 및 지층단면도

국토교통부　38

제3편 지반조사 결과

상행 / 하행 (지층단면도: HTB–1, TB–2, TB–5, TB–4, TB–6, TB–1, TB–7, TB–3, 토사층, 풍화암, 기반암, 성라터널)

▮지층상태

구분	출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

구분	지층개요
붕적층	•TB–2, TB–3, TB–6, HTB–1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB–5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39　서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▮조사위치 및 지층단면도

하행 / 상행

▮지층상태

구분		출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부　40

제3편 지반조사 결과

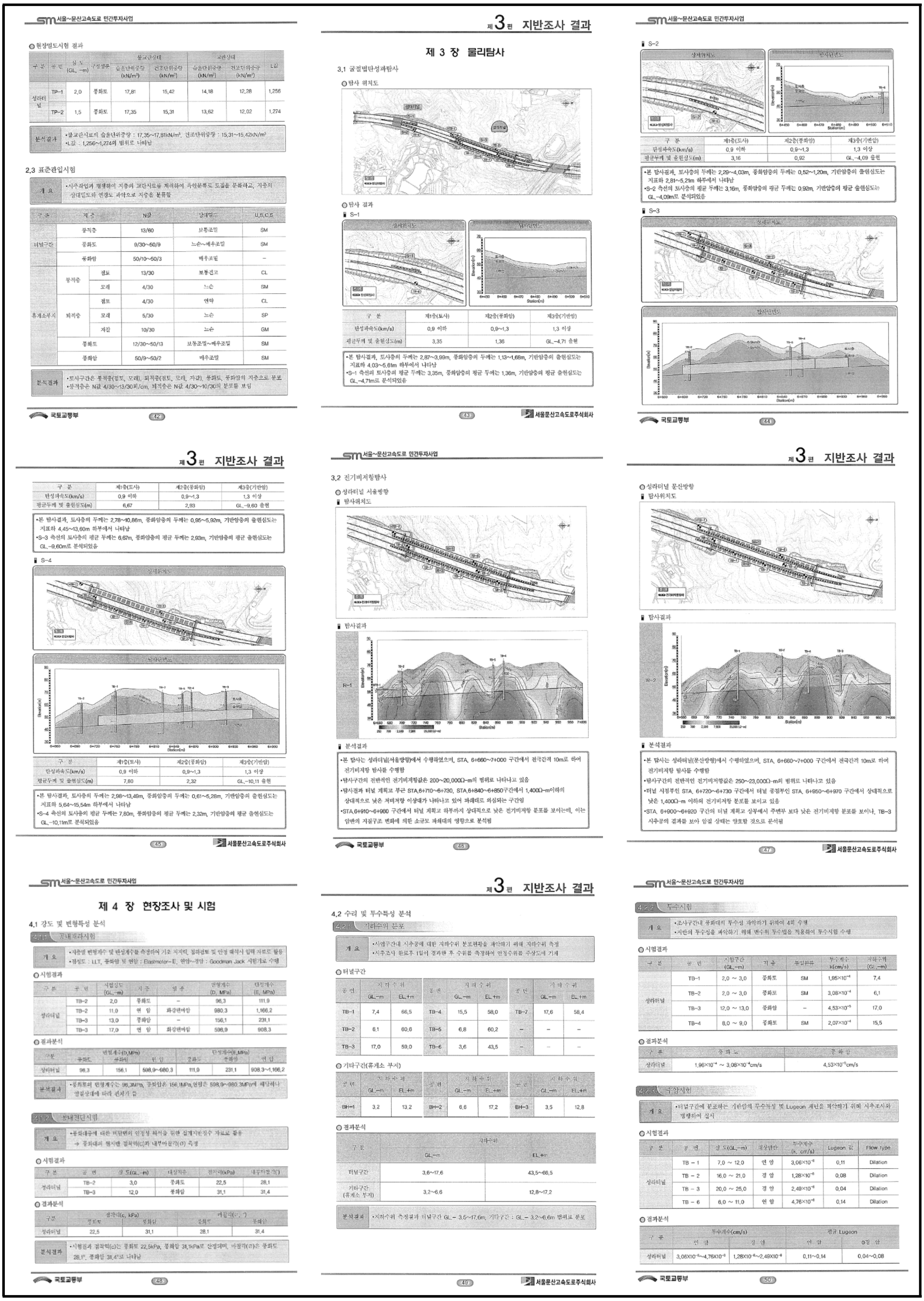
구분		지층개요
매립층	모래	•BH–1, BH–3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH–1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
	모래	•BH–2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
	모래	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
	자갈	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포. • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구분	공번	심도(GL. –m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP–1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
	TP–2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41　서울문산고속도로주식회사



서울~문산고속도로 민간투자사업

○현장밀도시험 결과

구분	공번	심도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
성라터널	TP-1	2.0	풍화토	17.81	15.42	14.18	12.28	1.256
	TP-2	1.5	풍화토	17.35	15.31	13.62	12.02	1.274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17.35~17.81kN/m³, 건조단위중량 : 15.31~15.42kN/m³ •L값 : 1.256~1.274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

구분	지층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	-
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토사구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

국토교통부 42

제3편 지반조사 결과

제 3 장 물리탐사

3.1 굴절법탄성파탐사

○탐사 위치도

○탐사 결과

S-1

상세위치도 / 탐사단면도

구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL.-4.71 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 풍화암층의 두께는 1.13~1.68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.03~5.61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 풍화암층의 평균 두께는 1.36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.71m로 분석되었음

43 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

S-2

상세위치도 / 탐사단면도

구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.16	0.92	GL.-4.09 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.29~4.03m, 풍화암층의 두께는 0.52~1.20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2.81~5.21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3.16m, 풍화암층의 평균 두께는 0.92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.09m로 분석되었음

S-3

상세위치도

탐사단면도

국토교통부 44

제3편 지반조사 결과

구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6.67	2.93	GL.-9.60 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.78~10.86m, 풍화암층의 두께는 0.95~5.92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.45~13.60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6.67m, 풍화암층의 평균 두께는 2.93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9.60m로 분석되었음

S-4

상세위치도

탐사단면도

구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7.80	2.32	GL.-10.11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.98~13.49m, 풍화암층의 두께는 0.61~5.28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5.64~15.54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7.80m, 풍화암층의 평균 두께는 2.32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10.11m로 분석되었음

45 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

3.2 전기비저항탐사

○성라터널 서울방향

탐사위치도

탐사결과

R-1

분석결과

•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

국토교통부 46

제3편 지반조사 결과

○성라터널 문산방향

탐사위치도

탐사결과

R-2

분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

47 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-Ⅱ, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○시험결과

구분	공번	시험심도 (GL.-m)	지층	암종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2.0	풍화토	-	96.3	111.9
	TB-2	11.0	연암	화강편마암	980.3	1,166.2
	TB-3	13.0	풍화암	-	156.1	231.1
	TB-3	17.0	연암	화강편마암	598.9	908.3

○결과분석

구분	변형계수(D,MPa) 풍화토	풍화암	연암	탄성계수(E,MPa) 풍화토	풍화암	연암
성라터널	96.3	156.1	598.9~980.3	111.9	231.1	908.3~1,166.2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96.3MPa, 풍화암은 156.1MPa,연암은 598.9~980.3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 원지반 점착력(C)과 내부마찰각(Ø) 측정

○시험결과

구분	공번	심도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3.0	풍화토	22.5	28.1
	TB-3	12.0	풍화암	31.1	31.4

○결과분석

구분	점착력(c, kPa) 풍화토	풍화암	마찰각(Ø, °) 풍화토	풍화암
성라터널	22.5	31.1	28.1	31.4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22.5kPa, 풍화암 31.1kPa로 산정되며, 마찰각(Ø)은 풍화토 28.1°, 풍화암 31.4°로 나타남

국토교통부 48

제3편 지반조사 결과

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

○터널구간

공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
TB-1	7.4	66.5	TB-4	15.5	58.0	TB-7	17.6	58.4
TB-2	6.1	60.6	TB-5	6.8	60.2	-	-	-
TB-3	17.0	59.0	TB-6	3.6	43.5	-	-	-

○기타구간(휴게소 부지)

공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
BH-1	3.2	13.2	BH-2	6.6	17.2	BH-3	3.5	12.8

○결과분석

구분	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
터널구간	3.6~17.6	43.5~66.5
기타구간 (휴게소 부지)	3.2~6.6	12.8~17.2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3.6~17.6m, 기타구간 : GL.- 3.2~6.6m 범위로 분포

49 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.2.2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

○시험결과

구분	공번	시험구간 (GL.-m)	지층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	1.95×10⁻⁴	7.4
	TB-2	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	3.08×10⁻⁴	6.1
	TB-3	12.0 ~ 13.0	풍화암	-	4.53×10⁻⁵	17.0
	TB-4	8.0 ~ 9.0	풍화토	SM	2.07×10⁻⁴	15.5

○결과분석

구분	풍화토	풍화암
성라터널	1.96×10^{-4} ~ 3.08×10^{-4}cm/s	4.53×10^{-5}cm/s

4.2.3 수압시험

개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 계수를 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

○시험결과

구분	공번	심도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7.0 ~ 12.0	연암	3.06×10^{-6}	0.11	Dilation
	TB - 2	16.0 ~ 21.0	경암	1.28×10^{-6}	0.08	Dilation
	TB - 3	20.0 ~ 25.0	경암	2.49×10^{-6}	0.04	Dilation
	TB - 6	6.0 ~ 11.0	연암	4.76×10^{-6}	0.14	Dilation

○결과분석

구분	투수계수(cm/s) 연암	투수계수(cm/s) 경암	평균 Lugeon 연암	평균 Lugeon 경암
성라터널	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	0.11~0.14	0.04~0.08

국토교통부 50

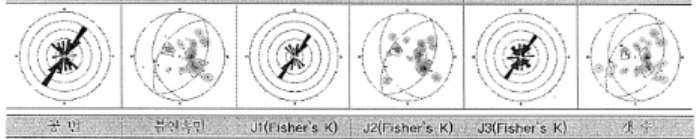
4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

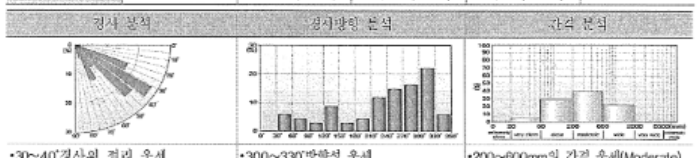
개 요	•암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악 •불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

○ 시험결과

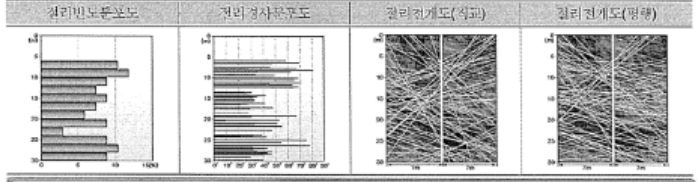
▮ TB-1



공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-1	전체절리	43/303(59.55)	28/263(85.24)	33/121(94.80)	68
	파쇄절리	45/303(61.08)	31/251(39.28)	33/121(53.08)	27
	미세절리	39/310(63.64)	28/264(71.60)	28/116(58.46)	41

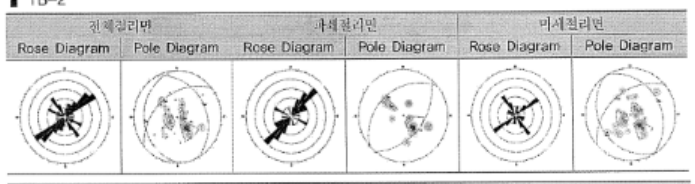


•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

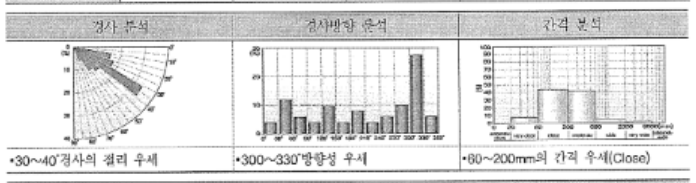


•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 아크릴관 밖에 슬러지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

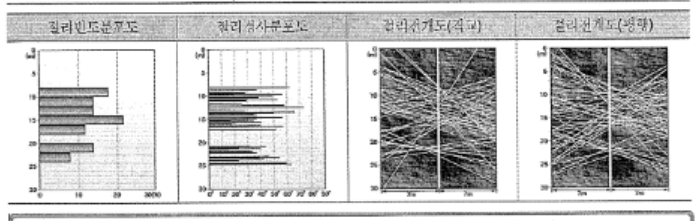
▮ TB-2



공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-2	전체절리	38/321(77.54)	23/63(56.42)	15/266(79.84)	51
	파쇄절리	30/320(38.49)	43/129(38.81)	–	18
	미세절리	38/320(58.01)	22/61(51.90)	20/235(72.36)	33

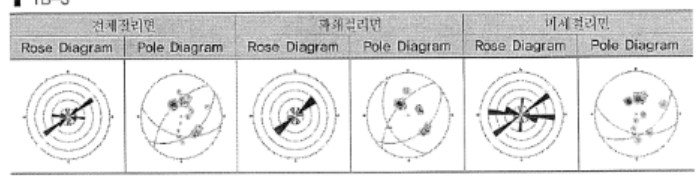


•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •60~200mm의 간격 우세(Close)

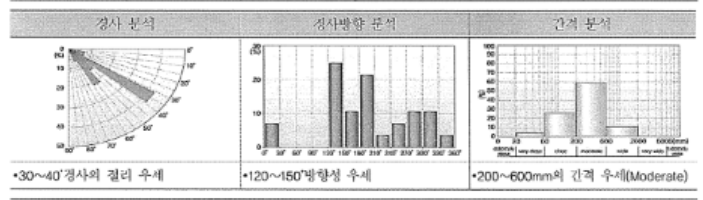


•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

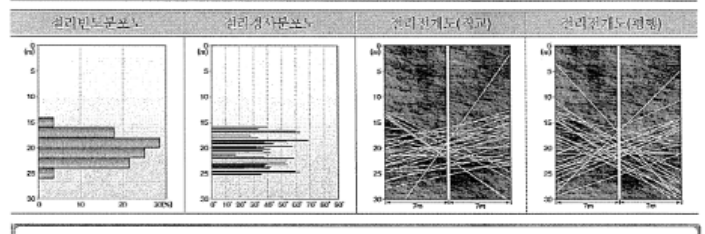
▮ TB-3



공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-3	전체절리	38/145(176.3)	41/193(80.35)	56/313(71.51)	28
	파쇄절리	37/143(119.93)	55/310(55.92)	33/243(173.7)	11
	미세절리	41/193(64.42)	39/148(419.8)	–	17

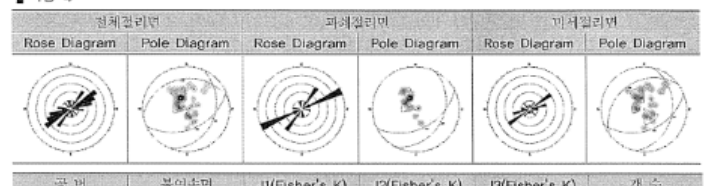


•30~40°경사의 절리 우세 •120~150°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

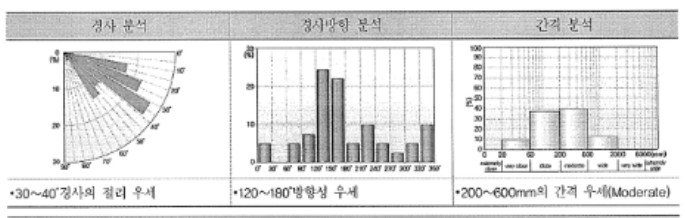


•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

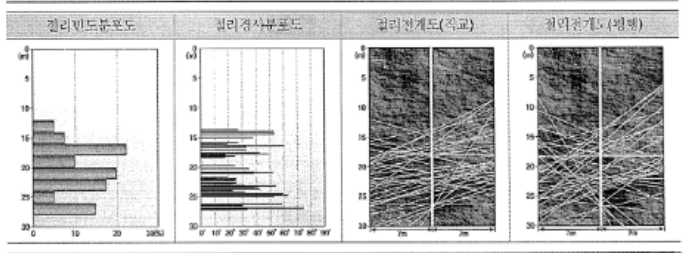
▮ TB-4



공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-4	전체절리	39/156(48.01)	23/111(69.14)	19/349(359.3)	41
	파쇄절리	40/153(50.83)	24/117(52.12)	–	14
	미세절리	37/158(42.76)	23/325(46.83)	23/102(111.7)	27



•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)



•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요	•기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 점착력과 마찰각 산정 ⇒ 불연속체 해석물성치 산정시 기초 자료로 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과	•터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요	•측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_d, K_d)산정 •동포아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

○ 시험결과

▮TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

▮TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	927	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,168	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

○ 전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 심도 (GL.-m)	EL.(m)	기표하 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (설계적용 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL.-7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL.-30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요	•시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행 •지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널 구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	붕적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타 구간 (휴게소)	BH-1	4.0	붕적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과	•실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 붕적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨 •함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 다짐 및 CBR시험

개 요	•쌓기재료로 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악 •쌓기재료에 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 쌓기재료 유용성 평가시 활용

○ 실시설계 시험결과

공 번		심 도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널 구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.26	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과	•건조단위중량은 A다짐:17.37~17.45kN/m³, D다짐:17.37~18.40kN/m³로 분석됨 •CBR는 12.0~12.8%(평균 12.4%)의 범위에 해당

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요	•시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정 •지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 시험결과

구분	공번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

○ 지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과	•연 암 ⇒ 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19 •경 암 ⇒ 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

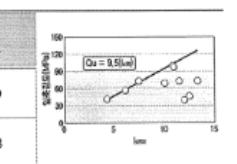
개 요	•암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index I_{s50}값을 산정

○ 시험결과

구분	공번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구분	공번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널 구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널 구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

○ 지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
$I_{s(50)}$(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3

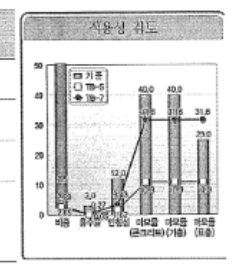


•과업구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.5(I_{s50})의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 본선발생암 유용성 검토

○ 시험결과 및 적용성 검토

시험항목	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		



•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 강매3교-서울방향

(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)

(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교

(4) 교 량 연 장 : 50.000 + 75.000 + 75.000 + 50.000 = 250.000 m

(5) 교 량 폭 원 : B = 12.625 m

(6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 2.000 ~ 3.000 m

(7) 사 각(Skew) : 90.000 °

(8) 곡률반경(R) : 선형중심 = ∞ m

(9) 설 계 속 도 : 100.000 km/h

(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

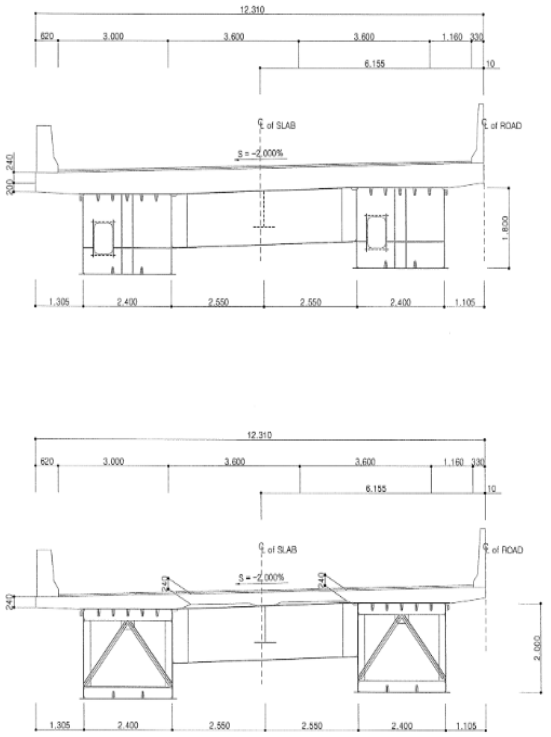
• 사 용 재 료

주 부 재	HSB500(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 슬플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부의 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_{st})	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

2. 단면가정



구조계산 CHECK LIST

4.단면별 응력검토결과

작용응력에 대한 허용응력 검토

< Girder - 1 >

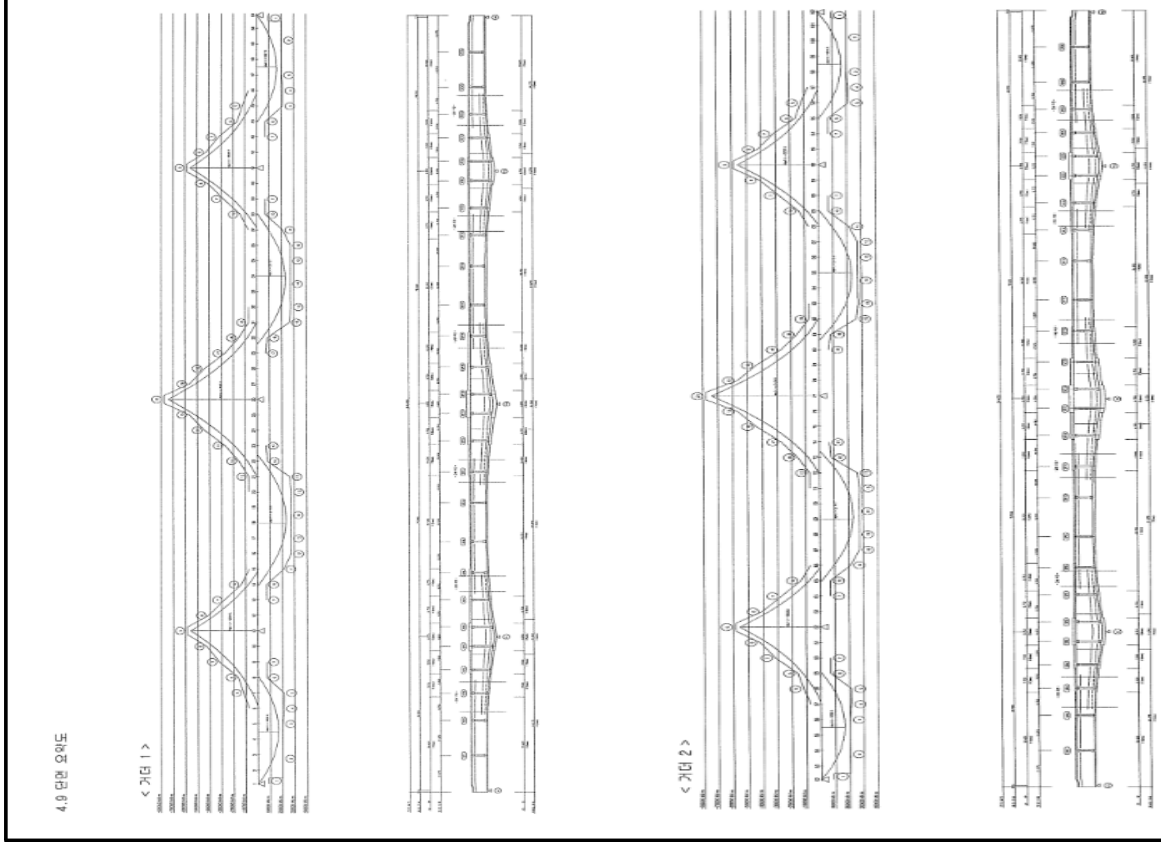
구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	78.650	299.000	26	O.K	-53.607	230.000	23	O.K
단면 2	81.433	136.400	60	O.K	-183.372	230.000	80	O.K
단면 3	75.519	136.400	55	O.K	-183.648	230.000	80	O.K
단면 4	50.722	136.400	37	O.K	-148.789	230.000	65	O.K
단면 5	58.755	299.000	20	O.K	-70.898	230.000	31	O.K
단면 6	-86.613	230.000	38	O.K	150.162	196.727	76	O.K
단면 7	-139.463	230.000	61	O.K	176.399	263.171	67	O.K
단면 8	-203.265	230.000	88	O.K	199.806	228.844	87	O.K
단면 9	-217.492	230.000	95	O.K	208.983	230.000	91	O.K
단면 10	-56.329	264.500	21	O.K	112.123	246.560	45	O.K
단면 11	66.695	299.000	22	O.K	-72.082	230.000	31	O.K
단면 12	70.301	171.067	41	O.K	-137.360	230.000	60	O.K
단면 13	96.579	171.067	56	O.K	-179.718	230.000	78	O.K
단면 14	105.418	171.067	62	O.K	-195.718	230.000	85	O.K
단면 15	84.481	299.000	28	O.K	-91.519	230.000	40	O.K
단면 16	-43.884	230.000	19	O.K	96.013	263.171	36	O.K
단면 17	-118.688	230.000	52	O.K	156.756	263.171	60	O.K
단면 18	-145.299	230.000	63	O.K	147.165	230.000	64	O.K
단면 19	-201.543	230.000	88	O.K	195.193	230.000	85	O.K
단면 20	-211.977	230.000	92	O.K	201.925	230.000	88	O.K
SP 1	75.544	136.400	55	O.K	-165.778	230.000	72	O.K
SP 2	61.675	136.400	45	O.K	-164.928	230.000	72	O.K
SP 3	-53.943	264.500	20	O.K	110.714	196.727	56	O.K
SP 4	-131.911	230.000	57	O.K	169.832	263.171	65	O.K
SP 5	-177.098	230.000	77	O.K	174.227	230.000	76	O.K
SP 6	-174.504	230.000	76	O.K	172.485	230.000	75	O.K
SP 7	-95.059	230.000	41	O.K	144.766	263.171	55	O.K
SP 8	72.829	299.000	24	O.K	-80.627	230.000	35	O.K
SP 9	98.391	171.067	58	O.K	-182.735	230.000	79	O.K
SP 10	85.274	171.067	50	O.K	-171.969	230.000	75	O.K
SP 11	44.325	299.000	15	O.K	-46.522	230.000	20	O.K
SP 12	-123.314	230.000	54	O.K	128.319	230.000	56	O.K
SP 13	-177.276	230.000	77	O.K	170.931	230.000	74	O.K
SP 14	-177.276	230.000	77	O.K	170.931	230.000	74	O.K
SP 15	-123.313	230.000	54	O.K	128.318	230.000	56	O.K
SP 16	44.323	299.000	15	O.K	-46.518	230.000	20	O.K
SP 17	85.273	171.067	50	O.K	-171.969	230.000	75	O.K
SP 18	98.393	171.067	58	O.K	-182.742	230.000	79	O.K
SP 19	72.832	299.000	24	O.K	-80.634	230.000	35	O.K
SP 20	-95.059	230.000	41	O.K	144.766	263.171	55	O.K
SP 21	-174.506	230.000	76	O.K	172.488	230.000	75	O.K
SP 22	-177.101	230.000	77	O.K	174.230	230.000	76	O.K
SP 23	-131.912	230.000	57	O.K	169.833	263.171	65	O.K
SP 24	-53.944	264.500	20	O.K	110.715	196.727	56	O.K
SP 25	61.675	136.400	45	O.K	-164.932	230.000	72	O.K
SP 26	75.544	136.400	55	O.K	-165.785	230.000	72	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %) 복 부 판				합 성 응 력 검 토				
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	51.136	135.000	38	O.K	0.213	18	0.198	16	O.K
단면 2	17.597	135.000	13	O.K	0.373	31	0.653	54	O.K
단면 3	21.543	135.000	16	O.K	0.332	28	0.663	55	O.K
단면 4	32.843	135.000	24	O.K	0.197	16	0.478	40	O.K
단면 5	43.320	135.000	32	O.K	0.142	12	0.198	16	O.K
단면 6	51.928	135.000	38	O.K	0.290	24	0.731	61	O.K
단면 7	58.265	135.000	43	O.K	0.554	46	0.636	53	O.K
단면 8	53.895	135.000	40	O.K	0.940	78	0.922	77	O.K
단면 9	60.369	135.000	45	O.K	1.094	91	1.026	85	O.K
단면 10	59.758	135.000	44	O.K	0.241	20	0.403	34	O.K
단면 11	51.836	135.000	38	O.K	0.197	16	0.246	20	O.K
단면 12	41.365	135.000	31	O.K	0.263	22	0.451	38	O.K
단면 13	29.468	135.000	22	O.K	0.366	31	0.658	55	O.K
단면 14	17.444	135.000	13	O.K	0.396	33	0.741	62	O.K
단면 15	50.056	135.000	37	O.K	0.217	18	0.296	25	O.K
단면 16	60.305	135.000	45	O.K	0.236	20	0.333	28	O.K
단면 17	67.860	135.000	50	O.K	0.519	43	0.607	51	O.K
단면 18	72.652	135.000	54	O.K	0.689	57	0.699	58	O.K
단면 19	65.895	135.000	49	O.K	1.006	84	0.958	80	O.K
단면 20	66.672	135.000	49	O.K	1.093	91	1.015	85	O.K
SP 1	23.710	135.000	18	O.K	0.338	28	0.550	46	O.K
SP 2	26.485	135.000	20	O.K	0.243	20	0.553	46	O.K
SP 3	45.707	135.000	34	O.K	0.156	13	0.431	36	O.K
SP 4	55.260	135.000	41	O.K	0.496	41	0.584	49	O.K
SP 5	53.794	135.000	40	O.K	0.752	63	0.733	61	O.K
SP 6	58.262	135.000	43	O.K	0.762	63	0.749	62	O.K
SP 7	61.662	135.000	46	O.K	0.379	32	0.511	43	O.K
SP 8	47.733	135.000	35	O.K	0.184	15	0.248	21	O.K
SP 9	25.786	135.000	19	O.K	0.367	31	0.668	56	O.K
SP 10	31.750	135.000	24	O.K	0.304	25	0.614	51	O.K
SP 11	54.230	135.000	40	O.K	0.183	15	0.202	17	O.K
SP 12	70.317	135.000	52	O.K	0.559	47	0.583	49	O.K
SP 13	64.574	135.000	48	O.K	0.823	69	0.781	65	O.K
SP 14	64.572	135.000	48	O.K	0.823	69	0.781	65	O.K
SP 15	70.322	135.000	52	O.K	0.559	47	0.583	49	O.K
SP 16	54.232	135.000	40	O.K	0.183	15	0.202	17	O.K
SP 17	31.756	135.000	24	O.K	0.304	25	0.614	51	O.K
SP 18	25.782	135.000	19	O.K	0.367	31	0.668	56	O.K
SP 19	47.731	135.000	35	O.K	0.184	15	0.248	21	O.K
SP 20	61.661	135.000	46	O.K	0.379	32	0.511	43	O.K
SP 21	58.265	135.000	43	O.K	0.762	63	0.749	62	O.K
SP 22	53.780	135.000	40	O.K	0.752	63	0.733	61	O.K
SP 23	55.251	135.000	41	O.K	0.496	41	0.584	49	O.K
SP 24	45.705	135.000	34	O.K	0.156	13	0.431	36	O.K
SP 25	26.486	135.000	20	O.K	0.243	20	0.553	46	O.K
SP 26	23.708	135.000	18	O.K	0.338	28	0.550	46	O.K

< Girder - 2 >

구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	79.116	299.000	26	O.K	-53.602	230.000	23	O.K
단면 2	82.248	136.400	60	O.K	-183.043	230.000	80	O.K
단면 3	76.237	136.400	56	O.K	-183.350	230.000	80	O.K
단면 4	51.370	136.400	38	O.K	-148.592	230.000	65	O.K
단면 5	59.087	299.000	20	O.K	-70.903	230.000	31	O.K
단면 6	-86.482	230.000	38	O.K	151.125	196.727	77	O.K
단면 7	-138.790	230.000	60	O.K	177.287	263.171	67	O.K
단면 8	-202.089	230.000	88	O.K	200.558	228.844	88	O.K
단면 9	-216.183	230.000	94	O.K	210.217	230.000	91	O.K
단면 10	-56.403	264.500	21	O.K	113.092	246.560	46	O.K
단면 11	67.092	299.000	22	O.K	-72.161	230.000	31	O.K
단면 12	70.849	171.067	41	O.K	-137.236	230.000	60	O.K
단면 13	97.152	171.067	57	O.K	-179.566	230.000	78	O.K
단면 14	105.993	171.067	62	O.K	-195.571	230.000	85	O.K
단면 15	84.721	299.000	28	O.K	-91.427	230.000	40	O.K
단면 16	-44.180	230.000	19	O.K	96.973	263.171	37	O.K
단면 17	-118.480	230.000	52	O.K	157.603	263.171	60	O.K
단면 18	-144.649	230.000	63	O.K	147.417	230.000	64	O.K
단면 19	-200.190	230.000	87	O.K	195.362	230.000	85	O.K
단면 20	-210.167	230.000	91	O.K	201.811	230.000	88	O.K
SP 1	76.473	136.400	56	O.K	-165.459	230.000	72	O.K
SP 2	62.387	136.400	46	O.K	-164.668	230.000	72	O.K
SP 3	-54.288	264.500	21	O.K	111.791	196.727	57	O.K
SP 4	-131.306	230.000	57	O.K	170.708	263.171	65	O.K
SP 5	-176.014	230.000	77	O.K	175.018	230.000	76	O.K
SP 6	-173.472	230.000	75	O.K	173.349	230.000	75	O.K
SP 7	-94.678	230.000	41	O.K	145.743	263.171	55	O.K
SP 8	73.197	299.000	24	O.K	-80.644	230.000	35	O.K
SP 9	98.981	171.067	58	O.K	-182.582	230.000	79	O.K
SP 10	85.874	171.067	50	O.K	-171.801	230.000	75	O.K
SP 11	44.568	299.000	15	O.K	-46.484	230.000	20	O.K
SP 12	-122.883	230.000	53	O.K	128.616	230.000	56	O.K
SP 13	-175.953	230.000	77	O.K	171.048	230.000	74	O.K
SP 14	-175.953	230.000	77	O.K	171.047	230.000	74	O.K
SP 15	-122.880	230.000	53	O.K	128.613	230.000	56	O.K
SP 16	44.569	299.000	15	O.K	-46.484	230.000	20	O.K
SP 17	85.875	171.067	50	O.K	-171.804	230.000	75	O.K
SP 18	98.980	171.067	58	O.K	-182.587	230.000	79	O.K
SP 19	73.196	299.000	24	O.K	-80.646	230.000	35	O.K
SP 20	-94.681	230.000	41	O.K	145.745	263.171	55	O.K
SP 21	-173.474	230.000	75	O.K	173.352	230.000	75	O.K
SP 22	-176.016	230.000	77	O.K	175.021	230.000	76	O.K
SP 23	-131.305	230.000	57	O.K	170.708	263.171	65	O.K
SP 24	-54.286	264.500	21	O.K	111.789	196.727	57	O.K
SP 25	62.388	136.400	46	O.K	-164.674	230.000	72	O.K
SP 26	76.473	136.400	56	O.K	-165.465	230.000	72	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	49.514	135.000	37	O.K	0.205	17	0.189	16	O.K
단면 2	17.922	135.000	13	O.K	0.381	32	0.651	54	O.K
단면 3	21.576	135.000	16	O.K	0.338	28	0.661	55	O.K
단면 4	32.807	135.000	24	O.K	0.201	17	0.476	40	O.K
단면 5	43.125	135.000	32	O.K	0.141	12	0.197	16	O.K
단면 6	51.883	135.000	38	O.K	0.289	24	0.738	61	O.K
단면 7	59.178	135.000	44	O.K	0.556	46	0.646	54	O.K
단면 8	56.292	135.000	42	O.K	0.946	79	0.942	78	O.K
단면 9	61.023	135.000	45	O.K	1.088	91	1.040	87	O.K
단면 10	58.986	135.000	44	O.K	0.236	20	0.401	33	O.K
단면 11	51.461	135.000	38	O.K	0.196	16	0.244	20	O.K
단면 12	41.507	135.000	31	O.K	0.266	22	0.451	38	O.K
단면 13	29.822	135.000	22	O.K	0.371	31	0.658	55	O.K
단면 14	17.515	135.000	13	O.K	0.401	33	0.740	62	O.K
단면 15	49.994	135.000	37	O.K	0.217	18	0.295	25	O.K
단면 16	59.713	135.000	44	O.K	0.233	19	0.331	28	O.K
단면 17	66.892	135.000	50	O.K	0.511	43	0.604	50	O.K
단면 18	73.449	135.000	54	O.K	0.692	58	0.707	59	O.K
단면 19	67.383	135.000	50	O.K	1.007	84	0.971	81	O.K
단면 20	68.187	135.000	51	O.K	1.090	91	1.025	85	O.K
SP 1	23.110	135.000	17	O.K	0.344	29	0.547	46	O.K
SP 2	26.270	135.000	19	O.K	0.247	21	0.550	46	O.K
SP 3	44.998	135.000	33	O.K	0.153	13	0.434	36	O.K
SP 4	54.614	135.000	40	O.K	0.490	41	0.584	49	O.K
SP 5	56.118	135.000	42	O.K	0.758	63	0.752	63	O.K
SP 6	59.693	135.000	44	O.K	0.764	64	0.764	64	O.K
SP 7	60.765	135.000	45	O.K	0.372	31	0.509	42	O.K
SP 8	46.741	135.000	35	O.K	0.180	15	0.243	20	O.K
SP 9	25.438	135.000	19	O.K	0.370	31	0.666	55	O.K
SP 10	31.547	135.000	23	O.K	0.307	26	0.613	51	O.K
SP 11	53.691	135.000	40	O.K	0.180	15	0.199	17	O.K
SP 12	68.834	135.000	51	O.K	0.545	45	0.573	48	O.K
SP 13	67.007	135.000	50	O.K	0.832	69	0.799	67	O.K
SP 14	67.037	135.000	50	O.K	0.832	69	0.800	67	O.K
SP 15	68.834	135.000	51	O.K	0.545	45	0.573	48	O.K
SP 16	53.694	135.000	40	O.K	0.180	15	0.199	17	O.K
SP 17	31.562	135.000	23	O.K	0.307	26	0.613	51	O.K
SP 18	25.428	135.000	19	O.K	0.370	31	0.666	55	O.K
SP 19	46.738	135.000	35	O.K	0.180	15	0.243	20	O.K
SP 20	60.749	135.000	45	O.K	0.372	31	0.509	42	O.K
SP 21	59.654	135.000	44	O.K	0.764	64	0.763	64	O.K
SP 22	56.137	135.000	42	O.K	0.759	63	0.752	63	O.K
SP 23	54.608	135.000	40	O.K	0.490	41	0.584	49	O.K
SP 24	44.996	135.000	33	O.K	0.153	13	0.434	36	O.K
SP 25	26.256	135.000	19	O.K	0.247	21	0.550	46	O.K
SP 26	23.107	135.000	17	O.K	0.344	29	0.547	46	O.K



1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
(3) 교 량 등 급 : 1 등교
(4) 교 대 총 폭 : B = 12.780 M
(5) 교 대 총높이 : H = 7.000 M
(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
(7) SKEW : 90.000 °

2) 하 중
(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : q1 = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 203.723 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 112.980 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.050

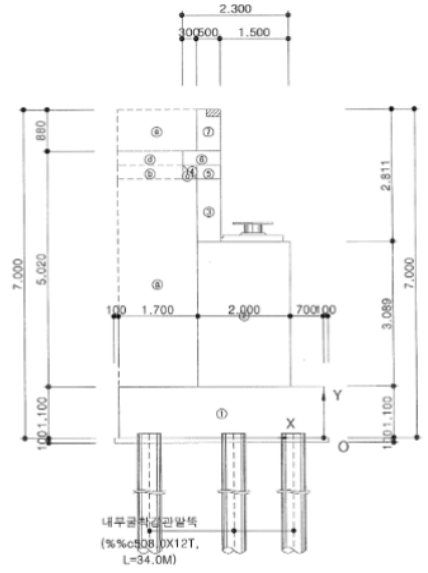
3) 지 반 조 건
(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 7.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 25.247 ° {Φ2 = 15 + √15N}
(4) 기초지반의 점착력 : C = 0.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.303 ; TAN(2/3 · Φ2) : 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 28000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	계
고정하중	1315.635	1287.945	2603.580
활하중	614.250	829.640	1443.890

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	계
교축방향	205.400	205.200	410.600
직각방향	204.400	204.400	408.800

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1632.677	774.923	O.K
	허용인발력(kN/EA)	1095.361	-	O.K
	휨응력(MPa)	126	93.344	O.K
	전단응력(MPa)	72	12.697	O.K
	수평변위(mm)	15	11.192	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2449.016	791.069	O.K
	허용인발력(kN/EA)	1643.041	-	O.K
	휨응력(MPa)	189	98.305	O.K
	전단응력(MPa)	108	15.952	O.K
	수평변위(mm)	15	7.923	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비 고
전면지판		1100	150	96.887	1940.4	23.453	463.002	19.741	O.K
후면지판		1100	100	1035.95	1940.4	262.154	487.742	1.861	O.K
벽체 : H=5.900		2000	100	806.953	1588.8	389.748	765.041	1.963	O.K
흉벽		500	100	1852.86	1940.4	182.555	190.861	1.046	O.K
좌측날개벽	A(T=450 mm)	450	60	1647.63	2026.8	158.767	193.863	1.221	O.K
	B(T=450 mm)	450	60	1684.63	2026.8	162.216	193.863	1.195	O.K
	C(T=450 mm)	450	60	484.542	1146	47.747	111.507	2.335	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	1099.19	2026.8	149.094	271.388	1.82	O.K
	A(T=620 mm)	620	80	2849.82	4053.6	377.193	527.371	1.398	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	1016.17	2292	137.99	305.759	2.216	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	2055.21	3096.8	275.083	408.448	1.485	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면지판		8.287	150	125	7602.202	O.K
후면지판		83.227	150	125	719.953	O.K
벽체 : H=5.900		72.393	150	125	857.811	O.K
흉벽		123.746	150	125	410.134	O.K
좌측날개벽	A(T=450 mm)	122.347	150	250	514.929	O.K
	B(T=450 mm)	127.486	150	250	494.171	O.K
	C(T=450 mm)	65.04	150	250	968.638	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	81.224	150	250	775.631	O.K
	A(T=620 mm)	104.541	150	125	584.542	O.K
	B(T=620 mm)	66.81	150	125	942.973	O.K
	C(T=620 mm)	100.306	150	125	612.595	O.K

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1219.225	765.666	O.K
	허용인발력(kN/EA)	510.591	-	O.K
	휨응력(MPa)	133	92.613	O.K
	전단응력(MPa)	76	12.26	O.K
	수평변위(mm)	15	10.806	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1828.838	781.752	O.K
	허용인발력(kN/EA)	765.887	-6.727	O.K
	휨응력(MPa)	199.5	95.197	O.K
	전단응력(MPa)	114	15.39	O.K
	수평변위(mm)	15	7.644	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비 고
전면지판		1100	150	100.373	1940.4	24.296	463.002	19.056	O.K
후면지판		1100	100	1059.87	1940.4	268.16	487.742	1.819	O.K
벽체 : H=5.900		2000	100	808.877	1588.8	390.674	765.041	1.958	O.K
흉벽		500	100	1875.04	1940.4	184.662	190.861	1.034	O.K
좌측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	1243.53	2026.8	168.334	271.388	1.612	O.K
	A(T=620 mm)	620	80	2839.04	4053.6	375.823	527.371	1.403	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	903.773	2292	122.918	305.759	2.487	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	1983	3096.8	265.686	408.448	1.537	O.K
우측날개벽	A(T=450 mm)	450	80	1879.25	2026.8	170.686	183.526	1.075	O.K
	B(T=450 mm)	450	80	1923	2026.8	174.501	183.526	1.052	O.K
	C(T=450 mm)	450	80	1402.93	2026.8	128.676	183.526	1.426	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면지판		8.6	150	125	7325.426	O.K
후면지판		84.944	150	125	700.831	O.K
벽체 : H=5.900		72.393	150	125	857.811	O.K
흉벽		125.24	150	125	402.545	O.K
좌측날개벽	D(T=620 mm)	91.896	150	250	685.561	O.K
	A(T=620 mm)	104.049	150	125	588.107	O.K
	B(T=620 mm)	60.033	150	125	1049.426	O.K
	C(T=620 mm)	96.986	150	125	639.476	O.K
우측날개벽	A(T=450 mm)	138.067	150	250	401.626	O.K
	B(T=450 mm)	144.285	150	250	377.045	O.K
	C(T=450 mm)	106.18	150	250	572.917	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.05

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 9
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 26.619 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.32 : TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 31879.1 MPa
기둥: 31879.1 MPa
기초: 28693.4 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

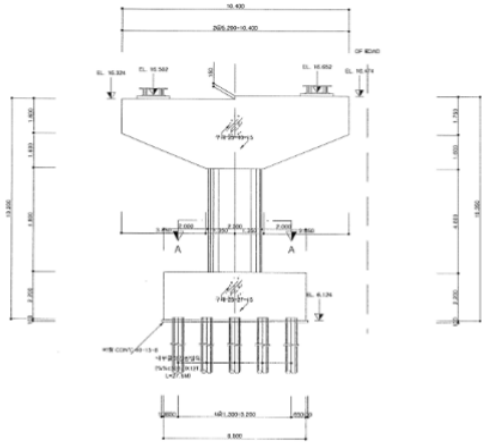
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 (2010)
2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
4) 도로설계 편람 (2008)
5) 도로설계 요령 (2009)
6) 강구조 편람 (1995)
7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1286.670	999.937	O.K
		허용인발력(kN/EA)	941.933	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	88.888	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	3.673	O.K
		수평변위(mm)	15.000	8.659	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1930.005	1258.465	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1412.900	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	125.743	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	9.277	O.K
		수평변위(mm)	15.000	12.323	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1286.670	1201.288	O.K
		허용인발력(kN/EA)	941.933	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	106.300	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	5.372	O.K
		수평변위(mm)	15.000	12.665	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1930.005	1427.398	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1412.900	-33.039	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	124.069	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	7.595	O.K
		수평변위(mm)	15.000	10.089	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		길이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3200.0	100.0	45804.473	51975.000	-	-	1.135	O.K
	우측내민보	3200.0	100.0	45818.424	51975.000	-	-	1.134	O.K
	좌측내민보수평	3200.0	100.0	1987.319	8952.600	2092.165	9385.947	4.486	O.K
	우측내민보수평	3200.0	100.0	1988.324	8952.600	2093.222	9385.947	4.484	O.K
	교량받침1	2202.6	100.0	288.214	51975.000	196.903	33829.555	171.808	O.K
	교량받침2	2352.6	100.0	290.530	51975.000	213.303	36480.280	171.026	O.K
기초	교축방향	2200.0	150.0	14114.015	25798.200	9506.724	17239.393	1.810	O.K
	교직-지점부	2200.0	150.0	16066.061	34353.600	10848.051	22909.699	2.110	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sg)	비 고
두부보	좌측내민보	158.972	180.000	128.000	285.371	O.K
	우측내민보	165.307	180.000	128.000	266.387	O.K
	좌측내민보수평	77.952	180.000	228.571	800.236	O.K
	우측내민보수평	77.991	180.000	228.571	799.726	O.K
	교량받침1	8.801	180.000	128.000	7158.459	O.K
	교량받침2	11.242	180.000	128.000	5604.174	O.K
기초	교축방향	153.698	180.000	122.642	161.118	O.K
	교직-지점부	140.182	180.000	127.451	214.270	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

① 기둥 상단

단면위치		Puse	Pu(kN)	ϕPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.006	26804.528	99693.575	3.719	O.K
	모멘트최대	0.006	18145.860	90628.556	4.994	O.K
	탄성설계	0.006	14516.688	55431.371	3.818	O.K
	편심최대	0.006	13790.854	75558.640	5.479	O.K
교축직각방향	축력최대	0.006	26804.528	99693.575	3.719	O.K
	모멘트최대	0.006	22432.639	53985.454	2.407	O.K
	탄성설계	0.006	14516.688	25177.084	1.734	O.K
	편심최대	0.006	17214.839	47051.164	2.733	O.K
합성부재력	축력최대	0.006	26804.528	99693.575	3.719	O.K
	모멘트최대	0.006	18145.860	44123.829	2.432	O.K
	탄성설계	0.006	14516.688	18176.495	1.252	O.K
	편심최대	0.006	13790.854	29342.838	2.128	O.K
	모멘트최대	0.006	22432.639	53962.807	2.406	O.K
	편심최대	0.006	17214.839	40291.835	2.341	O.K

② 기둥 하단

단면위치		Puse	Pu(kN)	ϕPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.006	27570.292	99693.575	3.616	O.K
	모멘트최대	0.006	18882.171	92583.897	4.903	O.K
	탄성설계	0.006	15105.737	58663.695	3.884	O.K
	편심최대	0.006	14350.450	77895.292	5.428	O.K
교축직각방향	축력최대	0.006	27570.292	99693.575	3.616	O.K
	모멘트최대	0.006	23198.403	55795.551	2.405	O.K
	탄성설계	0.006	15105.737	27151.810	1.797	O.K
	편심최대	0.006	13595.163	35811.731	2.634	O.K
합성부재력	축력최대	0.006	27570.292	99693.575	3.616	O.K
	모멘트최대	0.006	18882.171	46704.738	2.473	O.K
	탄성설계	0.006	15105.737	19569.901	1.296	O.K
	편심최대	0.006	14350.450	30939.047	2.156	O.K
	모멘트최대	0.006	23198.403	55771.817	2.404	O.K
	편심최대	0.006	13595.163	35709.313	2.627	O.K

5. 설계대상 교량제원 및 설계상수

5.1 교량형식 : STEEL BOX 교

5.2 해석 대상 교량 총연장 : 50.000 + 2@75.000 + 50.000 = 250.000 m

5.3 교 폭 :

5.4 교각형식 : T형교각

5.5 교각기초형식 : 말뚝기초

5.6 내진설계상수
- (1) 내진등급 : 내진 1 등급교
- (2) 지진구역계수 : 0.11
- (3) 위험도계수 : I = 1.4
- (4) 가속도계수 : A = 0.154
- (5) 지반계수 : S = 2 (지반종류 3, 지진격리교량)
- (6) 응답수정계수
- (7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
- (8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
- (9) 받침형식 : EQS 면진받침

5.7 해석방법

(1) 해석방법 선정
시간이력해석법
(2) 모드조합방법 : CQC방법

5.8 해석모델
- (1) 사용프로그램 : SAP 2000
- (2) 모델링 : Frame요소사용
- (3) 질량산정 : 자동질량 입력 및 추가사하중 질량변환

9. 내진해석결과

9.1 받침 지진력 (UNIT:kN)

구 분		R	교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용전단력	판정
			교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	0.8	176.0	1.5	97.9	203.9	256.7	78.4	188.4	255.4	280	OK
	B2	0.8	176.0	1.7	97.4	203.9	256.5	78.5	187.7	255.5	280	OK
P1	B1	1.0	646.1	3.7	63.1	554.3	665.0	169.9	256.9	555.4	680	OK
	B2	1.0	645.9	3.5	65.1	553.9	665.4	169.6	258.9	554.9	680	OK
P2	B1	1.0	735.3	2.2	40.3	824.1	747.4	249.4	260.9	824.8	840	OK
	B2	1.0	735.5	2.3	39.2	823.4	747.3	249.3	259.9	824.1	840	OK
P3	B1	1.0	606.2	1.8	51.3	578.0	621.6	175.2	233.2	578.5	680	OK
	B2	1.0	606.7	1.7	50.5	577.6	621.9	175.0	232.5	578.1	680	OK
A2	B1	0.8	176.0	1.2	107.4	202.8	260.3	77.5	200.3	254.0	280	OK
	B2	0.8	176.0	1.1	107.5	202.8	260.3	77.4	200.4	253.9	280	OK

9.2 받침 변위 (UNIT:mm)

구 분		교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용변위	판정
		교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	60.9	0.0	0.7	22.1	61.1	6.7	19.0	22.1	120	OK
	B2	60.9	0.0	0.7	22.1	61.1	6.7	19.0	22.2	120	OK
P1	B1	58.6	0.0	0.5	43.1	58.7	13.0	18.1	43.1	90	OK
	B2	58.5	0.0	0.5	43.1	58.7	12.9	18.1	43.1	90	OK
P2	B1	55.3	0.0	0.5	68.0	55.5	20.4	17.1	68.0	90	OK
	B2	55.3	0.0	0.5	67.9	55.5	20.4	17.1	67.9	90	OK
P3	B1	51.9	0.0	0.6	47.1	52.0	14.1	16.2	47.1	90	OK
	B2	51.9	0.0	0.6	47.0	52.1	14.1	16.2	47.0	90	OK
A2	B1	61.0	0.0	0.8	21.0	61.2	6.3	19.1	21.0	120	OK
	B2	61.0	0.0	0.8	21.0	61.2	6.3	19.1	21.0	120	OK

9.3 교각 코핑부 변위 (UNIT:mm)

구 분	교축방향		교직방향		COM1		COM2		비고
	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	3.5	0.0	0.0	3.8	3.5	1.2	1.1	3.8	
P2	11.8	0.0	0.0	12.8	11.8	3.9	3.6	12.8	
P3	15.8	0.0	0.0	17.1	15.8	5.1	4.7	17.1	

9.4 교각하단 단면력 (Unit : Kn.m)

부 재 구 분	교축방향				교직방향				교축모멘트
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	
P1	1769.80	4.02	12361.64	20.07	5.21	1448.39	95.10	12768.96	
P2	2121.41	5.23	20923.87	20.51	2.57	1830.55	22.12	20588.92	
P3	1642.95	4.60	19441.66	17.66	2.53	1452.02	21.19	19600.05	

9.5 교각하단 하중조합 (Unit : Kn.m)

부 재 구 분	Combo1				Combo2				교축모멘트
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	
P1	1,771	439	12,392	3,851	536	1,450	3,750	12,775	
P2	2,122	554	20,931	6,197	639	1,832	6,289	20,985	
P3	1,644	440	19,446	5,898	495	1,453	5,854	19,606	

9.6 교각상단 단면력 (Unit : Kn.m)

부 재 구 분	교축방향				교직방향				교축모멘트
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	
P1	1693.30	29.99	9991.02	22.19	5.16	1363.99	12.39	6775.79	
P2	1969.28	4.11	6695.34	24.25	1.89	1912.97	6.42	10160.05	
P3	1547.08	9.29	6291.48	27.33	1.49	1287.66	6.05	8660.49	

9.7 교각상단 하중조합 (Unit : Kn.m)

부 재 구 분	Combo				Combo2				교축모멘트
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	
P1	1,665	439	9,995	2,055	504	1,373	1,210	6,782	
P2	1,967	548	6,687	3,072	592	1,814	2,012	10,167	
P3	1,548	396	6,293	2,667	466	1,290	1,893	8,809	

3.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 3.2.1】 서문3교(서울방향) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	상태 양호	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	상태 양호	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	상태 양호	양호

3.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

3.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

3.2.5 시설물 보수 이력

【표 3.2.2】 서문3교(서울방향) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

3.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 3.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y		
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

3.3 현장조사

3.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S4	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



제원조사



비파괴시험

【사진 3.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

3.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문3교(서울방향)는 총 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=250.0m 폭 12.3m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차로 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경



바닥판 하면 전경

【사진 3.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 폭 0.3㎜미만 균열 및 망상균열, 백태, 파손 및 철근노출, 물끊기홈 미제거 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)		파손 및 철근노출 (㎡/개소)		물끊기홈 미제거 (m/개소)	
S1	2.50	1	35.00	5	0.80	2	-	-	1.50	2
S2	-	-	15.00	2	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	75.00	10	-	-	-	-	-	-
S4	-	-	20.00	3	-	-	0.20	1	-	-
합계	2.50	1	145.00	20	0.80	2	0.20	1	1.50	2

	
S1 망상균열(2.5m×3.0m×2EA)	S1 물끊기홈 미제거(0.5m)
	
S1 백태(0.2m×2.0m×2EA)	S1 균열(0.2㎜/2.5m)
	
S3 망상균열(2.5m×3.0m×2EA)	S3 망상균열(2.5m×3.0m×2EA)

【사진 3.3.3】 바닥판하면 손상현황

	-
S4 파손 및 철근노출(0.2m×1.0m)	-

【사진 3.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 바닥판하면에 0.3㎜미만 균열 및 망상균열이 조사 되었고, 균열의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 추정되며, 균열부 외부 수유입에 의한 백태, 시공시 외부 충격에 의한 파손 및 철근노출, 시공 미흡에 의한 물끊기홈 미제거 등의 손상이 조사되었다. 손상부는 표면처리, 단면보수, 정비 등의 하자보수가 필요한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Box 거더는 2열로 시공되었으며, 도보 및 고소작업차로 현장조사를 실시하였다

	
거더외부 전경	거더내부 전경

【사진 3.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 거더 내, 외부의 경우 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 3.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
합계		-	-

【표 3.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 내부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
합계		-	-

	
거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
	
거더내부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 3.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

다. 가로보 및 세로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보 및 세로보는 강재로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 전경	세로보 전경

【사진 3.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보 및 세로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 3.3.4】 가로보 및 세로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
세로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 및 세로보 상태양호
	
가로보 및 세로보 상태양호	가로보 및 세로보 상태양호

【사진 3.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보 및 세로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 서문3교(서울방향) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 3.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 폭 0.3㎜ 미만 균열, 법면 토사유실이 조사되었다.

【표 3.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		법면 토사유실 (㎡/개소)	
A1	-	-	9.00	1
A2	4.00	2	5.00	1
합계	4.00	2	14.00	2

	
A1 범면 토사유실	A1 범면 토사유실
	
A2 범면 토사유실	A2 균열(폭 0.2㎜)
	
A2 균열(폭 0.2㎜)	A2 균열(폭 0.2㎜)

【사진 3.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교대에 폭 0.3㎜미만의 균열이 조사되었고, 균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 발생된 법면 토사유실의 경우 식생공 등의 보수가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 판단된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 서문3교(서울방향)의 교각은 T형으로 구성되어 있으며, 복합말뚝기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.



교각 전경



교각 전경

【사진 3.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 기 손상인 폭 0.3㎜미만 균열 및 망상균열이 조사되었다.

【표 3.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
P1	-	-	2.00	1
P2	3.00	1	-	-
P3	-	-	-	-
합계	3.00	1	2.00	1

	
P1 망상균열(2.0m×1.0m)	P2 코핑부 균열(0.2㎜/3.0m)

【사진 3.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

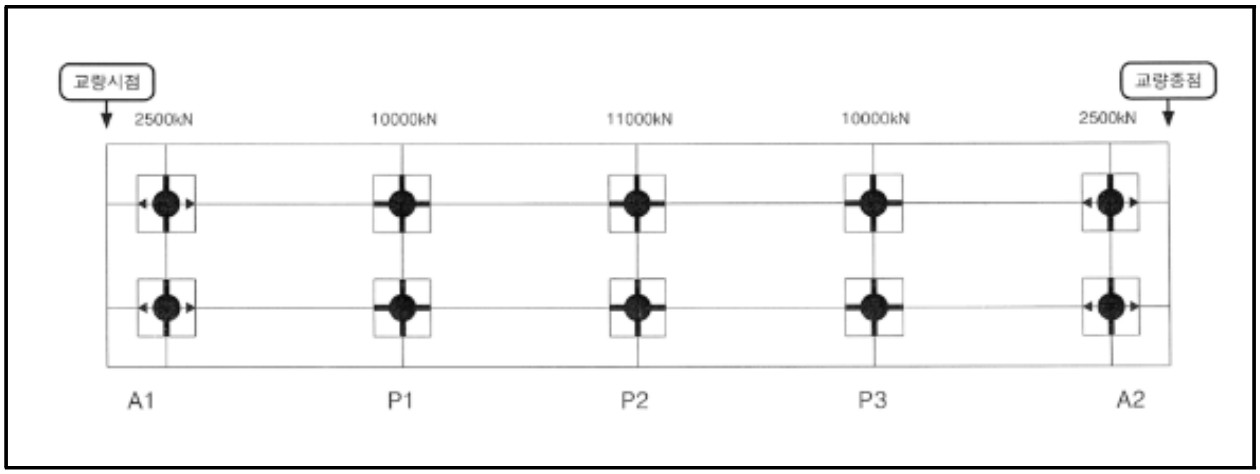
4) 검토의견

- 교각 코핑부에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 서문3교(서울방향)의 받침은 면진받침으로 총 10기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 3.3.1】 교량받침 배치도



EQS 받침장치 전경



OMEQS 받침장치 전경



OMEQS 받침장치 전경

【사진 3.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 받침몰탈 균열이 조사되었다.

【표 3.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 균열 (m/개소)	
A1	-	-
P1	-	-
P2	0.20	1
P3	2.40	12
A2	-	-
합계	2.60	13

	
P2-Sh1 받침몰탈 균열(0.2㎜/0.2m)	P3-Sh1 받침몰탈 균열(0.2㎜/0.2m)
	
P3-Sh1 받침몰탈 균열(0.2㎜/0.2m)	P3-Sh2 받침몰탈 균열(0.2㎜/0.2m)

【사진 3.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

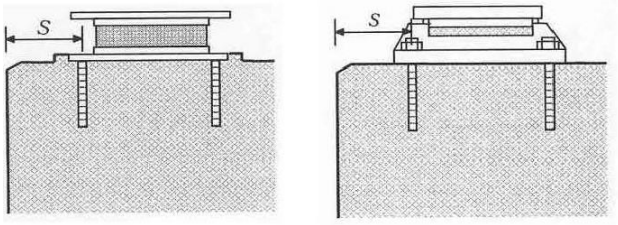
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 받침몰탈에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 현재 하자보수 만료전이므로 표면처리 등의 하자보수가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 3.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 3.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : 200+5×75.0 = 575(㎜)
- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450(㎜)

【표 3.3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		450	600	600	O.K
P1	A1측	575	990	990	O.K
	A2측	575	990	990	O.K
P2	A1측	575	945	945	O.K
	A2측	575	945	945	O.K
P3	A1측	575	990	990	O.K
	A2측	575	990	990	O.K
A2		450	605	605	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 3.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 3.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	45.4	14.6	0.000012	125.0	68.1	21.9	
P1	45.4	14.6	0.000012	75.0	40.9	13.1	
P2	고정단						
P3	45.4	14.6	0.000012	75.0	40.9	13.1	
A2	45.4	14.6	0.000012	125.0	68.1	21.9	
1) 조사당시 온도 : 25.4℃(조사일 : 2022년 08월 23일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 3.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	60	180	60	68.1	21.9	±120	O.K
	SH2	52	172	68			±120	O.K
P1	SH1	20	110	70	40.9	13.1	±90	O.K
	SH2	20	110	70			±90	O.K
P2	고정단							
P3	SH1	0	90	90	40.9	13.1	±90	O.K
	SH2	0	90	90			±90	O.K
A2	SH1	55	175	65	68.1	21.9	±120	O.K
	SH2	50	170	70			±120	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

■ 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2가 강핑거조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

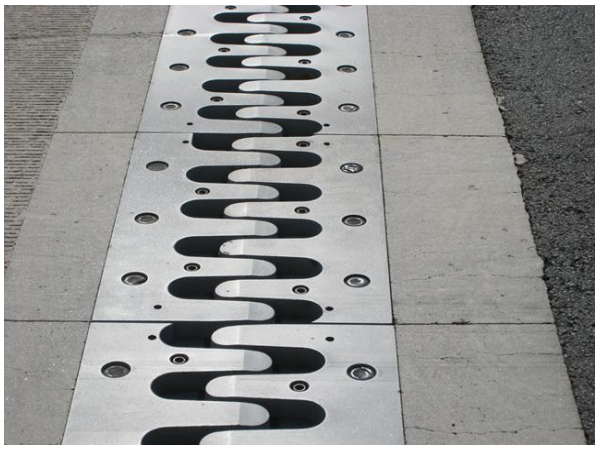
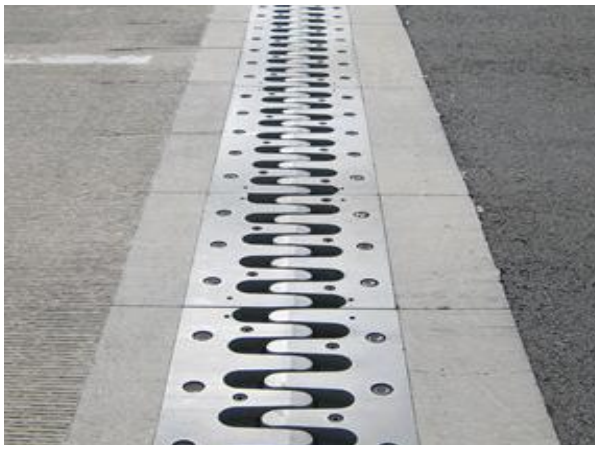
【사진 3.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

■ 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3㎜미만)이 확인되었다.

【표 3.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	2.40	12
A2 (EXP J2)	-	-
합계	2.40	12

	
A1 후타재 균열(0.2㎜)	A1 후타재 균열(0.2㎜)

【사진 3.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나, 하자보수 만료전 보수가 필요할 것으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 19. 기온 적용: 10.5℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−10.5℃ = 29.5℃
△T(수축시) : −20.0℃−(10.5℃) = 30.5℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 3.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	30.5	29.5	0.000012	125.0	45.8	44.3	53.0	100.0	142.0	
A2	30.5	29.5	0.000012	125.0	45.8	44.3	60.0	98.0	93.0	

1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)

【표 3.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	45.8	44.3	90.0	150	14.3	45.8	O.K
	바닥판			105.0	-	-	60.8	O.K
	거더			110.0	-	-	65.8	O.K
A2	신축이음	45.8	44.3	70.0	150	34.3	25.8	O.K
	바닥판			83.0	-	-	38.8	O.K
	거더			50.0	-	-	5.8	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 서문3교(서울방향)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.

<table>
<tr>
<td>  </td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td>교면포장 전경#1</td>
<td>교명판 전경#2</td>
</tr>
</table>

【사진 3.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 3.3.14】 교면포장 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
합계	-	-

	
교면포장 상태양호	교면포장 상태양호

【사진 3.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문3교(서울방향)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 3.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 3.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
합계	-	-

	
배수관 상태 양호	배수관 상태 양호
	
배수구 상태 양호	배수구 상태 양호

【사진 3.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

<table>
<tr><td> 
</td><td>  </td></tr>
<tr><td>방호벽 전경</td><td>중분대 전경</td></tr>
</table>

【사진 3.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만의 균열 및 파손이 확인되었다.

【표 3.3.16】 난간 및 연석 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		파손 (㎡/개소)	
S1	5.20	4	0.15	1
S2	-	-	-	-
S3	-	-	-	-
S4	-	-	-	-
합계	5.20	4	0.15	1

	
S1 중분대 접속부 A1측 파손	S1 방호벽 균열(0.2㎜)

【사진 3.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 난간 및 연석에 발생한 균열의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 표면처리 등의 보수가 필요하며, 파손의 경우 접속부 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구된다. 난간 및 연석은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 서문3교(서울방향)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1~3에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

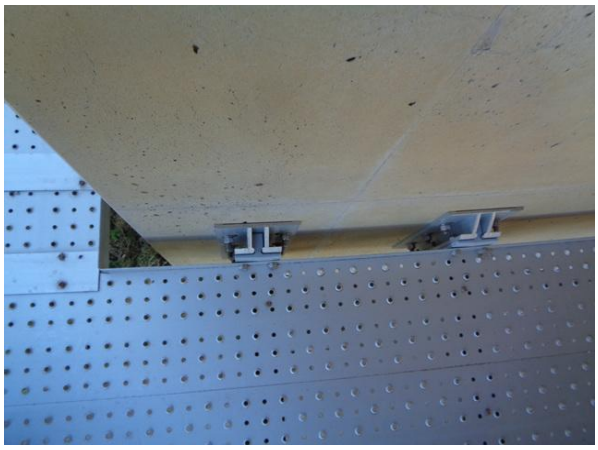
【사진 3.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 3.3.17】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호
	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 3.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

3.3.3 현장조사 총괄표

【표 3.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	2.50	1	
		망상균열	㎡	145.00	20	
		백태	㎡	0.80	2	
		파손 및 철근노출	㎡	0.20	1	
		물끊기홈 미제거	㎡	1.50	2	
거더	외부	상태양호	-	-	-	
	내부	상태양호	-	-	-	
가로보		상태양호	-	-	-	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	4.00	2	
		법면 토사유실	㎡	14.00	2	
교각		균열(0.3㎜미만)	m	3.00	1	
		망상균열	㎡	2.00	1	
교량받침		받침몰탈 균열	m	2.60	13	
신축이음		후타재 균열	m	2.40	12	
교면포장		상태양호	-	-	-	
배수시설		상태양호	-	-	-	
난간 및 연석		균열(0.3㎜미만)	m	5.20	4	
		파손	㎡	0.15	1	
점검시설		상태양호	-	-	-	

3.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

3.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

3.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 3.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	5	5	5	5	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	1	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



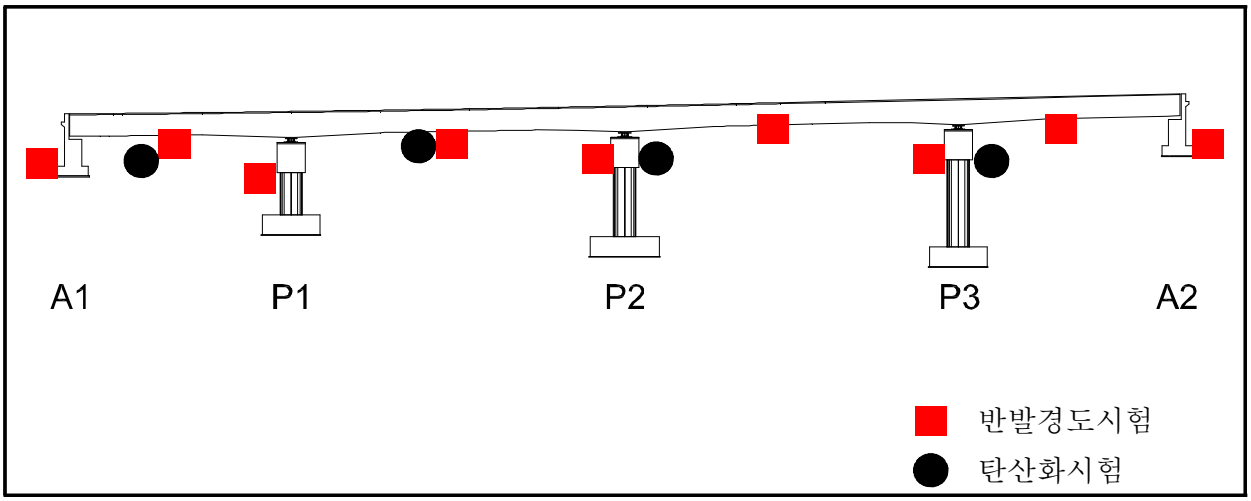
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 3.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

3.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 10개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 3.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	46.3	27.3	28.7	0.67	27.0	
	S1	바닥판	46.0	27.1	28.6			
	S2	바닥판	46.2	27.2	28.7			
	S3	바닥판	46.5	27.5	28.9			
	S4	바닥판	46.0	27.1	28.6			

【표 3.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	교대	43.5	24.9	27.4	0.67	24.0	
	A2	교대	44.7	25.9	28.0			

【표 3.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
하부구조	P1	교각	48.6	41.0	48.9	0.67	40.0	
	P2	교각	49.6	42.1	50.6			
	P3	교각	49.6	42.0	50.5			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.1~28.9㎫, 하부구조(교대) 24.9~28.0㎫, 하부구조(교각) 41.0~50.6㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 3.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	100.4 ~ 107.0
하부구조	교대	24.9~28.0	24.0	103.7 ~ 116.7
	교각	41.0~50.6	40.0	102.5 ~ 126.5

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S2 바닥판	3.0	40.0	37.0	2.12	100년이상	a
하부구조	P2 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	P3 코핑부	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 3.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	3.0	37.0	
하부구조	2.0~3.0	97.0~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 3.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.9~28.0	24.0	
		교각	41.0~50.6	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

3.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

3.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 3.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	b	a	a	a	a	b	b	a	a	q	-	-
S2	P1	STB	b	a	a	a	a	a	-	a	b	q	a	-
S3	P2	STB	b	a	a	a	a	a	-	b	b	q	-	a
S4	P3	STB	c	a	a	a	a	a	-	b	a	q	-	a
	A2								a	a	b	q	-	-
평균			0.250	0.100	0.100	0.100	0.100	0.125	0.150	0.140	0.160	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.045	0.020	0.005	0.007	0.003	0.003	0.014	0.013	0.032	-	0.004	0.003
													0.148	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.148) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 3.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문3교(서울방향)	0.148	B	250	2	500	1.000	0.148
합계(∑)			250	2	500	1	0.148
1. 평가지수 =							0.148
2. 상태평가결과 =							B

3.5.2 기 점검 결과와의 비교

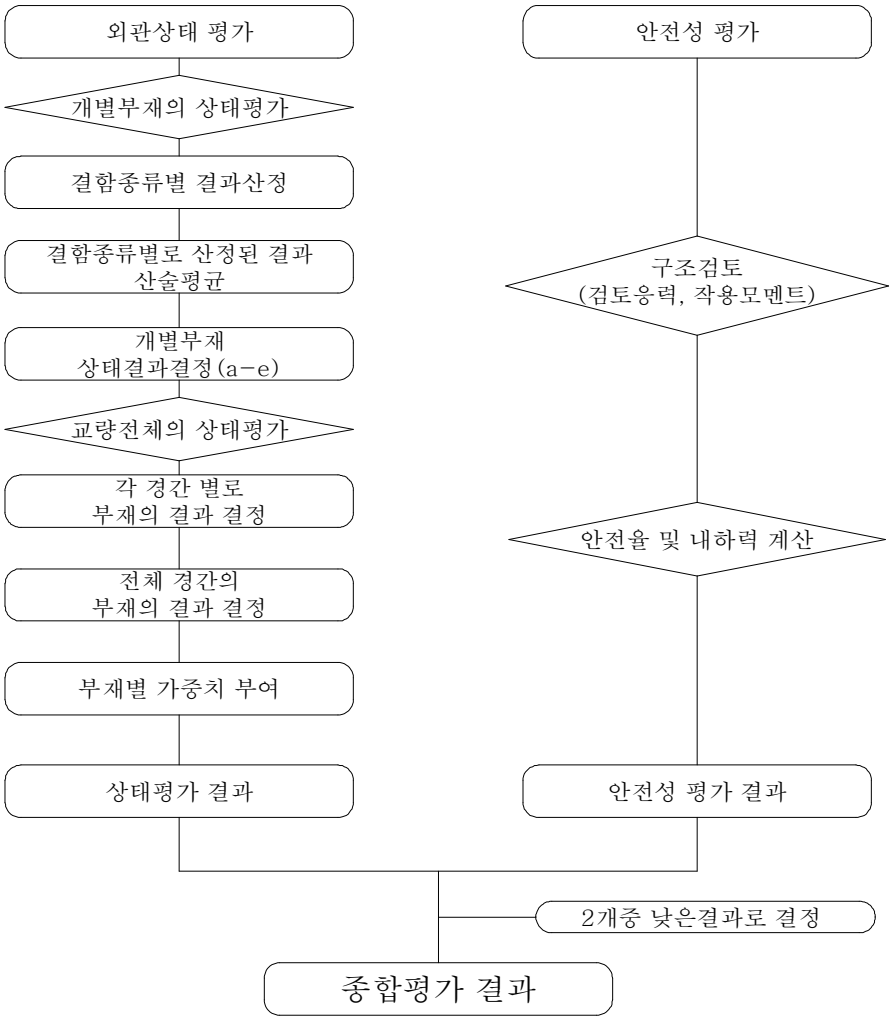
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

3.6 종합평가 및 안전등급 지정

3.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 3.6.1】 종합평가 결과 산정절차

3.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 3.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문3교(서울방향)	0.148	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

3.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 3.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

3.7 보수·보강 및 유지관리방안

3.7.1 보수·보강 방안

【표 3.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	2.50	1	표면처리	하자
		망상균열	㎡	145.00	20	표면처리	하자
		백태	㎡	0.80	2	표면처리	하자
		파손 및 철근노출	㎡	0.20	1	단면보수+방청	하자
		물끊기홈 미제거	㎡	1.50	2	정비	하자
거더	외부	상태양호	-	-	-	-	-
	내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		균열(0.3㎜미만)	m	4.00	2	표면처리	하자
		법면 토사유실	㎡	14.00	2	정비	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	m	3.00	1	표면처리	하자
		망상균열	㎡	2.00	1	표면처리	하자
교량받침		받침몰탈 균열	m	2.60	13	표면처리	하자
신축이음		후타재 균열	m	2.40	12	표면처리	하자
교면포장		상태양호	-	-	-	-	-
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
난간 및 연석		균열(0.3㎜미만)	m	5.20	4	표면처리	하자
		파손	㎡	0.15	1	단면보수	하자
점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

3.7.2 개략공사비

【표 3.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	균열(0.3㎜미만)	표면처리	2.50	0.94	m	-	-	하자
	망상균열	표면처리	145.00	217.50	㎡	-	-	하자
	백태	표면처리	0.80	1.20	㎡	-	-	하자
	파손 및 철근노출	단면보수+방청	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
	물끊기홈 미제거	정비	1.50	2.25	㎡	-	-	하자
교대	균열(0.3㎜미만)	표면처리	4.00	1.50	m	-	-	하자
	법면 토사유실	정비	14.00	21.00	㎡	-	-	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	표면처리	3.00	1.13	m	-	-	하자
	망상균열	표면처리	2.00	3.00	㎡	-	-	하자
교량받침	받침몰탈 균열	표면처리	2.60	3.90	m	-	-	하자
신축이음	후타재 균열	표면처리	2.40	0.90	m	-	-	하자
날개및연석	균열(0.3㎜미만)	표면처리	5.20	1.95	m	-	-	하자
	파손	단면보수	0.15	0.22	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

3.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 3.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

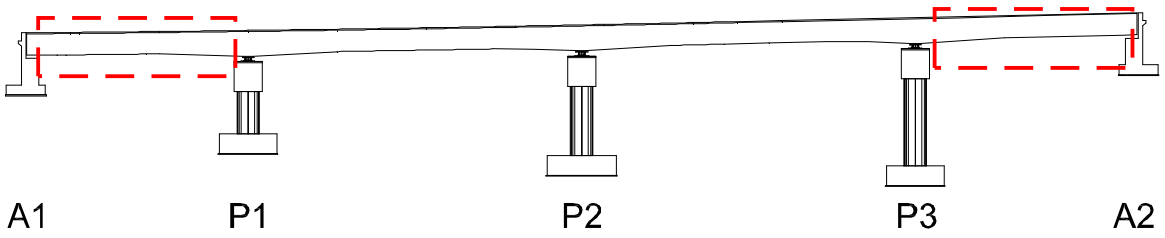
◎ 부재별 중점점검 손상





–

① 바닥판 파손 및 철근노출, 백태 – 진전 여부확인



3.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매로 93-95, 391-2 (강매동)에 위치한 교량으로 총 연장 250.0m, 폭 12.3m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

3.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 0.3㎜미만 균열 및 망상균열이 조사 되었고, 균열의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 추정되며, 균열부 외부 수유입에 의한 백태, 시공시 외부 충격에 의한 파손 및 철근노출, 시공 미흡에 의한 물끊기홈 미제거 등의 손상이 조사되었다. 손상부는 표면처리, 단면보수, 정비 등의 하자보수가 필요한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

3) 가로보 및 세로보

- 가로보 및 세로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 폭 0.3㎜미만의 균열이 조사되었고, 균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 발생된 법면 토사유실의 경우 식생공 등의 보수가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 판단된다.

5) 교각

■ 교각 코핑부에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

6) 교량받침

■ 받침몰탈에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 현재 하자보수 만료전이므로 표면처리 등의 하자보수가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

■ 신축이음에 발생한 후타재 균열의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나, 하자보수 만료전 보수가 필요할 것으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

8) 교면포장

■ 교면포장은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

9) 배수시설

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

■ 난간 및 연석에 발생한 균열의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 표면처리 등의 보수가 필요하며, 파손의 경우 접속부 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구된다. 난간 및 연석은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.1~28.9㎫, 하부구조(교대) 24.9~28.0㎫, 하부구조(교각) 41.0~50.6㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 서문3교(서울방향)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문3교(서울방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

3.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

3.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

4. 서문3교(문산방향)

4.1 시설물 개요
4.2 자료수집 및 분석
4.3 현장조사
4.4 콘크리트 내구성조사
4.5 상태평가
4.6 종합평가 및 안전등급 지정
4.7 보수·보강 및 유지관리 방안
4.8 종합결론

4. 서문3교(문산방향)

4.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매동 350-9에 위치한 교량으로 총 연장 250.0m, 폭 12.3m로 시공되어 있다.

4.1.1 일반사항

【표 4.1.1】서문3교(문산방향) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000303	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 강매동 350-9	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		-	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=250.0m (50+2@75+50=250.0m)			
	폭	B=12.3m, 2차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교 각	복합말뚝기초
교량받침		면진받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물		-	통과높이		5.0m
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		지에스건설㈜	관리주체		㈜다산컨설턴트
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체		서울문산고속도로주식회사

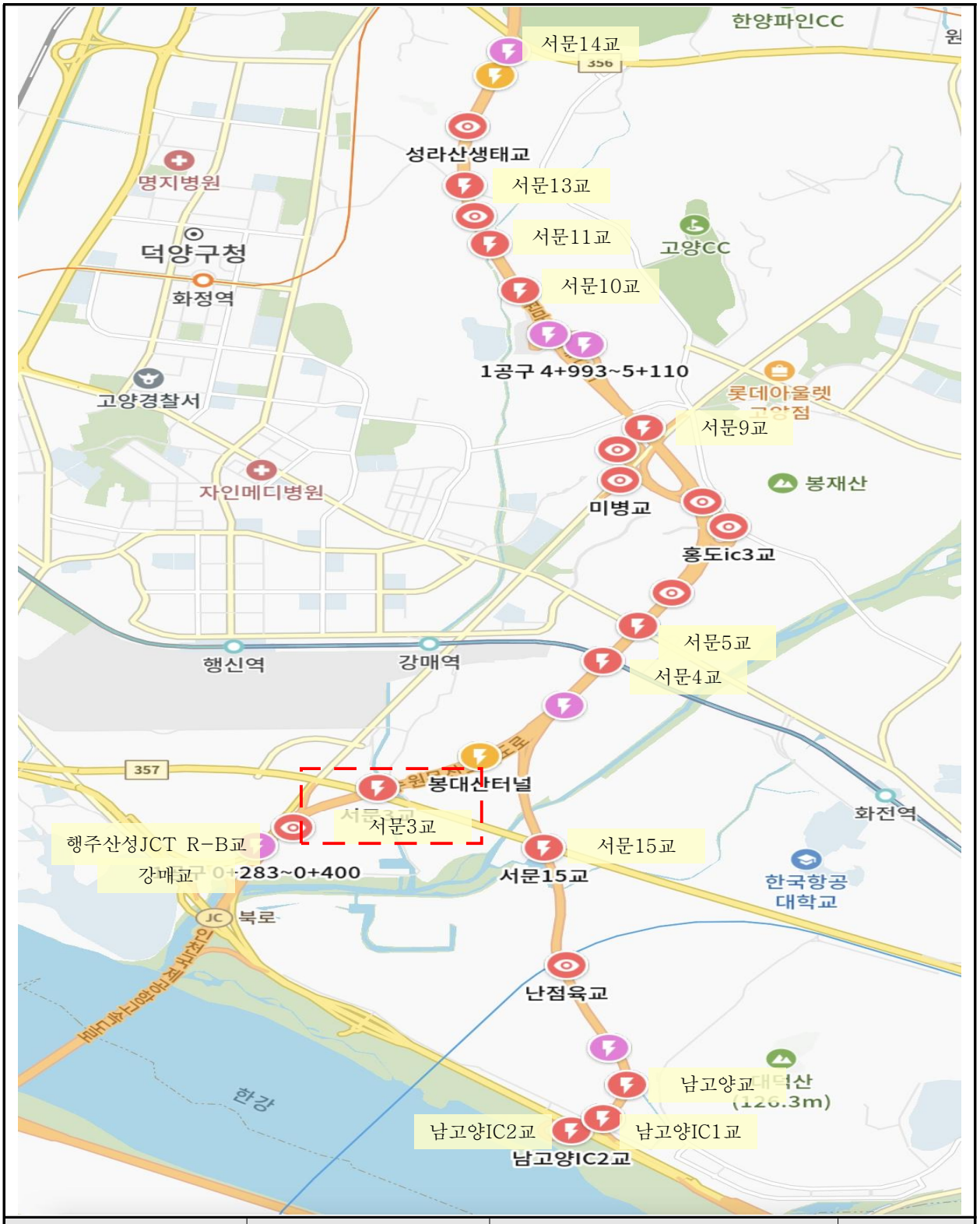


상부 전경



하부 전경

4.1.2 위치도 및 전경사진



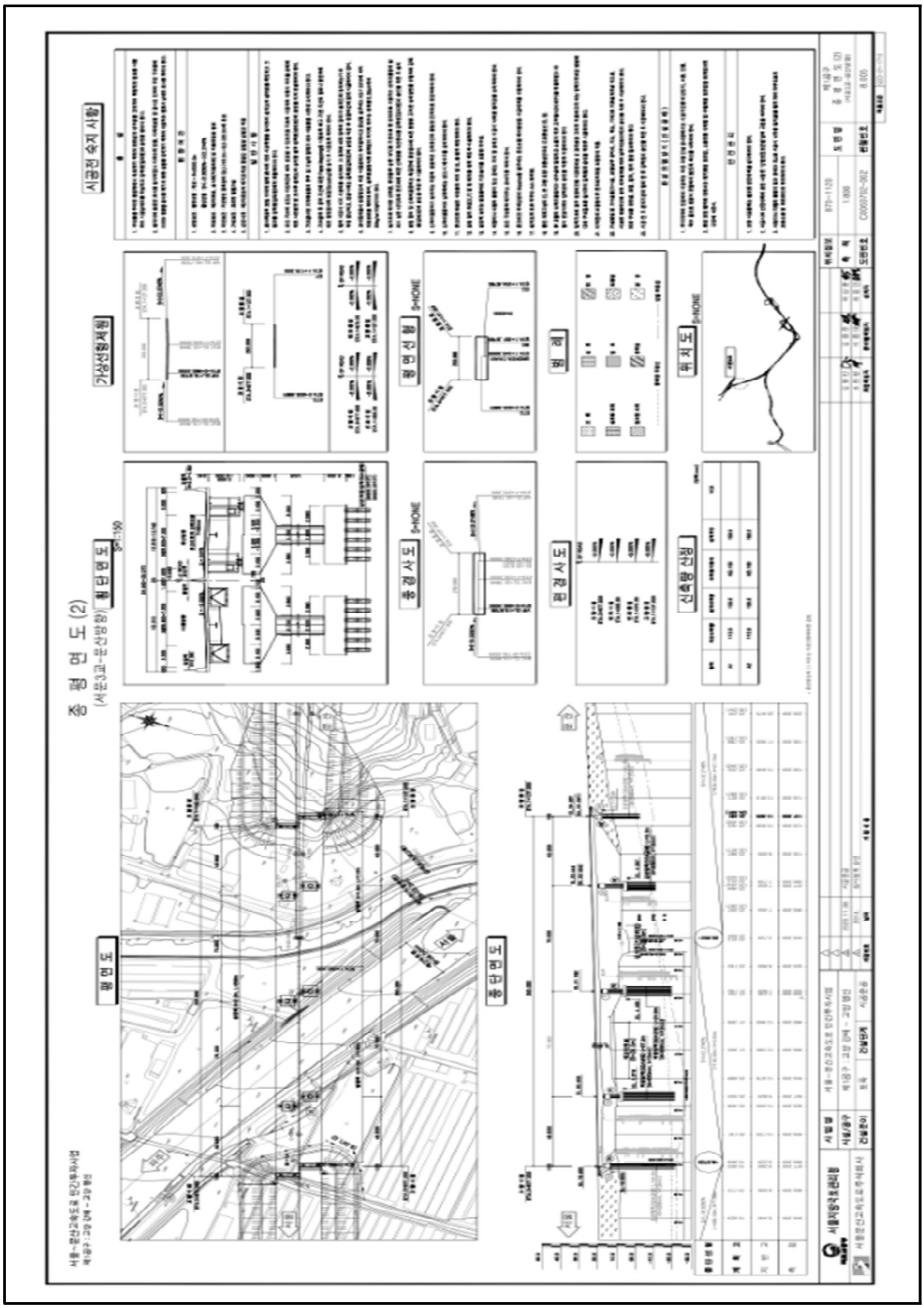
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S4	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

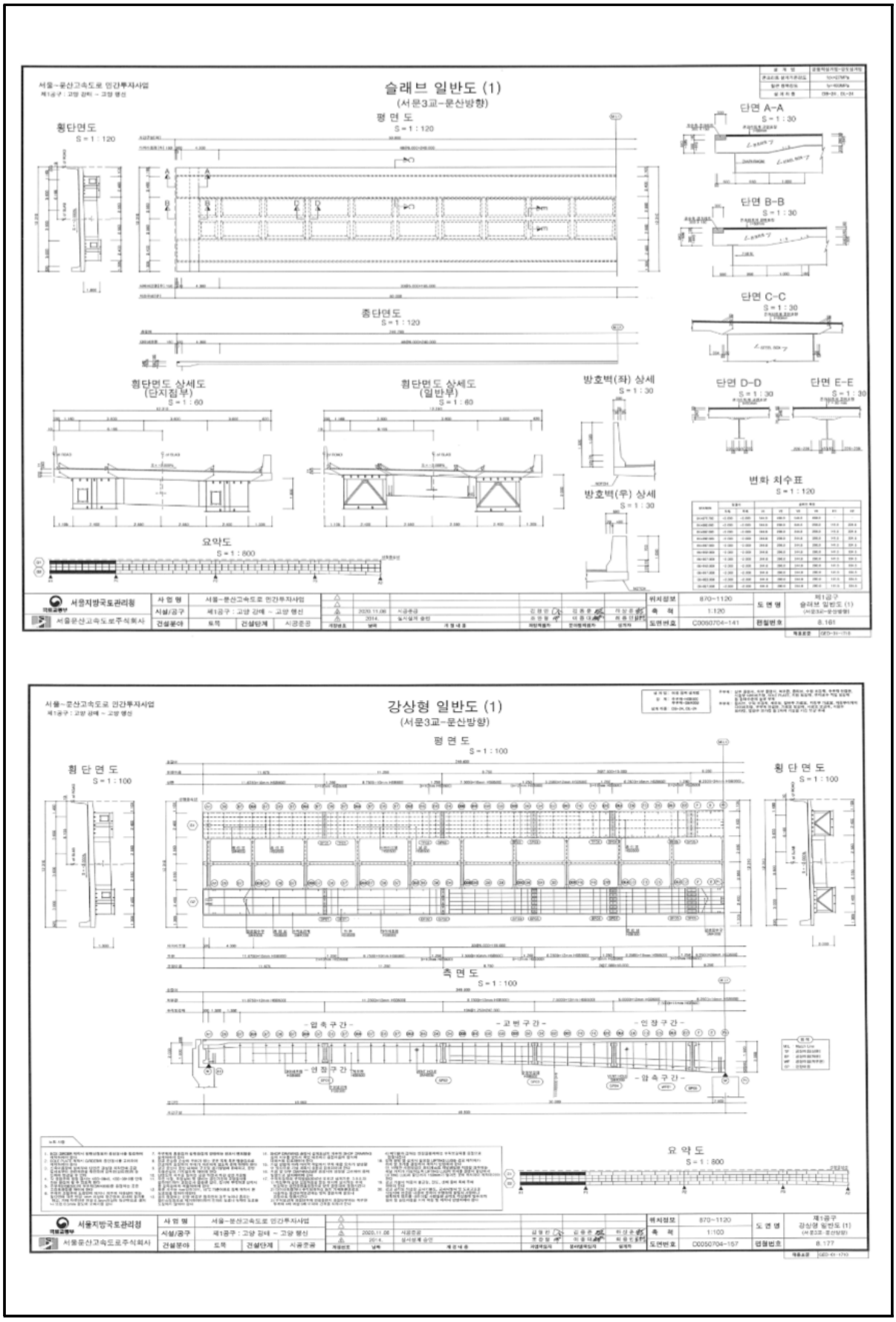
【그림 4.1.1】 위치도

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

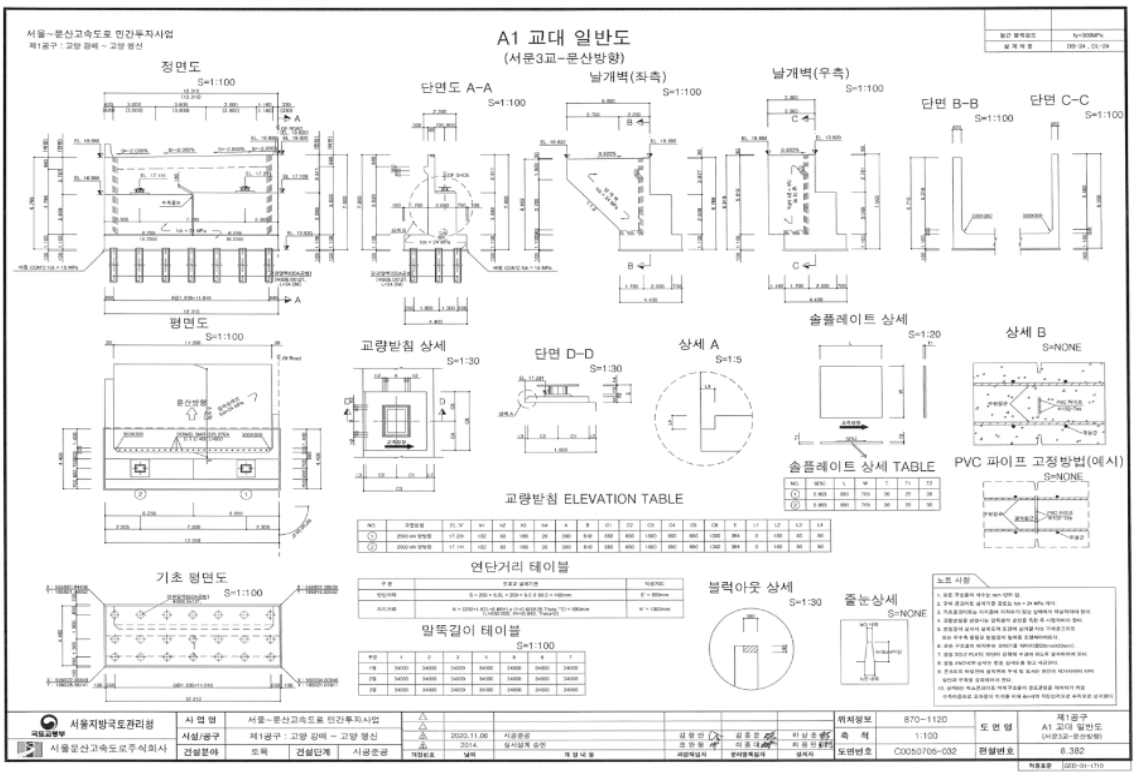
【그림 4.1.2】 부재별 현황

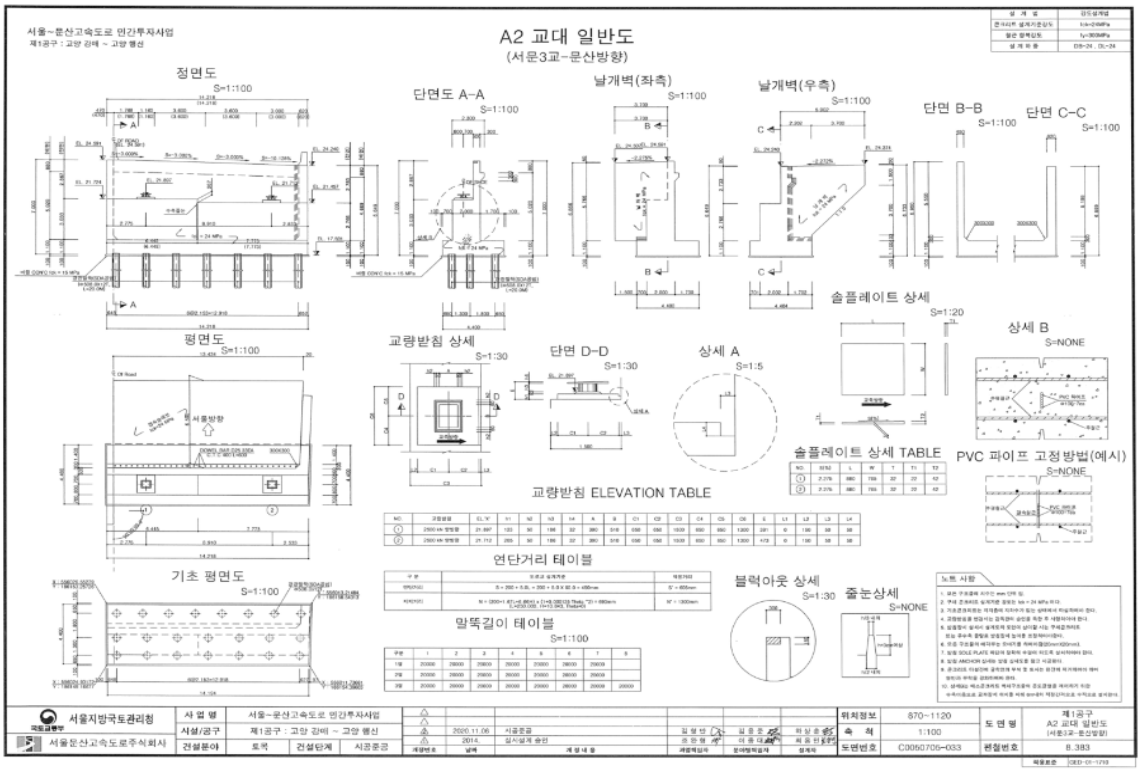
4.1.3 시설물 일반도


평 면 도
종단면도
시공전 숙지 사항
가설설계원
평면선형
종경사도
편경사도
편 책
위치도
신축량 산정
S=1/100
S=1/100
S=NONE
S=NONE
S=NONE

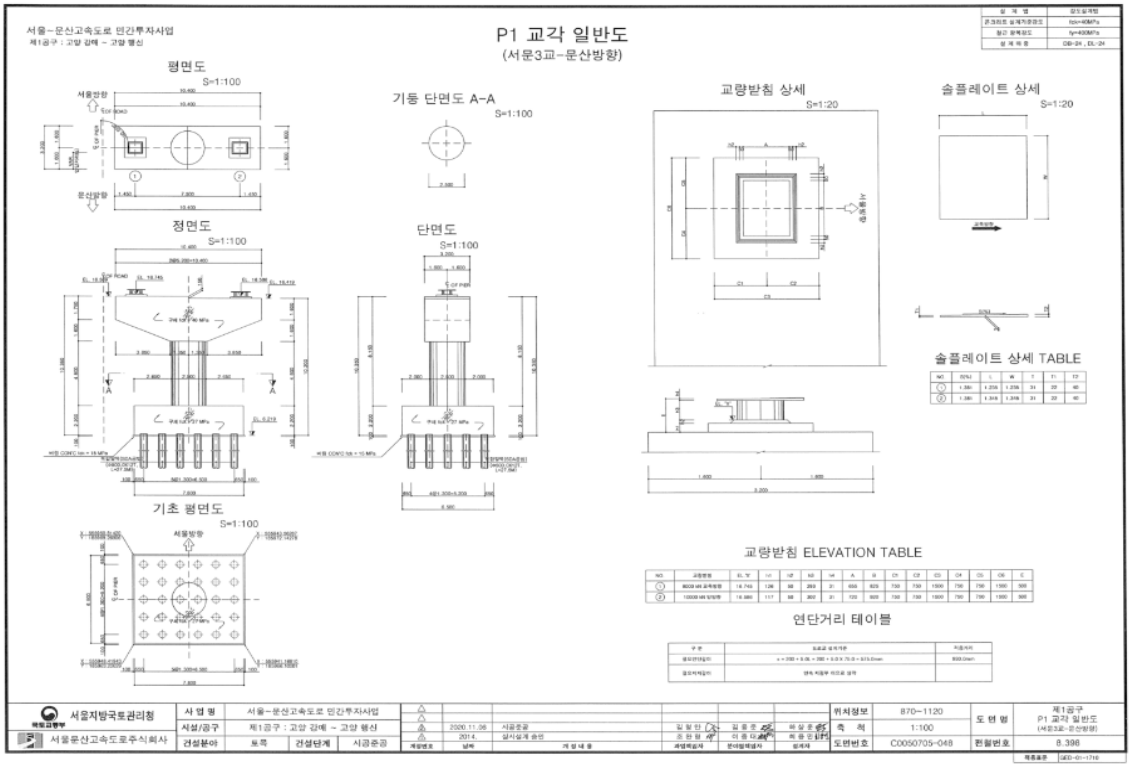


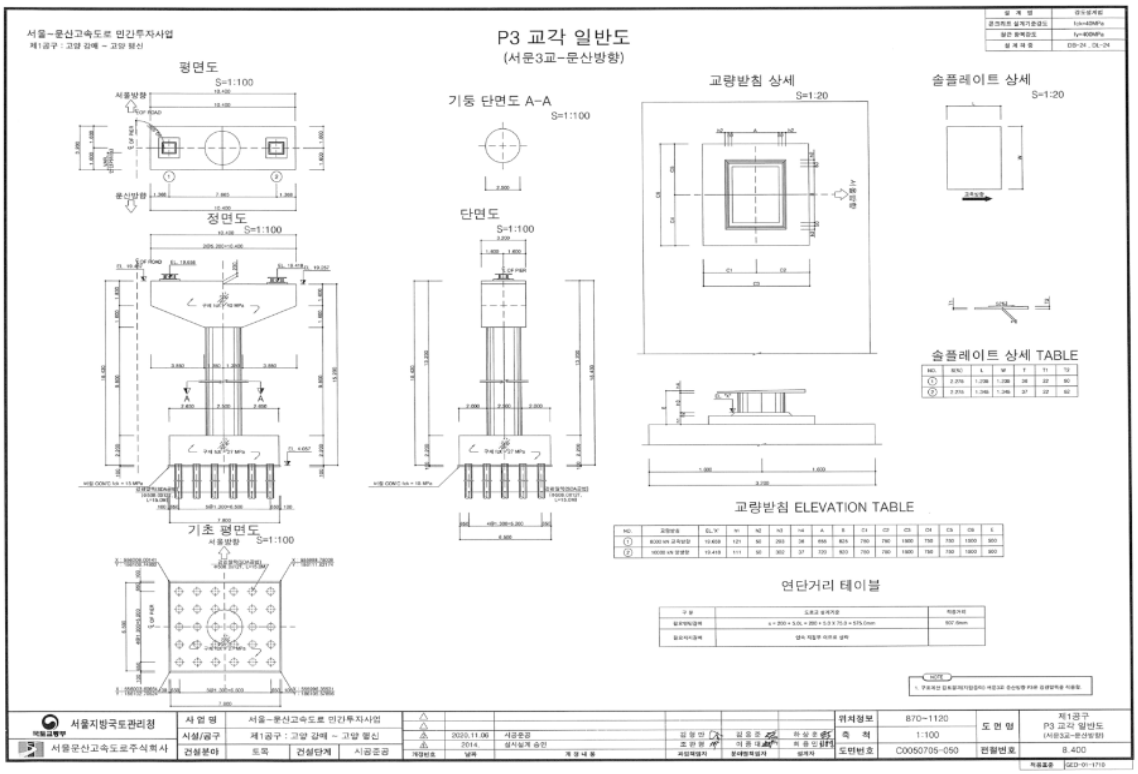
【그림 4.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도


A1 교대 일반도
(서문3교-문산방향)
정면도
단면도 A-A
날개벽(좌측)
날개벽(우측)
단면 B-B
단면 C-C
평면도
교량받침 상세
단면 D-D
상세 A
솔플레이트 상세
상세 B
교량받침 ELEVATION TABLE
솔플레이트 상세 TABLE
PVC 파이프 고정방법(예시)
기초 평면도
연단거리 테이블
말뚝길이 테이블
블럭아웃 상세
줄눈상세
노트 사항

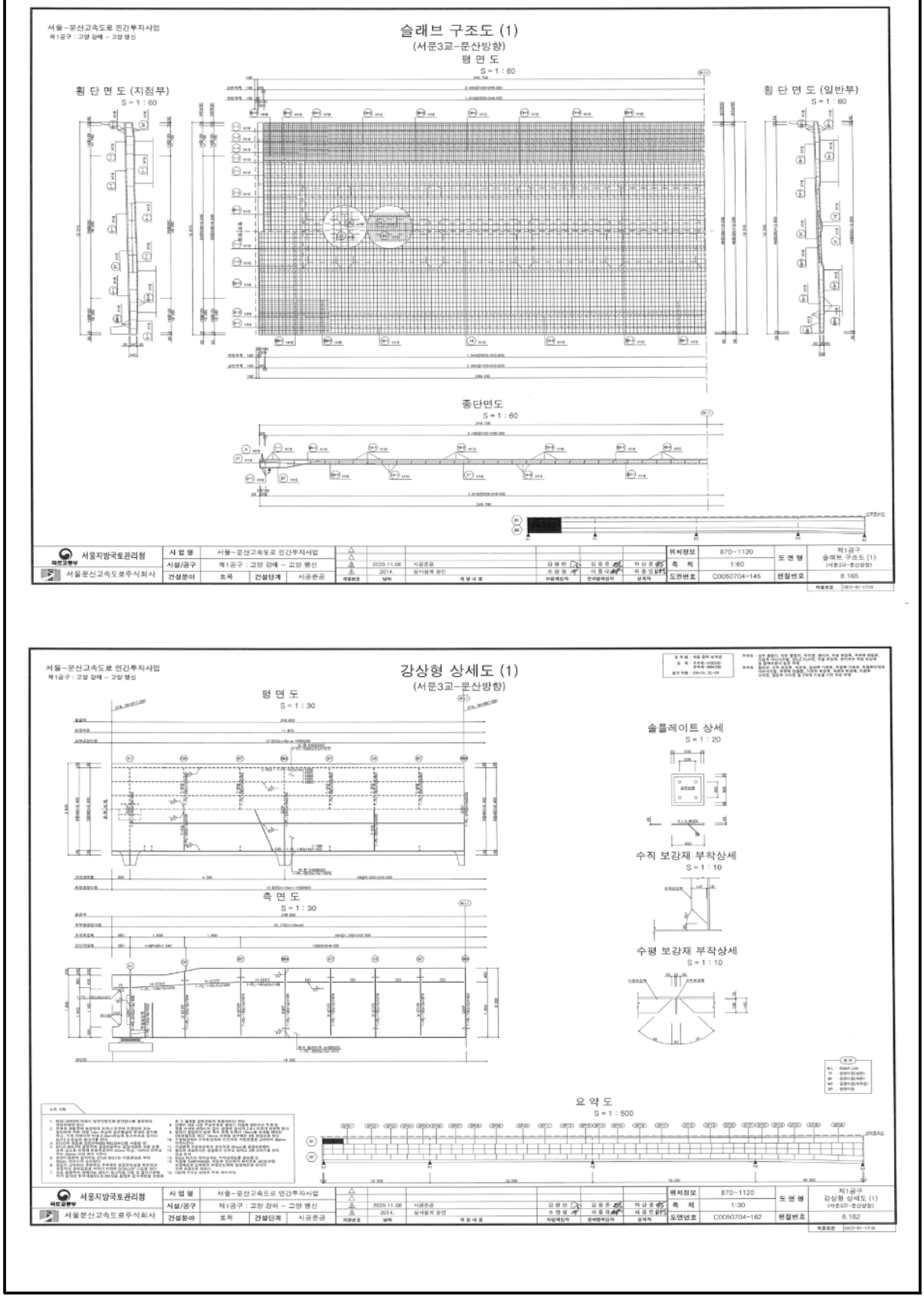

A2 교대 일반도
(서문3교-문산방향)
정면도
단면도 A-A
날개벽(좌측)
날개벽(우측)
단면 B-B
단면 C-C
평면도
교량받침 상세
단면 D-D
상세 A
솔플레이트 상세
상세 B
교량받침 ELEVATION TABLE
솔플레이트 상세 TABLE
PVC 파이프 고정방법(예시)
기초 평면도
연단거리 테이블
말뚝길이 테이블
블럭아웃 상세
줄눈상세
노트 사항

【그림 4.1.5】 교대 일반도

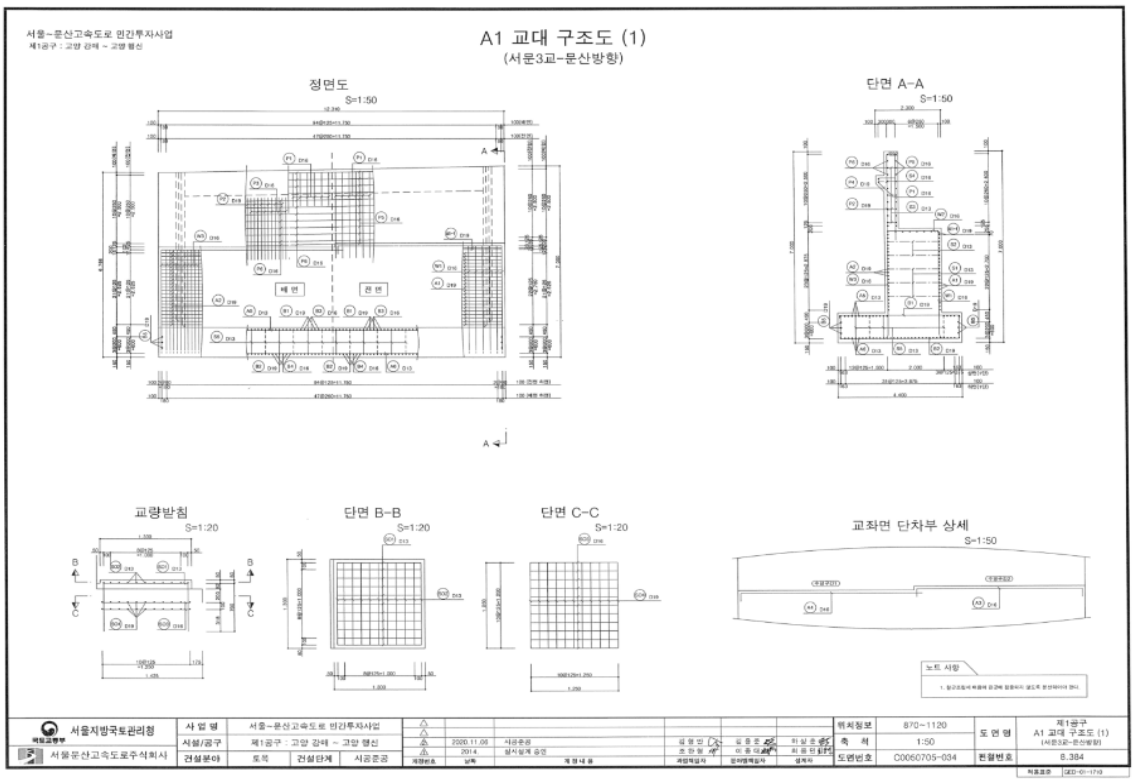

P1 교각 일반도
(서문3교-문산방향)
평면도
S=1:100
기둥 단면도 A-A
S=1:100
교량받침 상세
S=1:20
솔플레이트 상세
S=1:20
정면도
S=1:100
단면도
S=1:100
솔플레이트 상세 TABLE
기초 평면도
S=1:100
교량받침 ELEVATION TABLE
연단거리 테이블
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사업명 서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
위치정보 870-1120
측 척 1:100
도면번호 C0050705-048
제1공구
P1 교각 일반도
(서문3교-문산방향)
8.396

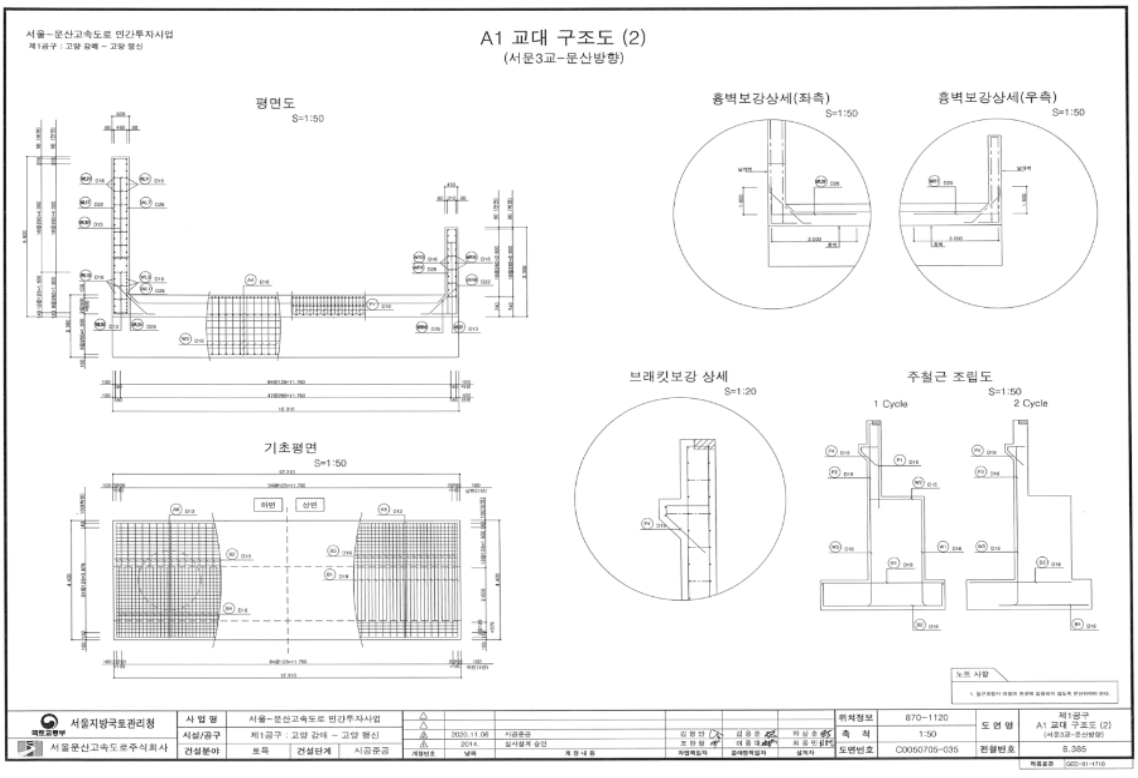

P3 교각 일반도
(서문3교-문산방향)
평면도
S=1:100
기둥 단면도 A-A
S=1:100
교량받침 상세
S=1:20
솔플레이트 상세
S=1:20
정면도
S=1:100
단면도
S=1:100
솔플레이트 상세 TABLE
기초 평면도
S=1:100
교량받침 ELEVATION TABLE
연단거리 테이블
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사업명 서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
위치정보 870-1120
측 척 1:100
도면번호 C0050705-050
제1공구
P3 교각 일반도
(서문3교-문산방향)
8.400

【그림 4.1.6】 교각 일반도

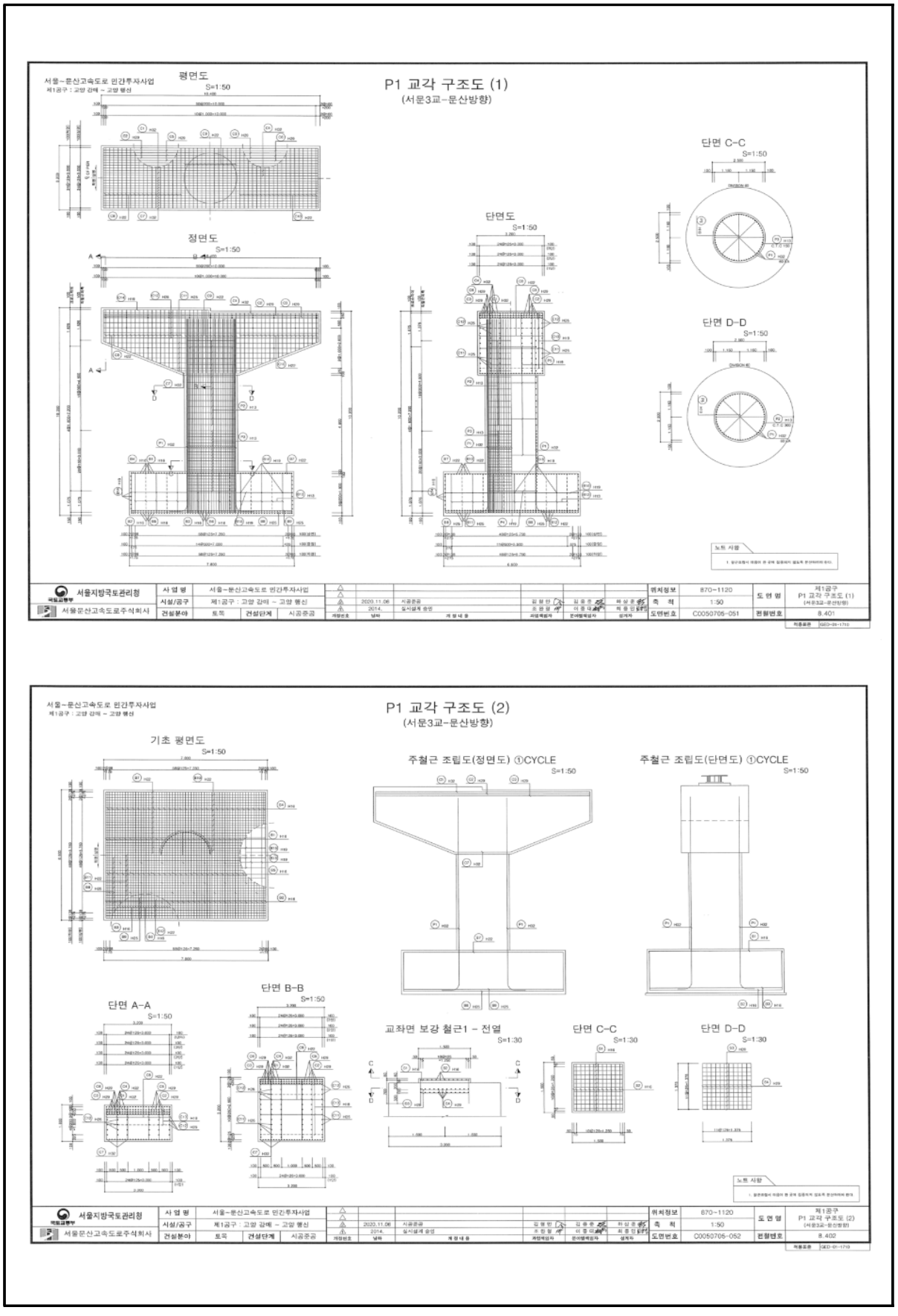


【그림 4.1.7】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도


서울~문산고속도로 민간투자사업
A1 교대 구조도 (1)
(서문3교-문산방향)
정면도
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
교량받침
S=1:20
단면 B-B
S=1:20
단면 C-C
S=1:20
교좌면 단차부 상세
S=1:50
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
위치정보 870-1120
축 척 1:50
도면번호 C0050705-034
도 면 명 제1공구 A1 교대 구조도 (1) (서문3교-문산방향)
컴퓨터번호 8.384


서울~문산고속도로 민간투자사업
A1 교대 구조도 (2)
(서문3교-문산방향)
평면도
S=1:50
흉벽보강상세(좌측)
S=1:50
흉벽보강상세(우측)
S=1:50
브래킷보강 상세
S=1:20
주철근 조립도
S=1:50
1 Cycle
2 Cycle
기초평면
S=1:50
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
위치정보 870-1120
축 척 1:50
도면번호 C0050705-035
도 면 명 제1공구 A1 교대 구조도 (2) (서문3교-문산방향)
컴퓨터번호 8.385

【그림 4.1.8】 교대 구조도


P1 교각 구조도 (1)
(서문3교-문산방향)
평면도
S=1:50
정면도
S=1:50
단면도
S=1:50
단면 C-C
S=1:50
단면 D-D
S=1:50
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사업명 서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 - 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
2020.11.06 시공준공
2014. 실시설계 승인
도면번호 C0050705-051
축척 1:50
P1 교각 구조도 (1)
(서문3교-문산방향)
8.401
P1 교각 구조도 (2)
(서문3교-문산방향)
기초 평면도
S=1:50
주철근 조립도(정면도) ①CYCLE
S=1:50
주철근 조립도(단면도) ①CYCLE
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
단면 B-B
S=1:50
교좌면 보강 철근1 - 전열
S=1:30
단면 C-C
S=1:30
단면 D-D
S=1:30
도면번호 C0050705-052
8.402

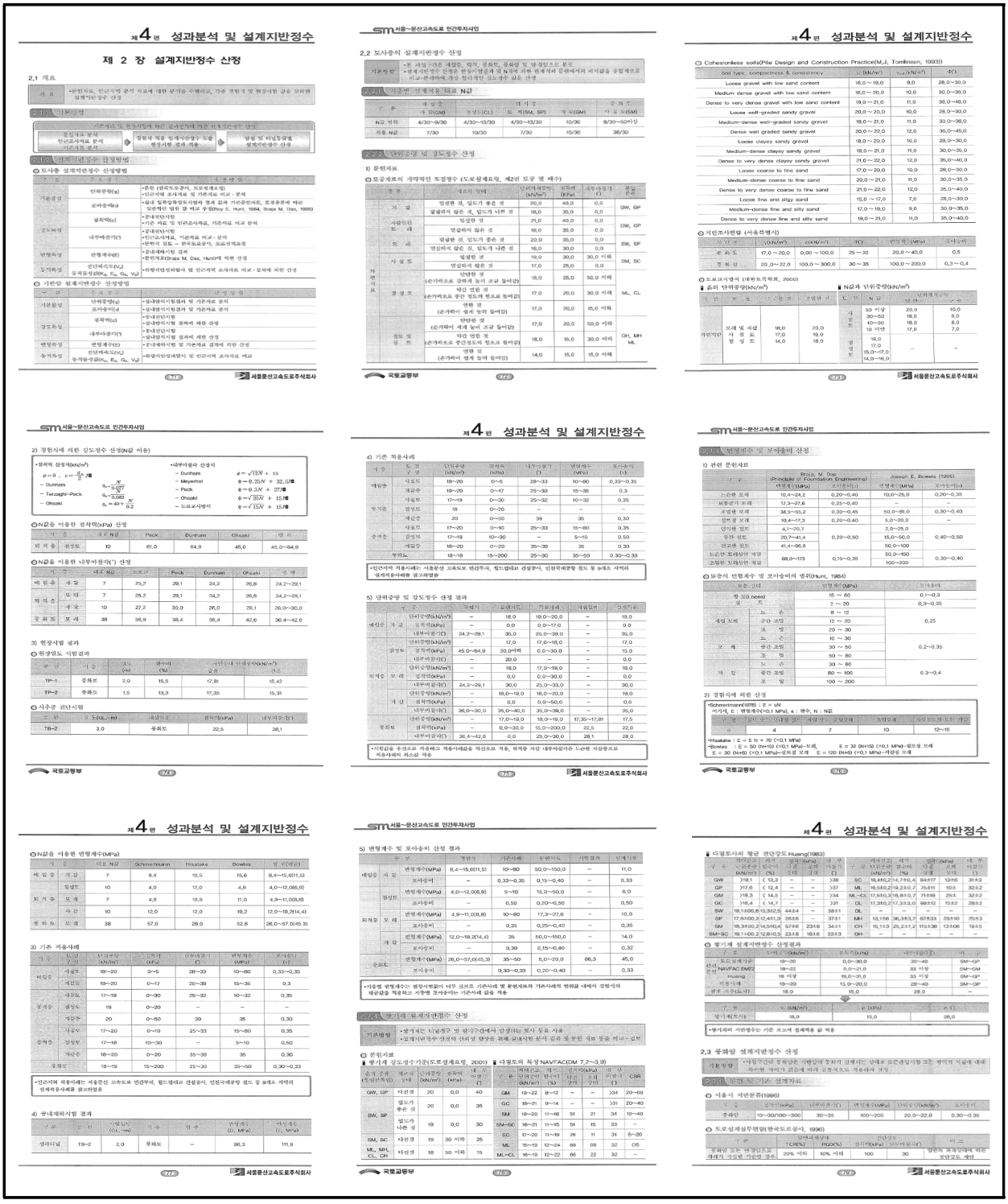
【그림 4.1.9】 교각 구조도

4.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

4.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비 고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	–
	2001	20	30	35	–
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편 암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범 위		19.5~21	10~30	30~36	–

○ 기존 적용사례

구 분	단위중량(kN/m³)	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0.30~0.31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공 번	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31.1	31.4	156.1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	–	19.5~22.0	20.0~22.0	–	20.0
포아송비(v)	–	0.20~0.45	0.30~0.31	–	0.30

○ 전단강도 및 변형계수

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	–	10.0~300	20~50	31.1	30.0
내부마찰각 (°)	) 39.5	30.0~36.0	30~33	31.4	31.0
변형계수(MPa)	–	200	50.0~350.0	156.1	150.0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 선정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○ 도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암 석 종 류 (강도)	암반과 쇄상태 (NX 규격 시추조사시)		암반의 강도정수	
	T.C.R(%)	R.Q.D(%)	φ (°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
경한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~30%	10~25%	33°	130
	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○ 서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반명	단위중량 γt (kN/m³)	내부마찰각 φ (°)	변형계수 E_s (MPa)	포아송비 ν
연 암	23~25	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0.25
경 암	25~27	35~45	1,000~4,000	0.20

2) 기존 적용사례

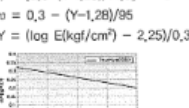
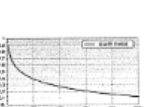
구 분		단위중량(kN/m³)	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널 구간	Ⅰ등급	27	4,200	44~45	18,000	0.21
	Ⅱ등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0.22
	Ⅲ등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0.24
	Ⅳ등급	24	800~900	34	1,000	0.25
	Ⅴ등급	23	400	33	500	0.26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

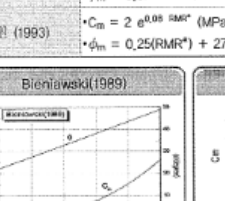
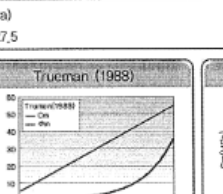
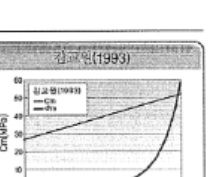
○ 제안자별 경험식

▮ 단위중량 및 포아송비

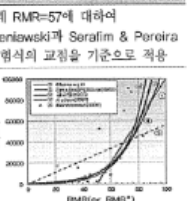
구 분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산 정 식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y-1.28)/14.3] × 10 υ = 0.3 − (Y−1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35 	υ = −0.17 Ln(RMR')+0.9 

▮ 점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	관 계 경 험 식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346\times10^{-5}RMR^2$ •$\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031\ RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0.25\ e^{0.05\ RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2\ e^{0.08\ RMR^*}$ (MPa) •$\phi_m = 0.25(RMR^*) + 27.5$

Bieniawski(1989)

Trueman (1988)

김교원(1993)


▮ 변형계수

변형계수 경험식	관 계 경 험 식	적 용 내 용
•Bieniawski (1978)	E_m = 2RMR−100(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\ e^{0.07RMR^*}$(GPa) − RMR* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\ RMR^{3.54}$(MPa)	
•Mohammad (1997)	$E_m = 0.562\ RMR + 0.183$ (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구 분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)	포아송비(v) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
터널 구간	Ⅰ등급	81	26.3	–	0.21	0.15
	Ⅱ등급	64	25.5	–	0.22	0.19
	Ⅲ등급	53	24.8	–	0.23	0.22
	Ⅳ등급	36	23.8	–	0.24	0.29
	Ⅴ등급	10	22.1	–	0.27	0.49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구 분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널 구간	Ⅰ등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	Ⅱ등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	Ⅲ등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	Ⅳ등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	Ⅴ등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구 분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Saratim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널 구간	Ⅰ등급	81	65,000	93,300	55,300
	Ⅱ등급	64	28,000	28,300	24,000
	Ⅲ등급	53	11,800	13,100	12,300
	Ⅳ등급	36	4,400	3,900	3,100
	Ⅴ등급	10	1,000	600	–

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.−m)	지 층	암 종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11.0	연 암	화강암질 편마암	Ⅳ	980.3	1,166.2
	TB-3	17.0	연 암	화강암질 편마암	Ⅳ	598.9	908.3

○ 실내시험 결과

구 분	공번	심 도 (m)	지 층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	Ⅳ	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	Ⅲ	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	Ⅲ	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	Ⅲ	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	Ⅲ	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	Ⅲ	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	Ⅳ	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	Ⅲ	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	지 층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적 용	포아송비(v) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	Ⅰ등급	27	26.3	–	27.0	0.21	0.15~0.21	–	0.21
	Ⅱ등급	26	25.5	–	26.0	0.22	0.19~0.22	–	0.22
	Ⅲ등급	25	24.8	26.65~26.90	25.0	0.24	0.22~0.23	0.16~0.19	0.24
	Ⅳ등급	24	23.8	27.08~28.93	24.0	0.25	0.24~0.29	0.16~0.21	0.25
	Ⅴ등급	23	22.1	–	23.0	0.26	0.27~0.49	–	0.26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구 분	지 층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적 용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적 용
터널구간	Ⅰ등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	Ⅱ등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	Ⅲ등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	Ⅳ등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	Ⅴ등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구 분	지 층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	Ⅰ등급	18,000	55,300~93,300	–	18,000
	Ⅱ등급	13,000~15,000	24,000~28,300	–	13,000
	Ⅲ등급	4,000~6,000	11,800~13,100	–	4,000
	Ⅳ등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	Ⅴ등급	500	600~1,000	–	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)	암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)
각 섬 암	32	화강암 (조립질)	31~35
현 무 암	31~38	석 회 암	33~40
역 암	35	편 암	31
백 악	30	사 암	25~35
백 운 암	27~31	셰 일	27
편마암 (편암질)	23~29	미 사 암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점 판 암	25~30

주) 위은 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암 석 명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비 고
점착력이 없는 물질	방과 / 자갈 암석	현무암 백악 화강암 석회암 사암 셰일	40.0 ~ 50.0 30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0 35.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 35.0	–	–
점착력이 있는 물질	암 석	견고한 화성암 변 성 암 견고한 퇴적암 연약한 퇴적암	35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 25.0 ~ 35.0	35.7 ~ 56.1 20.4 ~ 40.8 10.2 ~ 30.6 1.0 ~ 20.4	(화강암, 현무암, 반암) (규암, 편마암, 점판암) (석회암, 백운석, 사암) (사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암 석 명	설 명	최대강도 c'(kPa)	φ (°)	잔류강도 c'(kPa)	φ (°)	시 험 자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240.0	42.0	–	–	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15.0 90.0~120.0 60.0~100.0	7.5 12.0~17.0 9.0~13.0	–	–	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0.0~270.0	8.5~29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0.0~180.0	12.0~18.5	0.0~3.0	10.5~16.0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60.0	32.0	–	–	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	–	–	0.0	19.0~25.0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
협탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0~13.0	16.0	0.0	11.0~11.5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화상 섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0.0	26.5	–	–	Brawner[116]
화강암 /편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 억화됨, 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0.0~100.0 50.0~242.0	24.0~25.0 40.0~42.0	–	–	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	–	–	0.0	21.0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0~200.0	13.0~14.0 17.0~21.0	0.0	13.0	Krsmanovic등 [120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80.0 100.0	38.0 10.0	–	–	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0~24.0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14.0~30.0	15.0~17.5	–	–	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360.0 16.0~20.0	14.0 7.5~11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30.0~80.0 610.0~740.0 380.0	32.0 41.0 31.0	–	–	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50.0	33.0	–	–	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42.0~90.0	36.0~38.0	–	–	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구 분	현무암	역 암	편마암	화강암	사 암	셰 일
마찰각(°)	31.0 ~ 38.0	35.0	23.0 ~ 29.0	29.0 ~ 35.0	25.0 ~ 35.0	27.0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C, Wyllie, 1992)

구 분	암 종	내부마찰각(°)	비 고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20.0 ~ 27.0	–
Medium-friction Rocks	27.0 ~ 34.0	–	–
사암, 백악, 편마암, 슬레이트	–	–	–

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암 종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	–	47.0~59.0	47.0	–	34.7~39.1	34.0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개 요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음
•Imai, Yoshimura(1970)　$V_s = 76\times N^{0.33}$　• Imai(1982)　$V_s = 97.0\times N^{0.314}$
•Okamoto(1989)　$V_s = 125\times N^{0.3}$　• Oba, Toriumi(1990)　$V_s = 84\times N^{0.31}$
− 동전단계수 : $G_d = \rho\cdot V_s^2$
− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d\cdot(1+\nu_d)$
− 동체적계수 : $K_d = E_d/3(1-2\nu_d)$　여기서, ρ= γt/g , γt=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구 분		하향식탄성파 V_p(m/s)	V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비 고
매립층		–	–	144.4~224.1	180	–
퇴적층	점토	–	–	162.5~249.4	200	–
	모래	–	–	144.4~224.1	170	–
	자갈	–	–	162.5~249.4	190	–
풍화토		919~984	375~408	252.4~372.3	392	–
풍화암		1,103~1,185	511~577	276.4~404.2	544	–
연 암		1,786~1,881	927~980	–	954	4등급
경 암		2,168~2,323	1,192~1,277	–	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

분석결과	•내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용



제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
	일반	
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
	일반	
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
	일반	
균열 간격이 없을때	불투수성	1.0×10^{-9} 이상
	일반	

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

89 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

2.7.3 물안속체 설계지반정수

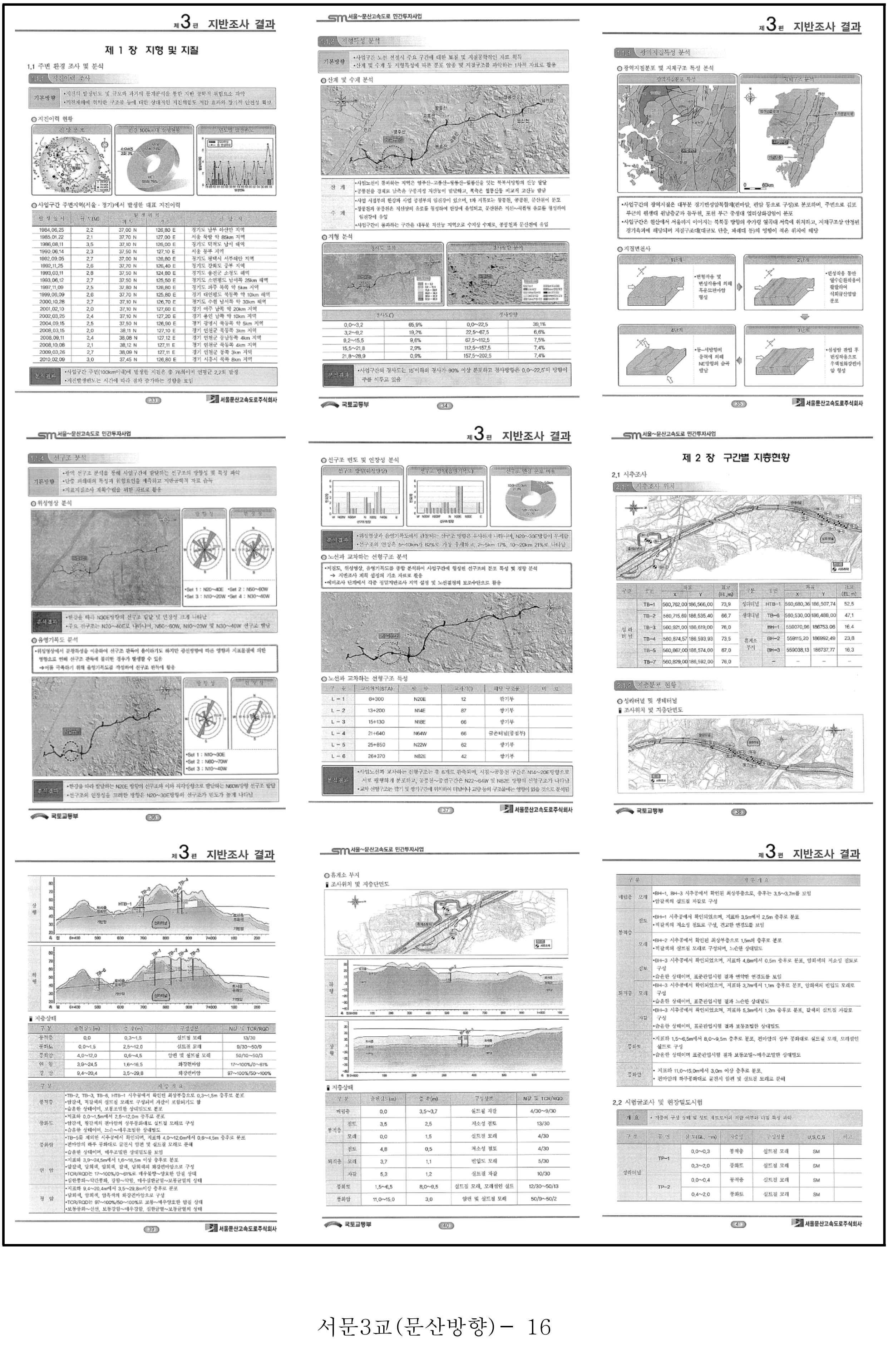
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	v_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부 90

나. 지반 및 지질 조사보고서



제3편 지반조사 결과

제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

○지진이력 현황

○사업구간 주변지역(서울·경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

33 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석

구분	내용
산계	•사업노선이 통과하는 지역은 영주산–고봉산–왕릉산–월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 저산성의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 저산~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석

경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부 34

제3편 지반조사 결과

1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석

•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포

•사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사

35 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

○위성영상 분석

분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부 36

제3편 지반조사 결과

○선구조 빈도 및 연장성 분석

분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용

○노선과 교차하는 선형구조 특성

구분	교차위치(STA)	방향	교차각(°)	해당 구조물	비고
L-1	6+300	N20E	12	깎기부	
L-2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L-3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L-4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L-5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L-6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 관측되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

37 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고(EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고(EL.m)
성라터널	TB-1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB-1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB-2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB-6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB-3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소부지	BH-1	559070.96	186753.06	16.4
	TB-4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH-2	559115.20	186992.49	23.8
	TB-5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH-3	559038.13	186737.77	16.3
	TB-7	560,829.00	186,592.00	76.0		-	-	-	-

2.1.2 지층분포 현황

○성라터널 및 생태터널

▮조사위치 및 지층단면도

국토교통부 38

제3편 지반조사 결과

▮지층상태

구분	출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

구분	지층개요
붕적층	•TB-2, TB-3, TB-6, HTB-1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB-5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▮조사위치 및 지층단면도

▮지층상태

구분		출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부 40

제3편 지반조사 결과

구분		지층개요
매립층	모래	•BH-1, BH-3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH-1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
	모래	•BH-2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
	모래	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
	자갈	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포. • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구분	공번	심도(GL. -m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP-1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
	TP-2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41 서울문산고속도로주식회사

○ 현장밀도시험 결과

구 분	공 번	심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
성라터널	TP-1	2.0	풍화토	17.81	15.42	14.18	12.28	1.256
	TP-2	1.5	풍화토	17.35	15.31	13.62	12.02	1.274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17.35~17.81kN/m³, 건조단위중량 : 15.31~15.42kN/m³ •L값 : 1.256~1.274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

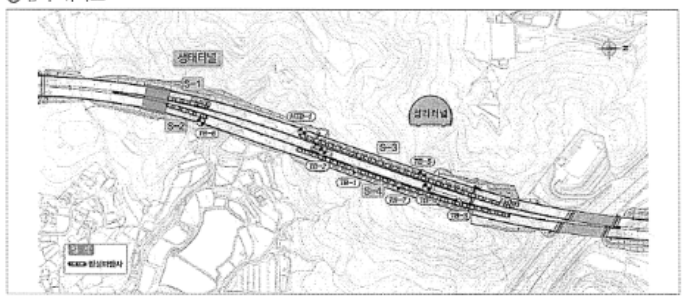
구 분	지 층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	-
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토사구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

제 3 장 물리탐사

3.1 굴절법탄성파탐사

○ 탐사 위치도



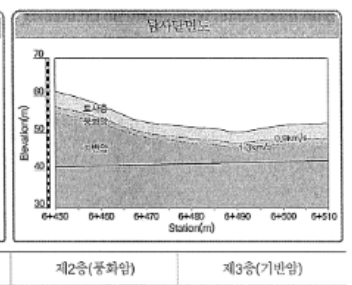
○ 탐사 결과

▮ S-1

상세위치도



탐사단면도

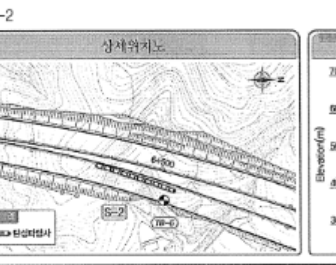


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL.-4.71 출현

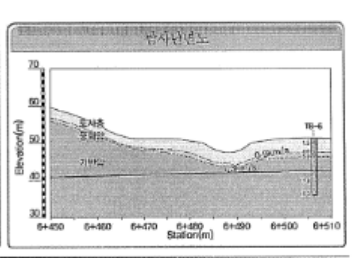
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 풍화암층의 두께는 1.13~1.68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.03~5.61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 풍화암층의 평균 두께는 1.36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.71m로 분석되었음

▮ S-2

상세위치도



탐사단면도

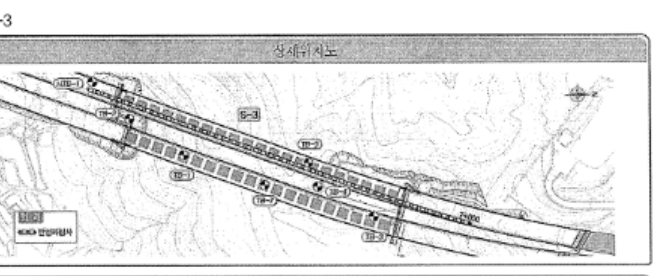


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.16	0.92	GL.-4.09 출현

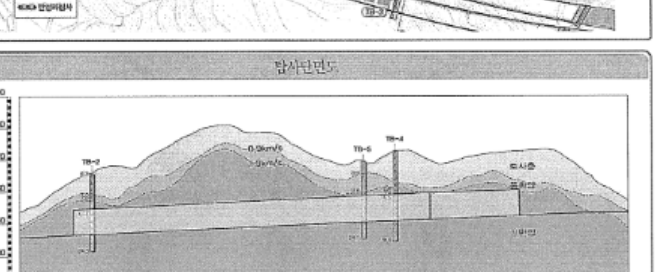
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.29~4.03m, 풍화암층의 두께는 0.52~1.20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2.81~5.21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3.16m, 풍화암층의 평균 두께는 0.92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.09m로 분석되었음

▮ S-3

상세위치도



탐사단면도

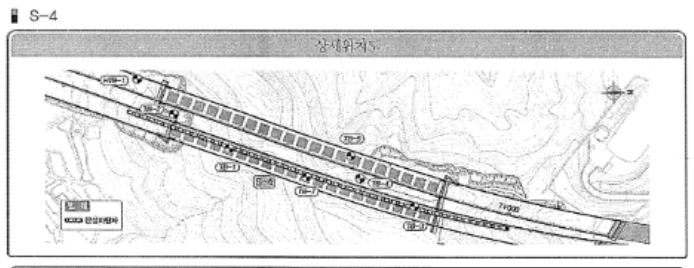


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6.67	2.93	GL.-9.60 출현

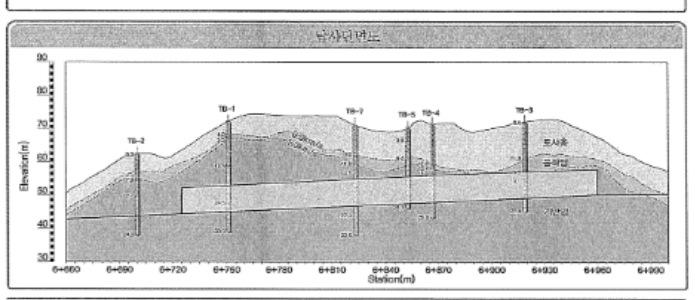
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.78~10.86m, 풍화암층의 두께는 0.95~5.92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.45~13.60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6.67m, 풍화암층의 평균 두께는 2.93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9.60m로 분석되었음

▮ S-4

상세위치도



탐사단면도



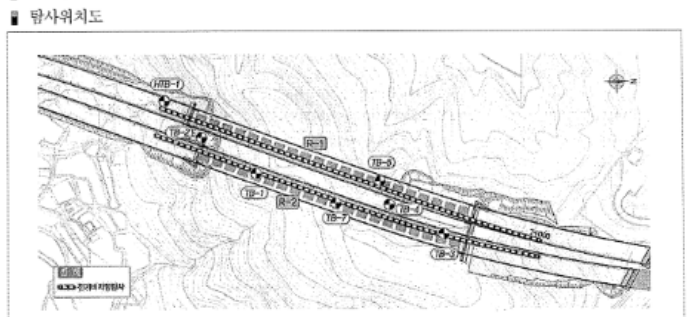
구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7.80	2.32	GL.-10.11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.98~13.49m, 풍화암층의 두께는 0.61~5.28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5.64~15.54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7.80m, 풍화암층의 평균 두께는 2.32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10.11m로 분석되었음

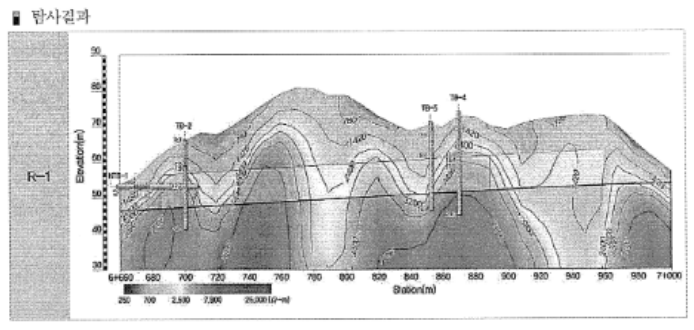
3.2 전기비저항탐사

○ 성라터널 서울방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과

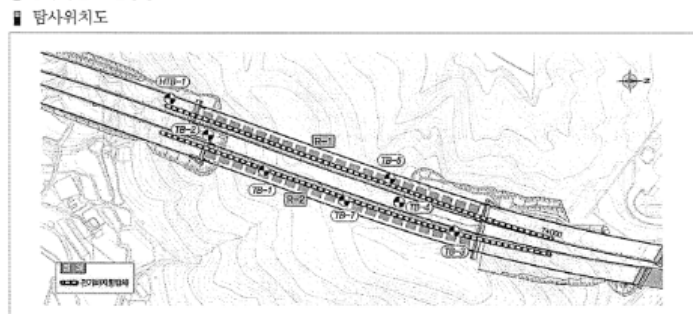


▮ 분석결과

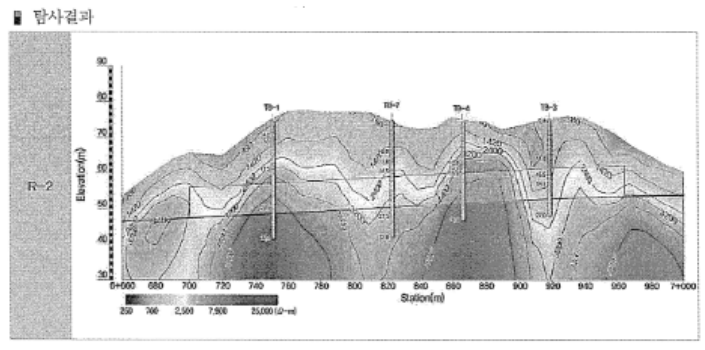
•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

○ 성라터널 문산방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과



▮ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2.0	풍화토	-	96.3	111.9
	TB-2	11.0	연 암	화강편마암	980.3	1,166.2
	TB-3	13.0	풍화암	-	156.1	231.1
	TB-3	17.0	연 암	화강편마암	598.9	908.3

○ 결과분석

구분	변형계수(D,MPa) 풍화토	변형계수 풍화암	변형계수 연 암	탄성계수(E,MPa) 풍화토	탄성계수 풍화암	탄성계수 연 암
성라터널	96.3	156.1	598.9~980.3	111.9	231.1	908.3~1,166.2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96.3MPa, 풍화암은 156.1MPa,연암은 598.9~980.3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 원지반 점착력(C)과 내부마찰각(Ø) 측정

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3.0	풍화토	22.5	28.1
	TB-3	12.0	풍화암	31.1	31.4

○ 결과분석

구분	점착력(c, kPa) 풍화토	점착력 풍화암	마찰각(Ø, °) 풍화토	마찰각 풍화암
성라터널	22.5	31.1	28.1	31.4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22.5kPa, 풍화암 31.1kPa로 산정되며, 마찰각(Ø)은 풍화토 28.1°, 풍화암 31.4°로 나타남

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

○ 터널구간

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
TB-1	7.4	66.5	TB-4	15.5	58.0	TB-7	17.6	58.4
TB-2	6.1	60.6	TB-5	6.8	60.2	-	-	-
TB-3	17.0	59.0	TB-6	3.6	43.5	-	-	-

○ 기타구간(휴게소 부지)

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
BH-1	3.2	13.2	BH-2	6.6	17.2	BH-3	3.5	12.8

○ 결과분석

구 분	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
터널구간	3.6~17.6	43.5~66.5
기타구간 (휴게소 부지)	3.2~6.6	12.8~17.2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3.6~17.6m, 기타구간 : GL.- 3.2~6.6m 범위로 분포

4.2.2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL.-m)	지 층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	1.95×10⁻⁴	7.4
	TB-2	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	3.08×10⁻⁴	6.1
	TB-3	12.0 ~ 13.0	풍화암	-	4.53×10⁻⁵	17.0
	TB-4	8.0 ~ 9.0	풍화토	SM	2.07×10⁻⁴	15.5

○ 결과분석

구 분	풍화토	풍화암
성라터널	1.96×10⁻⁴ ~ 3.08×10⁻⁴cm/s	4.53×10⁻⁵cm/s

4.2.3 수압시험

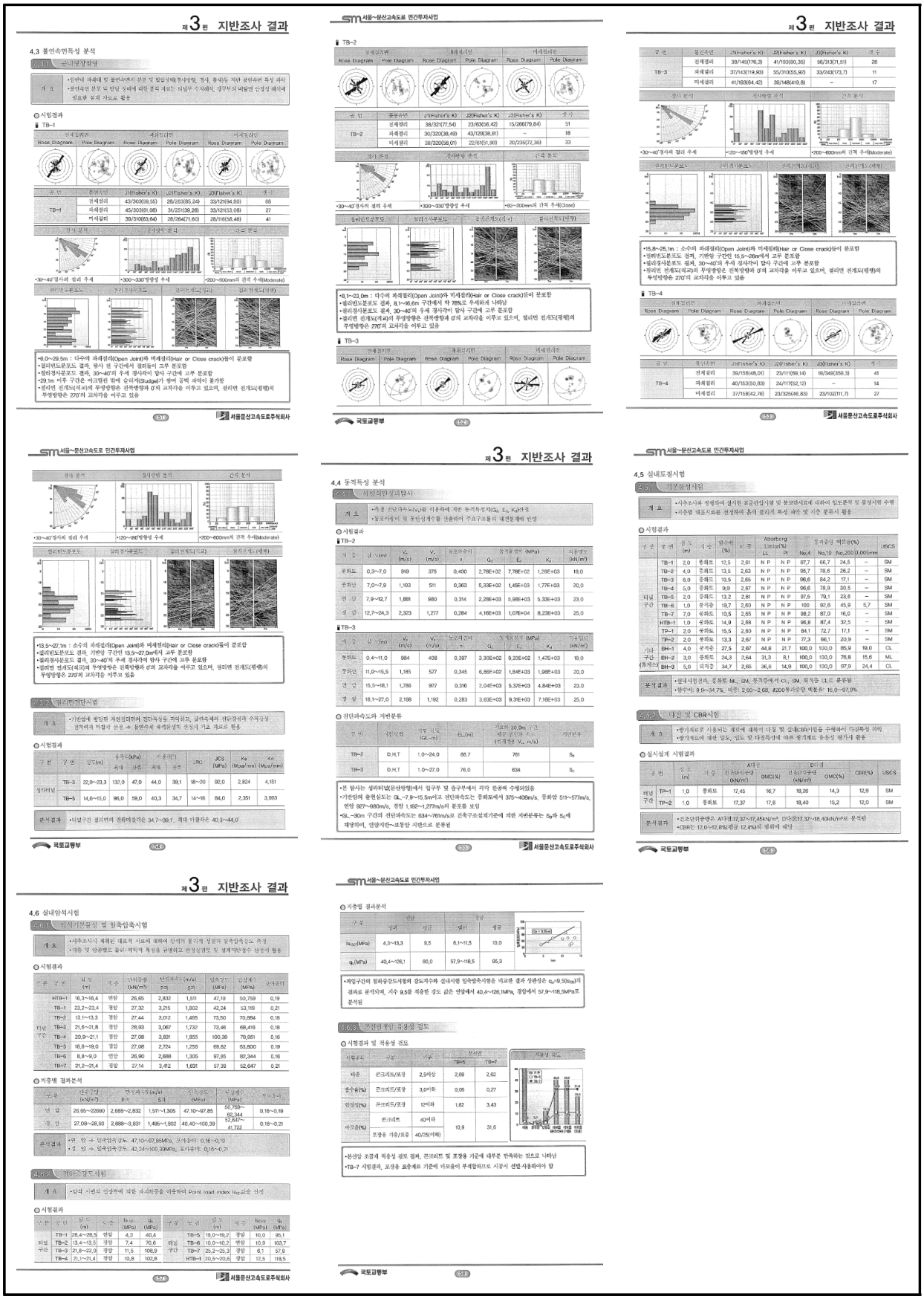
개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 계산을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7.0 ~ 12.0	연 암	3.06×10⁻⁶	0.11	Dilation
	TB - 2	16.0 ~ 21.0	경 암	1.28×10⁻⁶	0.08	Dilation
	TB - 3	20.0 ~ 25.0	경 암	2.49×10⁻⁶	0.04	Dilation
	TB - 6	6.0 ~ 11.0	연 암	4.76×10⁻⁶	0.14	Dilation

○ 결과분석

구 분	투수계수(cm/s) 연 암	투수계수 경 암	평균 Lugeon 연 암	평균 Lugeon 경 암
성라터널	3.06X10⁻⁶~4.76X10⁻⁶	1.28X10⁻⁶~2.49X10⁻⁶	0.11~0.14	0.04~0.08



제3편 지반조사 결과

4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

개 요 •일반대 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 통과)등 지반 불연속면 특성 파악
•불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수직배치, 경구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

시험결과

TB-1

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-1	전체절리	43/303(59,55)	28/263(85,24)	33/121(94,80)	68
	파쇄절리	45/303(61,08)	31/251(39,28)	33/121(53,08)	27
	미세절리	39/310(63,64)	28/264(71,60)	28/116(58,48)	41

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 아크랜탄 밖에 슬리지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(세피)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

51 서울문산고속도로주식회사

TB-2

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-2	전체절리	38/321(77,54)	23/63(56,42)	15/266(79,84)	51
	파쇄절리	30/320(38,49)	43/129(38,81)	–	18
	미세절리	38/320(58,01)	22/61(51,90)	20/235(72,39)	33

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •60~200mm의 간격 우세(Close)

•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(세피)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-3

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-3	전체절리	38/145(176,3)	41/193(80,35)	56/313(71,51)	28
	파쇄절리	37/143(119,93)	55/310(55,92)	33/243(173,7)	11
	미세절리	41/193(64,42)	39/148(419,8)	–	17

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(세피)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-4

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-4	전체절리	39/156(48,01)	23/111(69,14)	19/349(359,3)	41
	파쇄절리	40/153(50,83)	24/117(52,12)	–	14
	미세절리	37/158(42,76)	23/325(46,83)	23/102(111,7)	27

53 서울문산고속도로주식회사

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(세피)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요 •기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 결정에서 마찰각 산정 → 불연속체 해석문제의 안정시 기초 자료로 활용

시험결과

구 분	공 번	심도(m)	정착도(kPa) 최대	정착도(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과 •터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

국토교통부 54

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요 •측정 전단파속도(Vs)를 이용하여 지반 동적특성치(G_0, E_0, K_0)산정
•동교아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

시험결과

TB-2

구 분	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동교아송비 σ	동적물성치 (MPa) G_0	E_0	K_0	지층밀도 (kN/m³)
풍화도	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

TB-3

구 분	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동교아송비 σ	동적물성치 (MPa) G_0	E_0	K_0	지층밀도 (kN/m³)
풍화도	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	927	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,168	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

전단파속도와 지반분류

공 번	시험방향	시험 심도 (GL~m)	EL_s(m)	기초하 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (전개점용 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D,H,T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D,H,T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL~7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화도에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL~30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

55 서울문산고속도로주식회사

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요 •시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
•지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	풍적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타구간 (참조소)	BH-1	4.0	풍적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과 •실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 풍적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨
•함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 타입 및 CBR시험

개 요 •평가재료로 사용되는 재료에 대하여 타입 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악
•평가재료에 대한 입도, 입도 및 다짐특성에 따른 평가재료 유용성 평가시 활용

실시설계 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	A타입 건조단위중량 (kN/m³)	A타입 OMC(%)	D타입 건조단위중량 (kN/m³)	D타입 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.28	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과 •건조단위중량은 A타입17.37~17.45kN/m³, D타입17.37~18.40kN/m³로 분석됨
•CBR는 12.0~12.8%평균 12.4%의 범위에 해당

국토교통부 56

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요 •시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정
•지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

지층별 결과분석

구 분	탄성강도 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과 •연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19
•경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

개 요 •암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index I_{S50}값을 산정

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{S(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{S(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

57 서울문산고속도로주식회사

지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
$I_{S(50)}$(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3

•기반구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.50I_{S50}의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 본선암계암 유용성 검토

시험결과 및 적용성 검토

시험결과	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

지층성 검토

•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

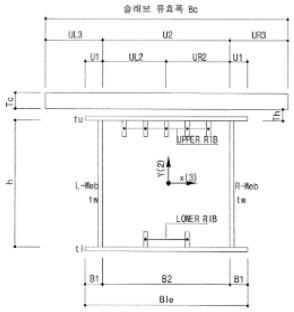
국토교통부 58

다. 구조계산서 및 내진설계

4.6 단 면 검 토(정모멘트)

[62 : SPLICE - 1] : 절점 54 로 부터 이격거리 1.875 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: HSB500	
Bc =	6,205.7 mm
UL3 =	2,500.7 mm
UR3 =	1,305.0 mm
U1 =	120.0 mm
UL2 =	1,200.0 mm
UR2 =	1,200.0 mm
상부 플랜지 유효폭	
Bue =	2,640.0 mm
하부 플랜지 유효폭	
Ble =	2,640.0 mm
B1 =	120.0 mm
B2 =	2,400.0 mm
Tc =	240.0 mm
Th =	50.0 mm
h =	2,000.0 mm
Θ_1 =	0.000 °
Θ_2 =	0.000 °

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ε_{sh} : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률	-	0.000270
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
Φ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
n : 강재 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
Δt : 강재 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	6,229.738
M_{sw} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,239.053
M_w : 풍하중에의한 모멘트	kN·m	335.636
M_p : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	5,770.139
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-223.732
V_{sw} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-73.318
V_w : 풍하중에의한 전단력	kN	-5.094
V_p : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-510.976
M_{s1} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	42.126
M_{s2} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	312.503
M_{w1} : 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	217.112
M_{p1} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	653.543

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

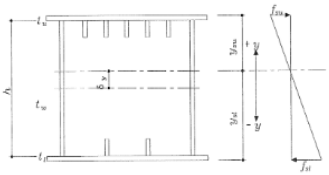
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	A_s(mm²)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm³)	$A_s \cdot Y^2$(mm⁴)	I_{xo}(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	1,005.0	2.653E+07	2.666E+10	2.200E+05
UPPER RIB	5 - 140.0 × 14.0	9,800.0	930.0	9.114E+06	8.476E+09	1.601E+07
L - WEB	1 - 2,000.0 × 12.0	24,000.0	-	-	-	8.000E+09
R - WEB	1 - 2,000.0 × 12.0	24,000.0	-	-	-	8.000E+09
LOWER RIB	2 - 140.0 × 14.0	3,920.0	-930.0	-3.646E+06	3.390E+09	6.403E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	-1,005.0	-2.653E+07	2.666E+10	2.200E+05
강재 단면 합계		114,520.0	-	5.468E+06	6.520E+10	1.602E+10
RC. SLAB	1 - 6,205.7 × 240.0	1,489,375.2	1,170.0	1.743E+09	2.039E+12	7.149E+09
SLAB 단면 합계		1,489,375.2	-	1.743E+09	2.039E+12	7.149E+09

※ A_s = 114,520.0 mm² A_{c1} = 1,489,375.2 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

• 도심축 이동량

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 5,468,400.0 / 114,520.0 = 47.751 mm

• 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y$ = 2,000.0 / 2 + 10.0 - 47.751 = 962.249 mm

$y_{sl} = -(h/2 + t_l + \delta_y)$ = -(2,000.0 / 2 + 10.0 + 47.751) = -1,057.751 mm

• 강재의 단면2차 모멘트

$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2$

= 16,022,849,333.3 + 65,195,748,000.0 - 114,520.0 × 47.751² = 8.096E+10 mm⁴

• 플랜지 응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.1)

$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s$ = 6,229.738×962.2/80,957,477,890.8 = 74.046 MPa

$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s$ = 6,229.738×-1,057.8/80,957,477,890.8 = -81.395 MPa

• 부재의 전단응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

F = = 4.848E+06 mm²

$\upsilon = V_s / A_w + M_{s1} / (2 \cdot F \cdot t_w)$

= 223.732 / 48,000.0 + 42.126 / (2 × 4,848,120.0 × 12.0) = 5.023 MPa

구조계산 CHECK LIST

4.단면별 응력검토결과

작용응력에 대한 허용응력 검토

< Girder - 1 >

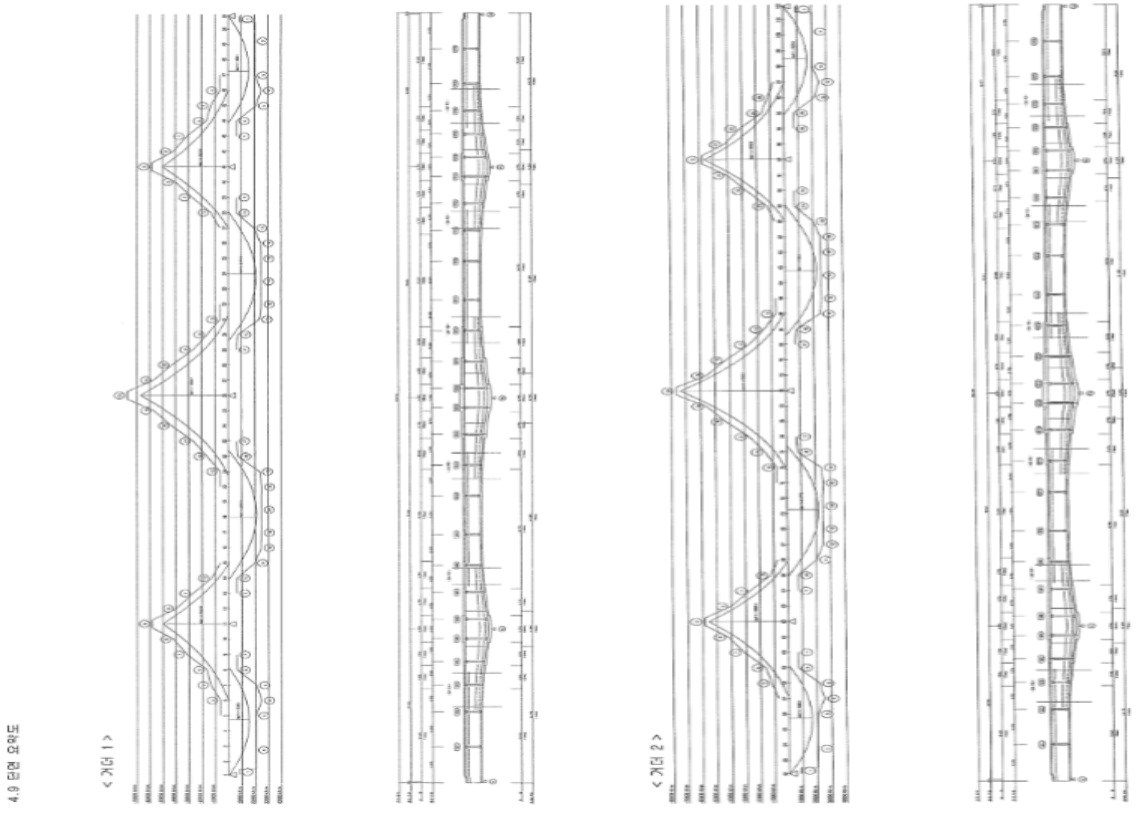
구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	76.413	299.000	26	O.K	-49.324	230.000	21	O.K
단면 2	79.306	136.400	58	O.K	-171.569	230.000	75	O.K
단면 3	73.656	136.400	54	O.K	-173.085	230.000	75	O.K
단면 4	48.705	136.400	36	O.K	-121.207	230.000	53	O.K
단면 5	57.823	299.000	19	O.K	-69.655	230.000	30	O.K
단면 6	-84.805	230.000	37	O.K	146.096	196.727	74	O.K
단면 7	-130.337	230.000	57	O.K	167.999	263.171	64	O.K
단면 8	-185.112	230.000	80	O.K	187.602	228.844	82	O.K
단면 9	-193.713	230.000	84	O.K	193.897	230.000	84	O.K
단면 10	-57.030	264.500	22	O.K	113.977	225.203	51	O.K
단면 11	61.251	299.000	20	O.K	-62.471	230.000	27	O.K
단면 12	66.243	171.067	39	O.K	-135.116	230.000	59	O.K
단면 13	91.181	171.067	53	O.K	-177.706	230.000	77	O.K
단면 14	99.613	171.067	58	O.K	-194.016	230.000	84	O.K
단면 15	78.529	299.000	26	O.K	-88.851	230.000	39	O.K
단면 16	-44.938	230.000	20	O.K	93.687	263.171	36	O.K
단면 17	-107.835	230.000	47	O.K	148.960	263.171	57	O.K
단면 18	-134.835	230.000	59	O.K	139.076	230.000	60	O.K
단면 19	-182.445	230.000	79	O.K	181.312	230.000	79	O.K
단면 20	-188.028	230.000	82	O.K	190.955	230.000	83	O.K
SP 1	72.609	136.400	53	O.K	-152.359	230.000	66	O.K
SP 2	59.616	136.400	44	O.K	-154.608	230.000	67	O.K
SP 3	-49.849	230.000	22	O.K	108.873	196.727	55	O.K
SP 4	-123.525	230.000	54	O.K	160.605	263.171	61	O.K
SP 5	-158.776	230.000	69	O.K	161.896	230.000	70	O.K
SP 6	-156.511	230.000	68	O.K	160.538	230.000	70	O.K
SP 7	-89.805	230.000	39	O.K	137.503	263.171	52	O.K
SP 8	66.855	299.000	22	O.K	-69.421	230.000	30	O.K
SP 9	93.160	171.067	54	O.K	-180.683	230.000	79	O.K
SP 10	80.201	171.067	47	O.K	-169.764	230.000	74	O.K
SP 11	39.504	299.000	13	O.K	-41.023	230.000	18	O.K
SP 12	-115.691	230.000	50	O.K	122.114	230.000	53	O.K
SP 13	-159.271	230.000	69	O.K	163.377	230.000	71	O.K
SP 14	-159.210	230.000	69	O.K	163.331	230.000	71	O.K
SP 15	-115.552	230.000	50	O.K	122.046	230.000	53	O.K
SP 16	39.579	299.000	13	O.K	-41.272	230.000	18	O.K
SP 17	79.990	171.067	47	O.K	-170.047	230.000	74	O.K
SP 18	92.905	171.067	54	O.K	-180.698	230.000	79	O.K
SP 19	66.585	299.000	22	O.K	-69.050	230.000	30	O.K
SP 20	-90.574	230.000	39	O.K	138.080	263.171	52	O.K
SP 21	-157.166	230.000	68	O.K	161.022	230.000	70	O.K
SP 22	-159.276	230.000	69	O.K	162.460	230.000	71	O.K
SP 23	-123.723	230.000	54	O.K	162.041	263.171	62	O.K
SP 24	-49.159	230.000	21	O.K	110.179	196.727	56	O.K
SP 25	60.293	136.400	44	O.K	-156.221	230.000	68	O.K
SP 26	73.543	136.400	54	O.K	-154.234	230.000	67	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토			
	복 부 판							
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	51.877	135.000	38	O.K	0.213	18	0.194	16	O.K
단면 2	20.428	135.000	15	O.K	0.361	30	0.579	48	O.K
단면 3	21.135	135.000	16	O.K	0.316	26	0.591	49	O.K
단면 4	33.223	135.000	25	O.K	0.188	16	0.338	28	O.K
단면 5	44.008	135.000	33	O.K	0.144	12	0.198	16	O.K
단면 6	51.913	135.000	38	O.K	0.284	24	0.699	58	O.K
단면 7	56.486	135.000	42	O.K	0.496	41	0.583	49	O.K
단면 8	51.296	135.000	38	O.K	0.792	66	0.816	68	O.K
단면 9	57.238	135.000	42	O.K	0.889	74	0.890	74	O.K
단면 10	60.434	135.000	45	O.K	0.247	21	0.457	38	O.K
단면 11	53.364	135.000	40	O.K	0.198	17	0.230	19	O.K
단면 12	43.395	135.000	32	O.K	0.253	21	0.448	37	O.K
단면 13	31.467	135.000	23	O.K	0.338	28	0.651	54	O.K
단면 14	18.496	135.000	14	O.K	0.358	30	0.730	61	O.K
단면 15	51.855	135.000	38	O.K	0.217	18	0.297	25	O.K
단면 16	61.518	135.000	46	O.K	0.246	20	0.334	28	O.K
단면 17	67.965	135.000	50	O.K	0.473	39	0.574	48	O.K
단면 18	71.259	135.000	53	O.K	0.622	52	0.644	54	O.K
단면 19	62.651	135.000	46	O.K	0.845	70	0.837	70	O.K
단면 20	63.239	135.000	47	O.K	0.888	74	0.909	76	O.K
SP 1	25.020	135.000	19	O.K	0.318	26	0.473	39	O.K
SP 2	25.540	135.000	19	O.K	0.227	19	0.488	41	O.K
SP 3	45.024	135.000	33	O.K	0.158	13	0.418	35	O.K
SP 4	53.363	135.000	40	O.K	0.445	37	0.529	44	O.K
SP 5	50.731	135.000	38	O.K	0.618	51	0.637	53	O.K
SP 6	55.700	135.000	41	O.K	0.633	53	0.657	55	O.K
SP 7	61.884	135.000	46	O.K	0.363	30	0.483	40	O.K
SP 8	48.487	135.000	36	O.K	0.179	15	0.220	18	O.K
SP 9	25.650	135.000	19	O.K	0.333	28	0.653	54	O.K
SP 10	32.110	135.000	24	O.K	0.276	23	0.601	50	O.K
SP 11	55.495	135.000	41	O.K	0.186	16	0.201	17	O.K
SP 12	69.223	135.000	51	O.K	0.516	43	0.545	45	O.K
SP 13	61.698	135.000	46	O.K	0.688	57	0.713	59	O.K
SP 14	61.738	135.000	46	O.K	0.688	57	0.713	59	O.K
SP 15	69.227	135.000	51	O.K	0.515	43	0.545	45	O.K
SP 16	55.507	135.000	41	O.K	0.187	16	0.201	17	O.K
SP 17	32.127	135.000	24	O.K	0.275	23	0.603	50	O.K
SP 18	25.751	135.000	19	O.K	0.331	28	0.654	54	O.K
SP 19	48.649	135.000	36	O.K	0.179	15	0.220	18	O.K
SP 20	61.975	135.000	46	O.K	0.366	30	0.486	41	O.K
SP 21	55.706	135.000	41	O.K	0.637	53	0.660	55	O.K
SP 22	51.476	135.000	38	O.K	0.625	52	0.644	54	O.K
SP 23	54.263	135.000	40	O.K	0.451	38	0.541	45	O.K
SP 24	45.827	135.000	34	O.K	0.161	13	0.429	36	O.K
SP 25	25.816	135.000	19	O.K	0.232	19	0.496	41	O.K
SP 26	25.201	135.000	19	O.K	0.326	27	0.485	40	O.K

< Girder - 2 >

구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	78.379	299.000	26	O.K	-53.213	230.000	23	O.K
단면 2	80.747	136.400	59	O.K	-182.973	230.000	80	O.K
단면 3	74.003	136.400	54	O.K	-181.183	230.000	79	O.K
단면 4	49.971	136.400	37	O.K	-129.122	230.000	56	O.K
단면 5	60.024	299.000	20	O.K	-73.738	230.000	32	O.K
단면 6	-84.122	230.000	37	O.K	148.898	196.727	76	O.K
단면 7	-135.284	230.000	59	O.K	173.942	263.171	66	O.K
단면 8	-198.374	230.000	86	O.K	196.754	228.844	86	O.K
단면 9	-216.804	230.000	94	O.K	208.626	230.000	91	O.K
단면 10	-56.710	264.500	21	O.K	117.939	225.203	52	O.K
단면 11	63.877	299.000	21	O.K	-65.918	230.000	29	O.K
단면 12	67.078	171.067	39	O.K	-141.664	230.000	62	O.K
단면 13	92.362	171.067	54	O.K	-185.436	230.000	81	O.K
단면 14	99.978	171.067	58	O.K	-201.996	230.000	88	O.K
단면 15	81.608	299.000	27	O.K	-94.091	230.000	41	O.K
단면 16	-42.427	230.000	18	O.K	95.727	263.171	36	O.K
단면 17	-109.462	230.000	48	O.K	153.925	263.171	58	O.K
단면 18	-141.971	230.000	62	O.K	145.107	230.000	63	O.K
단면 19	-197.480	230.000	86	O.K	192.411	230.000	84	O.K
단면 20	-210.985	230.000	92	O.K	207.817	230.000	90	O.K
단면 21	92.066	171.067	54	O.K	-185.398	230.000	81	O.K
단면 22	66.747	171.067	39	O.K	-141.377	230.000	61	O.K
단면 23	63.765	299.000	21	O.K	-65.758	230.000	29	O.K
단면 24	-56.827	264.500	21	O.K	117.975	225.203	52	O.K
단면 25	-121.131	230.000	53	O.K	166.457	263.171	63	O.K
단면 26	-193.506	230.000	84	O.K	223.293	263.171	85	O.K
단면 27	-201.051	230.000	87	O.K	189.172	228.844	87	O.K
단면 28	-136.895	230.000	60	O.K	176.376	263.171	67	O.K
단면 29	-84.265	230.000	37	O.K	150.644	196.727	77	O.K
단면 30	60.797	299.000	20	O.K	-74.533	230.000	32	O.K
단면 31	75.147	136.400	55	O.K	-184.210	230.000	80	O.K
SP 1	74.046	136.400	54	O.K	-162.849	230.000	71	O.K
SP 2	60.790	136.400	45	O.K	-164.167	230.000	71	O.K
SP 3	-53.041	264.500	20	O.K	110.677	196.727	56	O.K
SP 4	-127.947	230.000	56	O.K	167.540	263.171	64	O.K
SP 5	-173.840	230.000	76	O.K	172.086	230.000	75	O.K
SP 6	-171.625	230.000	75	O.K	170.627	230.000	74	O.K
SP 7	-93.099	230.000	40	O.K	143.680	263.171	55	O.K
SP 8	69.645	299.000	23	O.K	-73.333	230.000	32	O.K
SP 9	94.124	171.067	55	O.K	-188.618	230.000	82	O.K
SP 10	81.181	171.067	47	O.K	-177.822	230.000	77	O.K
SP 11	41.935	299.000	14	O.K	-44.319	230.000	19	O.K
SP 12	-120.590	230.000	52	O.K	126.726	230.000	55	O.K
SP 13	-175.402	230.000	76	O.K	175.409	230.000	76	O.K
SP 14	-175.408	230.000	76	O.K	175.424	230.000	76	O.K
SP 15	-120.462	230.000	52	O.K	126.666	230.000	55	O.K
SP 16	42.017	299.000	14	O.K	-44.598	230.000	19	O.K
SP 17	80.962	171.067	47	O.K	-178.114	230.000	77	O.K
SP 18	93.780	171.067	55	O.K	-188.502	230.000	82	O.K
SP 19	69.495	299.000	23	O.K	-73.113	230.000	32	O.K
SP 20	-93.262	230.000	41	O.K	143.814	263.171	55	O.K
SP 21	-172.041	230.000	75	O.K	170.872	230.000	74	O.K
SP 22	-175.320	230.000	76	O.K	173.363	230.000	75	O.K
SP 23	-129.443	230.000	56	O.K	169.925	263.171	65	O.K
SP 24	-52.788	264.500	20	O.K	112.148	196.727	57	O.K
SP 25	61.698	136.400	45	O.K	-166.555	230.000	72	O.K
SP 26	75.076	136.400	55	O.K	-165.649	230.000	72	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상면	비율	하면	비율	판정
단면 1	55.264	135.000	41	O.K	0.236	20	0.221	18	O.K
단면 2	18.837	135.000	14	O.K	0.370	31	0.652	54	O.K
단면 3	20.223	135.000	15	O.K	0.317	26	0.643	54	O.K
단면 4	32.341	135.000	24	O.K	0.192	16	0.373	31	O.K
단면 5	43.593	135.000	32	O.K	0.145	12	0.207	17	O.K
단면 6	52.749	135.000	39	O.K	0.286	24	0.726	60	O.K
단면 7	59.953	135.000	44	O.K	0.543	45	0.634	53	O.K
단면 8	57.043	135.000	42	O.K	0.922	77	0.918	76	O.K
단면 9	64.839	135.000	48	O.K	1.119	93	1.053	88	O.K
단면 10	62.119	135.000	46	O.K	0.258	21	0.486	40	O.K
단면 11	53.769	135.000	40	O.K	0.204	17	0.241	20	O.K
단면 12	42.948	135.000	32	O.K	0.255	21	0.481	40	O.K
단면 13	30.423	135.000	23	O.K	0.342	29	0.701	58	O.K
단면 14	16.429	135.000	12	O.K	0.356	30	0.786	66	O.K
단면 15	51.583	135.000	38	O.K	0.220	18	0.313	26	O.K
단면 16	62.304	135.000	46	O.K	0.247	21	0.345	29	O.K
단면 17	70.423	135.000	52	O.K	0.499	42	0.614	51	O.K
단면 18	76.666	135.000	57	O.K	0.704	59	0.721	60	O.K
단면 19	70.420	135.000	52	O.K	1.009	84	0.972	81	O.K
단면 20	70.813	135.000	52	O.K	1.117	93	1.092	91	O.K
단면 21	30.679	135.000	23	O.K	0.341	28	0.701	58	O.K
단면 22	43.108	135.000	32	O.K	0.254	21	0.480	40	O.K
단면 23	53.905	135.000	40	O.K	0.205	17	0.241	20	O.K
단면 24	62.395	135.000	46	O.K	0.266	22	0.488	41	O.K
단면 25	69.174	135.000	51	O.K	0.540	45	0.663	55	O.K
단면 26	64.133	135.000	48	O.K	0.934	78	0.948	79	O.K
단면 27	57.787	135.000	43	O.K	0.947	79	0.941	78	O.K
단면 28	60.377	135.000	45	O.K	0.554	46	0.649	54	O.K
단면 29	53.325	135.000	40	O.K	0.290	24	0.742	62	O.K
단면 30	43.809	135.000	32	O.K	0.147	12	0.210	18	O.K
단면 31	20.674	135.000	15	O.K	0.327	27	0.665	55	O.K
SP 1	25.428	135.000	19	O.K	0.330	28	0.537	45	O.K
SP 2	26.313	135.000	19	O.K	0.237	20	0.547	46	O.K
SP 3	46.404	135.000	34	O.K	0.158	13	0.435	36	O.K
SP 4	57.065	135.000	42	O.K	0.488	41	0.584	49	O.K
SP 5	56.491	135.000	42	O.K	0.746	62	0.735	61	O.K
SP 6	62.117	135.000	46	O.K	0.769	64	0.762	64	O.K
SP 7	65.041	135.000	48	O.K	0.396	33	0.530	44	O.K
SP 8	50.421	135.000	37	O.K	0.194	16	0.241	20	O.K
SP 9	26.781	135.000	20	O.K	0.342	29	0.712	59	O.K
SP 10	32.879	135.000	24	O.K	0.286	24	0.657	55	O.K
SP 11	57.007	135.000	42	O.K	0.198	16	0.215	18	O.K
SP 12	72.930	135.000	54	O.K	0.567	47	0.595	50	O.K
SP 13	68.738	135.000	51	O.K	0.841	70	0.841	70	O.K
SP 14	68.801	135.000	51	O.K	0.841	70	0.841	70	O.K
SP 15	72.893	135.000	54	O.K	0.566	47	0.595	50	O.K
SP 16	56.936	135.000	42	O.K	0.198	16	0.215	18	O.K
SP 17	32.791	135.000	24	O.K	0.283	24	0.659	55	O.K
SP 18	26.966	135.000	20	O.K	0.340	28	0.712	59	O.K
SP 19	50.574	135.000	37	O.K	0.194	16	0.241	20	O.K
SP 20	65.329	135.000	48	O.K	0.399	33	0.533	44	O.K
SP 21	62.734	135.000	46	O.K	0.775	65	0.768	64	O.K
SP 22	57.277	135.000	42	O.K	0.761	63	0.748	62	O.K
SP 23	57.464	135.000	43	O.K	0.498	41	0.598	50	O.K
SP 24	46.611	135.000	35	O.K	0.159	13	0.444	37	O.K
SP 25	26.665	135.000	20	O.K	0.244	20	0.563	47	O.K
SP 26	25.252	135.000	19	O.K	0.338	28	0.554	46	O.K



1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
- (1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
- (2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
- (3) 교 량 등 급 : 1 등교
- (4) 교 대 총 폭 : B = 12.310 M
- (5) 교 대 총높이 : H = 7.000 M
- (6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
- (7) SKEW : 90.000 °

2) 하 중
- (1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
- (4) 과 재 하 중 : q1 = 10.000 kN/m
- (5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 193.518 kN/m
- (6) 상부 활하중 반력 : Rl = 117.948 kN/m
- (7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.050

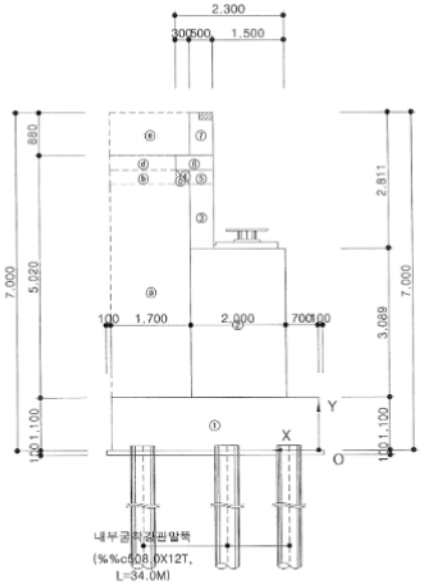
3) 지 반 조 건
- (1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
- (2) 기초지반의 N치 : N = 7.000
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 25.247 ° {Φ2 = 15 + √15N}
- (4) 기초지반의 점착력 : C = 0.000 kN/m²
- (5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.303 ; TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
- (6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수
  - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
  - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
  - 탄성계수 : Ec = 28000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
  - 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
- (1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
- (2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
- (1) 도로교 설계기준 (2010)
- (2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
- (3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
- (4) 도로설계 편람 (2008)
- (5) 도로설계 요령 (2009)
- (6) 강구조 편람 (1995)
- (7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	계
고정하중	937.733	1444.471	2382.204
활하중	831.326	620.610	1451.936

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	계
교축방향	203.800	211.800	415.600
직각방향	196.800	199.700	396.500

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1632.677	740.661	O.K
	허용인발력(kN/EA)	1069.555	-	O.K
	휨응력(MPa)	126	89.381	O.K
	전단응력(MPa)	72	12.192	O.K
	수평변위(mm)	15	10.746	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2449.016	752.006	O.K
	허용인발력(kN/EA)	1604.332	-	O.K
	휨응력(MPa)	189	93.879	O.K
	전단응력(MPa)	108	15.327	O.K
	수평변위(mm)	15	7.612	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1100	150	96.654	1940.4	23.397	463.002	19.789	O.K
후면저판		1100	100	1035.9	1940.4	262.141	487.742	1.861	O.K
벽체 : H=5.900		2000	100	803.288	1588.8	387.983	765.041	1.972	O.K
옴벽		500	100	1852.04	1940.4	182.476	190.861	1.046	O.K
좌측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	1153.58	2026.8	156.353	271.388	1.736	O.K
	A(T=620 mm)	620	80	2818.79	4053.6	373.25	527.371	1.413	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	1129.73	2292	153.171	305.759	1.996	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	2410.75	3096.8	321.063	408.448	1.272	O.K
우측날개벽	A(T=450 mm)	450	80	1877.94	2026.8	170.571	183.526	1.076	O.K
	B(T=450 mm)	450	80	1609.99	2026.8	147.043	183.526	1.248	O.K
	C(T=450 mm)	450	80	1568.12	2026.8	143.341	183.526	1.28	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		8.193	150	125	7689.158	O.K
후면저판		83.22	150	125	720.04	O.K
벽체 : H=5.900		72.393	150	125	857.811	O.K
옴벽		123.69	150	125	410.42	O.K
좌측날개벽	D(T=620 mm)	85.245	150	250	739.045	O.K
	A(T=620 mm)	103.487	150	125	592.214	O.K
	B(T=620 mm)	74.332	150	125	847.552	O.K
	C(T=620 mm)	117.136	150	125	499.798	O.K
우측날개벽	A(T=450 mm)	137.851	150	250	402.519	O.K
	B(T=450 mm)	120.811	150	250	483.096	O.K
	C(T=450 mm)	118.78	150	250	494.238	O.K

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1203.266	825.41	O.K
	허용인발력(kN/EA)	371.23	-	O.K
	휨응력(MPa)	133	100.526	O.K
	전단응력(MPa)	76	13.358	O.K
	수평변위(mm)	15	11.774	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1804.899	856.927	O.K
	허용인발력(kN/EA)	556.845	-5.776	O.K
	휨응력(MPa)	199.5	104.004	O.K
	전단응력(MPa)	114	16.801	O.K
	수평변위(mm)	15	8.345	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1100	150	92.031	1940.4	22.279	463.002	20.782	O.K
후면저판		1100	100	1051.07	1940.4	265.95	487.742	1.834	O.K
벽체 : H=5.900		2000	100	793.992	1588.8	383.507	765.041	1.995	O.K
옴벽		500	100	1908.55	1940.4	187.842	190.861	1.016	O.K
좌측날개벽	A(T=450 mm)	450	60	1685.13	2026.8	162.262	193.863	1.195	O.K
	B(T=450 mm)	450	60	1690.98	2026.8	162.808	193.863	1.191	O.K
	C(T=450 mm)	450	60	485.827	794.4	47.873	77.82	1.626	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	1067.03	2026.8	144.796	271.388	1.874	O.K
	A(T=620 mm)	620	80	2782.88	4053.6	368.682	527.371	1.43	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	1030.91	2292	139.951	305.759	2.185	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	1899.91	3096.8	253.543	408.448	1.611	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		7.77	150	125	8107.951	O.K
후면저판		83.671	150	125	714.932	O.K
벽체 : H=5.900		72.393	150	125	857.811	O.K
옴벽		127.496	150	125	391.416	O.K
좌측날개벽	A(T=450 mm)	125.093	150	250	503.626	O.K
	B(T=450 mm)	127.928	150	250	492.466	O.K
	C(T=450 mm)	93.119	150	250	676.557	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	78.781	150	250	799.683	O.K
	A(T=620 mm)	102.038	150	125	603.024	O.K
	B(T=620 mm)	67.725	150	125	930.239	O.K
	C(T=620 mm)	92.425	150	125	679.543	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.05

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 9
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 26.619 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.32 : TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 31879.1 MPa
기둥: 31879.1 MPa
기초: 28693.4 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

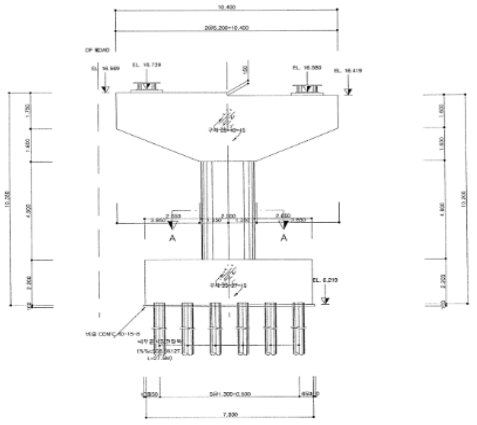
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1286.670	694.189	O.K
		허용인발력(kN/EA)	632.173	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	47.063	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	0.444	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.047	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1930.005	1010.180	O.K
		허용인발력(kN/EA)	948.260	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	100.858	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	7.377	O.K
		수평변위(mm)	15.000	9.799	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1286.670	1161.465	O.K
		허용인발력(kN/EA)	632.173	34.8556225	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	110.168	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	5.807	O.K
		수평변위(mm)	15.000	13.688	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1930.005	1061.765	O.K
		허용인발력(kN/EA)	948.260	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	94.955	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	5.758	O.K
		수평변위(mm)	15.000	7.648	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		길이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3200.0	100.0	39542.900	51975.000	-	-	1.314	O.K
	우측내민보	3200.0	100.0	47444.755	51975.000	-	-	1.095	O.K
	좌측내민보수평	3200.0	100.0	1606.449	9459.300	1691.585	9914.178	5.861	O.K
	우측내민보수평	3200.0	100.0	1975.455	9459.300	2079.691	9914.178	4.767	O.K
	교량받침1	2352.6	100.0	290.530	51975.000	213.303	36480.280	171.029	O.K
	교량받침2	2202.6	100.0	288.213	51975.000	196.903	33829.572	171.808	O.K
기초	교축방향	2200.0	150.0	13065.723	25023.600	8819.843	16778.183	1.902	O.K
	교직-지점부	2200.0	150.0	28718.952	48693.400	19182.899	32081.523	1.672	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
두부보	좌측내민보	133.657	180.000	128.000	379.195	O.K
	우측내민보	176.157	180.000	128.000	237.044	O.K
	좌측내민보수평	59.704	180.000	213.333	1055.199	O.K
	우측내민보수평	73.403	180.000	213.333	858.280	O.K
	교량받침1	13.571	180.000	128.000	4642.254	O.K
	교량받침2	17.942	180.000	128.000	3511.339	O.K
기초	교축방향	148.262	180.000	123.810	176.154	O.K
	교직-지점부	162.334	180.000	127.451	141.361	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

① 기둥 상단

단면위치		Puse	Pu(kN)	ϕPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.010	25523.029	103229.135	4.045	O.K
	모멘트최대	0.010	16901.990	93954.522	5.559	O.K
	탄성설계	0.010	13521.592	60420.688	4.468	O.K
	편심최대	0.010	12845.513	78942.861	6.146	O.K
교축직각방향	축력최대	0.010	25523.029	103229.135	4.045	O.K
	모멘트최대	0.010	17578.070	19191.463	1.092	O.K
	탄성설계	0.010	13521.592	31185.381	2.306	O.K
	편심최대	0.010	12169.433	13816.219	1.135	O.K
합성부재력	축력최대	0.010	25523.029	103229.135	4.045	O.K
	모멘트최대	0.010	16001.990	18341.491	1.085	O.K
	탄성설계	0.010	13521.592	23524.835	1.740	O.K
	편심최대	0.010	12845.513	13343.724	1.039	O.K
	모멘트최대	0.010	17578.070	19178.334	1.091	O.K
	편심최대	0.010	12169.433	13805.766	1.134	O.K

② 기둥 하단

단면위치		Puse	Pu(kN)	ϕPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.010	26288.793	103229.135	3.927	O.K
	모멘트최대	0.010	17638.301	96064.552	5.446	O.K
	탄성설계	0.010	14110.641	63677.117	4.513	O.K
	편심최대	0.010	13405.109	81407.917	6.073	O.K
교축직각방향	축력최대	0.010	26288.793	103229.135	3.927	O.K
	모멘트최대	0.010	18343.833	20540.927	1.120	O.K
	탄성설계	0.010	14110.641	33412.448	2.368	O.K
	편심최대	0.010	12699.577	14750.853	1.162	O.K
합성부재력	축력최대	0.010	26288.793	103229.135	3.927	O.K
	모멘트최대	0.010	17638.301	19637.648	1.113	O.K
	탄성설계	0.010	14110.641	25192.996	1.785	O.K
	편심최대	0.010	13405.109	14237.902	1.062	O.K
	모멘트최대	0.010	18343.833	20526.840	1.119	O.K
	편심최대	0.010	12699.577	14739.483	1.161	O.K

5. 설계대상 교량제원 및 설계상수

5.1 교량형식 : STEEL BOX 교

5.2 해석 대상 교량 총연장 : 50.000 + 2@75.000 + 50.000 = 250.000 m

5.3 교 폭 :

5.4 교각형식 : T형교각

5.5 교각기초형식 : 말뚝기초

5.6 내진설계상수

(1) 내진등급 : 내진 1 등급교
(2) 지진구역계수 : 0.11
(3) 위험도계수 : I = 1.4
(4) 가속도계수 : A = 0.154
(5) 지반계수 : S = 2 (지반종류 3 , 지진격리교량)
(6) 응답수정계수
(7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
(8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
(9) 받침형식 : EQS 면진받침

5.7 해석방법

(1) 해석방법 선정
시간이력해석법
(2) 모드조합방법 : CQC방법

5.8 해석모델

(1) 사용프로그램 : SAP 2000
(2) 모델링 : Frame요소사용
(3) 질량산정 : 자동질량 입력 및 추가사하중 질량변환

9. 내진해석결과

9.1 받침 지진력

(UNIT:kN)

구 분		R	교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용전단력	판정
			교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	0.8	176.0	8.7	92.6	196.2	254.7	84.5	181.8	248.5	280	OK
	B2	0.8	176.0	9.5	119.3	196.8	264.7	85.7	215.1	249.6	280	OK
P1	B1	1.0	480.6	7.2	46.5	425.2	504.6	134.8	193.7	427.4	520	OK
	B2	1.0	632.7	9.4	63.0	559.4	651.5	177.2	252.8	562.3	720	OK
P2	B1	1.0	628.6	7.6	36.1	681.8	639.4	212.2	224.6	684.1	720	OK
	B2	1.0	769.2	9.9	47.2	855.1	783.3	266.4	278.0	858.1	900	OK
P3	B1	1.0	463.5	9.7	38.2	436.9	475.0	140.8	177.3	439.8	520	OK
	B2	1.0	595.6	11.1	47.2	574.8	609.7	183.5	225.8	578.1	720	OK
A2	B1	0.8	176.0	9.0	120.1	198.0	265.1	85.5	216.2	250.9	280	OK
	B2	0.8	176.0	9.0	155.2	197.5	278.2	85.3	260.0	250.2	280	OK

9.2 받침 변위

(UNIT:mm)

구 분		교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용변위	판정
		교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	60.1	0.5	0.6	16.8	60.3	5.6	18.6	16.9	120	OK
	B2	58.4	0.5	0.8	16.8	58.7	5.6	18.3	16.9	120	OK
P1	B1	58.5	0.1	0.5	44.0	58.6	13.3	18.0	44.0	90	OK
	B2	56.2	0.1	0.7	43.9	56.5	13.3	17.6	44.0	90	OK
P2	B1	55.6	0.1	0.5	64.5	55.7	19.5	17.1	64.6	90	OK
	B2	53.0	0.1	0.6	64.4	53.2	19.4	16.5	64.5	90	OK
P3	B1	52.5	0.2	0.5	46.6	52.6	14.2	16.2	46.7	90	OK
	B2	50.0	0.2	0.5	46.5	50.1	14.1	15.5	46.6	90	OK
A2	B1	60.2	0.5	0.7	17.4	60.5	5.8	18.8	17.6	120	OK
	B2	58.6	0.6	1.4	17.4	59.0	5.8	18.9	17.6	120	OK

9.3 교각 코핑부 변위

(UNIT:mm)

구 분	교축방향		교직방향		COM1		COM2		비고
	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	3.4	0.0	0.1	3.7	3.4	1.1	1.1	3.7	
P2	11.7	0.1	0.1	12.6	11.8	3.9	3.7	12.6	
P3	14.8	0.1	0.1	16.3	14.8	5.0	4.5	16.3	

9.4 교각하단 단면력

(Unit : Kn.m)

부재	교축방향				교직방향			
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	1675.51	21.53	11791.08	114.51	48.72	1312.75	336.82	11754.04
P2	2060.10	23.11	20449.93	158.46	24.01	1811.15	246.28	20172.52
P3	1496.28	20.90	17915.18	169.60	11.25	1288.47	121.66	18298.56

9.5 교각하단 하중조합

(Unit : Kn.m)

부재	Combo1				Combo2			
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	1,690	415	11,832	3,641	551	1,319	3,856	11,788
P2	2,067	566	20,524	6,210	642	1,818	6,381	20,220
P3	1,500	407	17,952	5,659	460	1,295	5,496	18,349

9.6 교각상단 단면력

(Unit : Kn.m)

부재	교축방향				교직방향			
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	1540.70	43.22	3736.19	67.61	42.66	1194.40	103.45	6308.77
P2	1909.16	18.83	6538.87	81.25	23.38	1783.36	80.07	9683.11
P3	1407.96	19.86	5779.66	96.06	9.83	1153.09	40.36	8065.29

9.7 교각상단 하중조합

(Unit : Kn.m)

부재	Combo1				Combo2			
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	1,553	402	3,767	1,960	505	1,207	1,224	6,329
P2	1,916	554	6,563	2,996	596	1,769	2,042	9,707
P3	1,411	366	5,782	2,516	432	1,159	1,774	8,094

4.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 4.2.1】 서문3교(문산방향) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	상태 양호	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	상태 양호	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	상태 양호	양호

4.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

4.2.5 시설물 보수 이력

【표 4.2.2】 서문3교(문산방향) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

4.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 4.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y		
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

4.3 현장조사

4.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S4	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



작업전경



비파괴시험

【사진 4.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

4.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문3교(문산방향)는 총 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=250.0m 폭 12.3m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경



바닥판 하면 전경

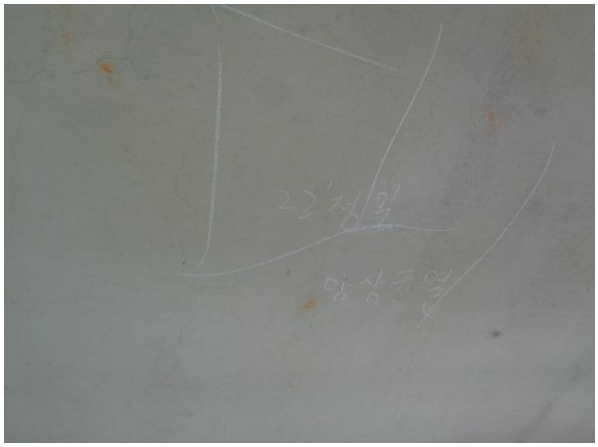
【사진 4.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 폭 0.3㎜미만 균열 및 망상균열, 박락이 조사되었다.

【표 4.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		박락 (㎡/개소)	
S1	2.50	1	-	-	0.10	1
S2	-	-	22.00	3	-	-
S3	-	-	65.00	6	-	-
S4	-	-	9.00	1	-	-
합계	2.50	1	96.00	10	0.10	1

	
S1 균열(폭 0.2㎜/2.5m)	S1 박락(0.2m×0.5m)
	
S2 망상균열(4.0m×3.0m×2EA)	S3 망상균열(5.0m×2.0m×2EA)

【사진 4.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 균열 및 망상균열은 폭 0.3㎜미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 박락의 경우 시공중 외부충격에 의한 박락이 조사되었고, 단면보수 등의 하자보수가 필요할 것으로 사료된다. 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인, 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Box 거더는 2열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다



거더외부 전경



거더내부 전경

【사진 4.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

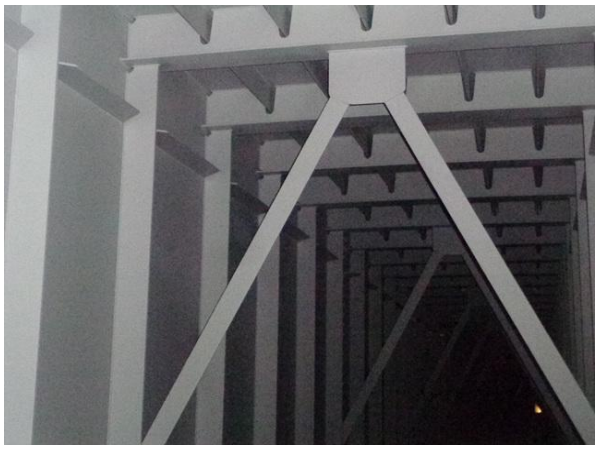
■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 거더 내, 외부의 경우 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 4.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
합계		-	-

【표 4.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 내부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
합계		-	-

	
거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
	
거더내부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 4.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

다. 가로보 및 세로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보 및 세로보는 강재로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 및 세로보 전경	세로보 전경

【사진 4.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보 및 세로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 4.3.4】 가로보 및 세로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
세로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 및 세로보 상태양호

【사진 4.3.7】 가로보 및 세로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보 및 세로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 서문3교(문산방향) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 4.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 4.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
A1 교대 상태양호	A1 교대 상태양호
	
A2 교대 상태양호	A2 교대 상태양호

【사진 4.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교대의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 서문3교(문산방향)의 교각은 T형으로 구성되어 있으며, 복합말뚝기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보조사를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
교각 전경	교각 전경

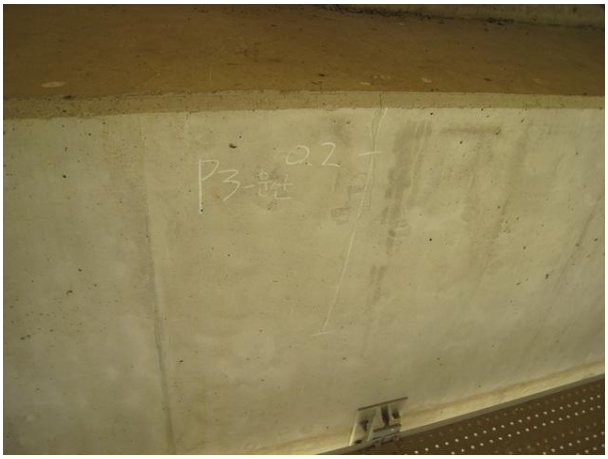
【사진 4.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 기 손상인 폭 0.3㎜미만 균열이 조사되었다.

【표 4.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
P1	-	-
P2	2.00	4
P3	0.50	1
합계	2.50	5

	
P2 코핑부 균열(0.2㎜/0.5m×4EA)	P3 코핑부 균열(0.2㎜/0.5m)

【사진 4.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

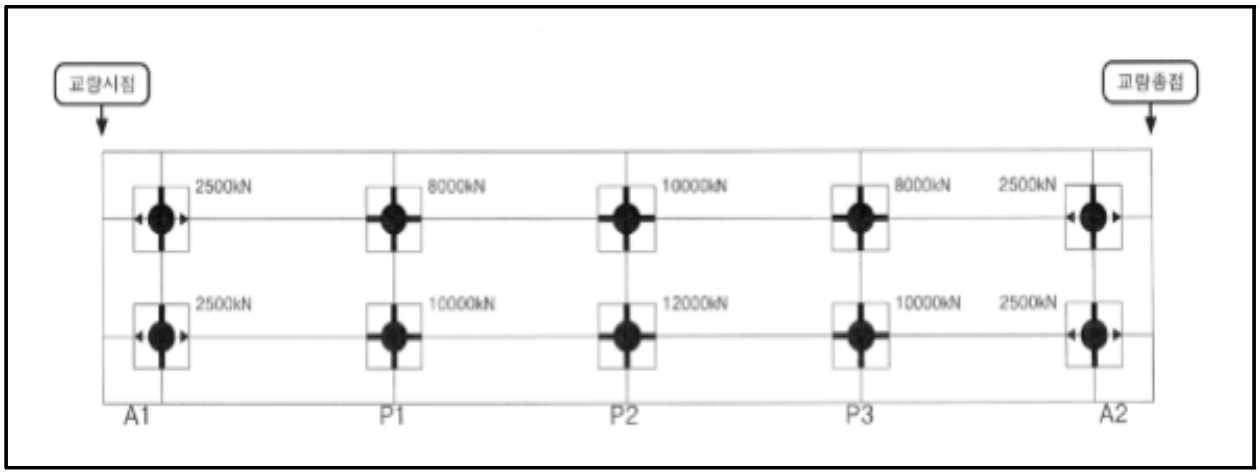
4) 검토의견

- 교각에 폭 0.3㎜미만의 균열이 조사되었고, 균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 판단된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 서문3교(문산방향)의 받침은 면진받침(EQS)으로 총 10기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 4.3.1】 교량받침 배치도



EQS 받침장치 전경



OMEQS 받침장치 전경



OMEQS 받침장치 전경

【사진 4.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 4.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
교량받침 상태양호	교량받침 상태양호
	
교량받침 상태양호	교량받침 상태양호

【사진 4.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

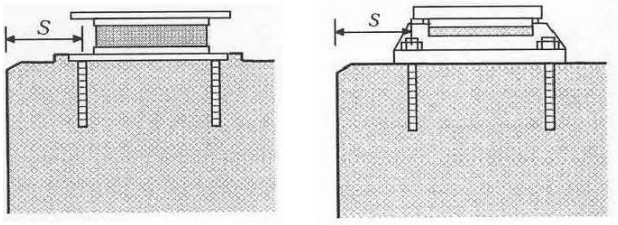
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교량받침의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 교량받침은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 4.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

【사진 4.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : 200+5×75.0 = 575(㎜)
- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450(㎜)

【표 4.3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		450	605	605	O.K
P1	A1측	575	990	990	O.K
	A2측	575	990	990	O.K
P2	A1측	575	930	930	O.K
	A2측	575	930	930	O.K
P3	A1측	575	905	905	O.K
	A2측	575	905	905	O.K
A2		450	605	605	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 4.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 4.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	45.4	14.6	0.000012	125.0	68.1	21.9	
P1	45.4	14.6	0.000012	75.0	40.9	13.1	
P2	고정단						
P3	45.4	14.6	0.000012	75.0	40.9	13.1	
A2	45.4	14.6	0.000012	125.0	68.1	21.9	
1) 조사당시 온도 : 25.4℃(조사일 : 2022년 08월 23일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 4.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	40	160	80	68.1	21.9	±120	O.K
	SH2	46	166	74			±120	O.K
P1	SH1	-20	70	110	40.9	13.1	±90	O.K
	SH2	-20	70	110			±90	O.K
P2	고정단							
P3	SH1	20	110	70	40.9	13.1	±90	O.K
	SH2	20	110	70			±90	O.K
A2	SH1	40	160	80	68.1	21.9	±120	O.K
	SH2	45	165	75			±120	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2는 강핑거조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

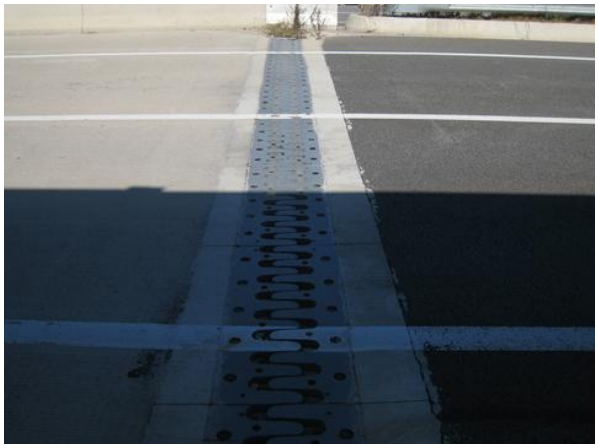
【사진 4.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 4.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1 (EXP J1)	-	-
A2 (EXP J2)	-	-
합계	-	-

	
A1 상태양호 - 금회	A1 상태양호 - 22년 상반기
	
A2 상태양호 - 금회	A2 상태양호 - 22년 상반기

【사진 4.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

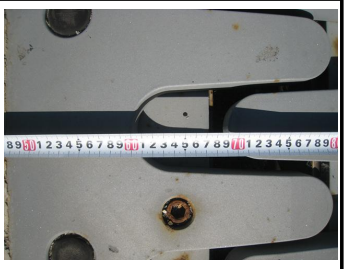
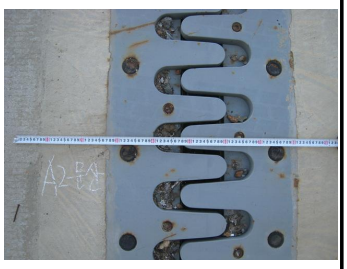
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 19. 기온 적용: 10.5℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−10.5℃ = 29.5℃
△T(수축시) : −20.0℃−(10.5℃) = 30.5℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 4.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 4.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	30.5	29.5	0.000012	125.0	45.8	44.3	90.0	100.0	110.0	
A2	30.5	29.5	0.000012	125.0	45.8	44.3	75.0	85.0	45.0	
1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 4.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	45.8	44.3	90.0	150	14.3	45.8	O.K
	바닥판			100.0	-	-	55.8	O.K
	거더			110.0	-	-	65.8	O.K
A2	신축이음	45.8	44.3	75.0	150	29.3	30.8	O.K
	바닥판			85.0	-	-	40.8	O.K
	거더			45.0	-	-	0.8	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 서문3교(문산방향)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.



교면포장 전경

【사진 4.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 21년 상반기 포장부 본선 전구간 보수가 실시된 상태로 확인되었고, 정기점검시 조사된 접속부 포장파손이 확인되었다.

【표 4.3.14】 교면포장 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
합계	-	-

	
교면포장 상태양호 – 금회	교면포장 상태양호 - 22년 상반기

【사진 4.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문3교(문산방향)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 4.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 4.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2		
S3		
S4	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태 양호	배수구 상태 양호
	
배수관 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 4.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽 전경



중분대 전경

【사진 4.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 4.3.16】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
합계	-	-

	
방호벽 상태양호	방호벽 상태양호
	
중분대 상태양호	중분대 상태양호

【사진 4.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 난간 및 연석은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 판단된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 서문3교(문산방향)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1~3에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.



점검통로 전경

【사진 4.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 4.3.17】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 4.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

4.3.3 현장조사 총괄표

【표 4.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	2.50	1	
		망상균열	㎡	96.00	10	
		박락	㎡	0.10	1	
거더	외부	상태양호	-	-	-	
	내부	상태양호	-	-	-	
가로보		상태양호	-	-	-	
교대		상태양호	-	-	-	
교각		균열(0.3㎜미만)	m	2.50	5	
교량받침		상태양호	-	-	-	
신축이음		상태양호	-	-	-	
교면포장		상태양호	-	-	-	
배수시설		상태양호	-	-	-	
난간 및 연석		상태양호	-	-	-	
점검시설		상태양호	-	-	-	

4.3.4 전회차 손상물량 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

4.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 4.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	5	5	5	5	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	1	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



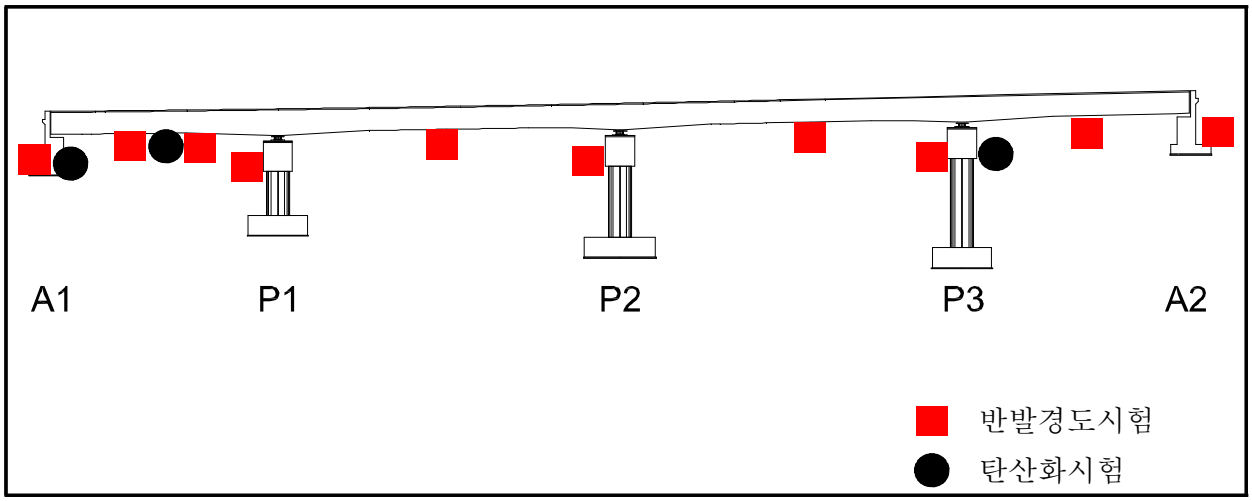
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 4.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 4.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

4.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 10개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 4.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	46.0	27.1	28.6	0.67	27.0	
	S1	바닥판	46.1	27.2	28.7			
	S2	바닥판	46.0	27.1	28.6			
	S3	바닥판	45.9	27.0	28.6			
	S4	바닥판	46.7	27.7	28.9			

【표 4.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	교대	43.1	24.6	27.2	0.67	24.0	
	A2	교대	44.2	25.5	27.7			

【표 4.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
하부구조	P1	교각	48.4	40.8	48.6	0.67	40.0	
	P2	교각	47.9	40.4	47.9			
	P3	교각	49.0	41.5	49.6			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~28.9㎫, 하부구조(교대) 24.6~27.7㎫, 하부구조(교각) 40.4~49.6㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 4.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.0~28.9	27.0	100.0 ~ 106.3
하부구조	교대	24.6~27.7	24.0	102.5 ~ 115.4
	교각	40.4~49.6	40.0	101.0 ~ 124.0

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 4.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	3.0	40.0	37.0	2.12	100년이상	a
하부구조	P1 코핑부	4.0	100.0	96.0	2.83	100년이상	a
	P3 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 3.0~4.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 4.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	3.0	37.0	
하부구조	3.0~4.0	96.0~97.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 4.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.6~27.7	24.0	
		교각	40.4~49.6	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~97.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

4.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 문제점이 없는 최상의 상태인 'A등급'으로 산정되었다.

【표 4.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	b	a	a	a	a	a	a	a	a	q	a	-
S2	P1	STB	b	a	a	a	a	a	-	a	a	q	-	a
S3	P2	STB	b	a	a	a	a	a	-	a	b	q	-	-
S4	P3	STB	b	a	a	a	a	a	-	a	b	q	-	a
	A2								a	a	a	q	-	-
평균			0.200	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.140	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.028	-	0.004	0.003
													0.126	
													A	

■ 결함도 범위 : 0.100 ≤ 결함도지수(0.126) < 0.130

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 4.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문3교(문산방향)	0.126	A	120	6	720	1.000	0.126
합계(Σ)			120	6	720	1	0.126
1. 평가지수 =							0.126
2. 상태평가결과 =							A

4.5.2 기 점검 결과와의 비교

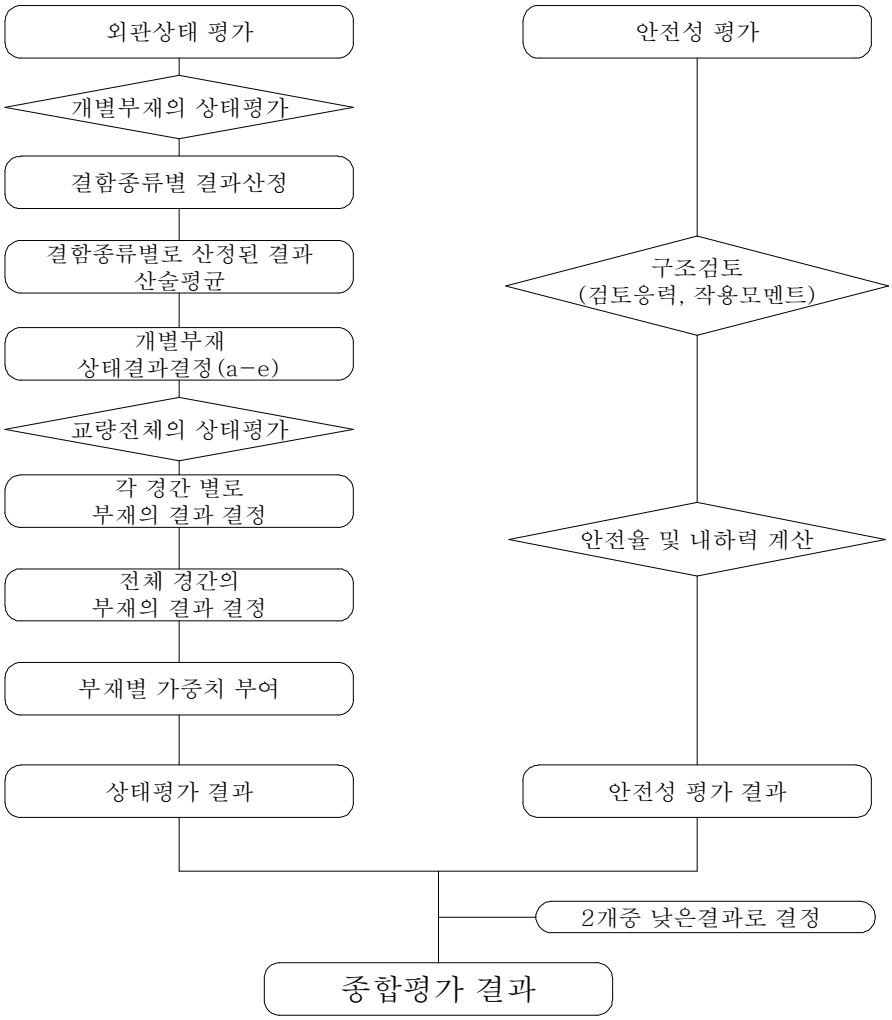
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4.6 종합평가 및 안전등급 지정

4.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 4.6.1】 종합평가 결과 산정절차

4.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “A” 로 평가되었다.

【표 4.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문3교(문산방향)	0.126	A	-	-	A
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 문제점이 없는 최상의 상태 “A” 로 평가됨 •종합평가 결과, “A” 로 평가됨				

4.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『문제점이 없는 최상의 상태』인 **“A등급”** 으로 지정하였다.

【표 4.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

4.7 보수·보강 및 유지관리방안

4.7.1 보수·보강 방안

【표 4.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	2.50	1	표면처리	하자
		망상균열	㎡	96.00	10	표면처리	하자
		박락	㎡	0.10	1	단면보수	하자
거더	외부	상태양호	-	-	-	-	-
	내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		상태양호	-	-	-	-	-
교각		균열(0.3㎜미만)	m	2.50	5	표면처리	하자
교량받침		상태양호	-	-	-	-	-
신축이음		상태양호	-	-	-	-	-
교면포장		상태양호	-	-	-	-	-
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
난간 및 연석		상태양호	-	-	-	-	-
점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

4.7.2 개략공사비

【표 4.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	표면처리	2.50	0.94	m	-	-	하자
	망상균열	표면처리	96.00	144.00	㎡	-	-	하자
	박락	단면보수	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	표면처리	2.50	0.94	m	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
합계		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

4.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 4.7.3】 중점유지관리 항목

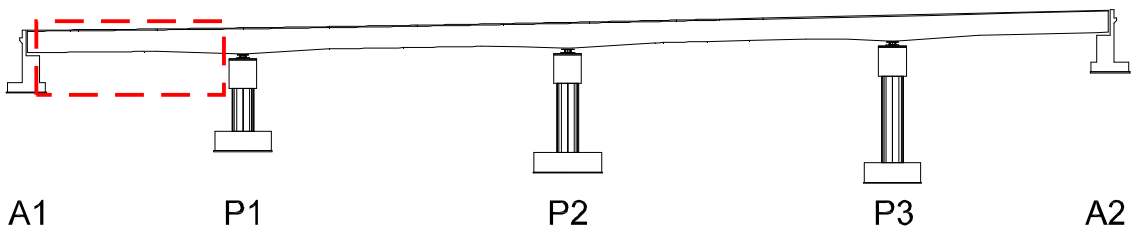
부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상





① 바닥판하면 균열 및 박락 – 진전 여부확인



4.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매동 350-9에 위치한 교량으로 총 연장 250.0m, 폭 12.3m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

4.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 발생한 균열 및 망상균열은 폭 0.3㎜미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 박락의 경우 시공중 외부충격에 의한 박락이 조사되었고, 단면보수 등의 하자보수가 필요할 것으로 사료된다. 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인, 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

3) 가로보

- 가로보 및 세로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교각

- 교각에 폭 0.3㎜미만의 균열이 조사되었고, 균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지

관리가 필요 할 것으로 판단된다.

6) 교량받침

- 교량받침의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 교량받침은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

8) 교면포장

- 교면포장은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

9) 배수시설

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 난간 및 연석은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 판단된다.

11) 교량 점검시설

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~28.9㎫, 하부구조(교대) 24.6~27.7㎫, 하부구조(교각) 40.4~49.6㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 3.0~4.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 서문3교(문산방향)의 상태평가 결과는 “A”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문3교(문산방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

4.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

4.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

5. 서문4교(서울방향)

5.1 시설물 개요
5.2 자료수집 및 분석
5.3 현장조사
5.4 콘크리트 내구성조사
5.5 상태평가
5.6 종합평가 및 안전등급 지정
5.7 보수·보강 및 유지관리 방안
5.8 종합결론

5. 서문4교(서울방향)

5.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4에 위치한 교량으로 총 연장 128.0m, 폭 15.9m로 시공되어 있다.

5.1.1 일반사항

【표 5.1.1】 서문4교(서울방향) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000229	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		본선구간 0.150km	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=128.0m (58+70=128.0m)			
	폭	B=15.9m, 3차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교 대	A1 : 강관말뚝기초 A2 : 직접기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교 각	직접기초
교량받침		면진받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물		-	통과높이		9.0m
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		지에스건설㈜	설 계 자		㈜다산컨설턴트
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체		서울문산고속도로주식회사

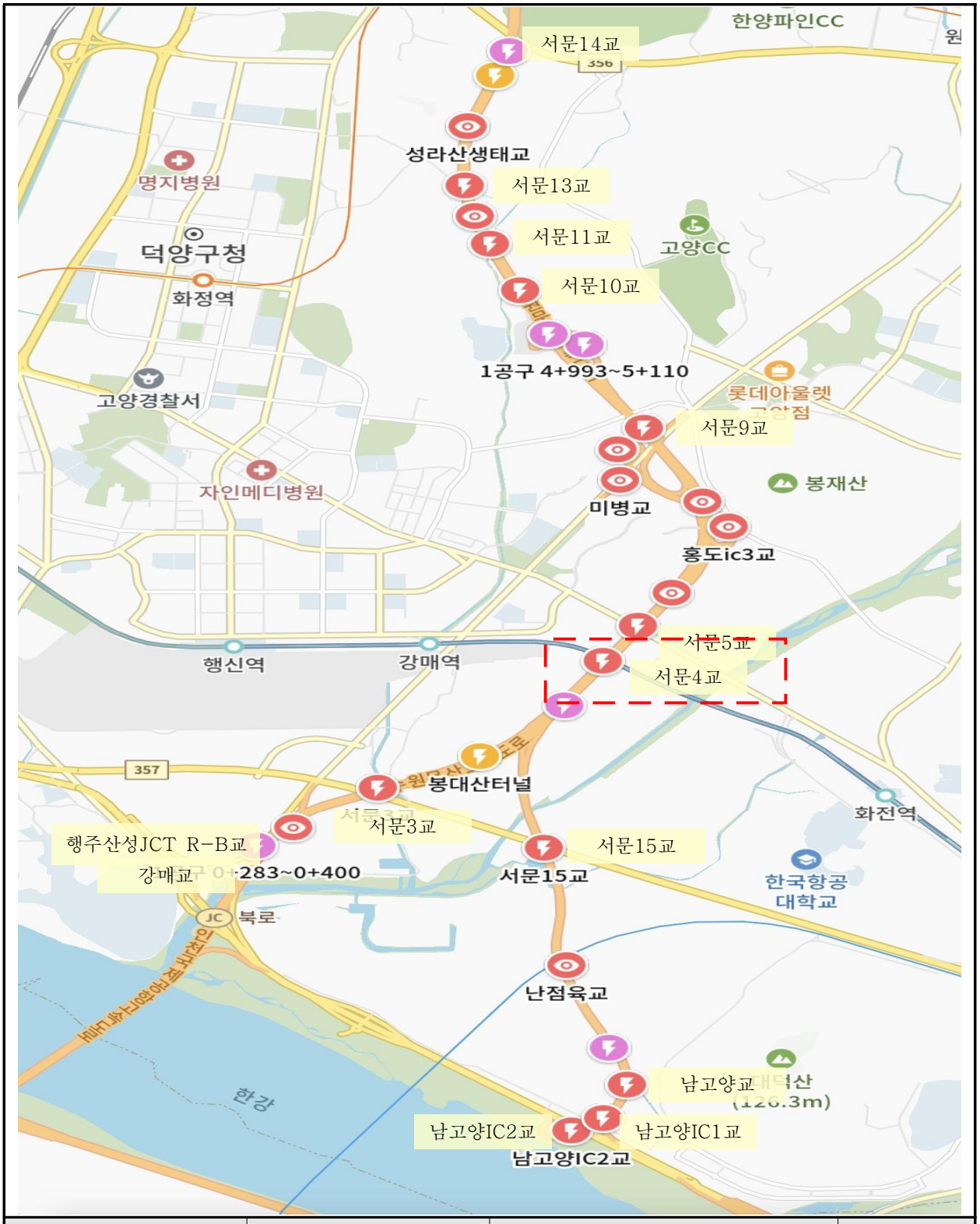


측면 전경



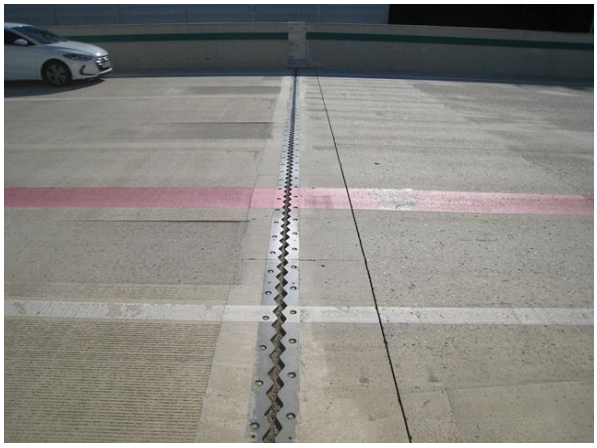
상부 전경

5.1.2 위치도 및 전경사진



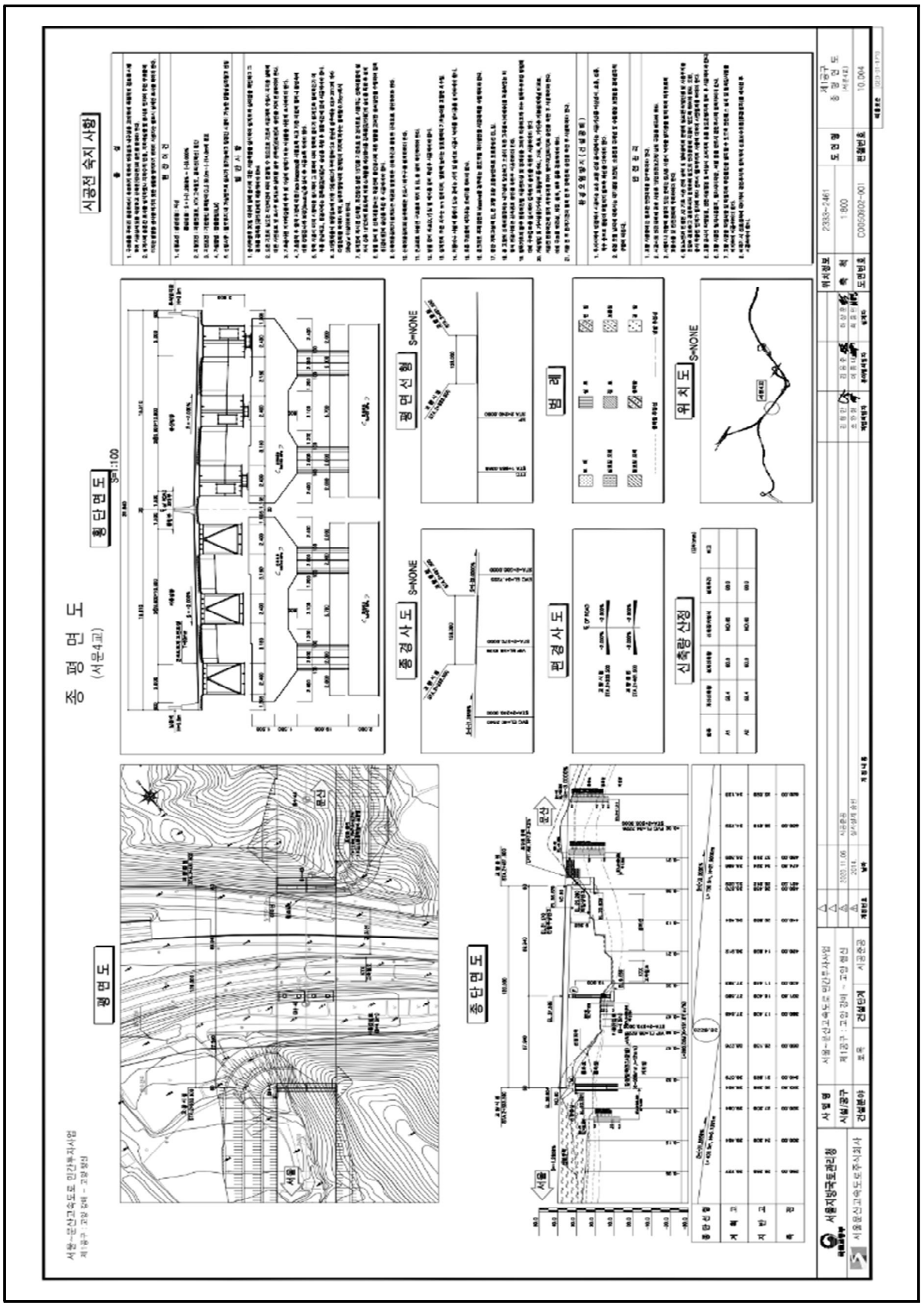
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 5.1.1】 위치도

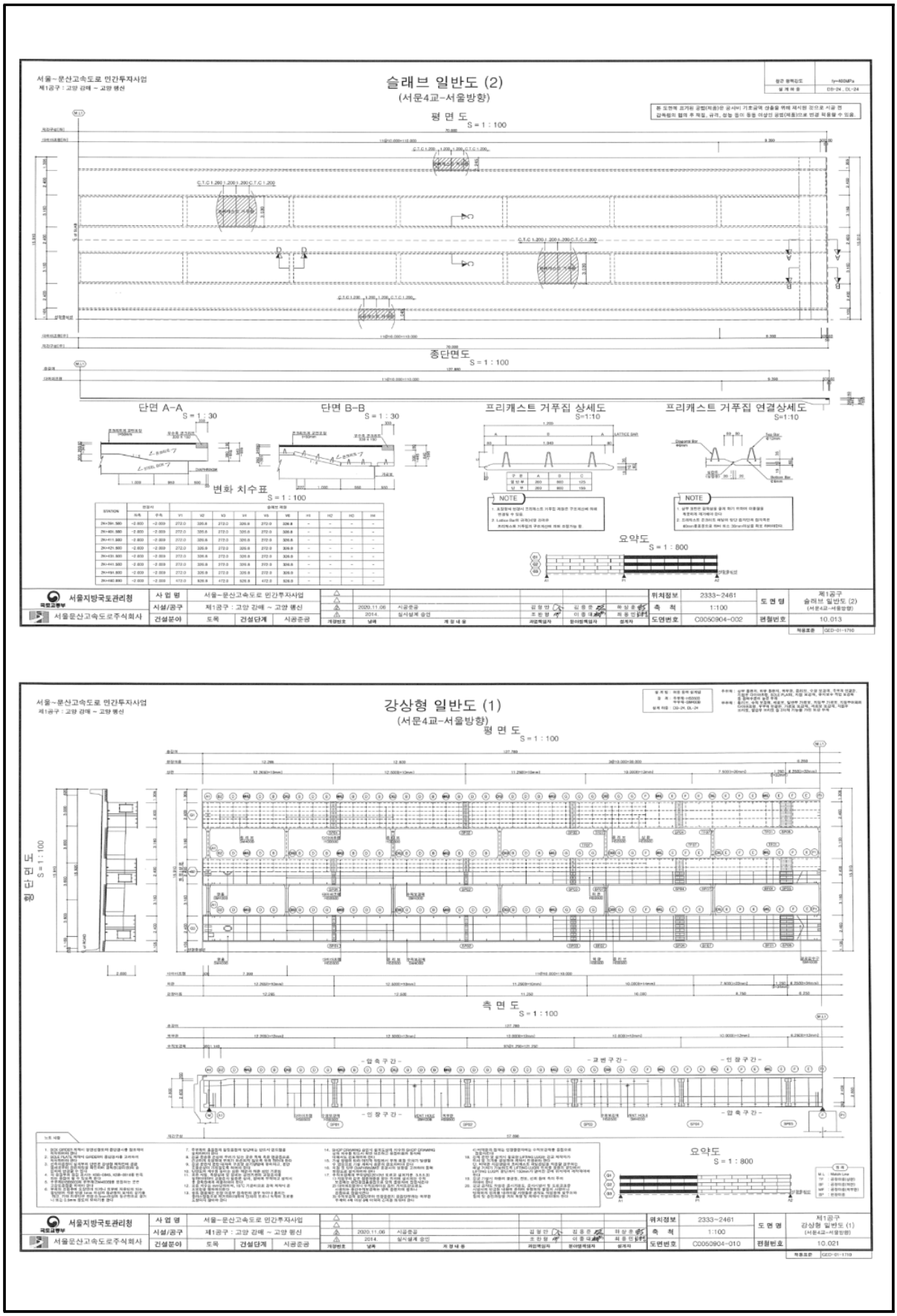
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 5.1.2】 부재별 현황

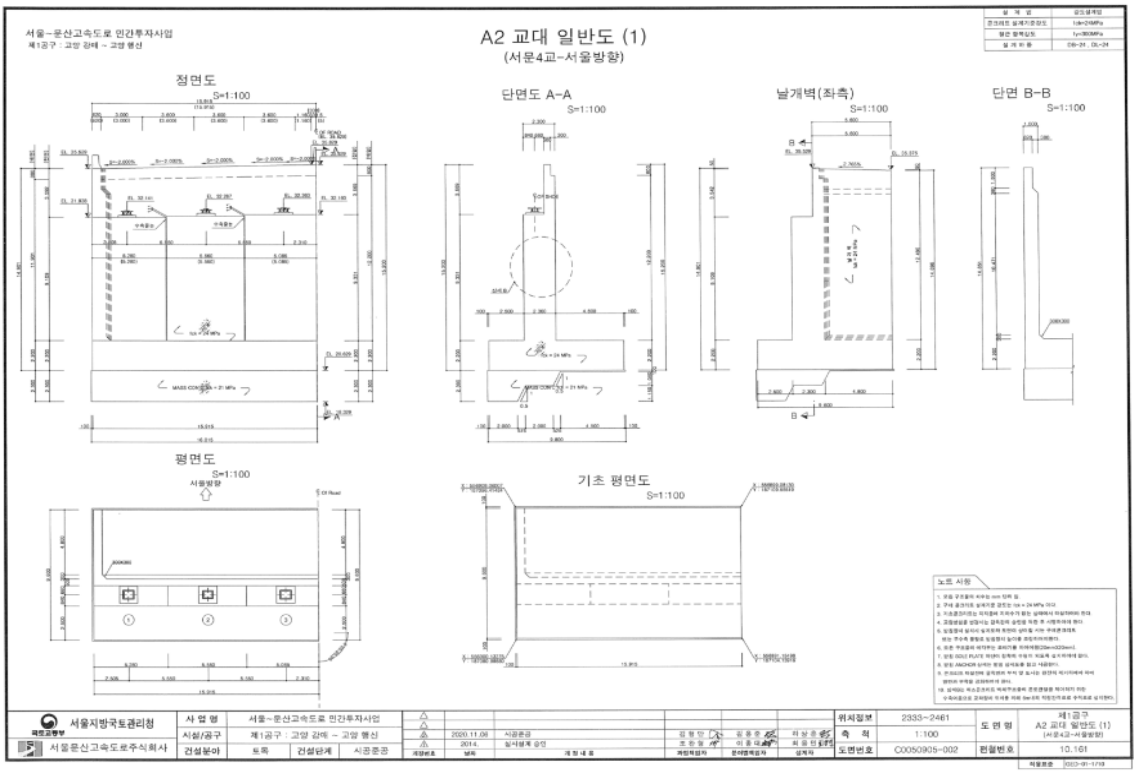
5.1.3 시설물 일반도

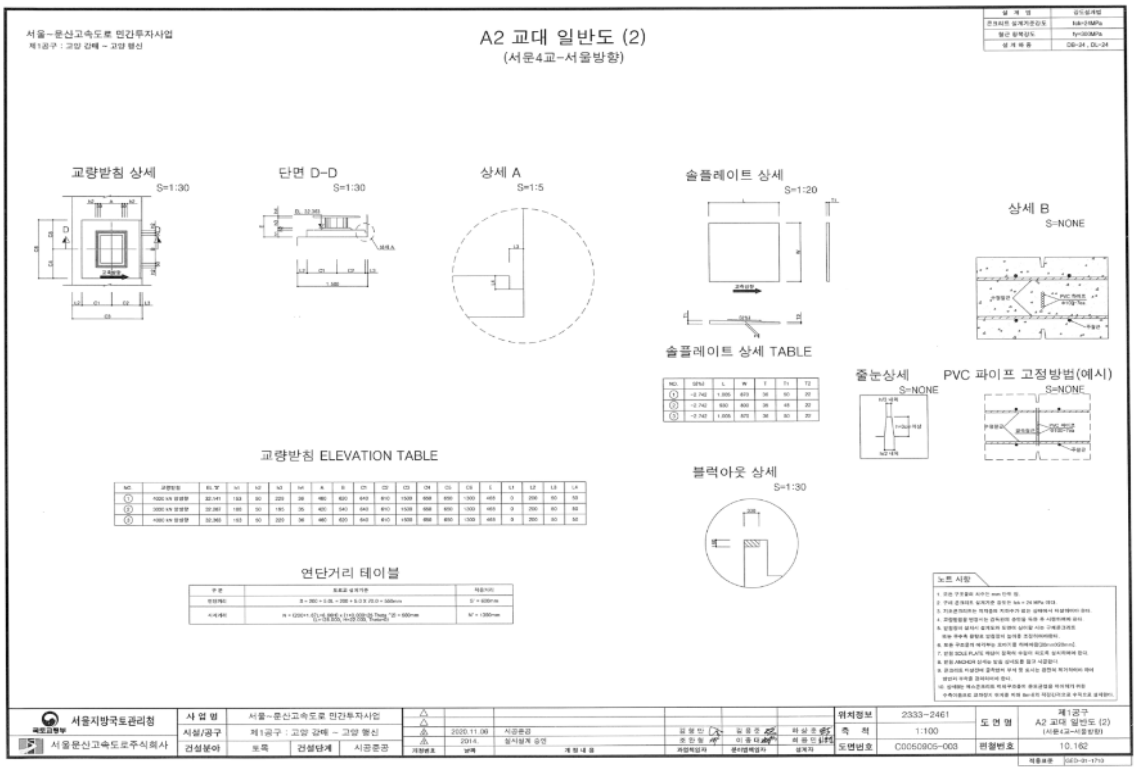


【그림 5.1.3】 평면 및 종단면도

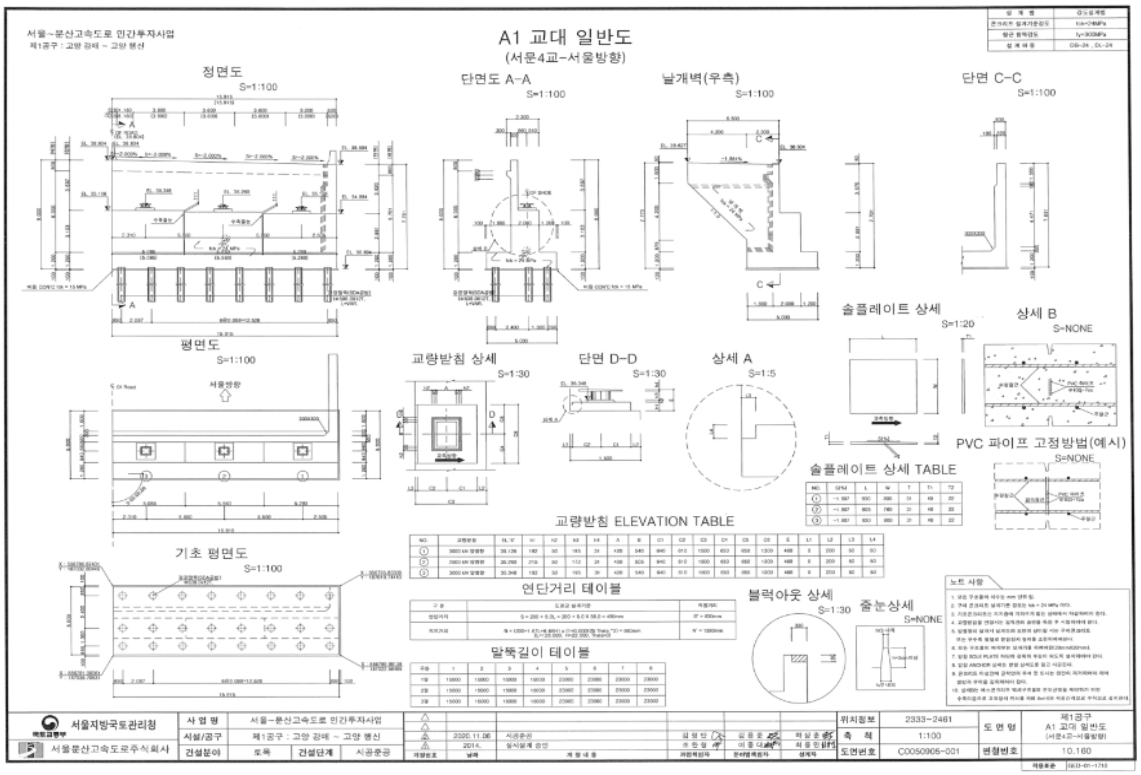


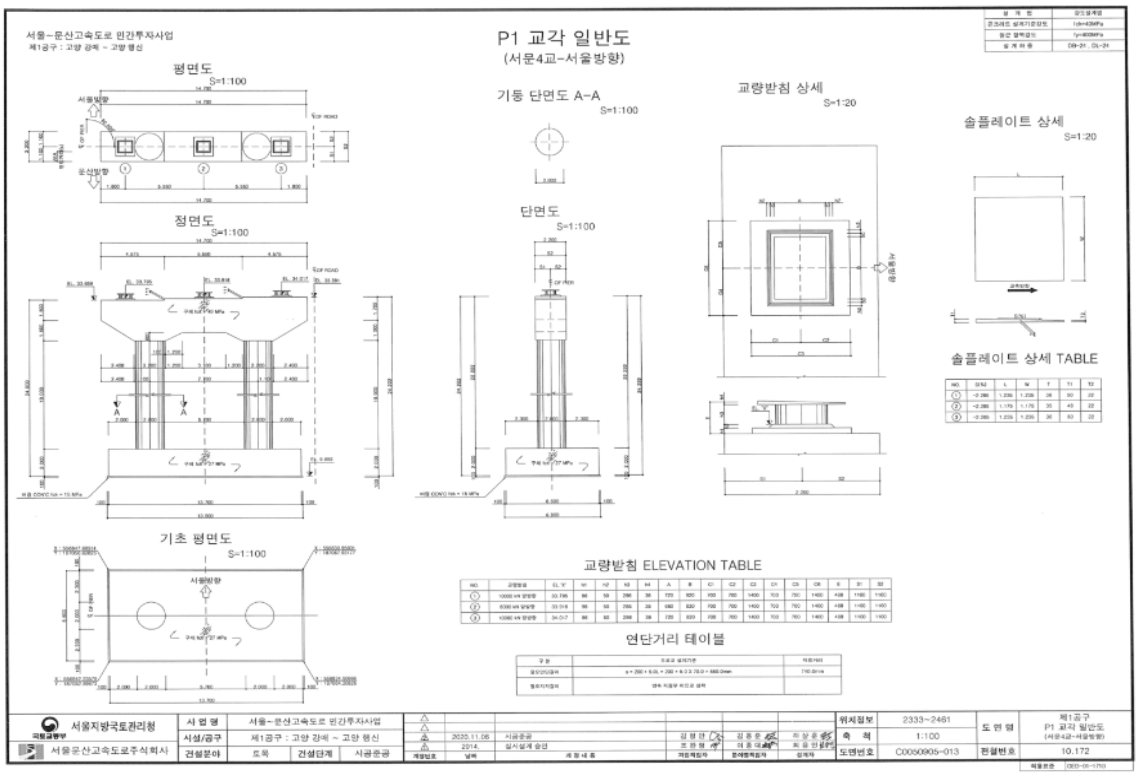
【그림 5.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도


서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
A2 교대 일반도 (1)
(서문4교-서울방향)
정면도
S=1:100
단면도 A-A
S=1:100
날개벽(좌측)
S=1:100
단면 B-B
S=1:100
평면도
S=1:100
기초 평면도
S=1:100
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
위치정보 2333~2461
축 척 1:100
도면번호 C0050905-002
도 면 명 제1공구 A2 교대 일반도 (1) (서문4교-서울방향)
편철번호 10.161

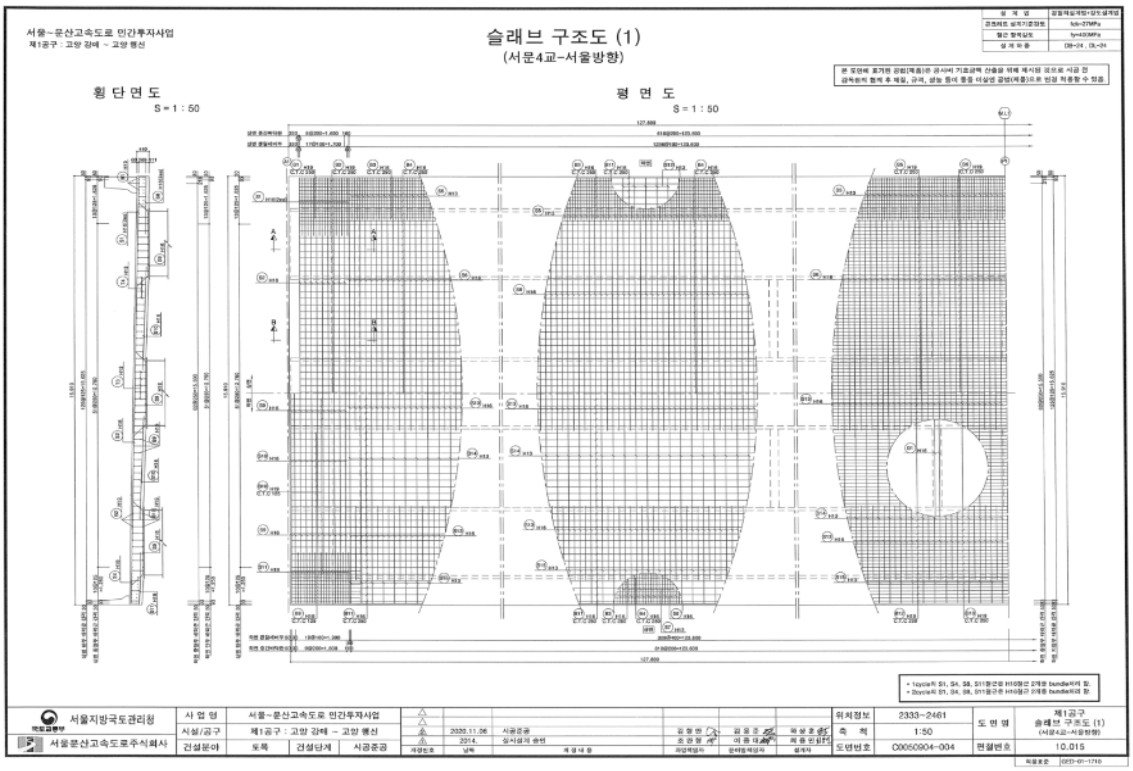

서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
A2 교대 일반도 (2)
(서문4교-서울방향)
교량받침 상세
S=1:30
단면 D-D
S=1:30
상세 A
S=1:5
솔플레이트 상세
S=1:20
상세 B
S=NONE
솔플레이트 상세 TABLE
줄눈상세
S=NONE
PVC 파이프 고정방법(예시)
S=NONE
교량받침 ELEVATION TABLE
블럭아웃 상세
S=1:30
연단거리 테이블
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
위치정보 2333~2461
축 척 1:100
도면번호 C0050905-003
도 면 명 제1공구 A2 교대 일반도 (2) (서문4교-서울방향)
편철번호 10.162

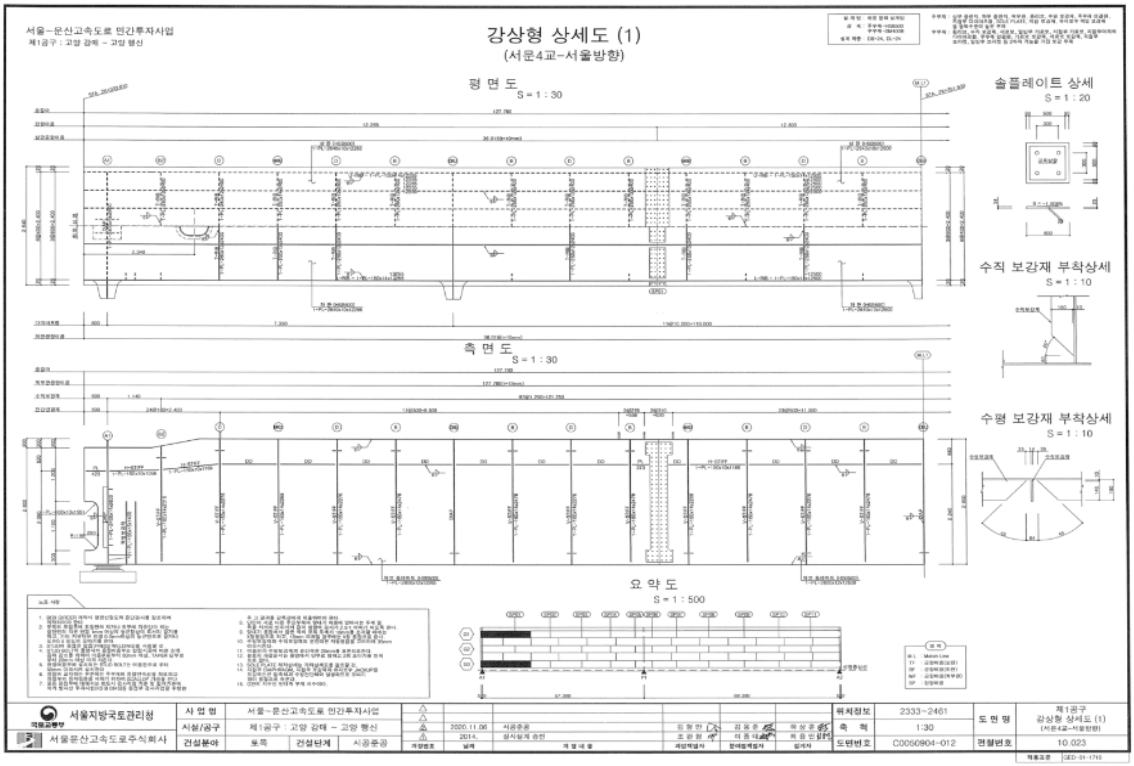
【그림 5.1.5】교대 일반도



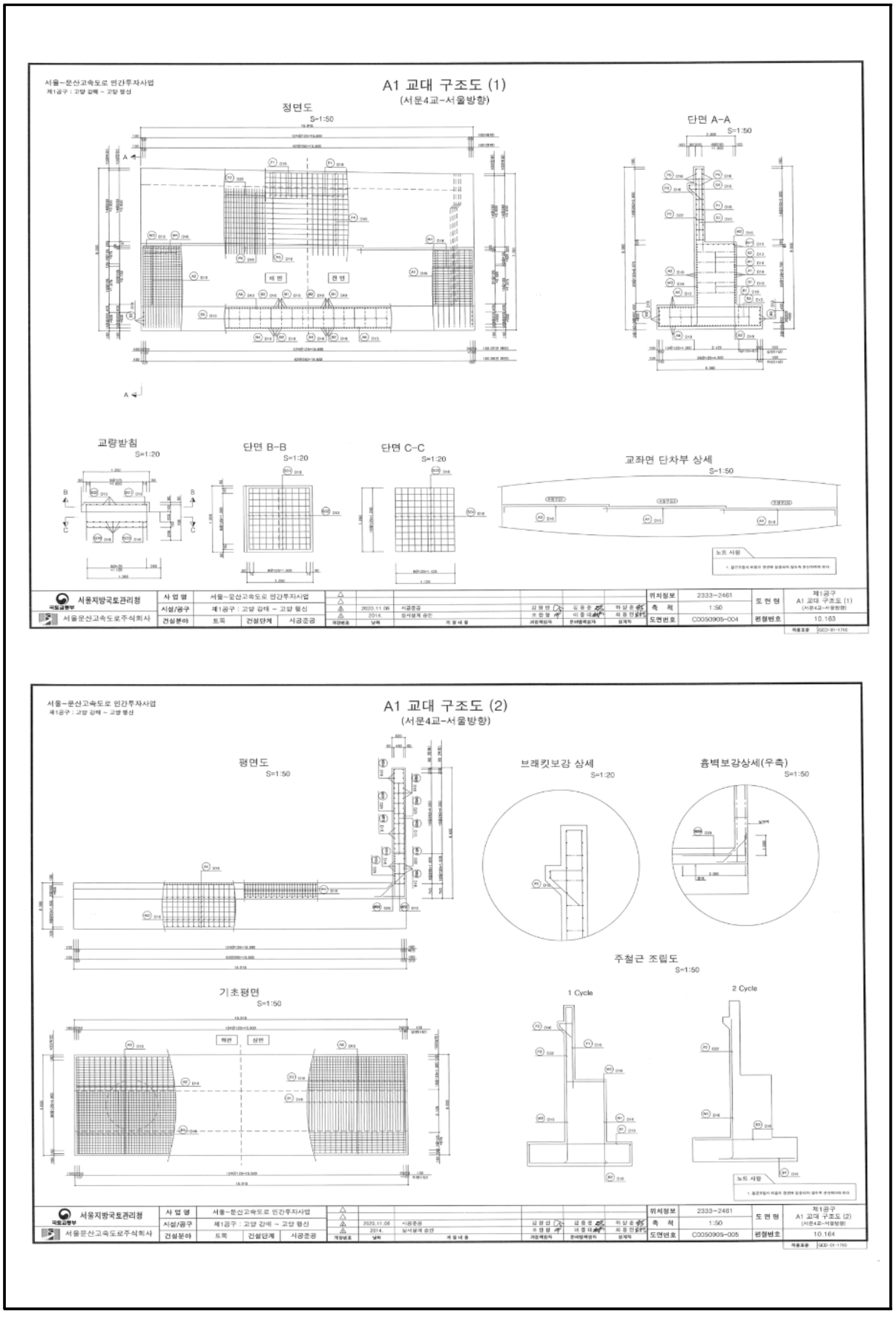


【그림 5.1.6】교대 및 교각 일반도

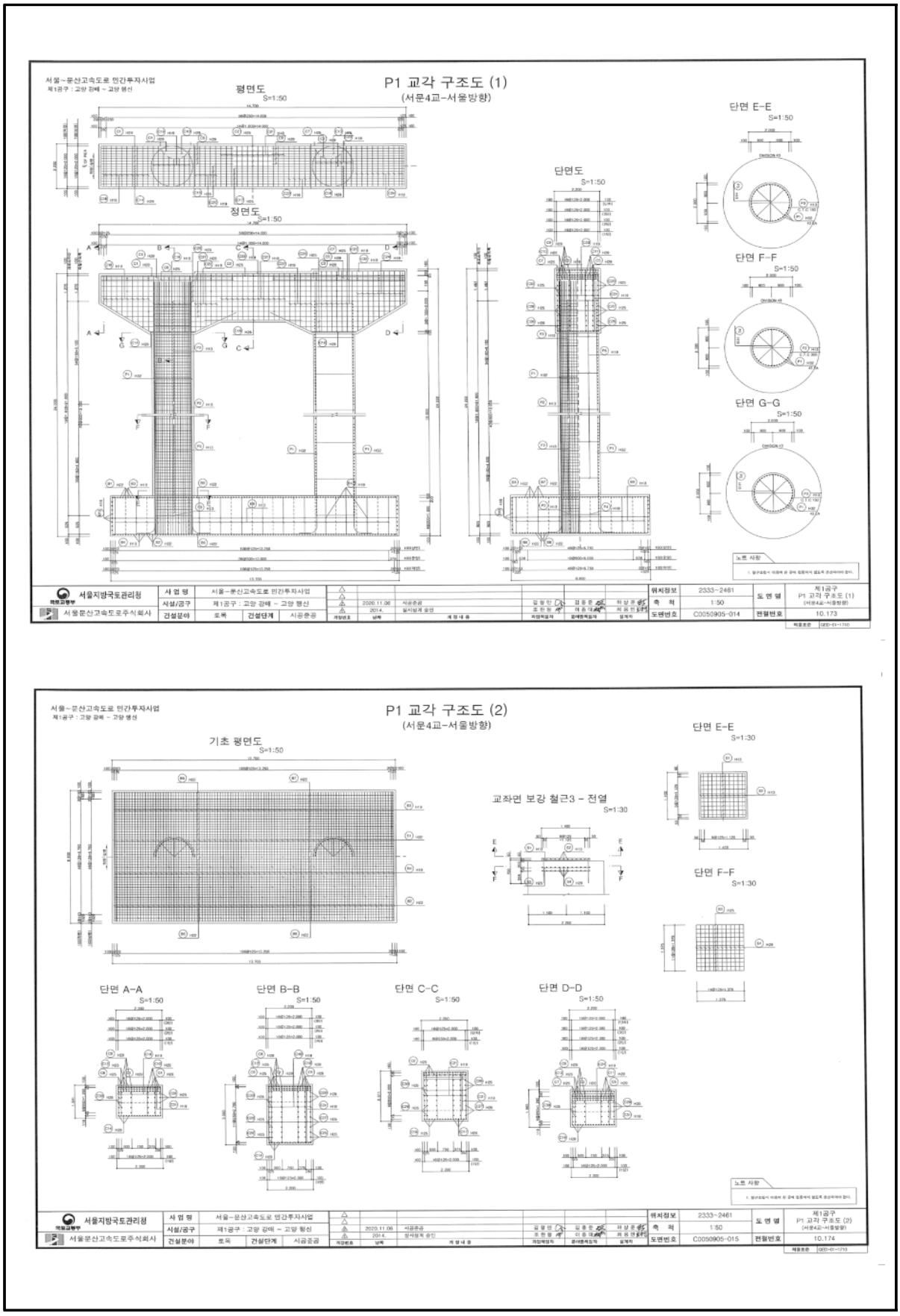




【그림 5.1.7】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도


A1 교대 구조도 (1)
(서문4교-서울방향)
정면도
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
교량받침
S=1:20
단면 B-B
S=1:20
단면 C-C
S=1:20
교좌면 단차부 상세
S=1:50
노트 사항
A1 교대 구조도 (2)
(서문4교-서울방향)
평면도
S=1:50
브래킷보강 상세
S=1:20
흉벽보강상세(우측)
S=1:50
주철근 조립도
S=1:50
기초평면
S=1:50
1 Cycle
2 Cycle
노트 사항

【그림 5.1.8】교대 구조도


P1 교각 구조도 (1)
(서문4교-서울방향)
평면도
S=1:50
정면도
S=1:50
단면도
S=1:50
단면 E-E
S=1:50
단면 F-F
S=1:50
단면 G-G
S=1:50
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
위치정보 2333-2461
축 척 1:50
도면번호 C0050905-014
도 면 명 제1공구 P1 교각 구조도 (1) (서문4교-서울방향)
관리번호 10.173
P1 교각 구조도 (2)
(서문4교-서울방향)
기초 평면도
S=1:50
교좌면 보강 철근3 - 전열
S=1:30
단면 E-E
S=1:30
단면 F-F
S=1:30
단면 A-A
S=1:50
단면 B-B
S=1:50
단면 C-C
S=1:50
단면 D-D
S=1:50
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
위치정보 2333-2461
축 척 1:50
도면번호 C0050905-015
도 면 명 제1공구 P1 교각 구조도 (2) (서문4교-서울방향)
관리번호 10.174

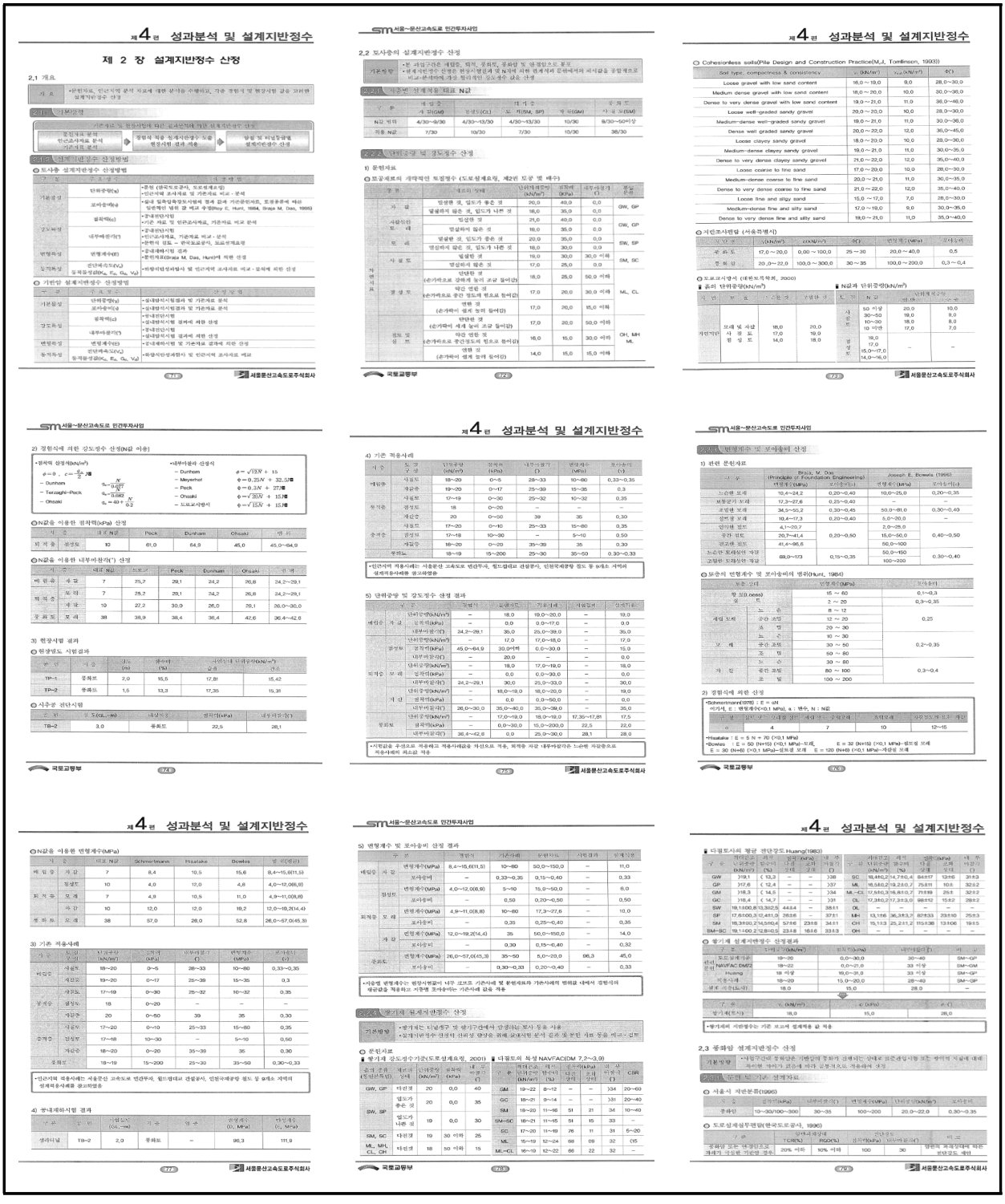
【그림 5.1.9】 교각 구조도

5.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

5.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비 고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	–
	2001	20	30	35	–
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편 암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범 위		19.5~21	10~30	30~36	–

○ 기존 적용사례

구 분	단위중량(kN/m³)	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0.30~0.31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공 번	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31.1	31.4	156.1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	–	19.5~22.0	20.0~22.0	–	20.0
포아송비(ν)	–	0.20~0.45	0.30~0.31	–	0.30

○ 전단강도 및 변형계수

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	–	10.0~300	20~50	31.1	30.0
내부마찰각 (°)	) 39.5	30.0~36.0	30~33	31.4	31.0
변형계수(MPa)	–	200	50.0~350.0	156.1	150.0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

국토교통부 80

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 선정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○ 도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암 석 종 류 (강도)	암반과 쇄 상 태 (NX 규격 시추조사시)		암반의 강도정수	
	T.C.R(%)	R.Q.D(%)	φ (°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~30%	10~25%	33°	130
	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○ 서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반명	단위중량 γt (kN/m³)	내부마찰각 φ (°)	변형계수 E_s (MPa)	포아송비 ν
연 암	23~25	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0.25
경 암	25~27	35~45	1,000~4,000	0.20

2) 기존 적용사례

구 분		단위중량(kN/m³)	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	I등급	27	4,200	44~45	18,000	0.21
	II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0.22
	III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0.24
	IV등급	24	800~900	34	1,000	0.25
	V등급	23	400	33	500	0.26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

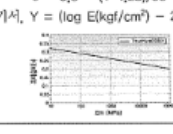
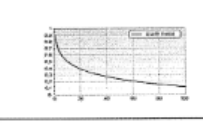
81 서울문산고속도로주식회사

sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.4.2 경험식에 의한 검토

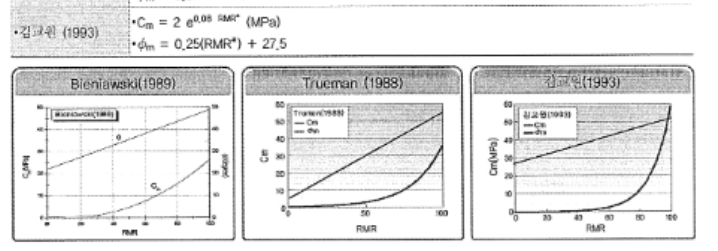
○ 제안자별 경험식

▮ 단위중량 및 포아송비

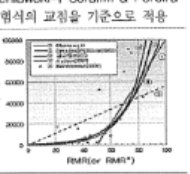
구 분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산 정 식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y-1.28)/14.3] × 10 υ = 0.3 − (Y-1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35 	υ = −0.17 Ln(RMR')+0.9 

▮ 점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	관 계 경 험 식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346\times10^{-5}RMR^2$ •$\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031\ RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0.25\ e^{0.05\ RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2\ e^{0.08\ RMR^*}$ (MPa) •$\phi_m = 0.25(RMR^*) + 27.5$



▮ 변형계수

변형계수 경험식	관 계 경 험 식	적 용 내 용
•Bieniawski (1978)	E_m = 2RMR−100(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\ e^{0.07RMR^*}$(GPa) − RMR* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\ RMR^{3.54}$ (MPa)	
•Mohammad (1997)	$E_m = 0.562\ RMR + 0.183$ (GPa)	

국토교통부 82

제4편 성과분석 및 설계지반정수

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구 분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	단위중량 김교원 (1993)	포아송비(ν) Tsuchiya (1984)	포아송비 김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	26.3	–	0.21	0.15
	II등급	64	25.5	–	0.22	0.19
	III등급	53	24.8	–	0.23	0.22
	IV등급	36	23.8	–	0.24	0.29
	V등급	10	22.1	–	0.27	0.49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구 분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	V등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구 분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Sarafim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,800	13,100	12,300
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	–

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.−m)	지 층	암 종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11.0	연 암	화강암질 편마암	IV	980.3	1,166.2
	TB-3	17.0	연 암	화강암질 편마암	IV	598.9	908.3

83 서울문산고속도로주식회사

sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	IV	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	III	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	III	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	III	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	III	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	III	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	IV	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	III	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	지 층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적 용	포아송비(ν) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	I등급	27	26.3	–	27.0	0.21	0.15~0.21	–	0.21
	II등급	26	25.5	–	26.0	0.22	0.19~0.22	–	0.22
	III등급	25	24.8	26.65~26.90	25.0	0.24	0.22~0.23	0.16~0.19	0.24
	IV등급	24	23.8	27.08~28.93	24.0	0.25	0.24~0.29	0.16~0.21	0.25
	V등급	23	22.1	–	23.0	0.26	0.27~0.49	–	0.26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구 분	지 층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적 용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적 용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

국토교통부 84

제4편 성과분석 및 설계지반정수

○ 변형계수

구 분	지 층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	–	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	–	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	–	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	–	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)	암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)
각 섬 암	32	화강암 (조립질)	31~35
현 무 암	31~38	석 회 암	33~40
역 암	35	편 암	31
백 악	30	사 암	25~35
백 운 암	27~31	셰 일	27
편마암 (편암질)	23~29	미 사 암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점 판 암	25~30

주) 좌측 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암 석 명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비 고
점착력이 없는 물질	발파 / 과쇄 암석	현무암 백악 화강암 석회암 사암 셰일	40.0 ~ 50.0 30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0 35.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 35.0	–	–
점착력이 있는 물질	암 석	견고한 화성암 변성암 견고한 퇴적암 연약한 퇴적암	35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 25.0 ~ 35.0	35.7 ~ 56.1 20.4 ~ 40.8 10.2 ~ 30.6 1.0 ~ 20.4	(화강암, 현무암, 반암) (규암, 편마암, 점판암) (석회암, 백운석, 사암) (사암, 석탄, 백악, 셰일)

85 서울문산고속도로주식회사

sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암 석 명	설 명	최대강도 c'(kPa)	최대강도 φ (°)	잔류강도 c'(kPa)	잔류강도 φ (°)	시 험 자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240.0	42.0	–	–	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15.0 90.0~120.0 60.0~100.0	7.5 12.0~17.0 9.0~13.0	–	–	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0.0~270.0	8.5~29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0.0~180.0	12.0~18.5	0.0~3.0	10.5~16.0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60.0	32.0	–	–	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	–	–	0.0	19.0~25.0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
혈탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0~13.0	16.0	0.0	11.0~11.5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화강섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0.0	26.5	–	–	Brawner[116]
화강암 /편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 약화된 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0.0~100.0 50.0~242.0	24.0~25.0 40.0~42.0	–	–	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	–	–	0.0	21.0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0~200.0	13.0~14.0 17.0~21.0	0.0	13.0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80.0 100.0	38.0 10.0	–	–	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0~24.0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14.0~30.0	15.0~17.5	–	–	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360.0 16.0~20.0	14.0 7.5~11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126]
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30.0~80.0 610.0~740.0 380.0	32.0 41.0 31.0	–	–	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50.0	33.0	–	–	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42.0~90.0	36.0~38.0	–	–	

국토교통부 86

제4편 성과분석 및 설계지반정수

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구 분	현무암	역 암	편마암	화강암	사 암	셰 일
마찰각(°)	31.0 ~ 38.0	35.0	23.0 ~ 29.0	29.0 ~ 35.0	25.0 ~ 35.0	27.0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C, Wyllie, 1992)

구 분	암 종	내부마찰각(°)	비 고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20.0 ~ 27.0	–
Medium-friction Rocks	27.0 ~ 34.0	–	–
사암, 백악, 편마암, 슬레이트	–	–	–

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암 종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	–	47.0~59.0	47.0	–	34.7~39.1	34.0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

87 서울문산고속도로주식회사

sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개 요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음

•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76\times N^{0.33}$ • Imai(1982) $V_s = 97.0\times N^{0.314}$
•Okamoto(1989) $V_s = 125\times N^{0.3}$ • Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84\times N^{0.31}$
− 동전단계수 : $G_d = \rho\cdot V_s^2$
− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d\cdot(1+\nu_d)$
− 동체적계수 : $K_d = E_d/3(1-2\nu_d)$ 여기서, $\rho=\gamma_t/g$, γ_t=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구 분		하향식탄성파 V_p(m/s)	하향식탄성파 V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비 고
매립층		–	–	144.4~224.1	180	–
퇴적층	점토	–	–	162.5~249.4	200	–
	모래	–	–	144.4~224.1	170	–
	자갈	–	–	162.5~249.4	190	–
풍화토		919~984	375~408	252.4~372.3	392	–
풍화암		1,103~1,185	511~577	276.4~404.2	544	–
연 암		1,786~1,881	927~980	–	954	4등급
경 암		2,168~2,323	1,192~1,277	–	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

분석결과	•내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용

국토교통부 88



제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
균열 간격이 없을때	불투수성	1.0×10^{-9} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

89 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

2.7.3 물안속체 설계지반정수

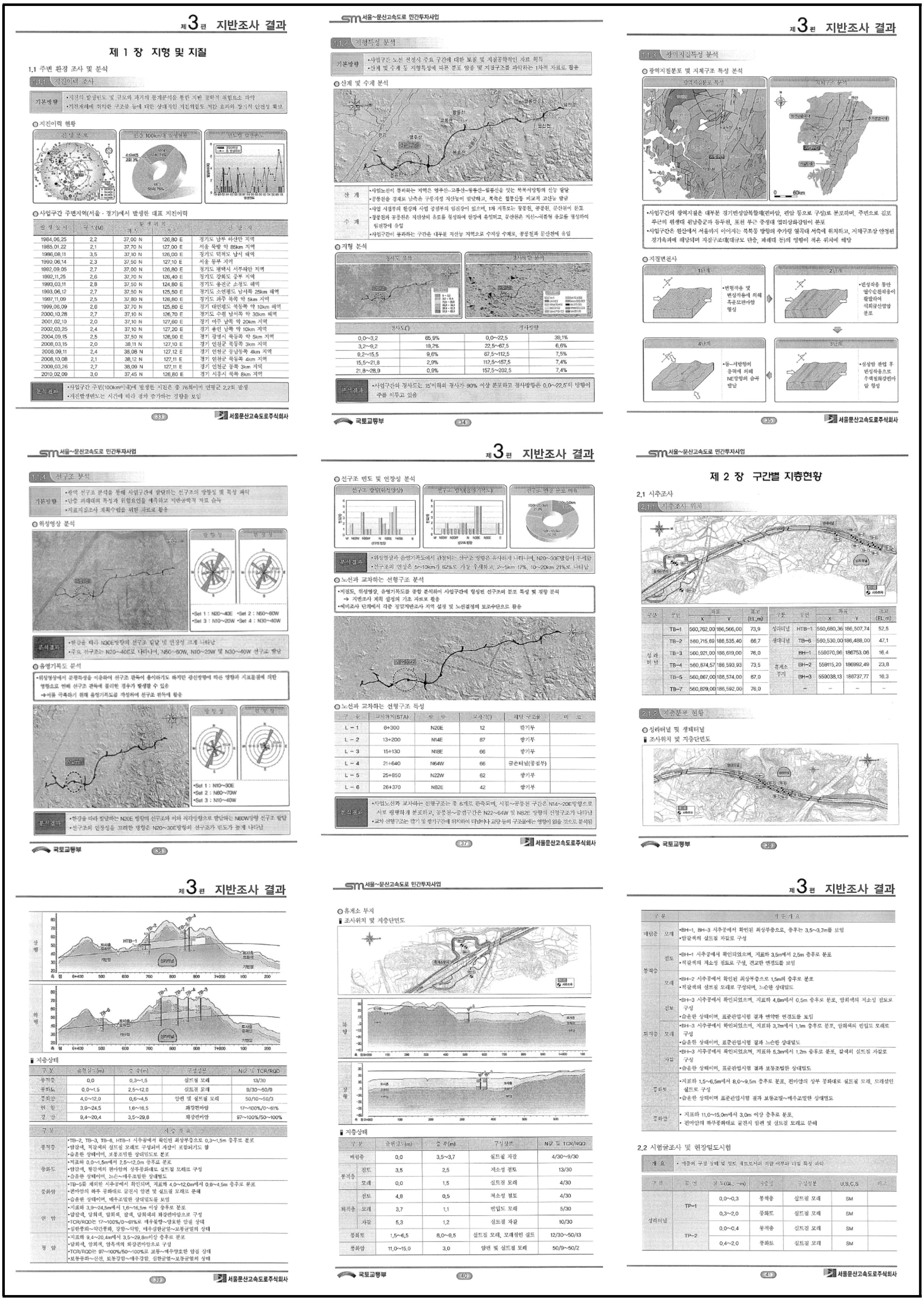
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부 90

나. 지반 및 지질 조사보고서



제3편 지반조사 결과

제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

○지진이력 현황

○사업구간 주변지역(서울 · 경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

33 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석

산계	•사업노선이 통과하는 지역은 영주산–고봉산–황룡산–월룡산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월룡산등 비교적 고산능 발달
수계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 저산성의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 저산~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석

경사도 분석 / 경사방향 분석

경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부 34

제3편 지반조사 결과

1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석

광역지질분포 특성 / 지체구조 분석

•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
•사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사

1단계 •변형작용 및 변성작용에 의해 흑운모편마암 형성
2단계 •변성작용 동안 열수순환작용이 활발하여 석회규산염암 분포
3단계 •심성암 관입 후 변성작용으로 우백질화강편마암 형성
4단계 •동–서방향의 응력에 의해 NE방향의 습곡 발달

35 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

○위성영상 분석

방향성 / 연장성

•Set 1 : N20~40E •Set 2 : N50~60W
•Set 3 : N10~20W •Set 4 : N30~40W

분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

•Set 1 : N10~30E
•Set 2 : N60~70W
•Set 3 : N10~40W

분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부 36

제3편 지반조사 결과

○선구조 빈도 및 연장성 분석

선구조 방향(위성영상) / 선구조 방향(음영기복도) / 선구조 연장 분포 비율

분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용

○노선과 교차하는 선형구조 특성

구분	교차위치(STA)	방향	교차각(°)	해당 구조물	비고
L－1	6+300	N20E	12	깎기부	
L－2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L－3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L－4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L－5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L－6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 관측되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

37 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
성라터널	TB-1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB-1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB-2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB-6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB-3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소 부지	BH-1	559070.96	186753.06	16.4
	TB-4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH-2	559115.20	186992.49	23.8
	TB-5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH-3	559038.13	186737.77	16.3
	TB-7	560,829.00	186,592.00	76.0		–	–	–	–

2.1.2 지층분포 현황

○성라터널 및 생태터널

▮조사위치 및 지층단면도

국토교통부 38

제3편 지반조사 결과

▮지층상태

구분	출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

구분	지층개요
붕적층	•TB-2, TB-3, TB-6, HTB-1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB-5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▮조사위치 및 지층단면도

▮지층상태

구분		출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부 40

제3편 지반조사 결과

구분		지층개요
매립층	모래	•BH-1, BH-3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH-1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
	모래	•BH-2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
	모래	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
	자갈	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포. • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구분	공번	심도(GL. –m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP–1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
	TP–2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41 서울문산고속도로주식회사

◎ 현장밀도시험 결과

구 분	공 번	심 도 (GL, -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
성라터널	TP-1	2.0	풍화토	17.81	15.42	14.18	12.28	1.256
	TP-2	1.5	풍화토	17.35	15.31	13.62	12.02	1.274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17.35~17.81kN/m³, 건조단위중량 : 15.31~15.42kN/m³ •L값 : 1.256~1.274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

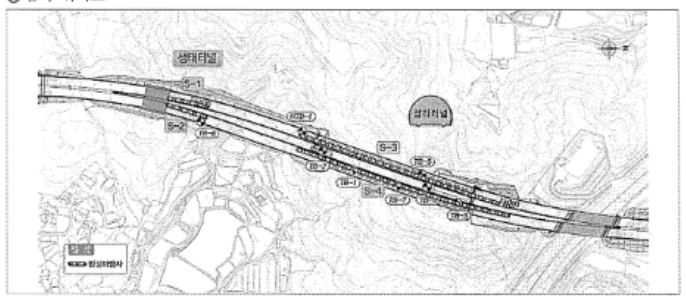
구 분	지 층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	-
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토시구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

제 3 장 물리탐사

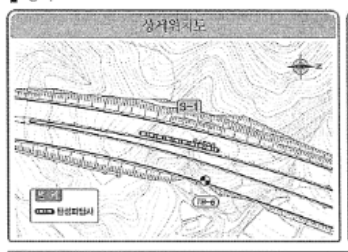
3.1 굴절법탄성파탐사

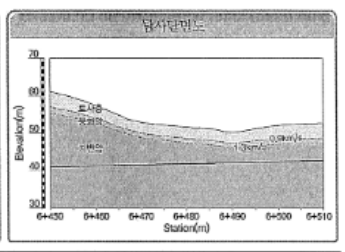
◎ 탐사 위치도



◎ 탐사 결과

▮ S-1

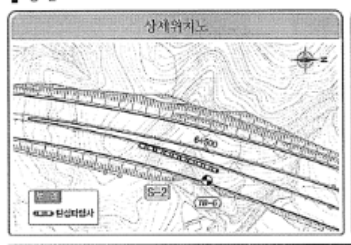


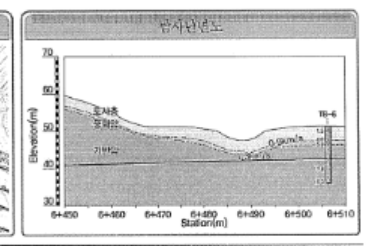


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL.-4.71 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 풍화암층의 두께는 1.13~1.68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.03~5.61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 풍화암층의 평균 두께는 1.36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.71m로 분석되었음

▮ S-2

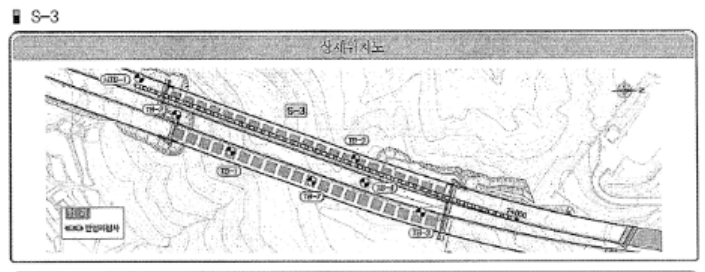


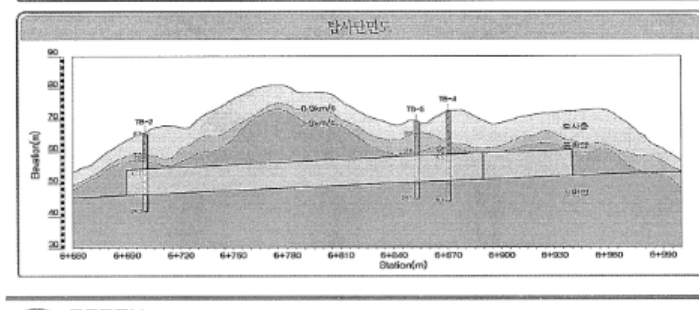


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.16	0.92	GL.-4.09 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.29~4.03m, 풍화암층의 두께는 0.52~1.20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2.81~5.21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3.16m, 풍화암층의 평균 두께는 0.92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.09m로 분석되었음

▮ S-3

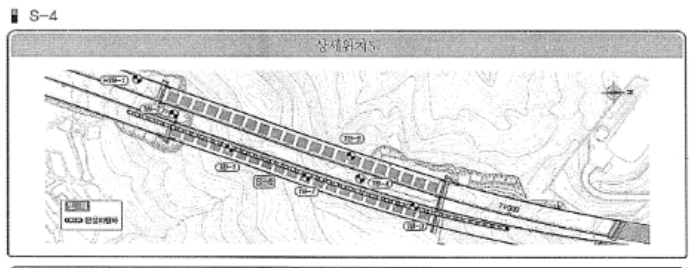


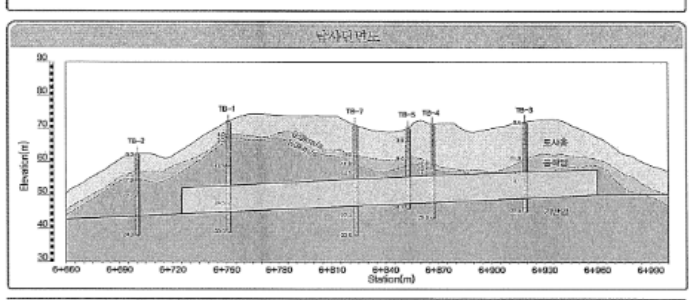


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6.67	2.93	GL.-9.60 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.78~10.86m, 풍화암층의 두께는 0.95~5.92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.45~13.60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6.67m, 풍화암층의 평균 두께는 2.93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9.60m로 분석되었음

▮ S-4





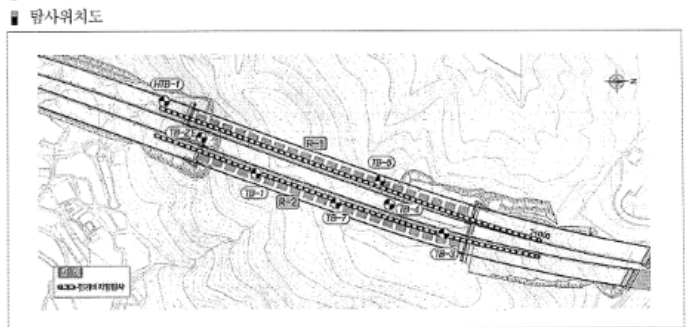
구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7.80	2.32	GL.-10.11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.98~13.49m, 풍화암층의 두께는 0.61~5.28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5.64~15.54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7.80m, 풍화암층의 평균 두께는 2.32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10.11m로 분석되었음

3.2 전기비저항탐사

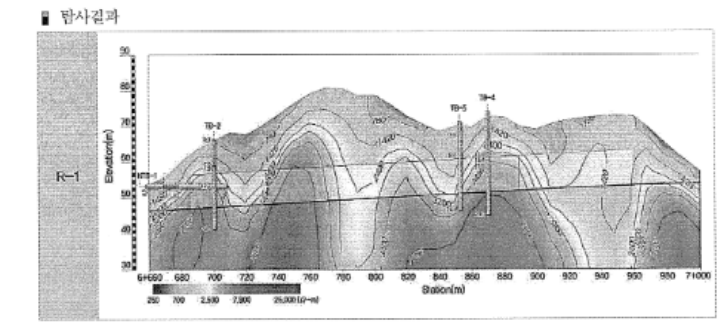
◎ 성라터널 서울방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과

R-1

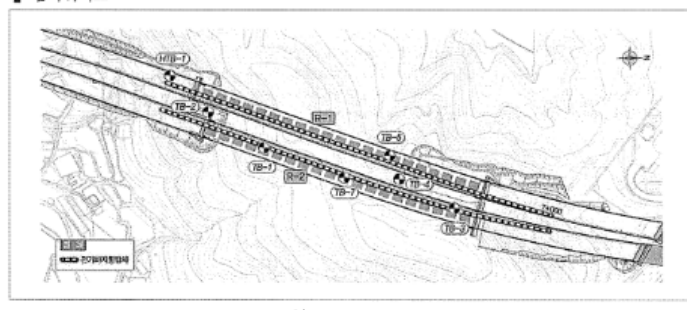


▮ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

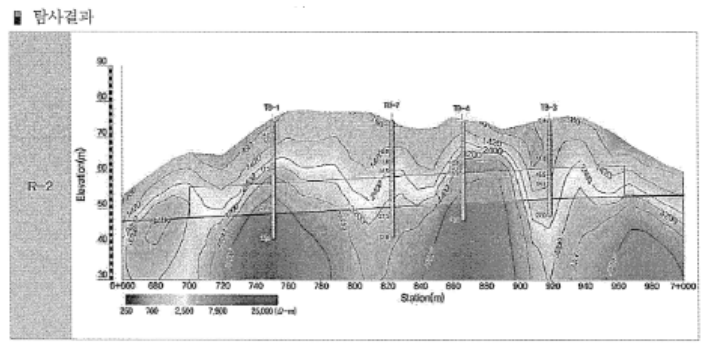
◎ 성라터널 문산방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과

R-2



▮ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-Ⅱ, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

◎ 시험결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2.0	풍화토	-	96.3	111.9
	TB-2	11.0	연 암	화강편마암	980.3	1,166.2
	TB-3	13.0	풍화암	-	156.1	231.1
	TB-3	17.0	연 암	화강편마암	598.9	908.3

◎ 결과분석

구분	변형계수(D,MPa) 풍화토	변형계수(D,MPa) 풍화암	변형계수(D,MPa) 연 암	탄성계수(E,MPa) 풍화토	탄성계수(E,MPa) 풍화암	탄성계수(E,MPa) 연 암
성라터널	96.3	156.1	598.9~980.3	111.9	231.1	908.3~1,166.2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96.3MPa, 풍화암은 156.1MPa,연암은 598.9~980.3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 원지반 점착력(C)과 내부마찰각(Ø) 측정

◎ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)
성라터널	TB-2	3.0	풍화토	22.5	28.1
	TB-3	12.0	풍화암	31.1	31.4

◎ 결과분석

구분	점착력(c, kPa) 풍화토	점착력(c, kPa) 풍화암	마찰각(Ø, ˚) 풍화토	마찰각(Ø, ˚) 풍화암
성라터널	22.5	31.1	28.1	31.4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22.5kPa, 풍화암 31.1kPa로 산정되며, 마찰각(Ø)은 풍화토 28.1˚, 풍화암 31.4˚로 나타남

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

◎ 터널구간

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
TB-1	7.4	66.5	TB-4	15.5	58.0	TB-7	17.6	58.4
TB-2	6.1	60.6	TB-5	6.8	60.2	-	-	-
TB-3	17.0	59.0	TB-6	3.6	43.5	-	-	-

◎ 기타구간(휴게소 부지)

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
BH-1	3.2	13.2	BH-2	6.6	17.2	BH-3	3.5	12.8

◎ 결과분석

구 분	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
터널구간	3.6~17.6	43.5~66.5
기타구간 (휴게소 부지)	3.2~6.6	12.8~17.2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3.6~17.6m, 기타구간 : GL.- 3.2~6.6m 범위로 분포

4.2.2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

◎ 시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL.-m)	지 층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	1.95×10^{-4}	7.4
	TB-2	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	3.08×10^{-4}	6.1
	TB-3	12.0 ~ 13.0	풍화암	-	4.53×10^{-5}	17.0
	TB-4	8.0 ~ 9.0	풍화토	SM	2.07×10^{-4}	15.5

◎ 결과분석

구 분	풍 화 토	풍 화 암
성라터널	1.96×10^{-4} ~ 3.08×10^{-4}cm/s	4.53×10^{-5}cm/s

4.2.3 수압시험

개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 채널을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

◎ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7.0 ~ 12.0	연 암	3.06×10^{-6}	0.11	Dilation
	TB - 2	16.0 ~ 21.0	경 암	1.28×10^{-6}	0.08	Dilation
	TB - 3	20.0 ~ 25.0	경 암	2.49×10^{-6}	0.04	Dilation
	TB - 6	6.0 ~ 11.0	연 암	4.76×10^{-6}	0.14	Dilation

◎ 결과분석

구 분	투수계수(cm/s) 연 암	투수계수(cm/s) 경 암	평균 Lugeon 연 암	평균 Lugeon 경 암
성라터널	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	0.11~0.14	0.04~0.08

4.3 불연속면특성 분석

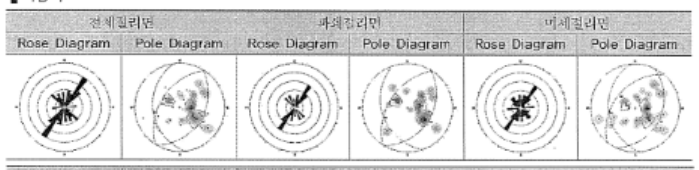
4.3.1 공내영상촬영

개 요	•암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악 •불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

○ 시험결과

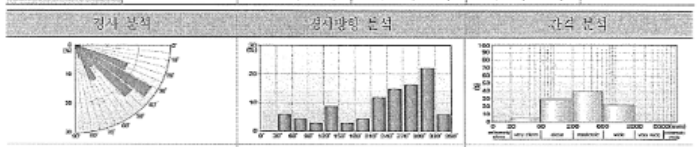
TB-1

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



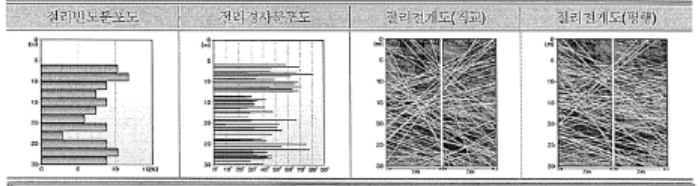
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-1	전체절리	43/303(59.55)	28/263(85.24)	33/121(94.80)	68
	파쇄절리	45/303(61.08)	31/251(39.28)	33/121(53.08)	27
	미세절리	39/310(63.64)	28/264(71.60)	28/116(58.46)	41

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세	•300~330°방향성 우세	•200~600mm의 간격 우세(Moderate)

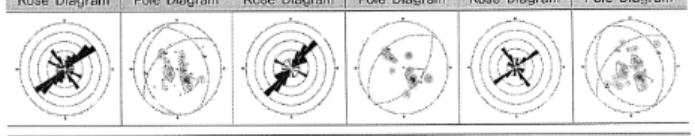
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 아크릴관 밖에 슬러지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

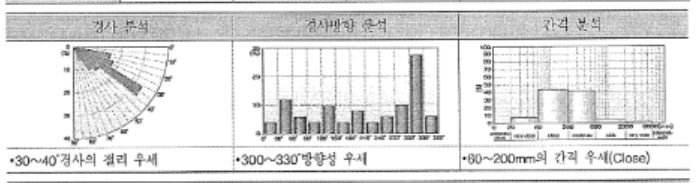
TB-2

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



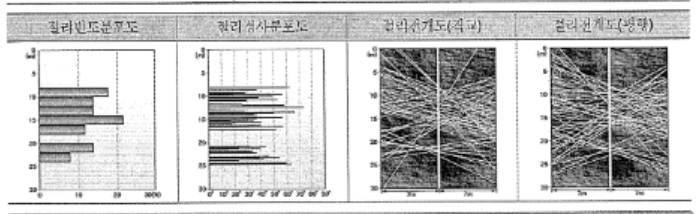
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-2	전체절리	38/321(77.54)	23/63(56.42)	15/266(79.84)	51
	파쇄절리	30/320(38.49)	43/129(38.81)	–	18
	미세절리	38/320(58.01)	22/61(51.90)	20/235(72.36)	33

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세	•300~330°방향성 우세	•60~200mm의 간격 우세(Close)

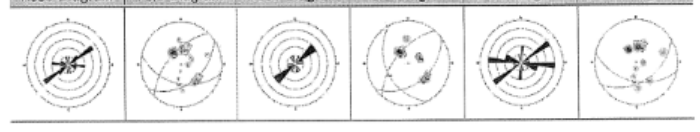
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

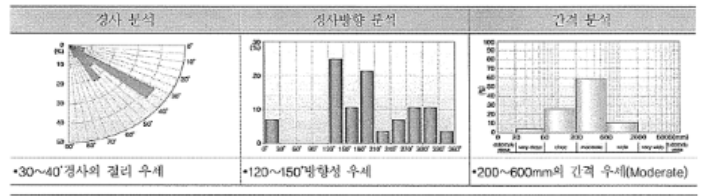
TB-3

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



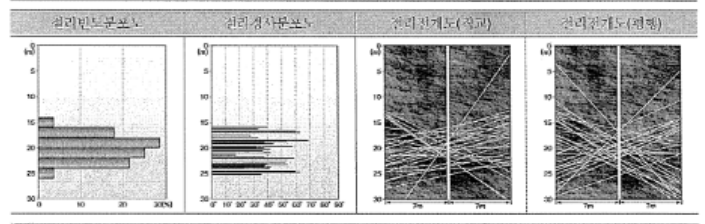
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-3	전체절리	38/145(176.3)	41/193(80.35)	56/313(71.51)	28
	파쇄절리	37/143(119.93)	55/310(55.92)	33/243(173.7)	11
	미세절리	41/193(64.42)	39/148(419.8)	–	17

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세	•120~150°방향성 우세	•200~600mm의 간격 우세(Moderate)

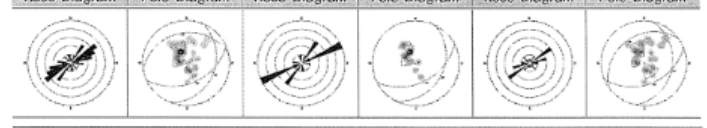
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

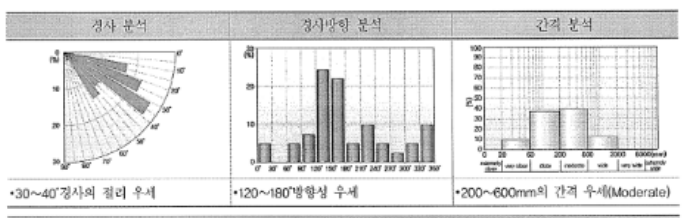
TB-4

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



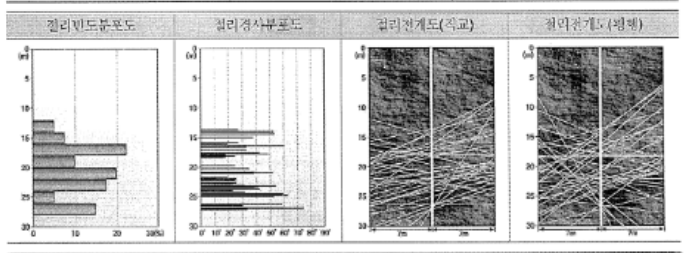
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-4	전체절리	39/156(48.01)	23/111(69.14)	19/349(359.3)	41
	파쇄절리	40/153(50.83)	24/117(52.12)	–	14
	미세절리	37/158(42.76)	23/325(46.83)	23/102(111.7)	27

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세	•120~180°방향성 우세	•200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요	•기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 점착력과 마찰각 산정 → 불연속체 해석물성치 산정시 기초 자료로 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2.824	4.151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2.351	3.993

분석결과	•터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요	•측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_d, K_d)산정 •동포아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

○ 시험결과

TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	927	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,168	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

○ 전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 심도 (GL.-m)	EL.(m)	지표하 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (설계적용 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL.-7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL.-30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요	•시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행 •지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널 구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	붕적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타 구간 (휴게소)	BH-1	4.0	붕적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과	•실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 붕적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨 •함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 다짐 및 CBR시험

개 요	•쌓기재료로 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악 •쌓기재료에 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 쌓기재료 유용성 평가시 활용

○ 실시설계 시험결과

공 번		심 도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널 구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.26	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과	•건조단위중량은 A다짐:17.37~17.45kN/m³, D다짐:17.37~18.40kN/m³로 분석됨 •CBR는 12.0~12.8%(평균 12.4%)의 범위에 해당

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요	•시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정 •지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

○ 지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과	•연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19 •경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

개 요	•암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index Is_{50}값을 산정

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$Is_{(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$Is_{(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널 구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널 구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

○ 지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
$Is_{(50)}$(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3



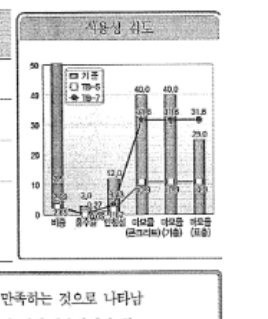
•과업구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.5(Is_{50})의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 본선발생암 유용성 검토

○ 시험결과 및 적용성 검토

시험항목	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

사용성 검토



•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 서문4교-서울방향
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 58.000 + 70.000 = 128.000 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 15.910 m
(6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 2.800 m
(7) 사 각(Skew) : 90.000 °
(8) 곡률반경(R) : 선형중심 = ∞ m
(9) 설 계 속 도 : 100.000 km/h
(10) 사용재료 및 물리적 특성치
① 강 재
▪ 사 용 재 료

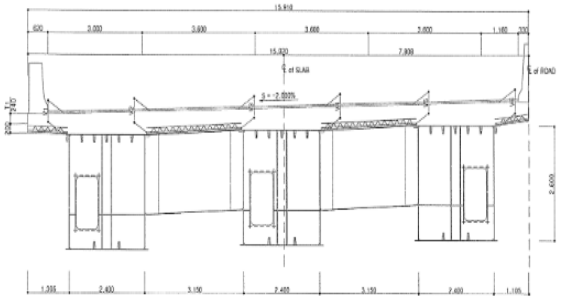
주 부 재	SM490B(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 슬플레이트)
부 부 재	SM490B(지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_{st})	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

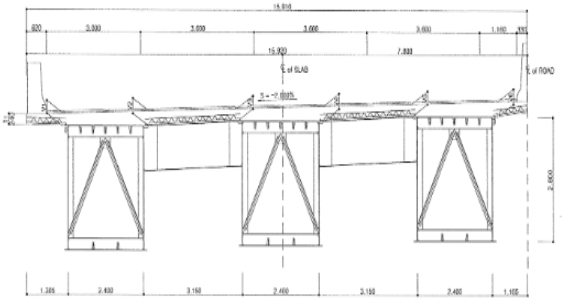
▪ 허용 응력 (MPa) (㎝ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께(mm) \ 강종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

응력 종류, 판두께(mm) \ 강종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
ⓐ 휨 압축응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			
전단응력	40 이하	80	110	125	155	135	155	220
	40 초과 75 이하	75	100 (110)	115 (125)	150 (155)			
	75 초과 100이하			115 (125)	145 (155)			
지압응력 (강판과 강판 사이)	40 이하	210	285	325	405	345	405	570
	40 초과 75 이하	195	265 (285)	300 (325)	390 (405)			
	75 초과 100이하			295 (325)	375 (405)			

2. 단면가정





구조계산 CHECK LIST

4.단면별 응력검토결과

작용응력에 대한 허용응력 검토

< Girder - 1 >

구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	71.135	299.000	24	O.K	-38.575	230.000	17	O.K
단면 2	67.595	136.400	50	O.K	-137.379	230.000	60	O.K
단면 3	-67.720	230.000	29	O.K	115.586	225.203	51	O.K
단면 4	-206.209	230.000	90	O.K	196.781	230.000	86	O.K
단면 5	-205.100	230.000	89	O.K	195.285	230.000	85	O.K
단면 6	167.100	264.500	63	O.K	-196.020	230.000	85	O.K
단면 7	102.572	171.067	60	O.K	-179.629	230.000	78	O.K
단면 8	53.365	299.000	18	O.K	-15.067	264.500	6	O.K
SP 1	59.527	136.400	44	O.K	-116.681	230.000	51	O.K
SP 2	60.174	136.400	44	O.K	-129.034	230.000	56	O.K
SP 3	45.169	299.000	15	O.K	-42.037	230.000	18	O.K
SP 4	-134.666	230.000	59	O.K	171.239	225.203	76	O.K
SP 5	-161.984	230.000	70	O.K	157.238	230.000	68	O.K
SP 6	-157.933	230.000	69	O.K	153.908	230.000	67	O.K
SP 7	-85.279	230.000	37	O.K	125.933	263.171	48	O.K
SP 8	90.933	299.000	30	O.K	-95.622	230.000	42	O.K
SP 9	153.154	264.500	58	O.K	-183.032	230.000	80	O.K
SP 10	163.282	264.500	62	O.K	-187.337	230.000	81	O.K
SP 11	143.264	299.000	48	O.K	-145.659	230.000	63	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	42.662	135.000	32	O.K	0.156	13	0.128	11	O.K
단면 2	9.743	135.000	7	O.K	0.251	21	0.362	30	O.K
단면 3	43.024	135.000	32	O.K	0.188	16	0.365	30	O.K
단면 4	65.192	135.000	48	O.K	1.037	86	0.965	80	O.K
단면 5	82.549	135.000	61	O.K	1.169	97	1.095	91	O.K
단면 6	11.634	135.000	9	O.K	0.407	34	0.734	61	O.K
단면 7	31.613	135.000	23	O.K	0.414	35	0.665	55	O.K
단면 8	61.584	135.000	46	O.K	0.240	20	0.211	18	O.K
SP 1	21.936	135.000	16	O.K	0.217	18	0.284	24	O.K
SP 2	14.942	135.000	11	O.K	0.207	17	0.327	27	O.K
SP 3	32.001	135.000	24	O.K	0.079	7	0.090	7	O.K
SP 4	50.687	135.000	38	O.K	0.484	40	0.719	60	O.K
SP 5	67.571	135.000	50	O.K	0.747	62	0.718	60	O.K
SP 6	76.376	135.000	57	O.K	0.792	66	0.768	64	O.K
SP 7	59.773	135.000	44	O.K	0.334	28	0.425	35	O.K
SP 8	39.044	135.000	29	O.K	0.176	15	0.256	21	O.K
SP 9	17.199	135.000	13	O.K	0.352	29	0.650	54	O.K
SP 10	18.160	135.000	13	O.K	0.399	33	0.682	57	O.K
SP 11	38.017	135.000	28	O.K	0.309	26	0.480	40	O.K

< Girder - 2 >

구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	71.420	299.000	24	O.K	-37.529	230.000	16	O.K
단면 2	68.038	136.400	50	O.K	-133.985	230.000	58	O.K
단면 3	-69.853	230.000	30	O.K	118.850	225.203	53	O.K
단면 4	-196.208	230.000	85	O.K	193.004	230.000	84	O.K
단면 5	-192.145	230.000	84	O.K	189.027	230.000	82	O.K
단면 6	165.866	264.500	63	O.K	-194.134	230.000	84	O.K
단면 7	103.067	171.067	60	O.K	-176.049	230.000	77	O.K
단면 8	53.990	299.000	18	O.K	-15.219	264.500	6	O.K
SP 1	60.021	136.400	44	O.K	-112.662	230.000	49	O.K
SP 2	60.614	136.400	44	O.K	-125.811	230.000	55	O.K
SP 3	44.370	299.000	15	O.K	-38.980	230.000	17	O.K
SP 4	-134.499	230.000	58	O.K	173.221	225.203	77	O.K
SP 5	-153.118	230.000	67	O.K	176.732	264.500	67	O.K
SP 6	-149.026	230.000	65	O.K	173.555	264.500	66	O.K
SP 7	-85.105	230.000	37	O.K	127.600	263.171	48	O.K
SP 8	90.186	299.000	30	O.K	-93.173	230.000	41	O.K
SP 9	151.988	264.500	57	O.K	-181.104	230.000	79	O.K
SP 10	161.909	264.500	61	O.K	-185.189	230.000	81	O.K
SP 11	82.166	171.067	48	O.K	-141.921	230.000	62	O.K

< Girder - 3 >

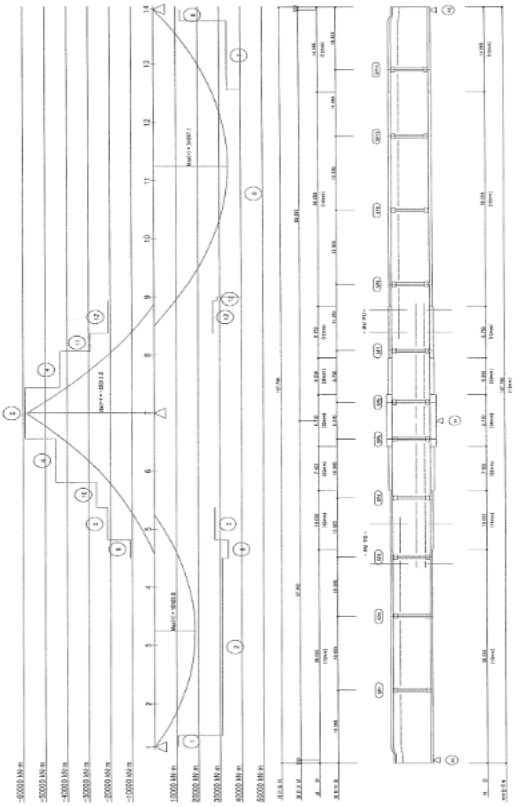
구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	71.385	299.000	24	O.K	-38.265	230.000	17	O.K
단면 2	68.439	136.400	50	O.K	-135.774	230.000	59	O.K
단면 3	-67.946	230.000	30	O.K	116.727	225.203	52	O.K
단면 4	-203.136	230.000	88	O.K	196.896	230.000	86	O.K
단면 5	-201.628	230.000	88	O.K	194.314	230.000	84	O.K
단면 6	166.437	264.500	63	O.K	-194.641	230.000	85	O.K
단면 7	103.411	171.067	60	O.K	-178.150	230.000	77	O.K
단면 8	53.637	299.000	18	O.K	-15.134	264.500	6	O.K
SP 1	60.319	136.400	44	O.K	-115.271	230.000	50	O.K
SP 2	61.014	136.400	45	O.K	-127.456	230.000	55	O.K
SP 3	45.263	299.000	15	O.K	-41.277	230.000	18	O.K
SP 4	-133.691	230.000	58	O.K	172.130	225.203	76	O.K
SP 5	-159.377	230.000	69	O.K	157.172	230.000	68	O.K
SP 6	-155.343	230.000	68	O.K	153.868	230.000	67	O.K
SP 7	-84.497	230.000	37	O.K	126.755	263.171	48	O.K
SP 8	90.910	299.000	30	O.K	-94.806	230.000	41	O.K
SP 9	152.582	264.500	58	O.K	-181.689	230.000	79	O.K
SP 10	162.613	264.500	61	O.K	-185.984	230.000	81	O.K
SP 11	82.486	171.067	48	O.K	-144.399	230.000	63	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	39.889	135.000	30	O.K	0.144	12	0.114	9	O.K
단면 2	9.949	135.000	7	O.K	0.254	21	0.345	29	O.K
단면 3	41.677	135.000	31	O.K	0.188	16	0.374	31	O.K
단면 4	57.894	135.000	43	O.K	0.912	76	0.888	74	O.K
단면 5	73.542	135.000	54	O.K	0.995	83	0.972	81	O.K
단면 6	12.827	135.000	10	O.K	0.402	34	0.721	60	O.K
단면 7	31.752	135.000	24	O.K	0.418	35	0.641	53	O.K
단면 8	58.275	135.000	43	O.K	0.219	18	0.190	16	O.K
SP 1	21.931	135.000	16	O.K	0.220	18	0.266	22	O.K
SP 2	15.516	135.000	11	O.K	0.211	18	0.312	26	O.K
SP 3	32.152	135.000	24	O.K	0.079	7	0.085	7	O.K
SP 4	48.165	135.000	36	O.K	0.469	39	0.719	60	O.K
SP 5	60.026	135.000	44	O.K	0.641	53	0.644	54	O.K
SP 6	68.104	135.000	50	O.K	0.674	56	0.685	57	O.K
SP 7	56.932	135.000	42	O.K	0.315	26	0.413	34	O.K
SP 8	39.087	135.000	29	O.K	0.175	15	0.248	21	O.K
SP 9	18.637	135.000	14	O.K	0.349	29	0.639	53	O.K
SP 10	18.811	135.000	14	O.K	0.394	33	0.668	56	O.K
SP 11	37.487	135.000	28	O.K	0.308	26	0.458	38	O.K

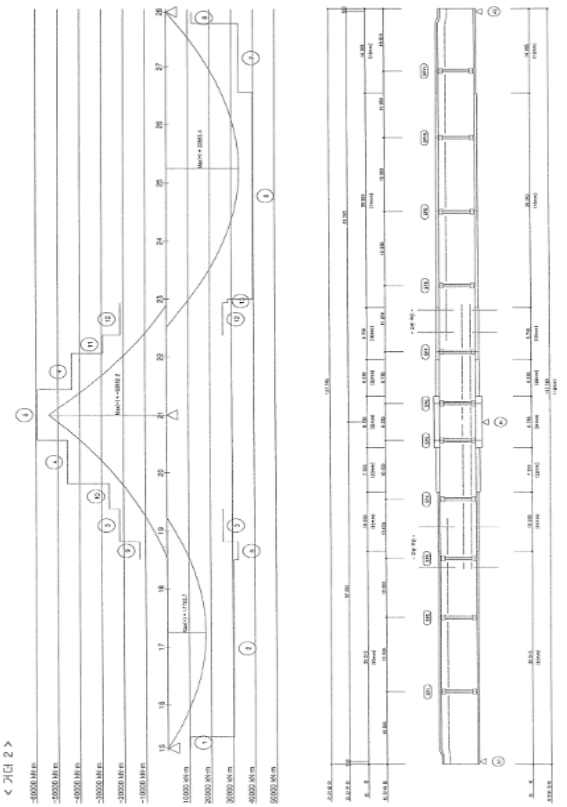
구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	38.874	135.000	29	O.K	0.140	12	0.111	9	O.K
단면 2	9.366	135.000	7	O.K	0.257	21	0.353	29	O.K
단면 3	40.833	135.000	30	O.K	0.179	15	0.360	30	O.K
단면 4	61.802	135.000	46	O.K	0.990	82	0.942	79	O.K
단면 5	77.560	135.000	57	O.K	1.099	92	1.044	87	O.K
단면 6	10.435	135.000	8	O.K	0.402	33	0.722	60	O.K
단면 7	28.824	135.000	21	O.K	0.411	34	0.646	54	O.K
단면 8	56.439	135.000	42	O.K	0.207	17	0.178	15	O.K
SP 1	19.822	135.000	15	O.K	0.217	18	0.273	23	O.K
SP 2	14.561	135.000	11	O.K	0.212	18	0.319	27	O.K
SP 3	30.563	135.000	23	O.K	0.074	6	0.083	7	O.K
SP 4	47.893	135.000	35	O.K	0.464	39	0.710	59	O.K
SP 5	64.007	135.000	47	O.K	0.705	59	0.692	58	O.K
SP 6	71.862	135.000	53	O.K	0.740	62	0.731	61	O.K
SP 7	56.026	135.000	42	O.K	0.307	26	0.404	34	O.K
SP 8	36.825	135.000	27	O.K	0.167	14	0.244	20	O.K
SP 9	16.881	135.000	13	O.K	0.348	29	0.640	53	O.K
SP 10	16.695	135.000	12	O.K	0.393	33	0.669	56	O.K
SP 11	34.711	135.000	26	O.K	0.299	25	0.460	38	O.K

4.9 단면 요약도

< 거더 1 >



< 거더 2 >



1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식	: 역T형 교대	
(2) 상 부 형 식	: STEEL BOX	
(3) 교 량 등 급	: 1 등교	
(4) 교 대 총 폭	: B = 15.915 M	
(5) 교 대 총 높 이	: H = 8.000 M	
(6) 기 초 형 식	: 말뚝기초	
(7) SKEW	: 90.000 °	

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량	: γc = 25.000 kN/m³	[도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량	: γs1 = 20.000 kN/m³ (토사)	[도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량	: γs2 = 20.000 kN/m³	
(4) 과 재 하 중	: ql = 10.000 kN/m	
(5) 상부 고정하중 반력	: Rd = 253.006 kN/m	
(6) 상부 활하중 반력	: Rl = 107.891 kN/m	
(7) 교량받침 마찰계수	: fs = 0.050	

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각	: Φ1 = 35.000 °	
(2) 기초지반의 N치	: N = 10.000	
(3) 기초지반의 내부마찰각	: Φ2 = 27.247 ° {Φ2 = 15 + √15N}	
(4) 기초지반의 점착력	: C = 0.000 kN/m²	
(5) 기초지반의 마찰계수	: μ = 0.328 : TAN(Φ2 · Φ2) : 흙과 콘크리트	
(6) 지반 가속도 계수	: A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수	
- 내진 등급	: I 등급 - 위험도 계수 : 1.400	[도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역	: I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110	

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도	: fck = 24.000 MPa	
- 탄성계수	: Ec = 28000.000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300)	: fy = 300.000 MPa	
- 탄성계수	: Es = 200000.000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]

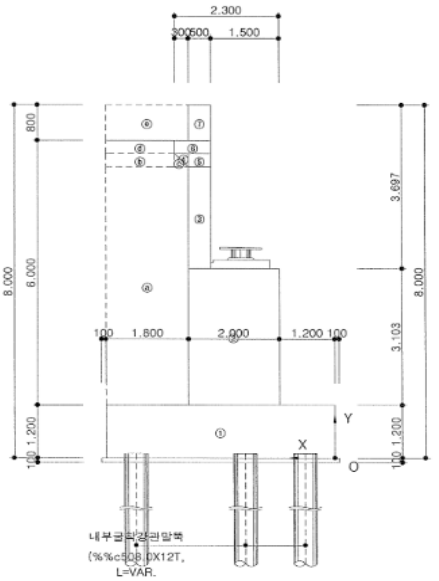
5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토	: 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계	: 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	계
고정하중	1676.315	773.457	1576.811	4026.583
활하중	430.658	855.829	430.595	1717.082

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	계
교축방향	175.100	143.500	175.500	494.100
직각방향	191.800	165.100	191.800	548.700

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

1) 말뚝길이 23.0m 적용

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1586	724.419	O.K
	허용인발력(kN/EA)	659.222	-	O.K
	휨응력(MPa)	133	95.975	O.K
	전단응력(MPa)	76	15.778	O.K
	수평변위(mm)	15	5.833	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2379	788.267	O.K
	허용인발력(kN/EA)	988.833	-	O.K
	휨응력(MPa)	199.5	94.495	O.K
	전단응력(MPa)	114	19.712	O.K
	수평변위(mm)	15	4.106	O.K

2) 말뚝길이 15.0m 적용

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1586	728.788	O.K
	허용인발력(kN/EA)	659.222	-	O.K
	휨응력(MPa)	140	99.559	O.K
	전단응력(MPa)	80	15.778	O.K
	수평변위(mm)	15	5.833	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2379	798.191	O.K
	허용인발력(kN/EA)	988.833	-	O.K
	휨응력(MPa)	210	94.495	O.K
	전단응력(MPa)	120	19.712	O.K
	수평변위(mm)	15	4.106	O.K

■ 단면 휨 설계

1) 말뚝길이 23.0m 적용

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1200	150	1209.38	1940.4	321.07	512.482	1.596	O.K
후면저판		1200	100	945.19	1940.4	263.451	537.223	2.039	O.K
벽체 : H=6.800		2000	100	1283.76	1940.4	618.893	933.064	1.508	O.K
흉벽		500	100	2864.72	3096.8	276.814	297.892	1.076	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	1532.67	2569.6	206.644	341.454	1.652	O.K
	A(T=800 mm)	800	80	2782.85	4053.6	496.411	713.432	1.437	O.K
	화부(T=620	620	80	2388.48	4053.6	318.197	527.371	1.657	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1108.57	1588.8	201.23	286.971	1.426	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	1650.13	2292	297.858	410.961	1.38	O.K

2) 말뚝길이 15.0m 적용

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1200	150	1219.20	1940.4	323.676	512.482	1.583	O.K
후면저판		1200	100	961.746	1940.4	268.036	537.223	2.004	O.K
벽체 : H=6.800		2000	100	1283.76	1940.4	618.893	933.064	1.508	O.K
흉벽		500	100	2864.72	3096.8	276.814	297.892	1.076	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	1532.67	2569.6	206.644	341.454	1.652	O.K
	A(T=800 mm)	800	80	2782.85	4053.6	496.411	713.432	1.437	O.K
	화부(T=620	620	80	2388.48	4053.6	318.197	527.371	1.657	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1108.57	1588.8	201.23	286.971	1.426	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	1650.13	2292	297.858	410.961	1.38	O.K

■ 사용성 검토

1) 말뚝길이 23.0m 적용

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		105.191	150	125	397.388	O.K
후면저판		73.365	150	125	847.157	O.K
벽체 : H=6.800		101.354	150	125	550.728	O.K
흉벽		122.333	150	125	421.236	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	89.686	150	250	702.454	O.K
	A(T=800 mm)	102.474	150	125	599.735	O.K
	화부(T=620	88.338	150	125	713.173	O.K
	B(T=800 mm)	103.681	150	125	579.54	O.K
	C(T=800 mm)	108.386	150	125	550.32	O.K

2) 말뚝길이 15.0m 적용

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		105.893	150	125	392.426	O.K
후면저판		74.367	150	125	832.691	O.K
벽체 : H=6.800		101.354	150	125	550.728	O.K
흉벽		122.333	150	125	421.236	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	89.686	150	250	702.454	O.K
	A(T=800 mm)	102.474	150	125	599.735	O.K
	화부(T=620	88.338	150	125	713.173	O.K
	B(T=800 mm)	103.681	150	125	579.54	O.K
	C(T=800 mm)	108.386	150	125	550.32	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : 다주식 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 직접기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ 【도로교 설계기준 2.1.2】
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ 【도로설계요령 제2권 P366】
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.05

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 50
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 42.386 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 최대 허용지지력 : Qa = 800 kN/m²
5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.6 : tanφb = 0.60, Cb = 0:암과 콘크리트
6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 【도로교 설계기준 6.3.1】
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck - 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec - 두부보: 31879 MPa
기둥: 31879 MPa
기초: 28693 MPa
【도로교 설계기준 2.3.3】
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy - 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
기둥(전단철근 400 MPa
기초(전단철근 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa 【도로교 설계기준 2.3.3】

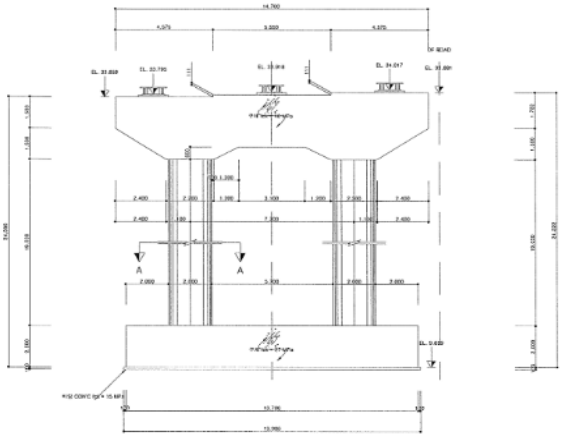
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 (2010)
2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
4) 도로설계 편람 (2008)
5) 도로설계 요령 (2009)
6) 강구조 편람 (1995)
7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	안전율	허용안전율	비 고
교축방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	106846.661	11318.998	9.44	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	19426.666	528.930	36.73	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/m²)	800.000	499.680	1.60	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	106846.661	19680.100	5.43	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	19426.666	1853.070	10.48	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/m²)	1200.000	555.948	2.16	1.00	O.K
교축직각방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	221787.767	34131.898	6.50	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	19426.666	1535.551	12.65	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/m²)	800.000	523.402	1.53	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	221787.767	29855.435	7.43	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	19426.666	3538.194	5.49	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/m²)	1200.000	502.689	2.39	1.00	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.011	21770.626	66815.431	3.069	O.K
	모멘트최대	0.011	15303.529	40228.691	2.629	O.K
	탄성설계	0.011	12242.823	37911.383	3.097	O.K
	편심최대	0.011	11630.682	36939.765	3.176	O.K
교축직각방향	축력최대	0.011	21770.626	66815.431	3.069	O.K
	모멘트최대	0.011	11512.144	17337.574	1.506	O.K
	탄성설계	0.011	12242.823	16751.714	1.368	O.K
	편심최대	0.011	7839.297	10745.134	1.371	O.K
합성부재력	축력최대	0.011	21770.626	66815.431	3.069	O.K
	모멘트최대	0.011	11512.071	14756.114	1.282	O.K
	탄성설계	0.011	12242.823	17006.396	1.389	O.K
	편심최대	0.011	7839.224	9011.799	1.150	O.K
	모멘트최대	0.011	11512.144	16872.328	1.466	O.K
	편심최대	0.011	7839.297	10439.959	1.332	O.K

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.011	21485.968	66815.431	3.110	O.K
	모멘트최대	0.011	14943.587	39460.396	2.641	O.K
	탄성설계	0.011	11954.870	37193.431	3.111	O.K
	편심최대	0.011	11357.126	36060.660	3.175	O.K
교축직각방향	축력최대	0.011	21485.968	66815.431	3.110	O.K
	모멘트최대	0.011	19484.468	32134.533	1.649	O.K
	탄성설계	0.011	11954.870	18748.330	1.568	O.K
	편심최대	0.011	14399.202	28089.340	1.951	O.K
합성부재력	축력최대	0.011	21485.968	66815.431	3.110	O.K
	모멘트최대	0.011	18735.045	28060.997	1.498	O.K
	탄성설계	0.011	11954.870	18122.597	1.516	O.K
	편심최대	0.011	15148.584	23894.207	1.577	O.K
	모멘트최대	0.011	19484.468	31500.358	1.617	O.K
	편심최대	0.011	14399.202	27460.778	1.907	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		깊이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3000.0	100.0	28193.426	30455.500	-	-	1.080	O.K
	우측내민보	3000.0	100.0	27803.632	30455.500	-	-	1.095	O.K
	좌측내민보수	2200.0	100.0	529.252	8514.300	377.699	6030.881	15.967	O.K
	우측내민보수	2200.0	100.0	513.047	8514.300	366.140	6030.881	16.472	O.K
	내부지간1좌측	3000.0	100.0	16734.282	30455.500	15719.555	28228.855	1.796	O.K
	내부지간1중앙	2511.0	100.0	3293.733	8613.900	2690.142	6993.705	2.600	O.K
	내부지간1우측	3222.0	322.0	22383.198	30455.500	20910.988	28228.855	1.350	O.K
	교량받침1	2625.0	100.0	262.665	30455.500	217.181	24345.778	112.099	O.K
	교량받침2	2511.0	100.0	1897.404	4560.300	1552.105	3719.355	2.396	O.K
	교량받침3	2847.0	100.0	269.193	30455.500	242.896	26644.560	109.696	O.K
기초	교축방향	2000.0	100.0	27926.839	37435.100	17872.063	23879.990	1.336	O.K
	교직-지점부	2000.0	100.0	10974.306	19742.100	7035.334	12578.424	1.788	O.K
	교직-중앙부	2000.0	100.0	13837.906	19742.100	8853.322	12578.424	1.421	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
두부보	좌측내민보	94.213	180.000	129.412	622.125	O.K
	우측내민보	107.444	180.000	129.412	519.191	O.K
	좌측내민보수평	22.000	180.000	187.500	2863.584	O.K
	우측내민보수평	21.327	180.000	187.500	2953.985	O.K
	내부지간1좌측지점부	134.424	180.000	129.412	372.084	O.K
	내부지간1중앙부	107.853	180.000	129.412	511.411	O.K
	내부지간1우측지점부	194.263	180.000	129.412	191.628	O.K
	교량받침1	14.761	180.000	129.412	4268.037	O.K
	교량받침2	112.200	180.000	244.444	483.121	O.K
	교량받침3	18.210	180.000	129.412	3459.641	O.K
기초	교축방향	225.109	180.000	123.423	127.330	O.K
	교직-지점부	170.162	180.000	129.412	240.295	O.K
	교직-중앙부	167.975	180.000	129.412	246.321	O.K

5. 설계대상 교량제원 및 설계상수

5.1 교량형식 : STEEL BOX 교

5.2 해석 대상 교량 총연장 : 58.000 + 70.000 = 128.000 m

5.3 교 폭 : 16.225 m

5.4 교각형식 : π형교각

5.5 교각기초형식 : 직접기초

5.6 내진설계상수
(1) 내진등급 : 내진 1 등급교
(2) 지진구역계수 : 0.11
(3) 위험도계수 : I = 1.4
(4) 가속도계수 : A = 0.154
(5) 지반계수 : S = 1.5 (지반종류 2 , 지진격리교량)
(6) 응답수정계수
(7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
(8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
(9) 발집형식 : EQS 면진발침

5.7 해석방법

(1) 해석방법 선정
시간이력해석법
(2) 모드조합방법 : CQC방법

5.8 해석모델
(1) 사용프로그램 : SAP 2000
(2) 모델링 : Frame요소사용
(3) 질량산정 : 자동질량 입력 및 추가사하중 질량변환

9. 내진해석결과

9.1 받침 지진력 (UNIT:kN)

구분		R	교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용전단력	판정
			교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	0.8	112.0	1.0	49.8	146.0	158.7	55.9	104.3	182.8	230	OK
	B2	0.8	143.0	1.2	1.2	166.8	179.2	64.1	55.2	209.0	220	OK
	B3	0.8	112.0	1.0	50.3	145.9	158.9	56.0	104.9	182.8	230	OK
P1	B1	1.0	365.0	4.2	39.0	672.9	376.7	206.0	148.5	674.2	820	OK
	B2	1.0	278.8	1.9	4.0	479.2	280.0	145.7	87.6	479.8	580	OK
	B3	1.0	350.3	2.1	40.6	672.6	362.5	203.9	145.7	673.2	820	OK
A2	B1	0.8	161.0	1.2	44.4	227.2	217.9	86.7	115.9	284.4	300	OK
	B2	0.8	112.0	0.9	1.3	158.9	140.5	60.8	43.6	199.0	230	OK
	B3	0.8	161.0	1.2	44.5	227.1	218.0	86.6	116.0	284.3	300	OK

9.2 받침 변위 (UNIT:mm)

구분		교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용변위	판정
		교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	49.6	0.1	1.0	22.7	49.9	6.9	15.9	22.7	120	OK
	B2	49.6	0.1	0.0	22.8	49.6	6.9	14.9	22.8	120	OK
	B3	49.5	0.1	1.0	22.7	49.8	6.9	15.9	22.7	120	OK
P1	B1	0.9	0.0	0.6	28.8	1.1	8.7	0.8	28.8	90	OK
	B2	1.0	0.0	0.0	29.1	1.0	8.7	0.3	29.1	90	OK
	B3	0.8	0.0	0.6	28.8	1.0	8.6	0.8	28.8	90	OK
A2	B1	49.6	0.0	1.1	30.3	49.9	9.1	15.9	30.3	120	OK
	B2	49.6	0.0	0.0	30.5	49.6	9.2	14.9	30.5	120	OK
	B3	49.5	0.0	1.1	30.3	49.8	9.1	15.9	30.3	120	OK

9.3 교각 코핑부 변위 (UNIT:mm)

구분	교축방향		교직방향		COM1		COM2		비고
	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	49.2	0.0	0.0	32.8	49.2	9.8	14.8	32.8	

9.4 교각하단 단면력 (Unit : Kn.m)

구분		교축방향						교직방향					
		교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축진단력	교축모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교직진단력	교축모멘트
P1	L	476.10	4.31	8362.27	18.90	20.95	147.86	415.33	3.81	1750.72	14.21	20.81	1275.89
	R	473.14	4.69	8297.50	20.58	22.62	149.25	418.47	4.89	1792.95	14.03	22.85	1255.04

9.5 교각하단 하중조합 (Unit : Kn.m)

구분		Combo1						Combo2					
		교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축진단력	교축모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교직진단력	교축모멘트
P1	L	482	387	8,407	3,717	164	1,277	457	330	1,785	3,242	145	1,089
	R	480	391	8,342	3,693	165	1,256	425	329	1,627	3,213	148	1,081

9.6 교각상단 단면력 (Unit : Kn.m)

구분		교축방향						교직방향					
		교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축진단력	교축모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교직진단력	교축모멘트
P1	L	415.33	3.81	1750.72	14.21	20.81	1088.03	113.98	10758.09				
	R	418.47	4.89	1792.95	14.03	22.85	1079.77	113.67	10661.67				

9.7 교각상단 하중조합 (Unit : Kn.m)

구분		Combo1						Combo2					
		교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축진단력	교축모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교직진단력	교축모멘트
P1	L	422	330	1,765	3,242	145	1,089	639	10,762				
	R	425	329	1,627	3,213	148	1,081	652	10,666				

5.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 5.2.1】 서문4교(서울방향) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	상태 양호	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	상태 양호	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	상태 양호	양호

5.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

5.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

5.2.5 시설물 보수 이력

【표 5.2.2】 서문4교(서울방향) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

5.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 5.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y		
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

5.3 현장조사

5.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



비파괴시험



비파괴시험

【사진 5.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

5.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문4교(서울방향)는 총 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=128.0m 폭 15.9m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차로 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 5.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 균열부 백태, 파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 5.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열부백태 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
S1	-	-	-	-
S2	0.20	1	1.95	2
합계	0.20	1	1.95	2

	
S2 균열부백태(0.2m×1.0m) – 금회	S2 균열부백태(0.2m×1.0m) – 22년 상반기
	
S2 파손(1.5m×0.5m)	S2 파손(0.2m×6.0m)

【사진 5.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

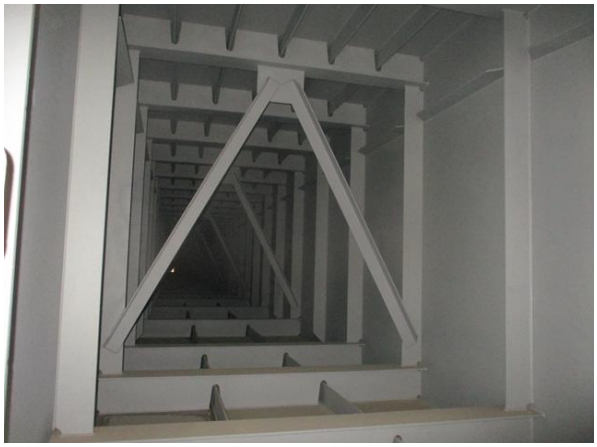
4) 검토의견

■ 바닥판하면은 균열부 우수유입에 의한 균열부 백태, 시공시 외부 충격 및 마감 미흡에 의한 파손 등의 손상이 조사되었다. 손상부는 하자만료 전 하자보수 실시가 필요할 것으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Box 거더는 3열로 시공되었으며, 도보 및 고소작업차로 현장조사를 실시하였다

	
거더외부 전경	거더내부 전경

【사진 5.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 것으로 조사되었다.

【표 5.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-

【표 5.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 내부	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-

	
거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
	
거더내부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 5.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 STEEL로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경



세로보 전경

【사진 5.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 5.3.4】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 5.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 서문4교(서울방향) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 A1 강관말뚝기초, A2 직접기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 5.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 체수가 2개소 조사되었다.

【표 5.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	체수 (㎡/개소)	
A1	-	-
A2	8.00	2
합계	8.00	2

	
교대 상태양호 – 금회	교대 상태양호 - 22년 상반기
	
교대 상태양호	A1 체수(흔적)(2.0m×2.0m×2EA)

【사진 5.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대는 신축이음 하부 누수에 의한 체수가 2개소 조사되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 및 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

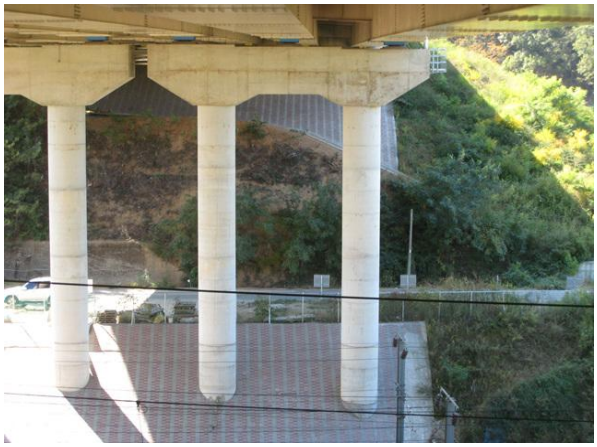
마. 교각

1) 부재의 개요

■ 서문4교(서울방향)의 교각은 π형으로 구성되어 있으며, 직접기초로 시공되었다. 교각의 하부에 교차시설로 철도가 존재하여 현장조사는 도보조사를 통한 근접조사만을 실시하였다.



교각 전경



교각 전경

【사진 5.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 5.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
합계	-	-

	
교각 상태양호 – 금회	교각 상태양호 - 22년 상반기

【사진 5.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

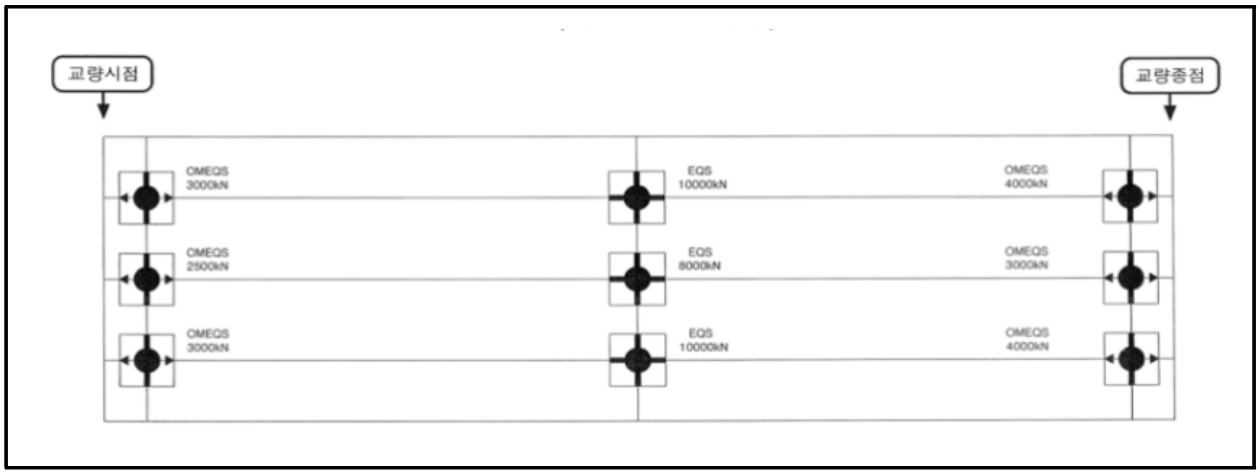
4) 검토의견

- 교각은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 교각부는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 서문4교(서울방향)의 받침은 면진받침(EQS받침)으로 총 9기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 5.3.1】 교량받침 배치도



EQS 받침장치 전경



OMEQS 받침장치 전경



OMEQS 받침장치 전경

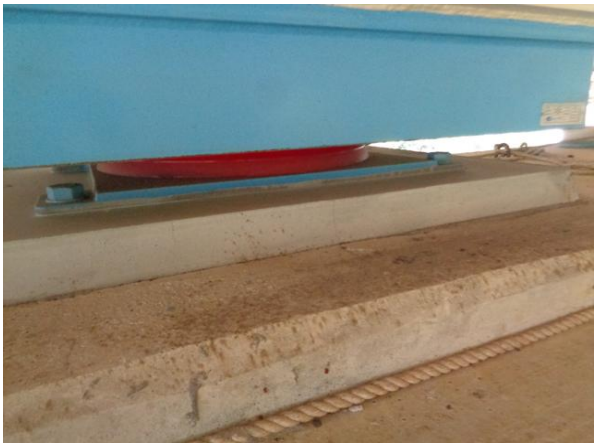
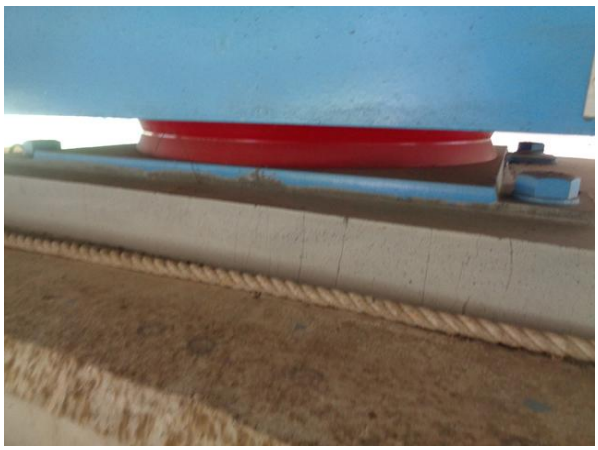
【사진 5.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 일부 구간에서 받침 몰탈 균열이 조사되었다.

【표 5.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 균열 (m/개소)	
A1	-	-
P1	4.80	24
A2	-	-
합계	4.80	24

	
P1-Sh1 무수축몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×8EA)	P1-Sh2 무수축몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×8EA)
	-
P1-Sh3 무수축몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×8EA)	-

【사진 5.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

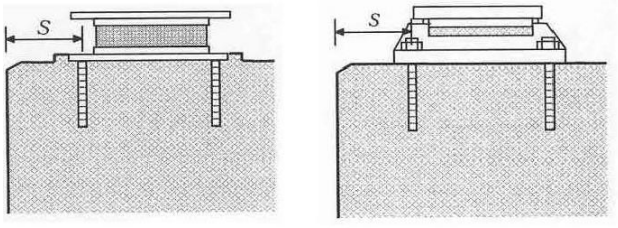
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 받침본체에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열이나 하자보수 만료전 표면처리 등의 하자보수가 필요 할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 5.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

【사진 5.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : 200+5×70.0 = 550(㎜)
- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×58.0 = 490(㎜)

【표 5.3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)			검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	
A1		490	630	630	630	O.K
P1	A1측	490	740	740	740	O.K
	A2측	550	740	740	740	O.K
A2		550	600	600	600	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 5.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 5.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	30.5	29.5	0.000012	58.0	21.2	20.5	
P1	고정단						
A2	30.5	29.5	0.000012	70.0	25.6	24.8	
1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 5.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	80	200	40	21.2	20.5	±120	O.K
	SH2	60	180	60			±120	O.K
	SH3	40	160	80			±120	O.K
P1	고정단							
A2	SH1	50	170	70	25.6	24.8	±120	O.K
	SH2	50	170	70			±120	O.K
	SH3	75	195	45			±120	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

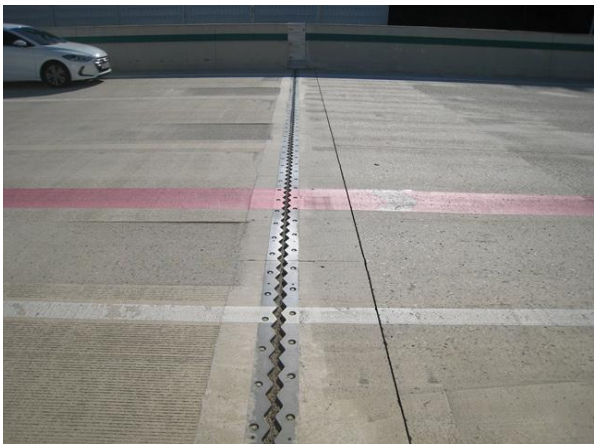
② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2가 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

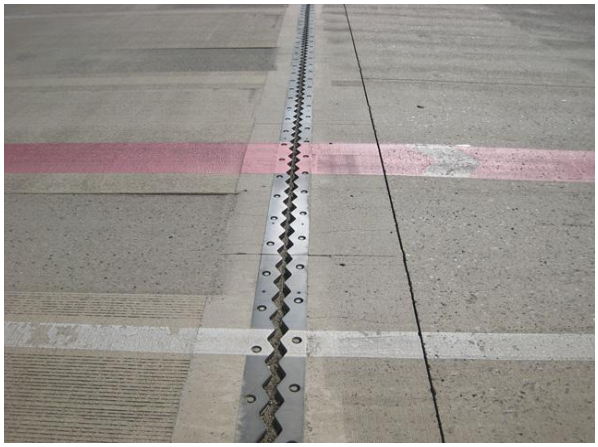
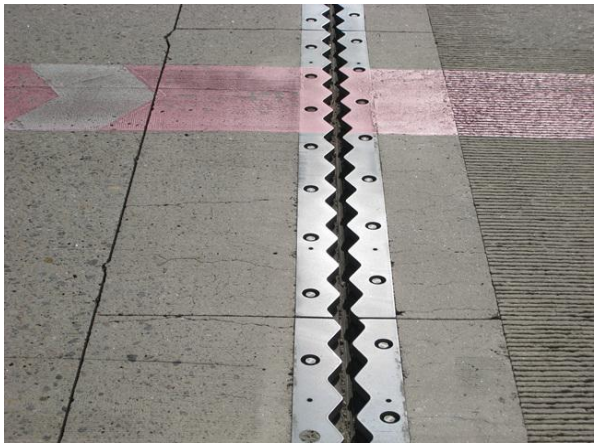
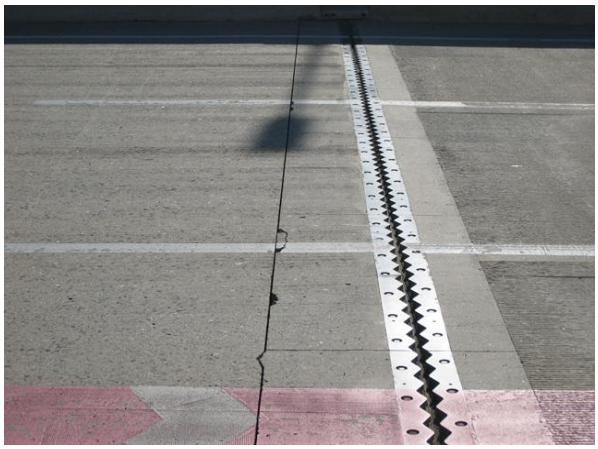
【사진 5.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 후타재 균열(0.3㎜미만), 후타재 파손, 하부 누수 등의 손상이 확인되었다.

【표 5.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	8.80	22	-	-	1.00	2
A2 (EXP J2)	6.80	17	0.06	3	2.00	2
합계	15.60	39	0.06	3	3.00	4

	
A1 후타재(0.2㎜/0.4m×22EA)	A1 후타재(0.2㎜/0.4m×17EA)
	
A2 후타재 파손(0.1m×0.2m×3EA)	A2 하부 누수(1.0m×2EA)

【사진 5.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 파손의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나 하자 보수 만료전 표면처리, 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단되며, 하부 누수의 경우 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다. 신축이음은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 19. 기온 적용: 10.5℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−10.5℃ = 29.5℃
△T(수축시) : −20.0℃−(10.5℃) = 30.5℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 5.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 5.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	30.5	29.5	0.000012	58.0	21.2	20.5	45.0	40.0	60.0	
A2	30.5	29.5	0.000012	70.0	25.6	24.8	50.0	35.0	85.0	
1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 5.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	21.2	20.5	45.0	150	83.8	24.5	O.K
	바닥판			40.0	-	-	19.5	O.K
	거더			60.0	-	-	39.5	O.K
A2	신축이음	.25.6	24.8	50.0	150	74.4	25.2	O.K
	바닥판			35.0	-	-	10.2	O.K
	거더			85.0	-	-	60.2	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 서문4교(서울방향)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.

	
교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

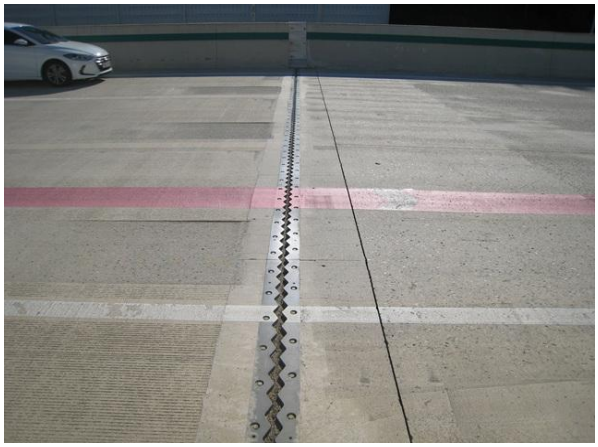
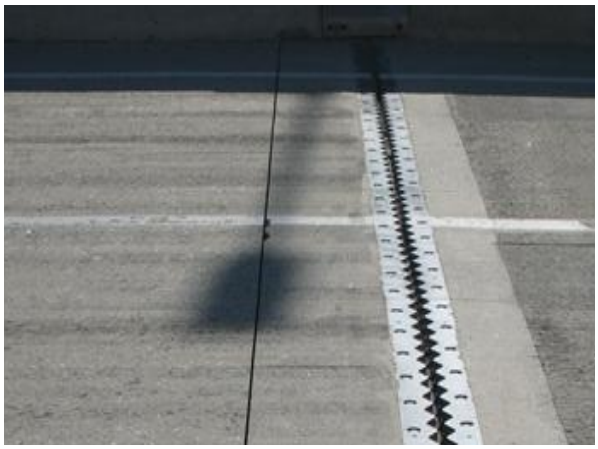
【사진 5.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 신축이음 후타재 접속부 이격이 발생하였다.

【표 5.3.14】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속부 이격 (m/개소)	
S1	13.00	1
S2	13.00	1
합계	26.00	2

	
A1 접속부 이격(13.0m)	A1 접속부 이격(13.0m)
	
A2 접속부 이격(13.0m)	A2 접속부 이격(13.0m)

【사진 5.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장은 A1, A2측 후타재 접속부 이격이 발생한 상태로 확인 되었으며, 손상은 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인이 필요하며, 주행성에 영향을 미칠만한 손상은 없는 것으로 조사되었다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문4교(서울방향)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.



배수구 전경



배수관 전경

【사진 5.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수구 막힘이 2개소 확인되었다.

【표 5.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수구 막힘 (개소/개소)	
S1	1.00	1
S2	1.00	1
합계	2.00	2

	
S1 배수구 막힘(1EA)	S2 배수구 막힘(1EA)

【사진 5.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적이 2개소 되었고, 손상의 진전시 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

	
방호벽 전경	중분대 전경

【사진 5.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 기 손상인 균열부 백태가 확인되었다.

【표 5.3.16】 난간 및 연석 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
합계	-	-

	
방호벽 상태양호	방호벽 상태양호
	
중분대 상태양호	중분대 상태양호

【사진 5.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 난간 및 연석은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 서문4교(서울방향)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A2, P1에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.



점검통로 전경

【사진 5.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 및 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 5.3.17】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 5.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

5.3.3 현장조사 총괄표

【표 5.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열부 백태	㎡	0.20	1	
		파손	㎡	1.95	2	
거더	외부	상태양호	-	-	-	
	내부	상태양호	-	-	-	
가로보		상태양호	-	-	-	
교대		체수	㎡	8.00	2	
교각		상태양호	-	-	-	
교량받침		받침 균열	m	4.80	24	
신축이음		후타재 균열	m	15.60	39	
		후타재 파손	㎡	0.06	3	
		하부 누수	m	3.00	4	
교면포장		접속부 이격	m	26.00	2	
배수시설		배수구 막힘	EA	2.00	2	
방호벽		상태양호	-	-	-	
점검시설		상태양호	-	-	-	

5.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

5.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

5.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 5.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	3	3	3	3	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	1	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



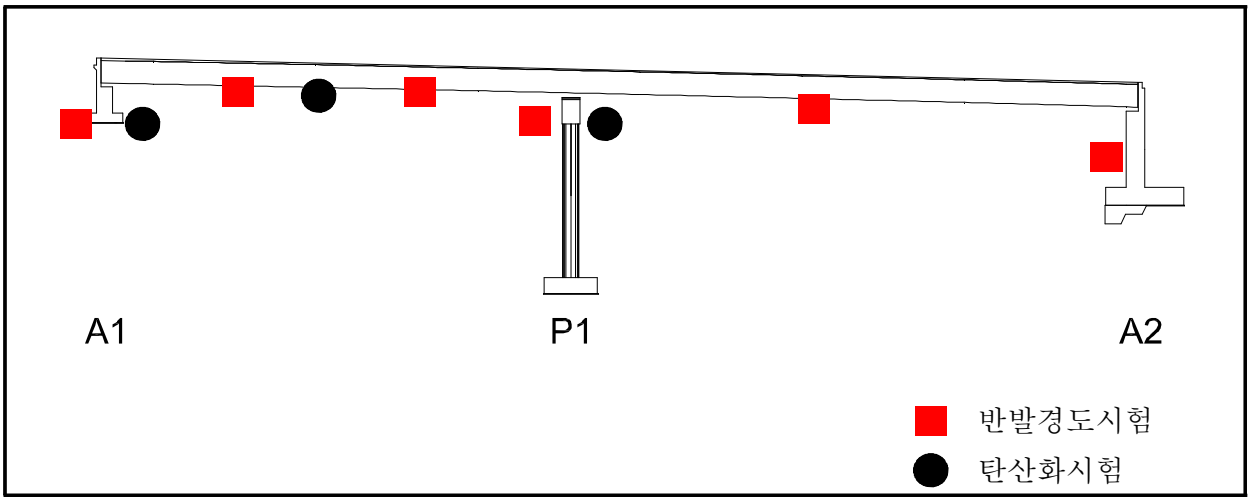
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 5.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 5.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

5.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 6개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 5.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	바닥판	46.6	27.6	28.9	0.67	27.0	
	S1	바닥판	46.2	27.2	28.7			
	S2	바닥판	47.2	28.1	29.2			

【표 5.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	교대	43.3	24.7	27.3	0.67	24.0	
	A2	교대	44.4	25.7	27.8			

【표 5.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	교각	48.7	41.1	49.1	0.67	40.0	

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~29.2MPa, 하부구조(교대) 24.7~27.8MPa, 하부구조(교각) 41.1~49.1MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각:40.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 5.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.2~29.2	27.0	100.7~108.1
하부구조	교대	24.7~27.8	24.0	102.9~115.8
	교각	41.1~49.1	40.0	102.8~122.8

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 5.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	4.0	40.0	36.0	2.83	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	P1 코핑부	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 4.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 5.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	4.0	36.0	
하부구조	2.0~3.0	97.0~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 5.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~29.2	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.7~27.8	24.0	
		교각	41.1~49.1	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

5.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

5.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 5.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	a	a	a	a	c	a	c	a	a	q	a	a
S2	P1	STB	b	a	a	a	c	a	–	b	a	q	–	a
	A2								c	a	b	q	–	–
평균			0.150	0.100	0.100	0.100	0.400	0.100	0.400	0.133	0.133	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.027	0.020	0.005	0.007	0.012	0.002	0.036	0.012	0.027	–	0.004	0.003
													0.166	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.166) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 5.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문4교(서울방향)	0.166	B	128	3	384	1.000	0.166
합계(∑)			128	3	384	1	0.166
1. 평가지수 =							0.166
2. 상태평가결과 =							B

5.5.2 기 점검 결과와의 비교

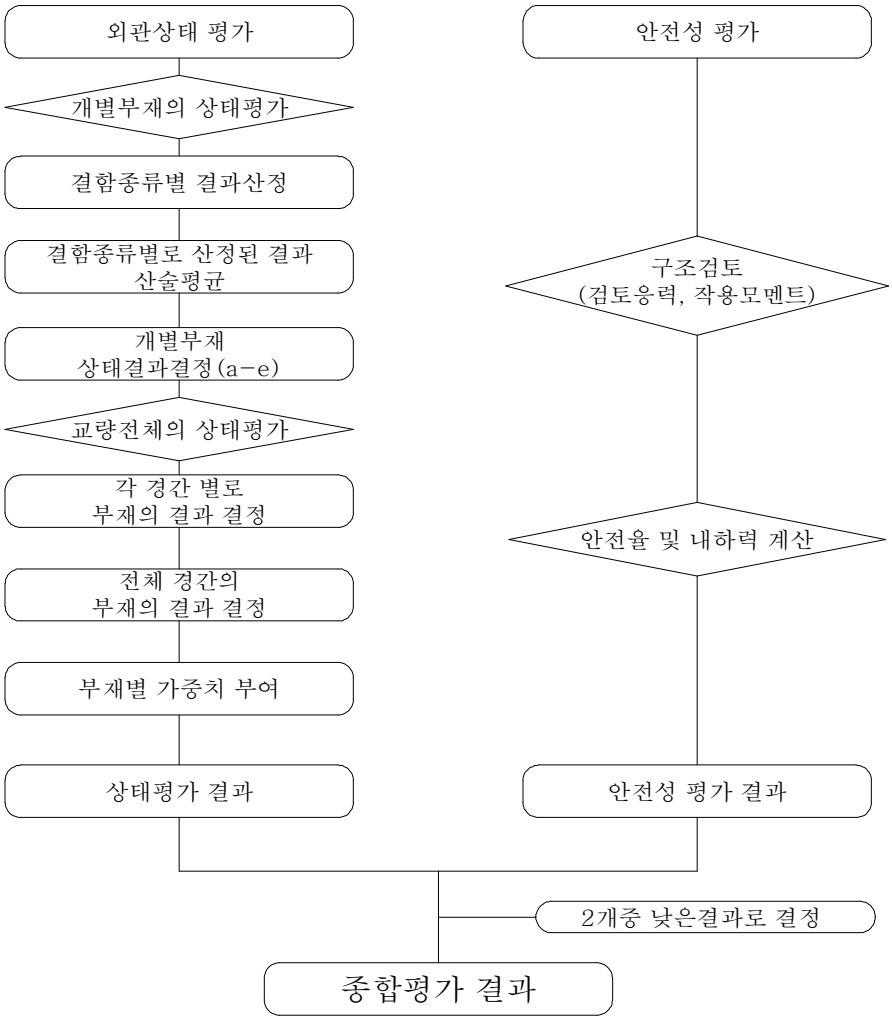
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

5.6 종합평가 및 안전등급 지정

5.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 5.6.1】 종합평가 결과 산정절차

5.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 5.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문4교(서울방향)	0.166	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

5.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 5.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

5.7 보수·보강 및 유지관리방안

5.7.1 보수·보강 방안

【표 5.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열부 백태	㎡	0.20	1	표면처리	하자
		파손	㎡	1.95	2	단면보수	하자
거더	외부	상태양호	-	-	-	-	-
	내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		체수	㎡	8.00	2	표면처리	하자
교각		상태양호	-	-	-	-	-
교량받침		받침 몰탈균열	m	4.80	24	표면처리	하자
신축이음		후타재 균열	m	15.60	39	표면처리	하자
		후타재 파손	㎡	0.06	3	단면보수	하자
		하부 누수	m	3.00	4	교체	하자
교면포장		접속부 이격	m	26.00	2	실란트충진	하자
배수시설		배수구 막힘	EA	2.00	2	청소	3순위
방호벽		상태양호	-	-	-	-	-
점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

5.7.2 개략공사비

【표 5.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	균열부 백태	표면처리	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
	파손	단면보수	1.95	2.93	㎡	-	-	하자
교대	체수	표면처리	8.00	12.00	㎡	-	-	하자
교량받침	받침 균열	표면처리	4.80	7.20	m	-	-	하자
신축이음	후타재 균열	표면처리	15.60	5.85	m	-	-	하자
	후타재 파손	단면보수	0.06	0.09	㎡	-	-	하자
	하부 누수	교체	3.00	4.50	m	-	-	하자
교면포장	접속부 이격	실란트충진	26.00	39.00	m	-	-	하자
배수시설	배수구 막힘	청소	2.00	2.00	EA	30	60	3순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			60	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			30	
	합계	-		-			90	
개략공사비 총계(천원)		90						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

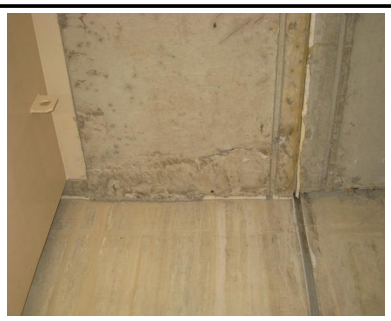
5.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

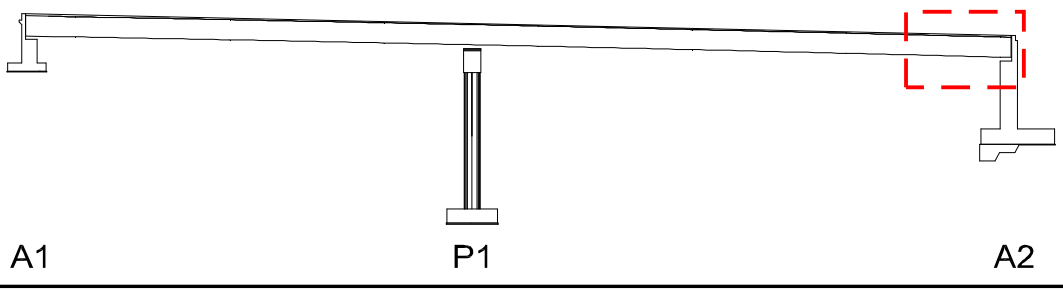
【표 5.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상


① 바닥판 균열부 백태 및 파손 – 진전 여부확인



5.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4에 위치한 교량으로 총 연장 128.0m, 폭 15.9m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

5.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면은 균열부 우수유입에 의한 균열부 백태, 시공시 외부 충격 및 마감 미흡에 의한 파손 등의 손상이 조사되었다. 손상부는 하자만료 전 하자보수 실시가 필요할 것으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대는 신축이음 하부 누수에 의한 체수가 2개소 조사되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 및 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교각

- 교각은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 교각부는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

6) 교량받침

- 받침본체에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열이나 하자보수 만료전 표면처리 등의 하자보수가 필요 할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 파손의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나 하자 보수 만료전 표면처리, 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단되며, 하부 누수의 경우 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다. 신축이음은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

8) 교면포장

- 교면포장은 A1, A2측 후타재 접속부 이격이 발생한 상태로 확인 되었으며, 손상은 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인이 필요하며, 주행성에 영향을 미칠만한 손상은 없는 것으로 조사되었다.

9) 배수시설

- 배수구는 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적이 2개소 되었고, 손상의 진전시 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 난간 및 연석은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~29.2㎫, 하부구조(교대) 24.7~27.8㎫, 하부구조(교각) 41.1~49.1㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 4.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 서문4교(서울방향)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문4교(서울방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

5.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

5.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

6. 서문4교(문산방향)

6.1 시설물 개요

6.2 자료수집 및 분석

6.3 현장조사

6.4 콘크리트 내구성조사

6.5 상태평가

6.6 종합평가 및 안전등급 지정

6.7 보수·보강 및 유지관리 방안

6.8 종합결론

6. 서문4교(문산방향)

6.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4에 위치한 교량으로 총 연장 128.0m, 폭 15.9m로 시공되어 있다.

6.1.1 일반사항

【표 6.1.1】서문4교(문산방향) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-000302	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		본선구간 0.150km	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=128.0m (58+70=128.0m)			
	폭	B=15.9m, 3차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교 대	A1 : 강관말뚝기초 A2 : 직접기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교 각	직접기초
교량받침		면진받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물		-	통과높이		9.0m
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		지에스건설㈜	설 계 자		㈜다산컨설턴트
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체		서울문산고속도로주식회사

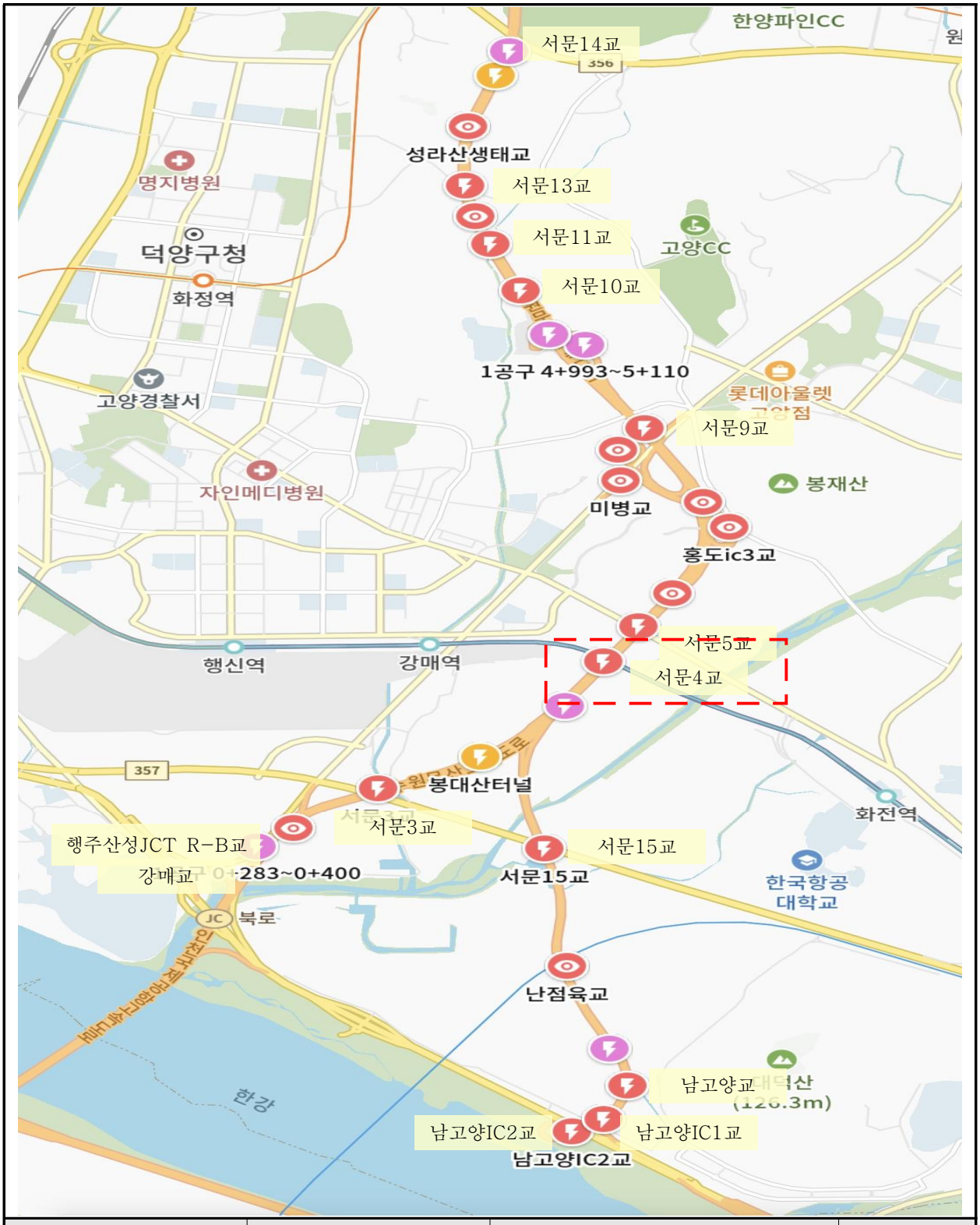


측면 전경



상부 전경

6.1.2 위치도 및 전경사진



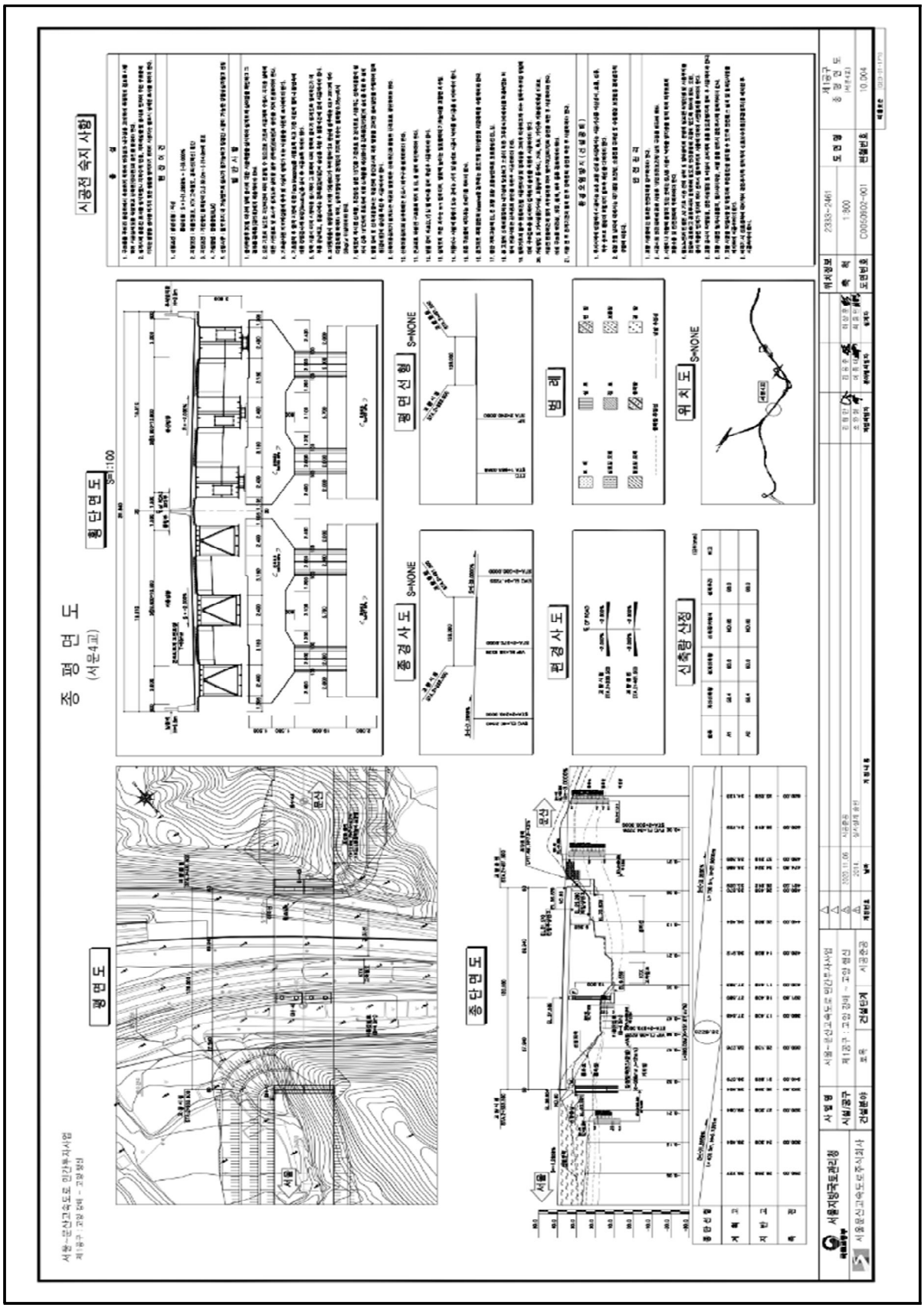
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 6.1.1】 위치도

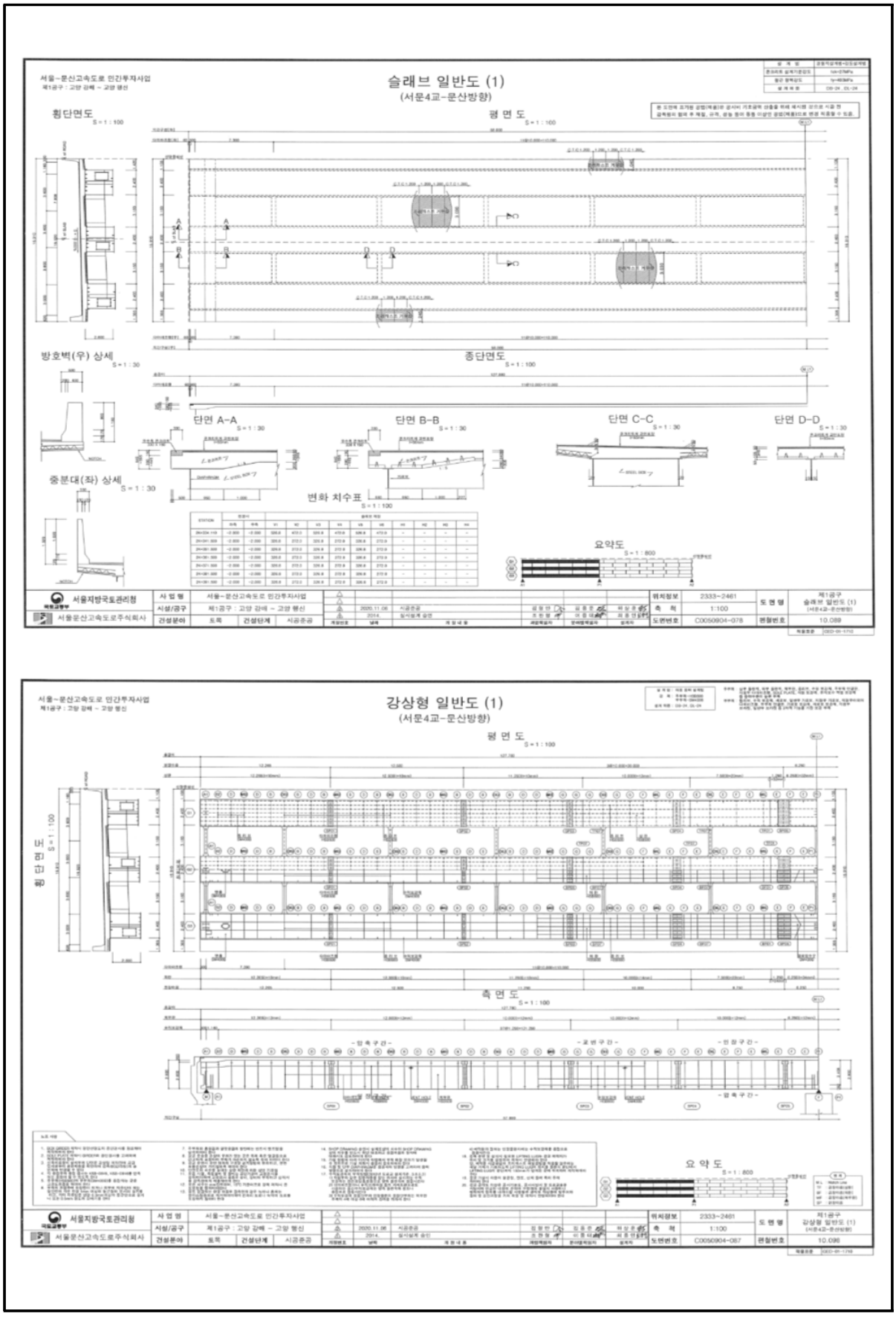
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 6.1.2】부재별 현황

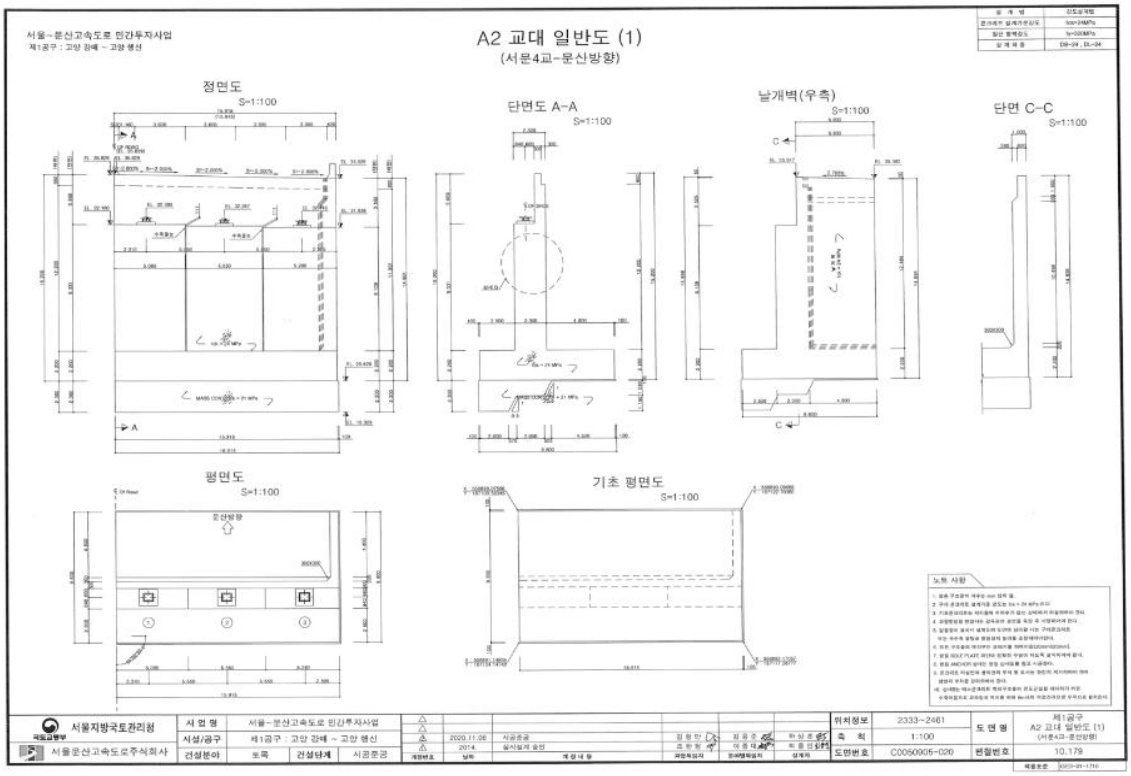
6.1.3 시설물 일반도

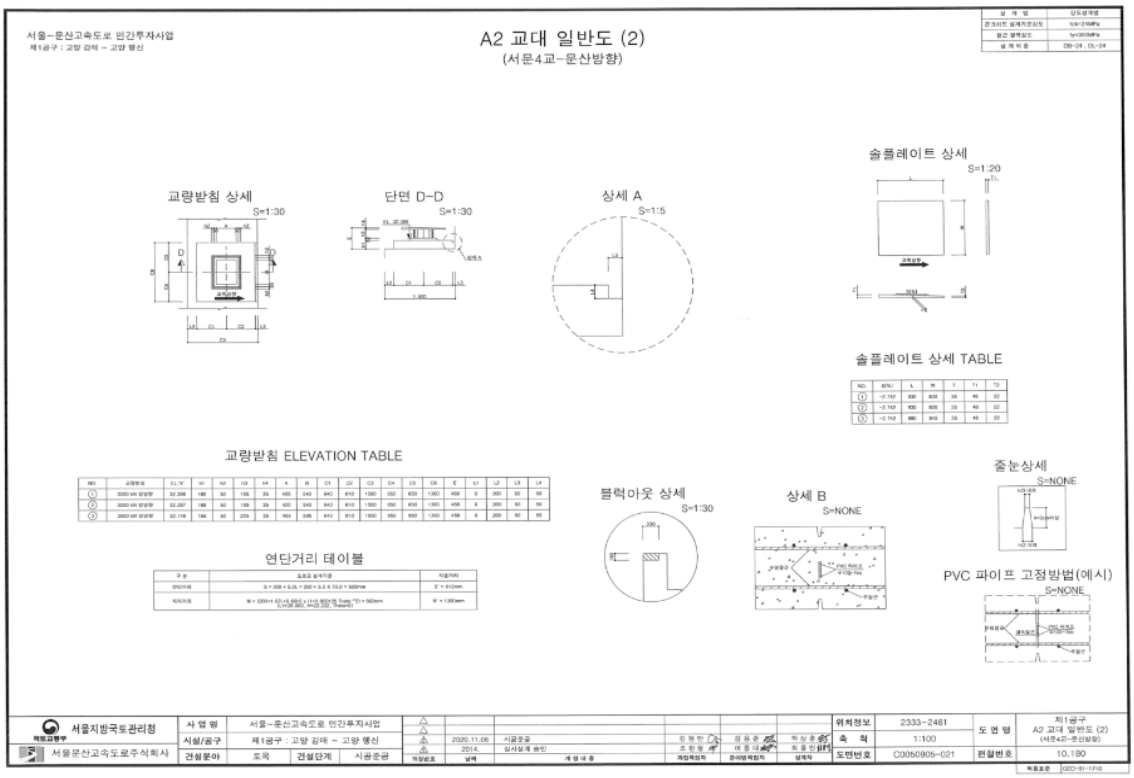


【그림 6.1.3】 평면 및 종단면도

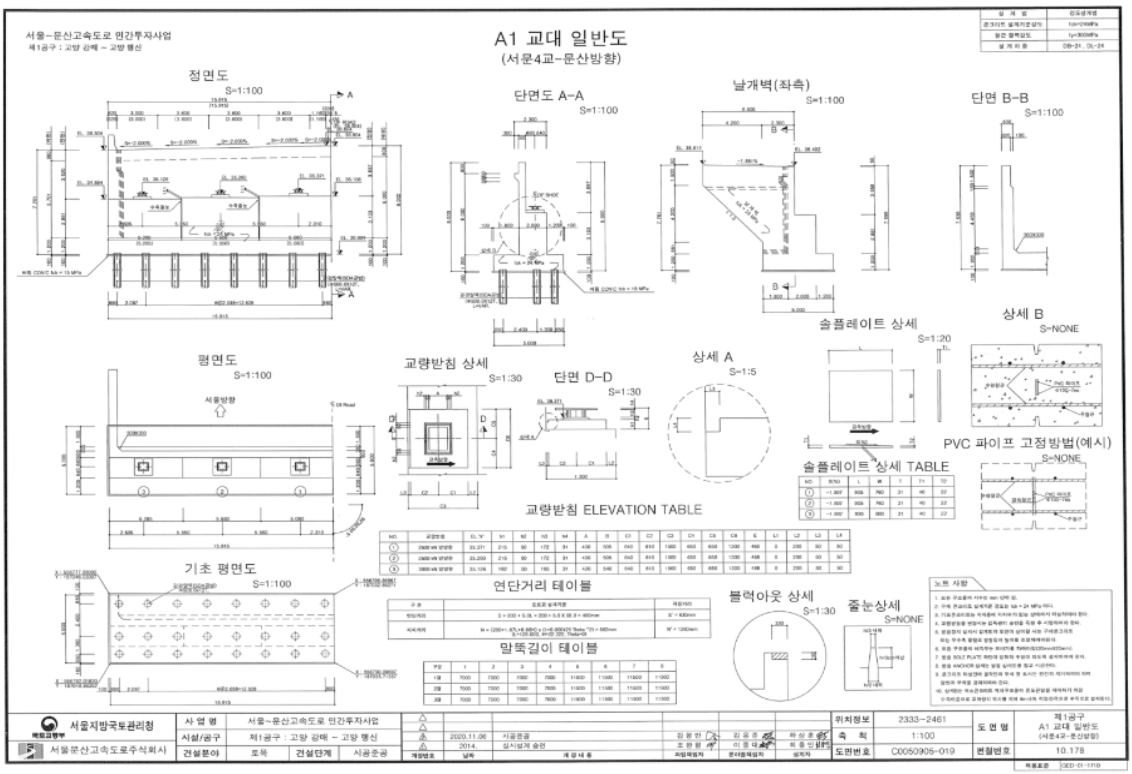


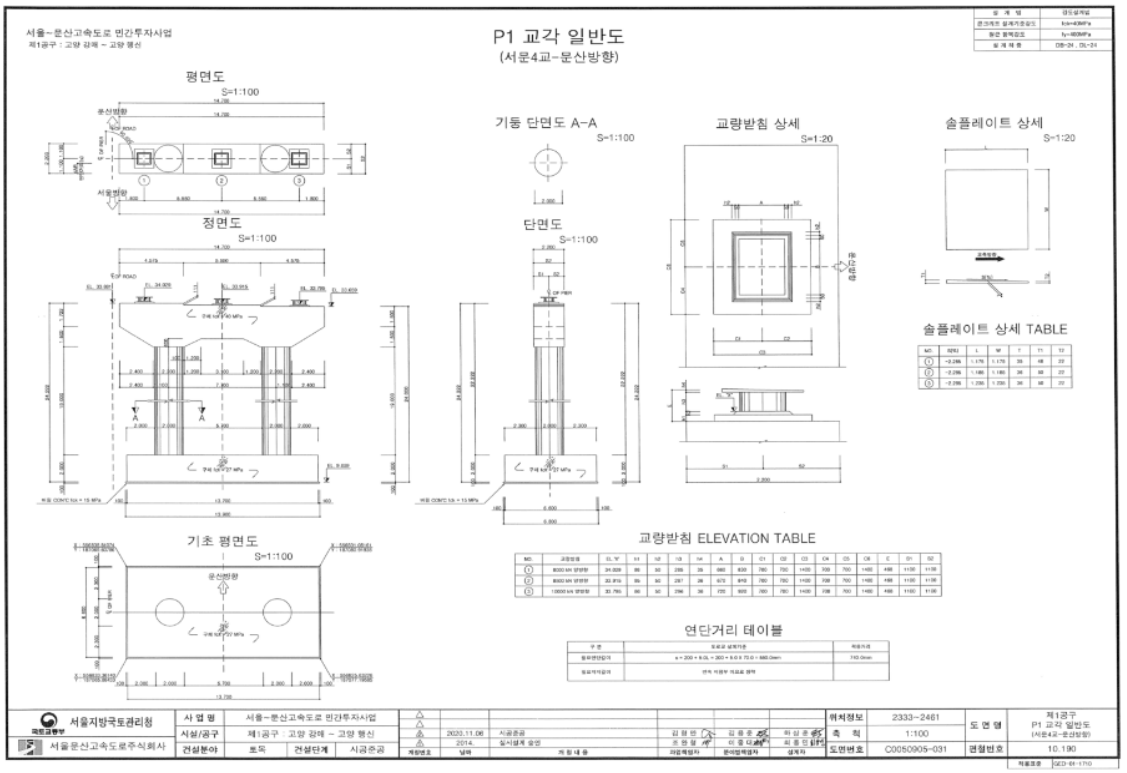
【그림 6.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도


서울-문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
A2 교대 일반도 (1)
(서문4교-문산방향)
정면도 S=1:100
단면도 A-A S=1:100
날개벽(우측) S=1:100
단면 C-C S=1:100
평면도 S=1:100
기초 평면도 S=1:100
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
위치정보 2333-2461
축 척 1:100
도면번호 C0050905-020
편철번호 10.179
제1공구
A2 교대 일반도 (1)
(서문4교-문산방향)

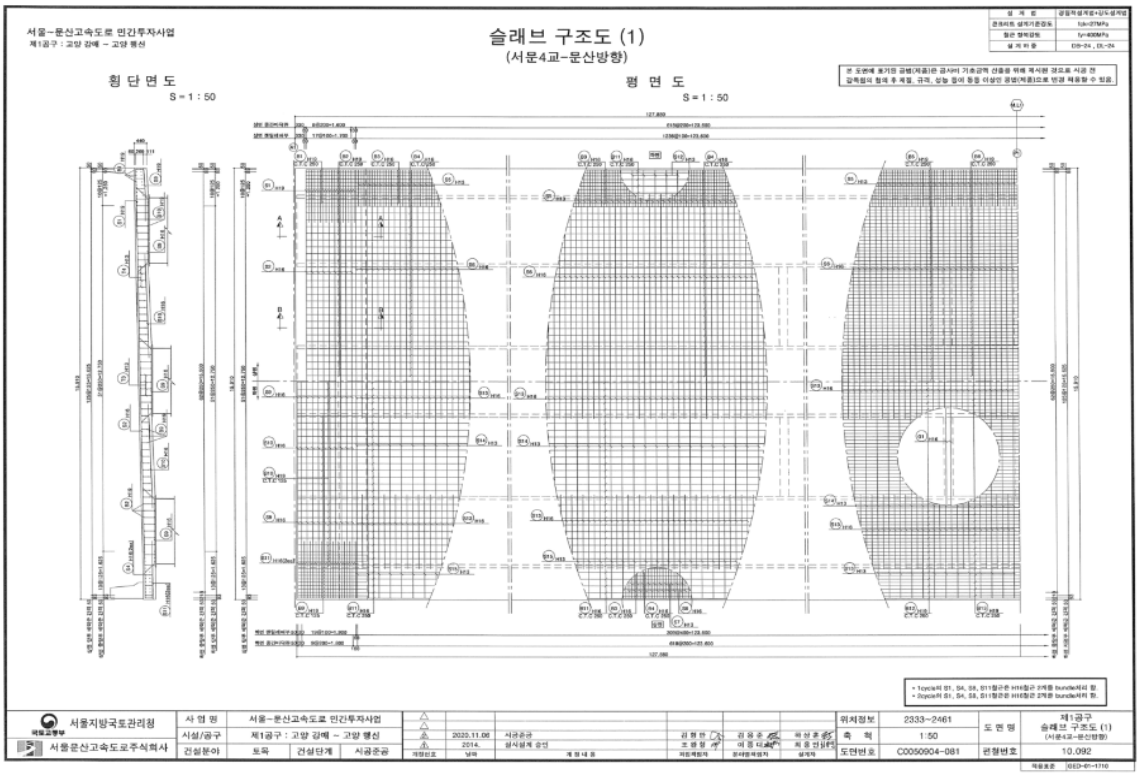

서울-문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
A2 교대 일반도 (2)
(서문4교-문산방향)
교량받침 상세 S=1:30
단면 D-D S=1:30
상세 A S=1:5
솔플레이트 상세 S=1:20
솔플레이트 상세 TABLE
교량받침 ELEVATION TABLE
연단거리 테이블
블럭아웃 상세 S=1:30
상세 B S=NONE
줄눈상세 S=NONE
PVC 파이프 고정방법(예시) S=NONE
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
위치정보 2333-2461
축 척 1:100
도면번호 C0050905-021
편철번호 10.180
제1공구
A2 교대 일반도 (2)
(서문4교-문산방향)

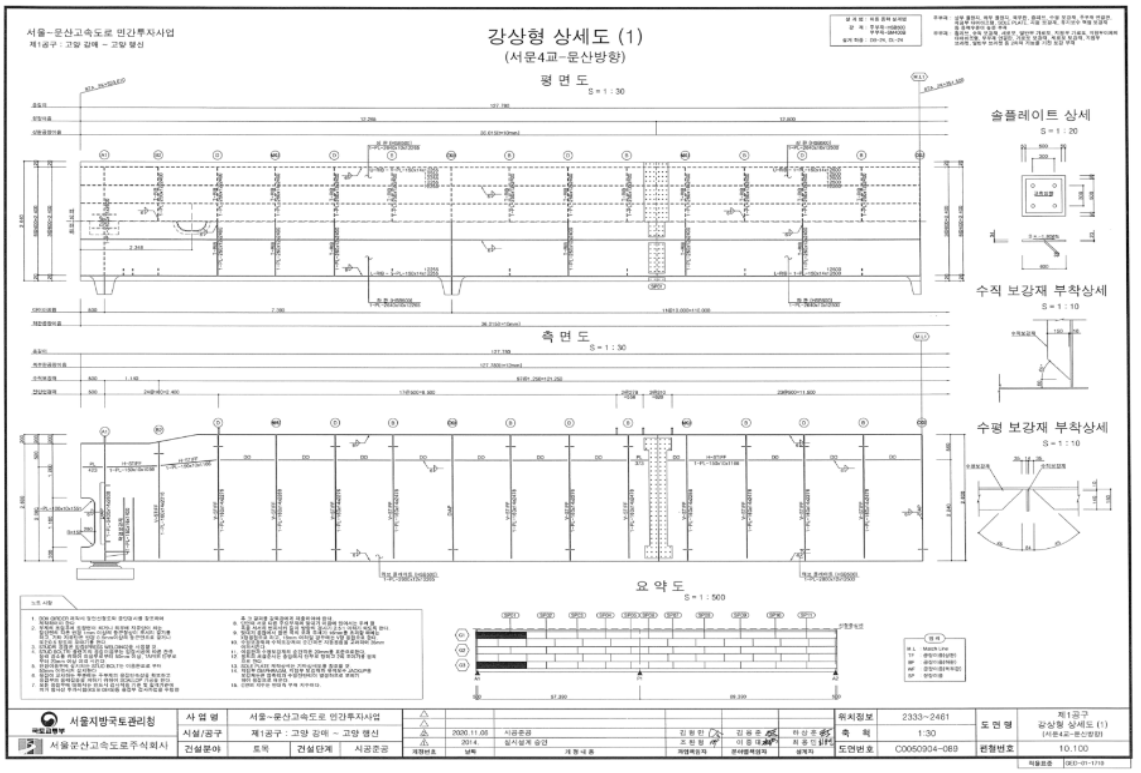
【그림 6.1.5】 교대 일반도



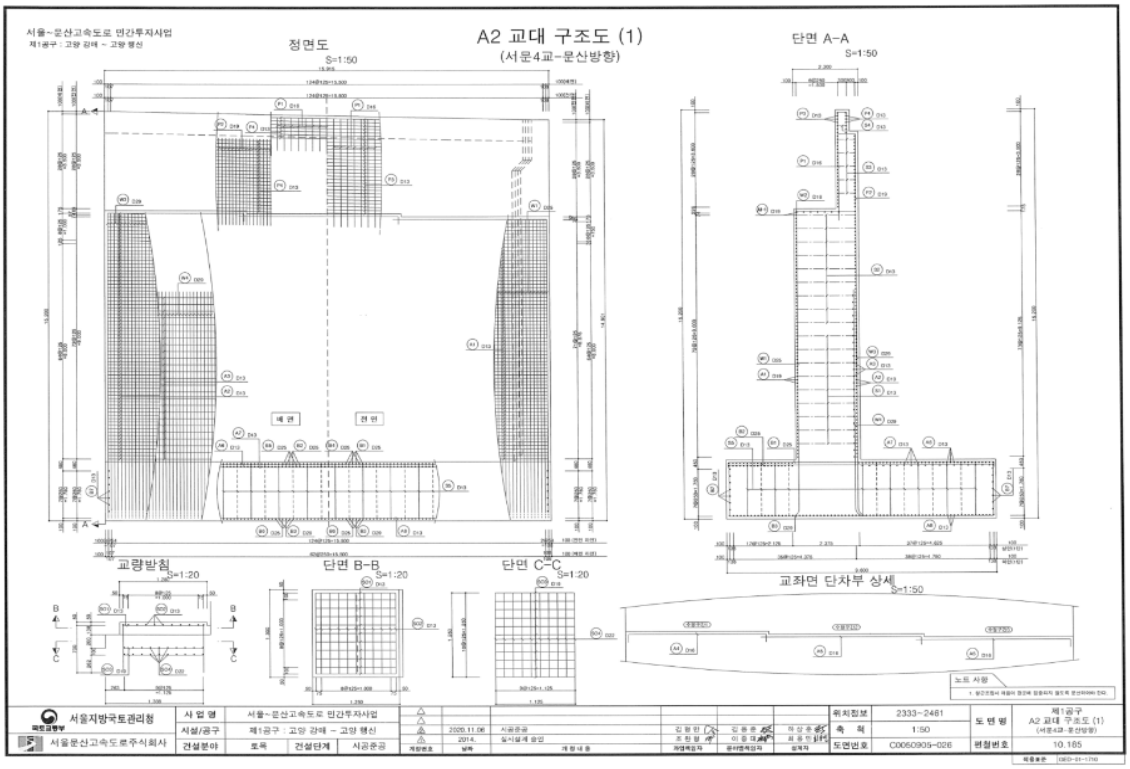


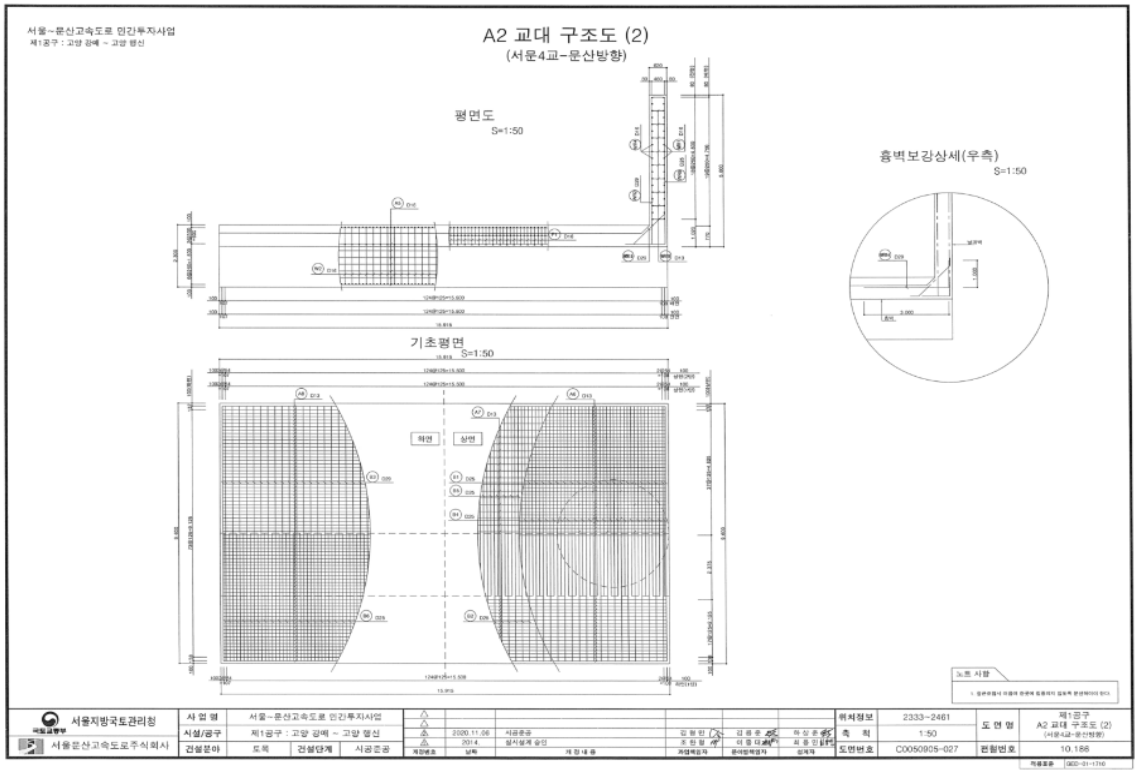
【그림 6.1.6】교대 및 교각 일반도



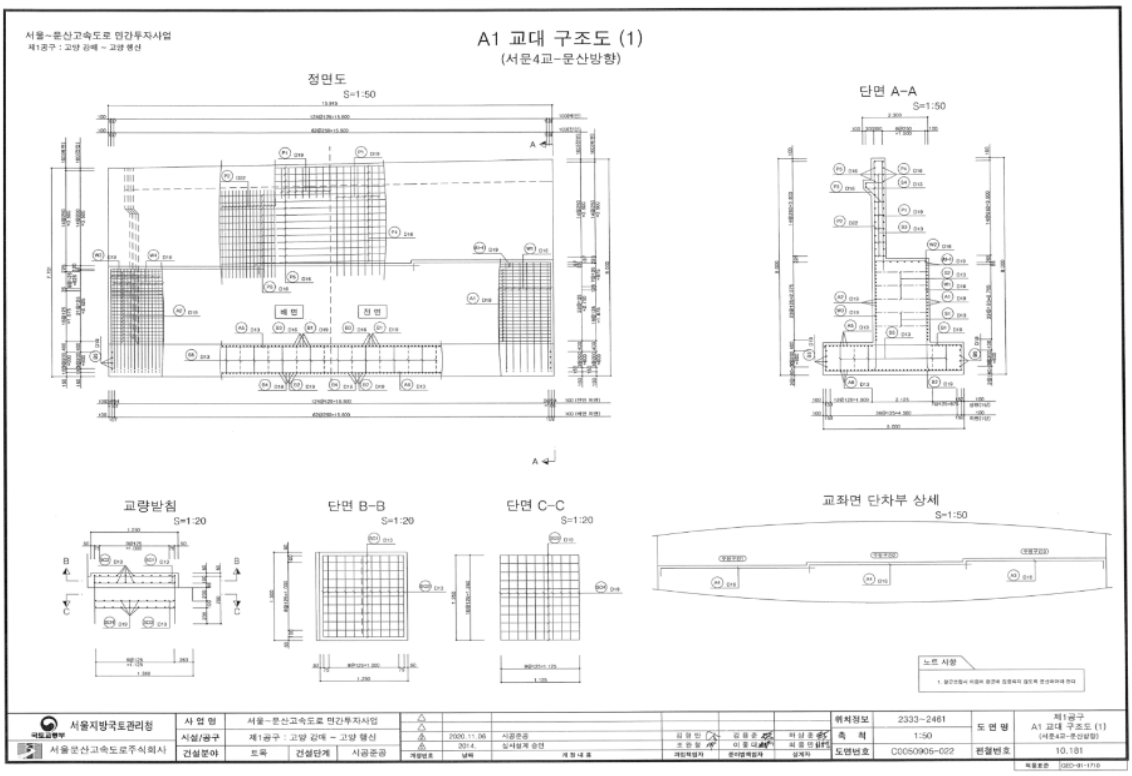


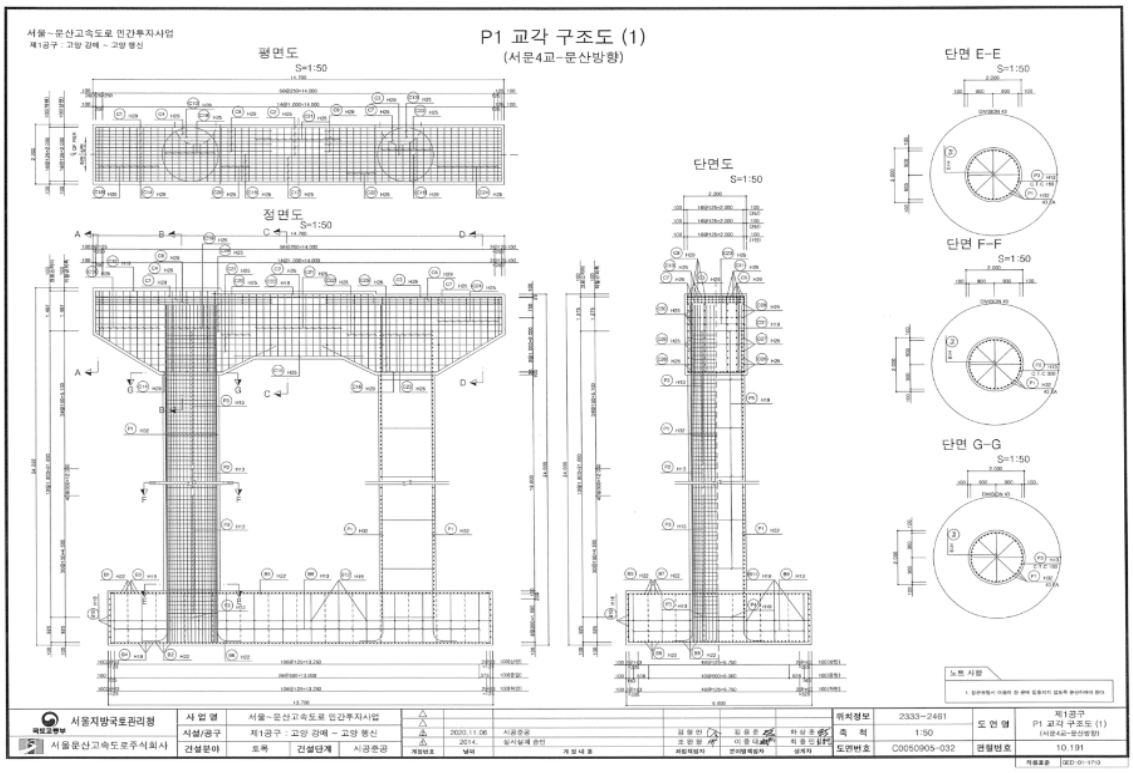
【그림 6.1.7】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도


서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
A2 교대 구조도 (1)
(서문4교-문산방향)
정면도
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
교량받침
S=1:20
단면 B-B
S=1:20
단면 C-C
S=1:20
교좌면 단차부 상세
S=1:50
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야
토목
건설단계
시공준공
2020.11.06
2014.
위치정보
2333~2461
축 척
1:50
도면번호
C0050905-026
도 면 명
제1공구
A2 교대 구조도 (1)
(서문4교-문산방향)
편철번호
10.185


서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
A2 교대 구조도 (2)
(서문4교-문산방향)
평면도
S=1:50
흉벽보강상세(우측)
S=1:50
기초평면
S=1:50
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야
토목
건설단계
시공준공
2020.11.06
2014.
위치정보
2333~2461
축 척
1:50
도면번호
C0050905-027
도 면 명
제1공구
A2 교대 구조도 (2)
(서문4교-문산방향)
편철번호
10.186

【그림 6.1.8】 교대 구조도


A1 교대 구조도 (1)
(서문4교-문산방향)
정면도
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
교량받침
S=1:20
단면 B-B
S=1:20
단면 C-C
S=1:20
교좌면 단차부 상세
S=1:50
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야
토목
건설단계
시공준공
위치정보
2333-2461
축 척
1:50
도면번호
C0050905-022
도 면 명
제1공구
A1 교대 구조도 (1)
(서문4교-문산방향)
편철번호
10.181


P1 교각 구조도 (1)
(서문4교-문산방향)
평면도
S=1:50
정면도
S=1:50
단면도
S=1:50
단면 E-E
S=1:50
단면 F-F
S=1:50
단면 G-G
S=1:50
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야
토목
건설단계
시공준공
위치정보
2333-2461
축 척
1:50
도면번호
C0050905-032
도 면 명
제1공구
P1 교각 구조도 (1)
(서문4교-문산방향)
편철번호
10.191

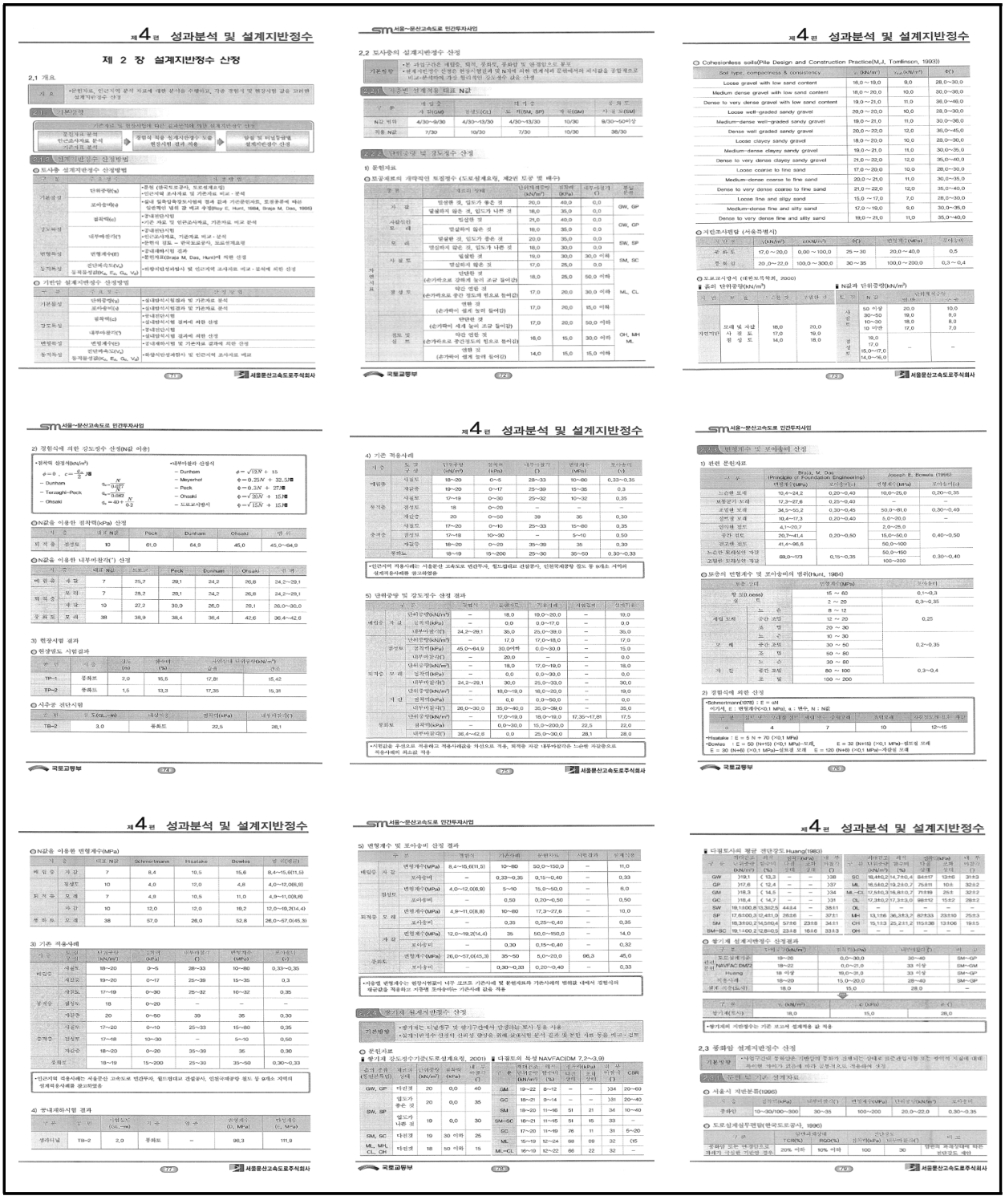
【그림 6.1.9】교각 구조도

6.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

6.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	–
	2001	20	30	35	–
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범위		19.5~21	10~30	30~36	–

○ 기존 적용사례

구분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0,30~0,31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공번	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31,1	31,4	156,1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	–	19,5~22,0	20,0~22,0	–	20,0
포아송비(ν)	–	0,20~0,45	0,30~0,31	–	0,30

○ 전단강도 및 변형계수

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	–	10,0~300	20~50	31,1	30,0
내부마찰각(°)	〉39,5	30,0~36,0	30~33	31,4	31,0
변형계수(MPa)	–	200	50,0~350,0	156,1	150,0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 선정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암석종류(강도)	암반과쇄상태 (NX 규격 시추조사시)		암반의 강도정수	
	T.C.R(%)	R.Q.D(%)	φ(°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~30%	10~25%	33°	130
	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반명	단위중량 γt (kN/m³)	내부마찰각 φ(°)	변형계수 Es (MPa)	포아송비 ν
연암	23~25	30~40	200~400	0,25~0,30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0,25
경암	25~27	35~45	1,000~4,000	0,20

2) 기존 적용사례

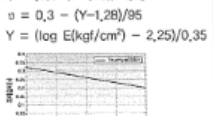
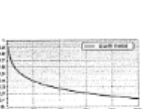
구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	I등급	27	4,200	44~45	18,000	0,21
	II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0,22
	III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0,24
	IV등급	24	800~900	34	1,000	0,25
	V등급	23	400	33	500	0,26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

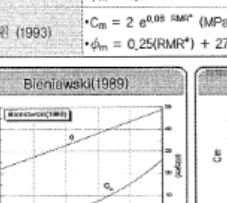
○ 제안자별 경험식

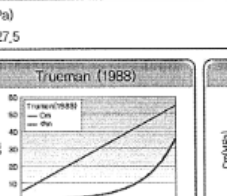
▮ 단위중량 및 포아송비

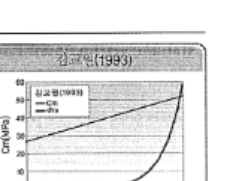
구분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산정식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y-1.28)/14.3] × 10 υ = 0.3 − (Y−1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35 	υ = −0.17 Ln(RMR')+0.9 

▮ 점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	관계 경험식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346\times10^{-5}RMR^2$ •$\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031\ RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0.25\ e^{0.05\ RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2\ e^{0.08\ RMR^*}$ (MPa) •$\phi_m = 0.25(RMR^*) + 27.5$







▮ 변형계수

변형계수 경험식	관계경험식	적용내용
•Bieniawski (1978)	$E_m = 2RMR-100$(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\ e^{0.07RMR^*}$(GPa) − RMR* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\ RMR^{3.54}$ (MPa)	
•Mohammad (1997)	$E_m = 0.562\ RMR + 0.183$ (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)	포아송비(ν) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	26,3	–	0,21	0,15
	II등급	64	25,5	–	0,22	0,19
	III등급	53	24,8	–	0,23	0,22
	IV등급	36	23,8	–	0,24	0,29
	V등급	10	22,1	–	0,27	0,49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	V등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Saratim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,800	13,100	12,300
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	–

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구분	공번	시험심도 (GL.-m)	지층	암종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11,0	연암	화강암질 편마암	IV	980,3	1,166,2
	TB-3	17,0	연암	화강암질 편마암	IV	598,9	908,3

○실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16,3~16,4	연암	IV	26,65	2,832	1,511	47,10	50,759	0,19
	TB-1	23,2~23,4	경암	III	27,32	3,215	1,802	42,24	53,119	0,21
	TB-2	13,1~13,3	경암	III	27,44	3,012	1,495	73,50	70,884	0,18
	TB-3	21,6~21,8	경암	III	28,93	3,067	1,732	73,46	68,416	0,18
	TB-4	20,9~21,1	경암	III	27,08	3,831	1,855	100,39	79,951	0,16
	TB-5	18,8~19,0	경암	III	27,08	2,724	1,256	69,82	63,800	0,19
	TB-6	8,8~9,0	연암	IV	26,90	2,688	1,305	97,85	82,344	0,16
	TB-7	21,2~21,4	경암	III	27,14	3,412	1,631	57,39	52,647	0,21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구분	지층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적용	포아송비(ν) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	27	26,3	–	27,0	0,21	0,15~0,21	–	0,21
	II등급	26	25,5	–	26,0	0,22	0,19~0,22	–	0,22
	III등급	25	24,8	26,65~26,90	25,0	0,24	0,22~0,23	0,16~0,19	0,24
	IV등급	24	23,8	27,08~28,93	24,0	0,25	0,24~0,29	0,16~0,21	0,25
	V등급	23	22,1	–	23,0	0,26	0,27~0,49	–	0,26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구분	지층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구분	지층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	–	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	–	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	–	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	–	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암석명	기본마찰각(ϕ_b)	암석명	기본마찰각(ϕ_b)
각섬암	32	화강암 (조립질)	31~35
현무암	31~38	석회암	33~40
역암	35	편암	31
백악	30	사암	25~35
백운암	27~31	셰일	27
편마암 (편암질)	23~29	미사암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점판암	25~30

주) 좌측 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암석명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비고
점착력이 없는 물질	벌과/파쇄암석	현무암	40,0 ~ 50,0	–	–
		백악	30,0 ~ 40,0		
		화강암	45,0 ~ 50,0		
		석회암	35,0 ~ 40,0		
		사암	35,0 ~ 45,0		
		셰일	30,0 ~ 35,0		
점착력이 있는 물질	암석	견고한 화성암	35,0 ~ 45,0	35,7 ~ 56,1	(화강암, 현무암, 반암)
		변성암	30,0 ~ 40,0	20,4 ~ 40,8	(규암, 편마암, 점판암)
		견고한 퇴적암	35,0 ~ 45,0	10,2 ~ 30,6	(석회암, 백운석, 사암)
		연약한 퇴적암	25,0 ~ 35,0	1,0 ~ 20,4	(사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암석명	설명	최대강도 c'(kPa)	φ(°)	잔류강도 c'(kPa)	φ(°)	시험자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240,0	42,0	–	–	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15,0 90,0~120,0 60,0~100,0	7,5 12,0~17,0 9,0~13,0	–	–	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0,0~270,0	8,5~29,0	30,0	8,5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0,0~180,0	12,0~18,5	0,0~3,0	10,5~16,0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60,0	32,0	–	–	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	–	–	0,0	19,0~25,0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
혈탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1,0~2,5cm	11,0~13,0	16,0	0,0	11,0~11,5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41,0	14,5	22,0	17,0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화상섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0,0	26,5	–	–	Brawner[116]
화강암/편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 약화된 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0,0~100,0 50,0~242,0	24,0~25,0 40,0~42,0	–	–	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	–	–	0,0	21,0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100,0 50,0~200,0	13,0~14,0 17,0~21,0	0,0	13,0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80,0 100,0	38,0 10,0	–	–	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0,0	25,0	0,0	15,0~24,0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14,0~30,0	15,0~17,5	–	–	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360,0 16,0~20,0	14,0 7,5~11,5	80,0	11,0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30,0~80,0 610,0~740,0 380,0	32,0 41,0 31,0	–	–	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50,0	33,0	–	–	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42,0~90,0	36,0~38,0	–	–	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구분	현무암	역암	편마암	화강암	사암	셰일
마찰각(°)	31,0 ~ 38,0	35,0	23,0 ~ 29,0	29,0 ~ 35,0	25,0 ~ 35,0	27,0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D,C, Wyllie, 1992)

구분	암종	내부마찰각(°)	비고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20,0 ~ 27,0	–
Medium-friction Rocks	27,0 ~ 34,0	–	–
사암, 역암, 편마암, 슬레이트	–	–	–

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구분	공번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상리터널	TB-3	22,9~23,3	132,0	47,0	44,0	39,1	18~20	92,0	2,824	4,151
	TB-5	14,6~15,0	96,0	59,0	40,3	34,7	14~16	84,0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	–	47,0~59,0	47,0	–	34,7~39,1	34,0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 선정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음

•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76\times N^{0.33}$　　• Imai(1982) $V_s = 97.0\times N^{0.314}$

•Okamoto(1989) $V_s = 125\times N^{0.3}$　　• Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84\times N^{0.31}$

− 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$

− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1+\nu_d)$

− 동체적계수 : $K_d = E_d/3(1-2\nu_d)$　　여기서, ρ=γt/g, γt=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구분		하향식탄성파 V_p(m/s)	V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비고
매립층		–	–	144,4~224,1	180	–
퇴적층	점토	–	–	162,5~249,4	200	–
	모래	–	–	144,4~224,1	170	–
	자갈	–	–	162,5~249,4	190	–
풍화토		919~984	375~408	252,4~372,3	392	–
풍화암		1,103~1,185	511~577	276,4~404,2	544	–
연암		1,786~1,881	927~980	–	954	4등급
경암		2,168~2,323	1,192~1,277	–	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0,33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0,40
	모래	480	170	52	140	156	0,35
	자갈	514	190	69	181	168	0,32
풍화토		952	392	268	713	699	0,33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0,30
연암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0,26
경암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0,24

분석결과	•내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용



제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-8} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
	일반	
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
	일반	
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
	일반	
균열 간격이 없을때	불투수성	1.0×10^{-9} 이상
	일반	

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

89 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

2.7.3 불연속체 설계지반정수

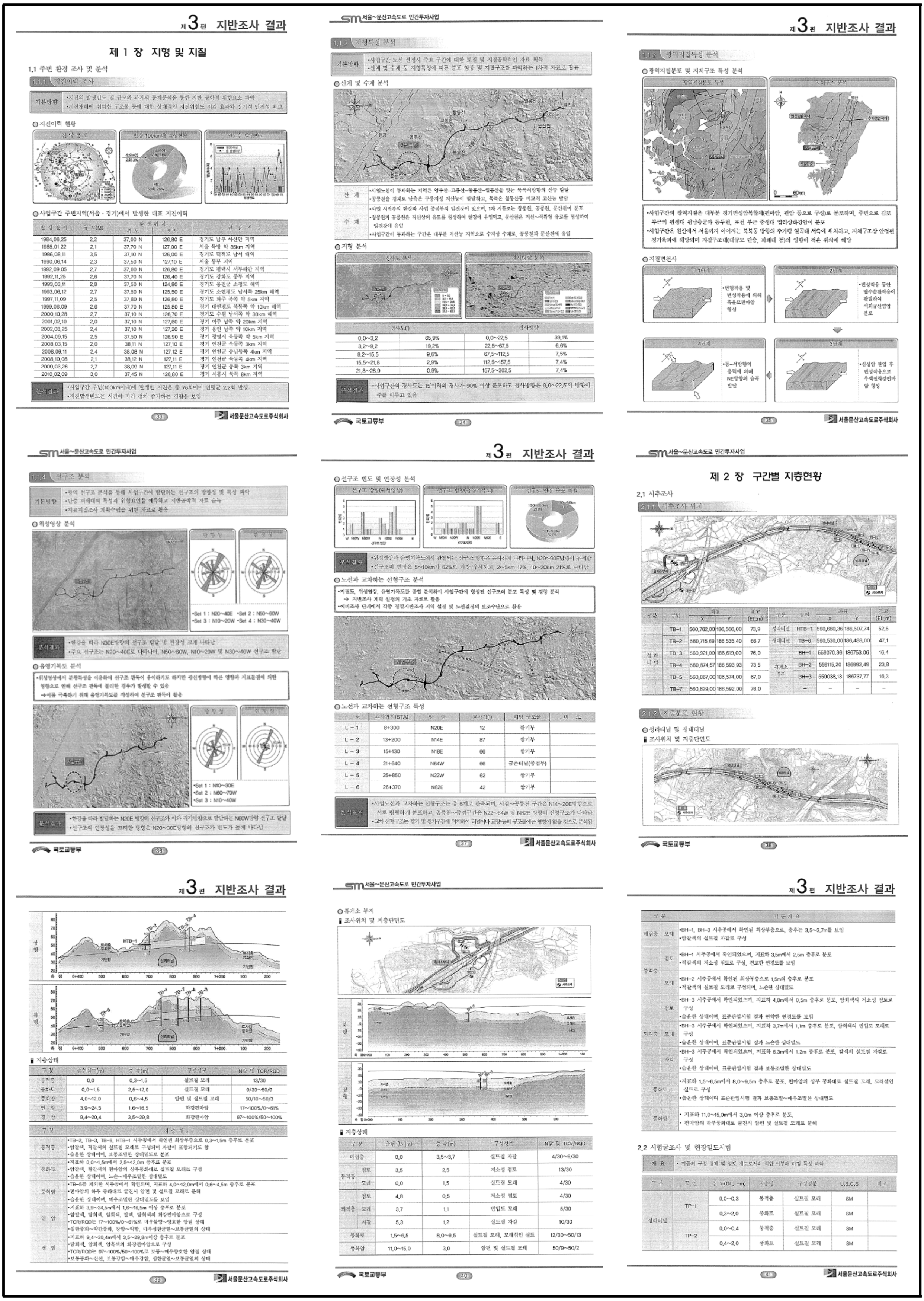
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부 90

나. 지반 및 지질 조사보고서



제3편 지반조사 결과

제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

○지진이력 현황

진앙분포 / 반경 100km내 발생현황 / 연도별 발생빈도

○사업구간 주변지역(서울 · 경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

33 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석

산계	•사업노선이 통과하는 지역은 영주산–고봉산–왕룡산–월룡산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월룡산등 비교적 고산능 발달
수계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 저산상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 저산~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석

경사도 분석 / 경사방향 분석

경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부 34

제3편 지반조사 결과

1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석

광역지질분포 특성 / 지체구조 분석

•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
•사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사

1단계	2단계
•변형작용 및 변성작용에 의해 흑운모편마암 형성	•변성작용 동안 열수순환작용이 활발하여 석회규산염암 분포
4단계	**3단계**
•동–서방향의 응력에 의해 NE방향의 습곡 발달	•심성암 관입 후 변성작용으로 우백질화강편마암 형성

35 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

○위성영상 분석

방향성 / 연장성

•Set 1 : N20~40E •Set 2 : N50~60W
•Set 3 : N10~20W •Set 4 : N30~40W

분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

방향성 / 연장성

•Set 1 : N10~30E
•Set 2 : N60~70W
•Set 3 : N10~40W

분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부 36

제3편 지반조사 결과

○선구조 빈도 및 연장성 분석

선구조 방향(위성영상) / 선구조 방향(음영기복도) / 선구조 연장 분포 비율

분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용

○노선과 교차하는 선형구조 특성

구분	교차위치(STA)	방향	교차각(°)	해당 구조물	비고
L – 1	6+300	N20E	12	깎기부	
L – 2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L – 3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L – 4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L – 5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L – 6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 관측되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

37 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
성라터널	TB-1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB-1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB-2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB-6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB-3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소 부지	BH-1	559070.96	186753.06	16.4
	TB-4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH-2	559115.20	186992.49	23.8
	TB-5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH-3	559038.13	186737.77	16.3
	TB-7	560,829.00	186,592.00	76.0		–	–	–	–

2.1.2 지층분포 현황

○성라터널 및 생태터널

▮ 조사위치 및 지층단면도

국토교통부 38

제3편 지반조사 결과

▮ 지층상태

구분	출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

구분	지층개요
붕적층	•TB-2, TB-3, TB-6, HTB-1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB-5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▮ 조사위치 및 지층단면도

▮ 지층상태

구분		출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부 40

제3편 지반조사 결과

구분		지층개요
매립층	모래	•BH-1, BH-3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH-1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
	모래	•BH-2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
	모래	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
	자갈	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포. • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구분	공번	심도(GL. –m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP-1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
	TP-2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41 서울문산고속도로주식회사

○ 현장밀도시험 결과

구분	공번	심도 (GL, -m)	구성성분	불교란상태		교란상태		L값
				습윤단위중량 (kN/m³)	건조단위중량 (kN/m³)	습윤단위중량 (kN/m³)	건조단위중량 (kN/m³)	
성라터널	TP-1	2.0	풍화토	17.81	15.42	14.18	12.28	1.256
	TP-2	1.5	풍화토	17.35	15.31	13.62	12.02	1.274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17.35~17.81kN/m³, 건조단위중량 : 15.31~15.42kN/m³ •L값 : 1.256~1.274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

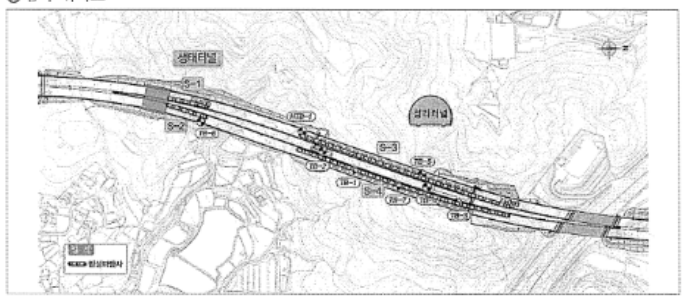
구 분	지 층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	-
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토시구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

제 3 장 물리탐사

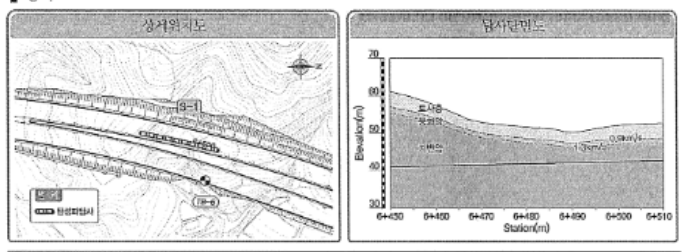
3.1 굴절법탄성파탐사

○ 탐사 위치도



○ 탐사 결과

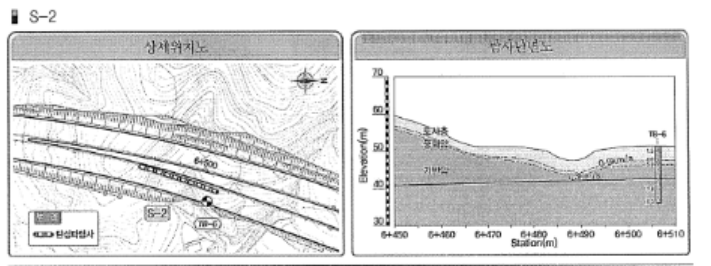
▮ S-1



구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL.-4.71 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 풍화암층의 두께는 1.13~1.68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.03~5.61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 풍화암층의 평균 두께는 1.36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.71m로 분석되었음

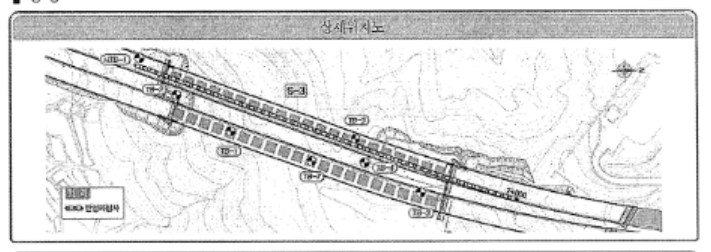
▮ S-2

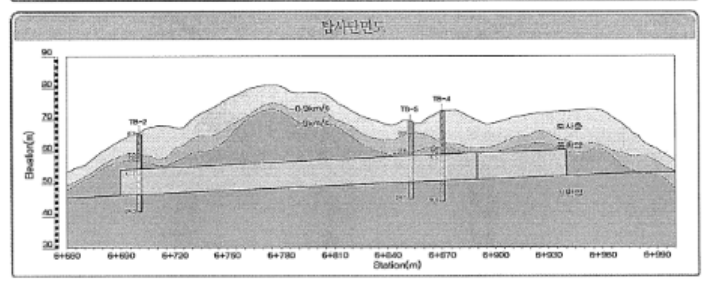


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.16	0.92	GL.-4.09 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.29~4.03m, 풍화암층의 두께는 0.52~1.20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2.81~5.21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3.16m, 풍화암층의 평균 두께는 0.92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.09m로 분석되었음

▮ S-3

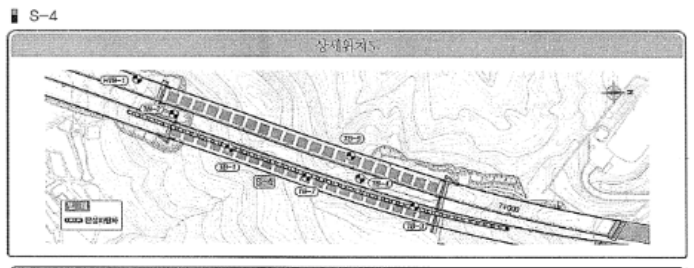


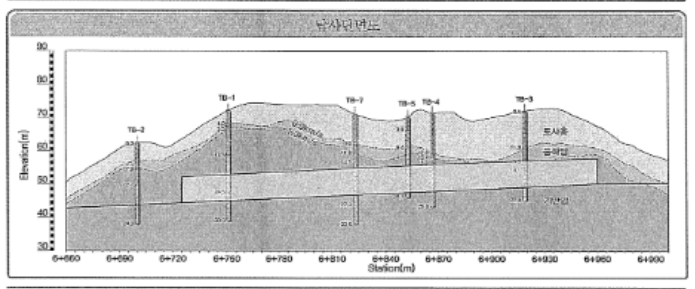


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6.67	2.93	GL.-9.60 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.78~10.86m, 풍화암층의 두께는 0.95~5.92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.45~13.60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6.67m, 풍화암층의 평균 두께는 2.93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9.60m로 분석되었음

▮ S-4





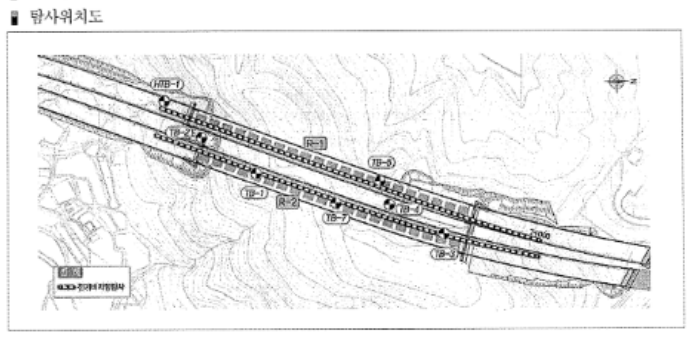
구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7.80	2.32	GL.-10.11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.98~13.49m, 풍화암층의 두께는 0.61~5.28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5.64~15.54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7.80m, 풍화암층의 평균 두께는 2.32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10.11m로 분석되었음

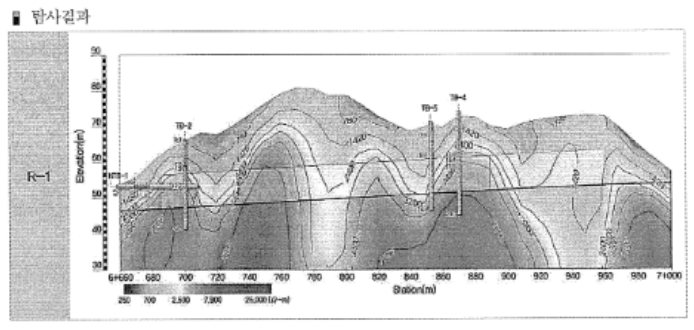
3.2 전기비저항탐사

○ 성라터널 서울방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과

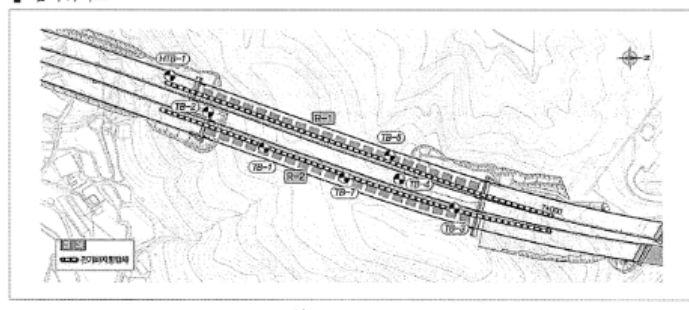


▮ 분석결과

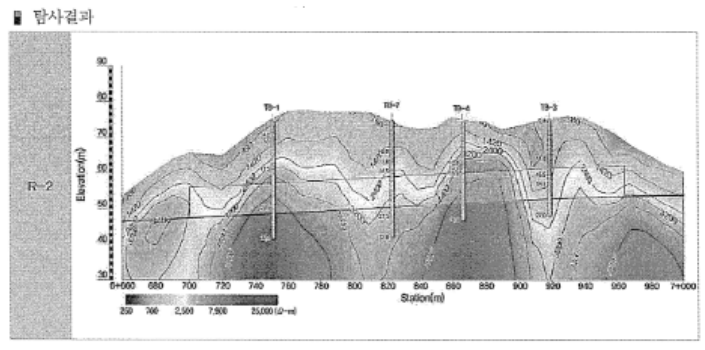
•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

○ 성라터널 문산방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과



▮ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-Ⅱ, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 시험결과

구분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2.0	풍화토	-	96.3	111.9
	TB-2	11.0	연 암	화강편마암	980.3	1,166.2
	TB-3	13.0	풍화암	-	156.1	231.1
	TB-3	17.0	연 암	화강편마암	598.9	908.3

○ 결과분석

구분	변형계수(D,MPa)			탄성계수(E,MPa)		
	풍화토	풍화암	연 암	풍화토	풍화암	연 암
성라터널	96.3	156.1	598.9~980.3	111.9	231.1	908.3~1,166.2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96.3MPa, 풍화암은 156.1MPa,연암은 598.9~980.3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 원지반 점착력(C)과 내부마찰각(Ø) 측정

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3.0	풍화토	22.5	28.1
	TB-3	12.0	풍화암	31.1	31.4

○ 결과분석

구분	점착력(c, kPa)		마찰각(Ø, °)	
	풍화토	풍화암	풍화토	풍화암
성라터널	22.5	31.1	28.1	31.4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22.5kPa, 풍화암 31.1kPa로 산정되며, 마찰각(Ø)은 풍화토 28.1°, 풍화암 31.4°로 나타남

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

○ 터널구간

공 번	지하수위		공 번	지하수위		공 번	지하수위	
	GL.-m	EL.+m		GL.-m	EL.+m		GL.-m	EL.+m
TB-1	7.4	66.5	TB-4	15.5	58.0	TB-7	17.6	58.4
TB-2	6.1	60.6	TB-5	6.8	60.2	-	-	-
TB-3	17.0	59.0	TB-6	3.6	43.5	-	-	-

○ 기타구간(휴게소 부지)

공 번	지하수위		공 번	지하수위		공 번	지하수위	
	GL.-m	EL.+m		GL.-m	EL.+m		GL.-m	EL.+m
BH-1	3.2	13.2	BH-2	6.6	17.2	BH-3	3.5	12.8

○ 결과분석

구 분	지하수위	
	GL.-m	EL.+m
터널구간	3.6~17.6	43.5~66.5
기타구간 (휴게소 부지)	3.2~6.6	12.8~17.2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3.6~17.6m, 기타구간 : GL.- 3.2~6.6m 범위로 분포

4.2.2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL.-m)	지 층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	1.95×10⁻⁴	7.4
	TB-2	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	3.08×10⁻⁴	6.1
	TB-3	12.0 ~ 13.0	풍화암	-	4.53×10⁻⁵	17.0
	TB-4	8.0 ~ 9.0	풍화토	SM	2.07×10⁻⁴	15.5

○ 결과분석

구 분	풍 화 토	풍 화 암
성라터널	1.96×10⁻⁴ ~ 3.08×10⁻⁴cm/s	4.53×10⁻⁵cm/s

4.2.3 수압시험

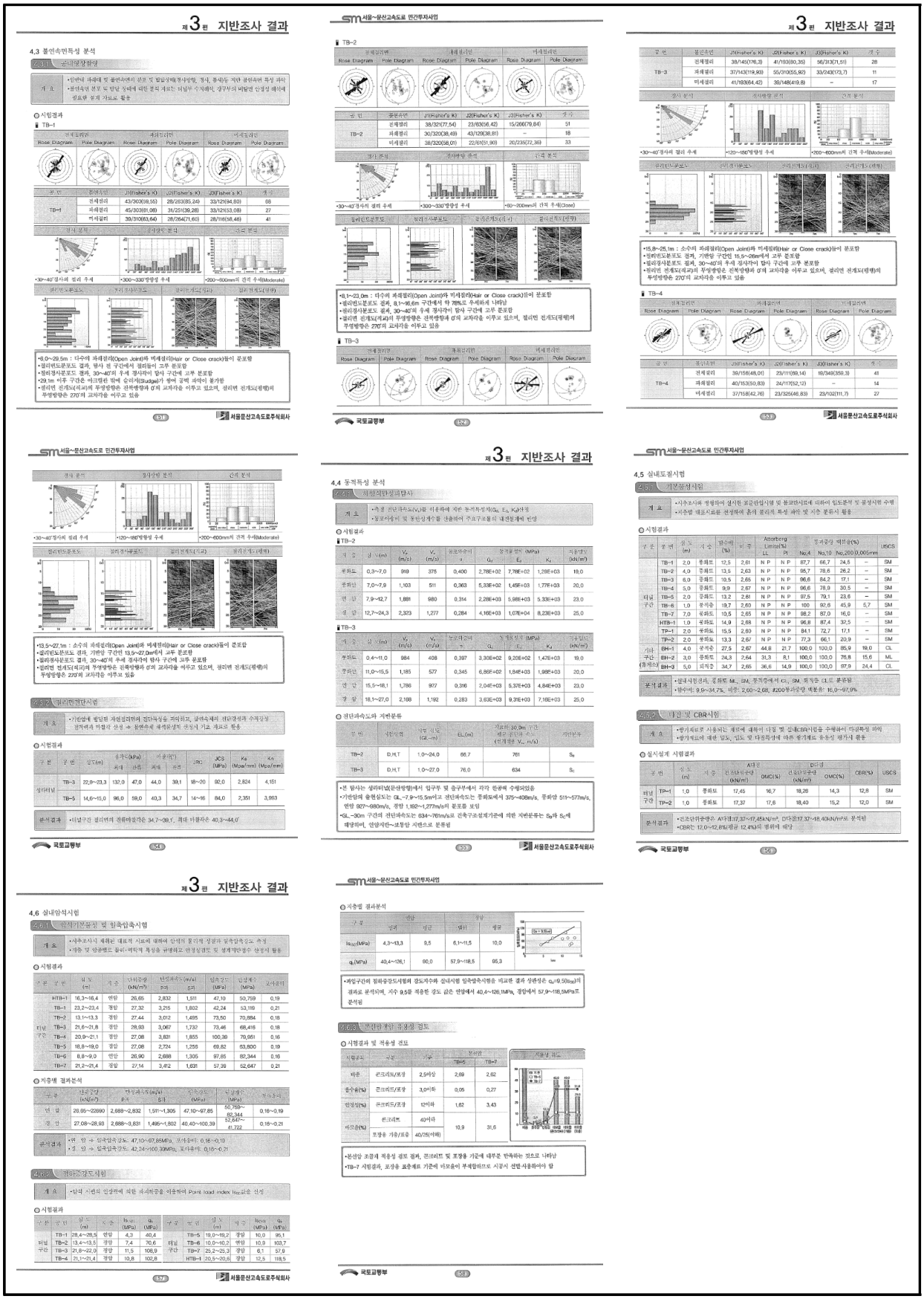
개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 계년을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7.0 ~ 12.0	연 암	3.06×10⁻⁶	0.11	Dilation
	TB - 2	16.0 ~ 21.0	경 암	1.28×10⁻⁶	0.08	Dilation
	TB - 3	20.0 ~ 25.0	경 암	2.49×10⁻⁶	0.04	Dilation
	TB - 6	6.0 ~ 11.0	연 암	4.76×10⁻⁶	0.14	Dilation

○ 결과분석

구 분	투수계수(cm/s)		평균 Lugeon	
	연 암	경 암	연 암	경 암
성라터널	3.06X10⁻⁶~4.76X10⁻⁶	1.28X10⁻⁶~2.49X10⁻⁶	0.11~0.14	0.04~0.08


제3편 지반조사 결과
4.3 불연속면특성 분석
4.3.1 공간방향분포
시험결과
TB-1
TB-2
TB-3
•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 머크탤런 함에 슬러지(Sludge)가 함에 공백 파악이 분가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음
•8.0~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 76%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음
•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음
•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음
4.3.2 절리면전단시험
시험결과
4.4 동적특성 분석
4.4.1 지진지반성질판사
시험결과
TB-2
TB-3
4.5 실내토질시험
4.5.1 기본물성시험
시험결과
4.5.2 다짐 및 CBR시험
시험결과
4.6 실내암석시험
4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험
시험결과
지층별 결과분석
4.6.2 점하중강도시험
시험결과
4.6.3 변형계수 및 탄성파 속도
시험결과 및 적용성 검토
국토교통부
서울문산고속도로주식회사
51
52
53
54
57
58

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 서문4교-문산방향
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 58.000 + 70.000 = 128.000 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 15.595 m
(6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 2.800 m
(7) 사 각(Skew) : 90.000 °
(8) 곡률반경(R) : 선형중심 = ∞ m
(9) 설 계 속 도 : 100.000 km/h
(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

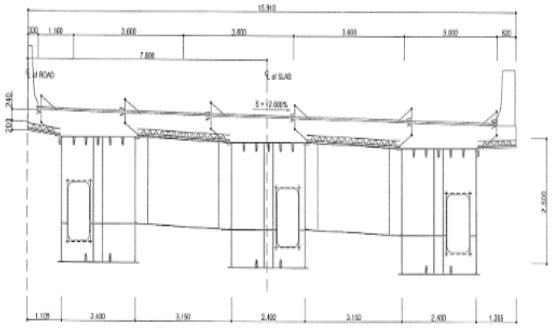
• 사 용 재 료

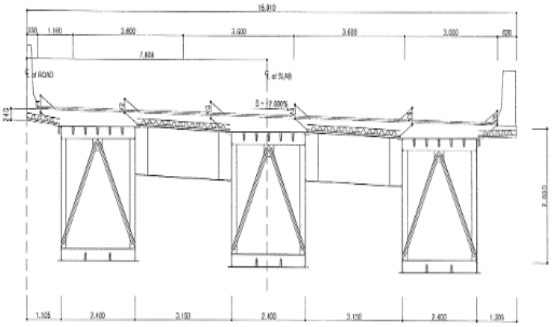
주 부 재	SM490B(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 슬폴레이트)
부 부 재	SM490B(지점부의 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_s)	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

2. 단면가정





구조계산 CHECK LIST

4.단면별 응력검토결과

작용응력에 대한 허용응력 검토

< Girder - 1 >

구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	68.641	299.000	23	O.K	-35.218	230.000	15	O.K
단면 2	65.261	136.400	48	O.K	-124.079	230.000	54	O.K
단면 3	-66.340	230.000	29	O.K	110.042	225.203	49	O.K
단면 4	-183.225	230.000	80	O.K	182.329	230.000	79	O.K
단면 5	-179.596	230.000	78	O.K	178.893	230.000	78	O.K
단면 6	157.049	264.500	59	O.K	-179.830	230.000	78	O.K
단면 7	99.301	171.067	58	O.K	-163.519	230.000	71	O.K
단면 8	52.030	299.000	17	O.K	-14.734	264.500	6	O.K
SP 1	57.352	136.400	42	O.K	-104.719	230.000	46	O.K
SP 2	58.058	136.400	43	O.K	-116.452	230.000	51	O.K
SP 3	41.587	299.000	14	O.K	-37.260	230.000	16	O.K
SP 4	-125.671	230.000	55	O.K	161.080	225.203	72	O.K
SP 5	-142.723	230.000	62	O.K	144.918	230.000	63	O.K
SP 6	-138.945	230.000	60	O.K	141.794	230.000	62	O.K
SP 7	-79.033	230.000	34	O.K	117.997	253.171	45	O.K
SP 8	85.240	299.000	29	O.K	-87.213	230.000	38	O.K
SP 9	143.959	264.500	54	O.K	-167.801	230.000	73	O.K
SP 10	153.203	264.500	58	O.K	-171.598	230.000	75	O.K
SP 11	79.114	171.067	46	O.K	-132.321	230.000	58	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	34.333	135.000	25	O.K	0.117	10	0.088	7	O.K
단면 2	9.045	135.000	7	O.K	0.233	19	0.296	25	O.K
단면 3	36.464	135.000	27	O.K	0.156	13	0.312	26	O.K
단면 4	52.666	135.000	39	O.K	0.787	66	0.781	65	O.K
단면 5	67.026	135.000	50	O.K	0.856	71	0.851	71	O.K
단면 6	9.849	135.000	7	O.K	0.358	30	0.617	51	O.K
단면 7	26.773	135.000	20	O.K	0.376	31	0.545	45	O.K
단면 8	50.700	135.000	38	O.K	0.171	14	0.144	12	O.K
SP 1	17.989	135.000	13	O.K	0.195	16	0.225	19	O.K
SP 2	13.343	135.000	10	O.K	0.191	16	0.266	22	O.K
SP 3	27.966	135.000	21	O.K	0.062	5	0.069	6	O.K
SP 4	42.199	135.000	31	O.K	0.396	33	0.609	51	O.K
SP 5	54.503	135.000	40	O.K	0.548	46	0.560	47	O.K
SP 6	62.115	135.000	46	O.K	0.577	48	0.592	49	O.K
SP 7	50.196	135.000	37	O.K	0.256	21	0.339	28	O.K
SP 8	34.087	135.000	25	O.K	0.145	12	0.208	17	O.K
SP 9	16.109	135.000	12	O.K	0.310	26	0.547	46	O.K
SP 10	15.349	135.000	11	O.K	0.348	29	0.570	47	O.K
SP 11	31.527	135.000	23	O.K	0.268	22	0.386	32	O.K

< Girder - 2 >

구분	휨응력검토						(100 %)	
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	70.945	299.000	24	O.K	-36.632	230.000	16	O.K
단면 2	66.217	136.400	49	O.K	-128.660	230.000	56	O.K
단면 3	-65.937	230.000	29	O.K	116.345	225.203	52	O.K
단면 4	-187.924	230.000	82	O.K	216.982	264.500	82	O.K
단면 5	-185.231	230.000	81	O.K	184.880	230.000	80	O.K
단면 6	159.403	264.500	60	O.K	-184.931	230.000	80	O.K
단면 7	100.505	171.067	59	O.K	-168.298	230.000	73	O.K
단면 8	53.990	299.000	18	O.K	-15.219	264.500	6	O.K
SP 1	58.573	136.400	43	O.K	-108.478	230.000	47	O.K
SP 2	58.996	136.400	43	O.K	-121.133	230.000	53	O.K
SP 3	44.588	299.000	15	O.K	-39.534	230.000	17	O.K
SP 4	-126.871	230.000	55	O.K	168.710	225.203	75	O.K
SP 5	-146.900	230.000	64	O.K	172.964	264.500	65	O.K
SP 6	-143.060	230.000	62	O.K	169.945	264.500	64	O.K
SP 7	-80.123	230.000	35	O.K	124.666	263.171	47	O.K
SP 8	88.159	299.000	29	O.K	-90.214	230.000	39	O.K
SP 9	146.265	264.500	55	O.K	-172.800	230.000	75	O.K
SP 10	155.637	264.500	59	O.K	-176.416	230.000	77	O.K
SP 11	80.169	171.067	47	O.K	-135.918	230.000	59	O.K

구분	전단응력검토 (100 %)				합성응력검토				
	복부판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	40.856	135.000	30	O.K	0.148	12	0.117	10	O.K
단면 2	9.639	135.000	7	O.K	0.241	20	0.318	27	O.K
단면 3	41.641	135.000	31	O.K	0.177	15	0.362	30	O.K
단면 4	58.011	135.000	43	O.K	0.852	71	0.858	71	O.K
단면 5	73.681	135.000	55	O.K	0.946	79	0.944	79	O.K
단면 6	13.404	135.000	10	O.K	0.373	31	0.656	55	O.K
단면 7	32.748	135.000	24	O.K	0.404	34	0.594	50	O.K
단면 8	59.395	135.000	44	O.K	0.226	19	0.197	16	O.K
SP 1	22.573	135.000	17	O.K	0.212	18	0.250	21	O.K
SP 2	15.125	135.000	11	O.K	0.200	17	0.290	24	O.K
SP 3	31.911	135.000	24	O.K	0.078	7	0.085	7	O.K
SP 4	47.909	135.000	35	O.K	0.430	36	0.687	57	O.K
SP 5	60.059	135.000	44	O.K	0.606	50	0.626	52	O.K
SP 6	68.448	135.000	51	O.K	0.644	54	0.670	56	O.K
SP 7	57.087	135.000	42	O.K	0.300	25	0.403	34	O.K
SP 8	39.321	135.000	29	O.K	0.172	14	0.239	20	O.K
SP 9	18.588	135.000	14	O.K	0.325	27	0.583	49	O.K
SP 10	19.196	135.000	14	O.K	0.366	31	0.609	51	O.K
SP 11	38.275	135.000	28	O.K	0.300	25	0.430	36	O.K

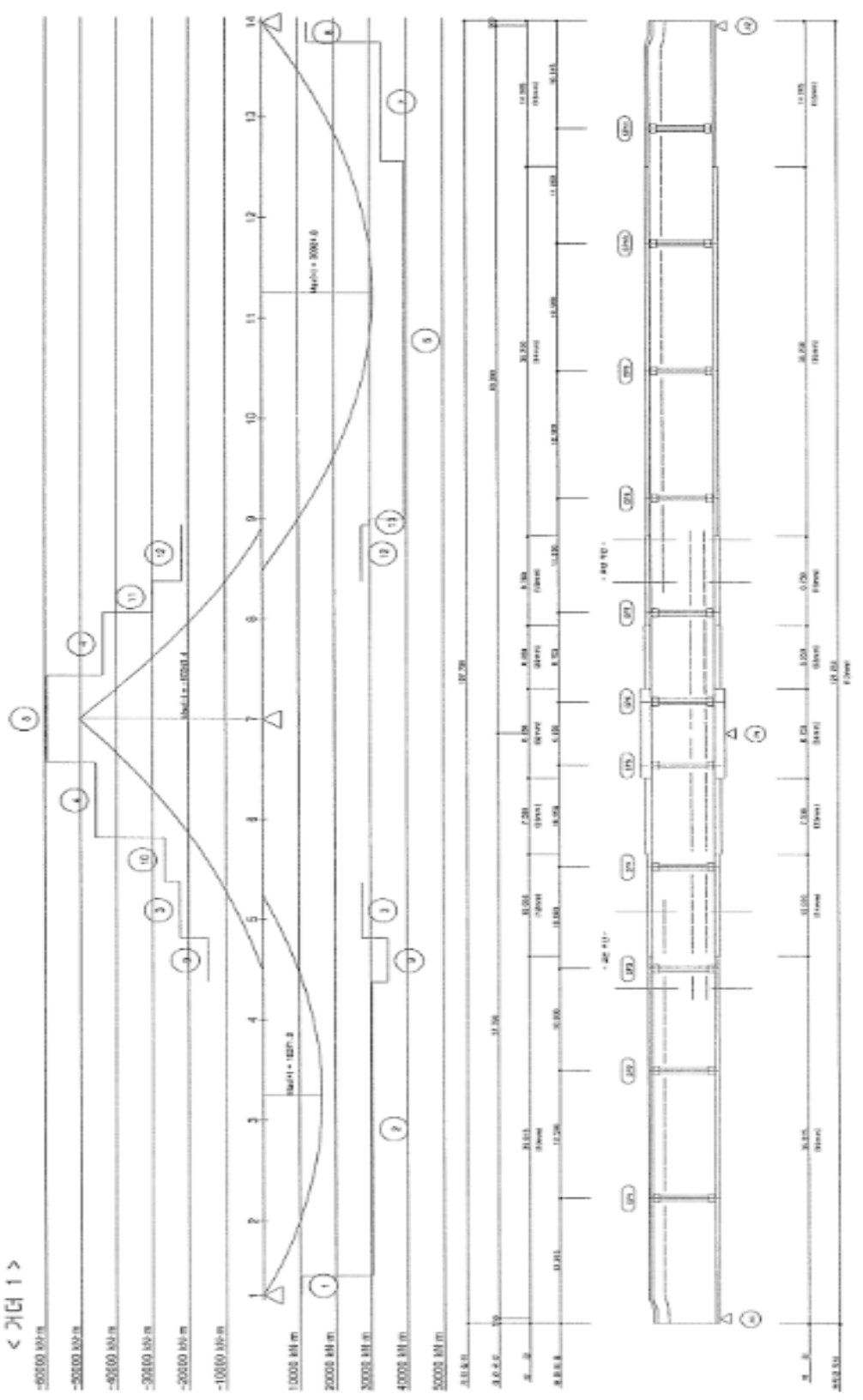
< Girder - 3 >

구분	휨응력검토						(100 %)	
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	70.830	299.000	24	O.K	-37.966	230.000	17	O.K
단면 2	66.613	136.400	49	O.K	-134.611	230.000	59	O.K
단면 3	-64.834	230.000	28	O.K	113.694	225.203	50	O.K
단면 4	-200.568	230.000	87	O.K	193.513	230.000	84	O.K
단면 5	-200.153	230.000	87	O.K	191.459	230.000	83	O.K
단면 6	162.323	264.500	61	O.K	-189.364	230.000	82	O.K
단면 7	100.687	171.067	59	O.K	-173.802	230.000	76	O.K
단면 8	53.365	299.000	18	O.K	-15.067	264.500	6	O.K
SP 1	58.689	136.400	43	O.K	-114.152	230.000	50	O.K
SP 2	59.397	136.400	44	O.K	-126.891	230.000	55	O.K
SP 3	45.919	299.000	15	O.K	-43.188	230.000	19	O.K
SP 4	-129.825	230.000	56	O.K	168.340	225.203	75	O.K
SP 5	-157.675	230.000	69	O.K	154.655	230.000	67	O.K
SP 6	-153.872	230.000	67	O.K	151.479	230.000	66	O.K
SP 7	-82.607	230.000	36	O.K	124.299	263.171	47	O.K
SP 8	89.546	299.000	30	O.K	-93.530	230.000	41	O.K
SP 9	149.016	264.500	56	O.K	-177.152	230.000	77	O.K
SP 10	158.624	264.500	60	O.K	-180.938	230.000	79	O.K
SP 11	80.284	171.067	47	O.K	-141.023	230.000	61	O.K

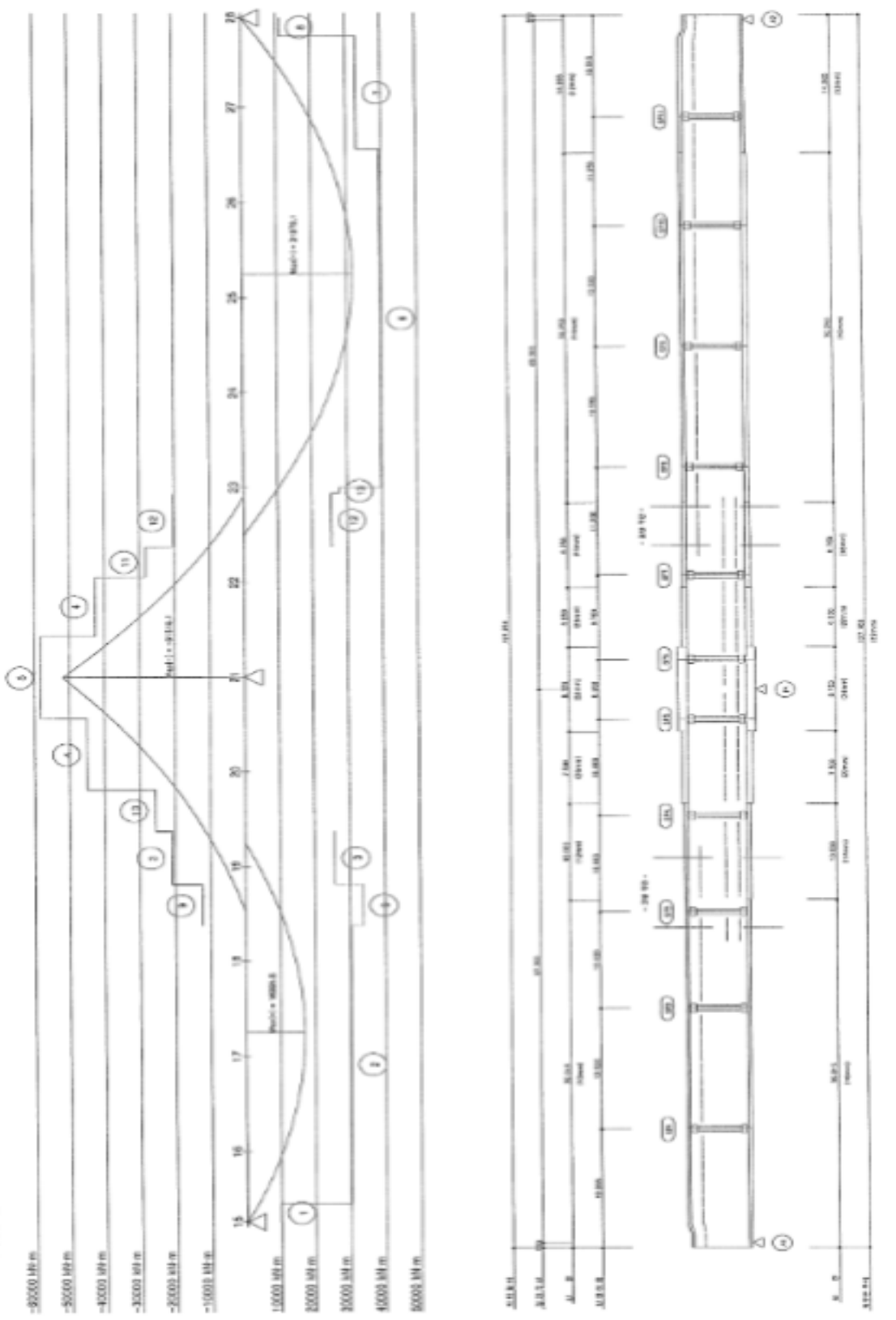
구분	전단응력검토 (100 %)				합성응력검토				
	복부판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	40.698	135.000	30	O.K	0.147	12	0.118	10	O.K
단면 2	9.202	135.000	7	O.K	0.243	20	0.347	29	O.K
단면 3	41.181	135.000	31	O.K	0.173	14	0.348	29	O.K
단면 4	62.714	135.000	46	O.K	0.976	81	0.924	77	O.K
단면 5	79.327	135.000	59	O.K	1.103	92	1.038	87	O.K
단면 6	11.364	135.000	8	O.K	0.384	32	0.685	57	O.K
단면 7	30.184	135.000	22	O.K	0.396	33	0.621	52	O.K
단면 8	58.737	135.000	44	O.K	0.221	18	0.193	16	O.K
SP 1	20.965	135.000	16	O.K	0.209	17	0.270	23	O.K
SP 2	14.391	135.000	11	O.K	0.201	17	0.316	26	O.K
SP 3	30.643	135.000	23	O.K	0.075	6	0.087	7	O.K
SP 4	48.526	135.000	36	O.K	0.448	37	0.688	57	O.K
SP 5	65.002	135.000	48	O.K	0.702	58	0.684	57	O.K
SP 6	73.393	135.000	54	O.K	0.743	62	0.729	61	O.K
SP 7	57.202	135.000	42	O.K	0.309	26	0.403	34	O.K
SP 8	37.482	135.000	28	O.K	0.167	14	0.242	20	O.K
SP 9	16.722	135.000	12	O.K	0.333	28	0.609	51	O.K
SP 10	17.494	135.000	13	O.K	0.376	31	0.636	53	O.K
SP 11	36.265	135.000	27	O.K	0.292	24	0.448	37	O.K

4.9 단면 요약도

< 거더 1 >



< 거더 2 >



1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
- (1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
- (2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
- (3) 교 량 등 급 : 1 등교
- (4) 교 대 총 폭 : B = 15.915 M
- (5) 교 대 총 높 이 : H = 8.000 M
- (6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
- (7) SKEW : 90.000 °

2) 하 중
- (1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
- (4) 과 재 하 중 : q1 = 10.000 kN/m
- (5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 233.595 kN/m
- (6) 상부 활하중 반력 : Rl = 107.908 kN/m
- (7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.050

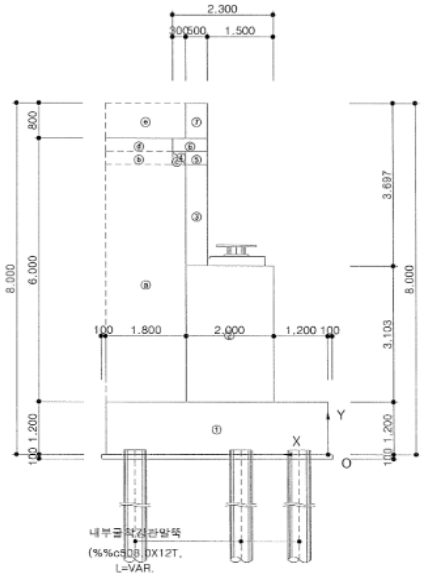
3) 지 반 조 건
- (1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
- (2) 기초지반의 N치 : N = 10.000
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 27.247 ° {Φ2 = 15 + √15N}
- (4) 기초지반의 점착력 : C = 0.000 kN/m²
- (5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.328 ; TAN(δ · Φ2) : 흙과 콘크리트
- (6) 지반 기속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수
  - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
  - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
  - 탄성계수 : Ec = 28000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
  - 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
- (1) 안 전 성 검 토 : 허용응력 설계법
- (2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
- (1) 도로교 설계기준 (2010)
- (2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
- (3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
- (4) 도로설계 편람 (2008)
- (5) 도로설계 요령 (2009)
- (6) 강구조 편람 (1995)
- (7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	계
고정하중	1037.706	1059.796	1620.165	3717.667
활하중	430.467	856.499	430.392	1717.358

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	계
교축방향	154.400	144.400	173.300	472.100
직각방향	165.200	165.300	191.900	522.400

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

1) 말뚝길이 7.0m 적용

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1586	720.957	O.K
	허용인발력(kN/EA)	289.67	-	O.K
	휨응력(MPa)	140	104.853	O.K
	전단응력(MPa)	80	15.705	O.K
	수평변위(mm)	15	5.806	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2379	800.59	O.K
	허용인발력(kN/EA)	434.505	-	O.K
	휨응력(MPa)	210	97.964	O.K
	전단응력(MPa)	120	19.638	O.K
	수평변위(mm)	15	4.091	O.K

2) 말뚝길이 11.5m 적용

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1586	716.126	O.K
	허용인발력(kN/EA)	513.095	-	O.K
	휨응력(MPa)	140	100.89	O.K
	전단응력(MPa)	80	15.705	O.K
	수평변위(mm)	15	5.806	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2379	789.273	O.K
	허용인발력(kN/EA)	769.643	-	O.K
	휨응력(MPa)	210	93.325	O.K
	전단응력(MPa)	120	19.638	O.K
	수평변위(mm)	15	4.091	O.K

■ 단면 휨 설계

1) 말뚝길이 7.0m 적용

단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면지판		1200	150	1212.68	1940.4	321.938	512.482	1.592	O.K
후면지판		1200	100	991.063	1940.4	276.152	537.223	1.945	O.K
벽체 : H=6.800		2000	100	1274.36	1940.4	614.391	933.064	1.519	O.K
흉벽		500	100	2864.72	3096.8	276.814	297.892	1.076	O.K
좌측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	1534.72	2569.6	205.915	341.454	1.65	O.K
	A(T=800 mm)	800	80	2779.89	4053.6	495.897	713.432	1.439	O.K
	화부(T=620	620	80	2386.83	4053.6	317.985	527.371	1.658	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1114.55	1588.8	202.302	286.971	1.419	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	1661.1	2292	299.804	410.961	1.371	O.K

2) 말뚝길이 11.5m 적용

단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면지판		1200	150	1201.64	1940.4	319.033	512.482	1.606	O.K
후면지판		1200	100	972.269	1940.4	270.949	537.223	1.983	O.K
벽체 : H=6.800		2000	100	1283.76	1940.4	618.893	933.064	1.508	O.K
흉벽		500	100	2864.72	3096.8	276.814	297.892	1.076	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	1534.72	2569.6	205.915	341.454	1.65	O.K
	A(T=800 mm)	800	80	2779.89	4053.6	495.897	713.432	1.439	O.K
	화부(T=620	620	80	2386.83	4053.6	317.985	527.371	1.658	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1114.55	1588.8	202.302	286.971	1.419	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	1661.1	2292	299.804	410.961	1.371	O.K

■ 사용성 검토

1) 말뚝길이 7.0m 적용

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
전면지판		104.635	150	125	401.364	O.K
후면지판		76.144	150	125	807.977	O.K
벽체 : H=6.800		100.378	150	125	558.283	O.K
흉벽		122.333	150	125	421.236	O.K
좌측날개벽	D(T=620 mm)	89.802	150	250	701.546	O.K
	A(T=800 mm)	102.365	150	125	600.555	O.K
	화부(T=620	88.276	150	125	713.671	O.K
	B(T=800 mm)	104.232	150	125	575.527	O.K
	C(T=800 mm)	109.086	150	125	545.66	O.K

2) 말뚝길이 11.5m 적용

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
전면지판		103.86	150	125	406.985	O.K
후면지판		75.007	150	125	823.65	O.K
벽체 : H=6.800		100.378	150	125	558.283	O.K
흉벽		122.333	150	125	421.236	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	89.802	150	250	701.546	O.K
	A(T=800 mm)	102.365	150	125	600.555	O.K
	화부(T=620	88.276	150	125	713.671	O.K
	B(T=800 mm)	104.232	150	125	575.527	O.K
	C(T=800 mm)	109.086	150	125	545.66	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : 다주식 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 직접기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ .로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.05

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 50
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 42.386 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 최대 허용지지력 : Qa = 800 kN/m²
5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.6 : tanφb = 0.60, Cb = 0:말과 콘크리트
6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 31879 MPa
기둥: 31879 MPa
기초: 28693 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
기둥(전단철근 400 MPa
기초(전단철근 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

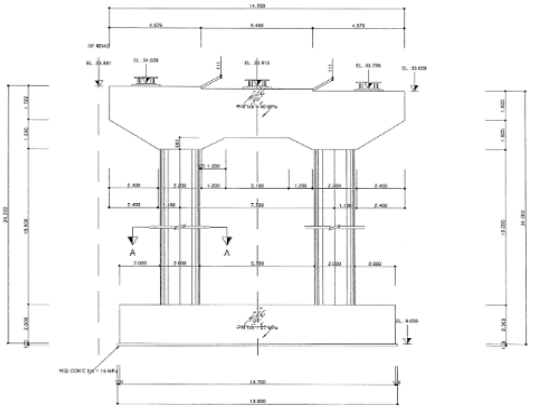
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 (2010)
2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
4) 도로설계 편람 (2008)
5) 도로설계 요령 (2009)
6) 강구조 편람 (1995)
7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	안전율	허용안전율	비 고
교축방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	102575.785	11181.009	9.17	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	18650.143	520.145	35.86	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/	800.000	483.875	1.65	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m	102575.785	18568.100	5.52	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	18650.143	1800.070	10.36	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/	1200.000	530.454	2.26	1.00	O.K
교축직각방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m	212922.462	45166.683	4.71	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	18650.143	1537.022	12.13	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/	800.000	562.537	1.42	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m	212922.462	39768.354	5.35	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	18650.143	3480.194	5.36	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/	1200.000	536.390	2.24	1.00	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.011	19233.224	66815.431	3.474	O.K
	모멘트최대	0.011	12803.399	35336.113	2.760	O.K
	단성설계	0.011	10242.719	33746.741	3.295	O.K
	편심최대	0.011	9730.583	31132.560	3.199	O.K
교축직각방향	축력최대	0.011	19233.224	66815.431	3.474	O.K
	모멘트최대	0.011	8960.145	12429.249	1.387	O.K
	단성설계	0.011	10242.719	14024.824	1.369	O.K
	편심최대	0.011	5887.329	7313.601	1.242	O.K
합성부재력	축력최대	0.011	19233.224	66815.431	3.474	O.K
	모멘트최대	0.011	8960.218	10538.021	1.176	O.K
	단성설계	0.011	10242.719	13830.088	1.350	O.K
	편심최대	0.011	5887.403	6196.205	1.052	O.K
	모멘트최대	0.011	8960.145	12091.326	1.349	O.K
	편심최대	0.011	5887.329	7133.342	1.212	O.K

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.011	22308.939	66815.431	2.995	O.K
	모멘트최대	0.011	15825.962	41529.600	2.624	O.K
	단성설계	0.011	12660.769	41958.011	3.314	O.K
	편심최대	0.011	12027.731	38424.371	3.195	O.K
교축직각방향	축력최대	0.011	22308.939	66815.431	2.995	O.K
	모멘트최대	0.011	20455.887	32050.711	1.567	O.K
	단성설계	0.011	12660.769	20131.679	1.590	O.K
	편심최대	0.011	15084.126	28338.734	1.879	O.K
합성부재력	축력최대	0.011	22308.939	66815.431	2.995	O.K
	모멘트최대	0.011	19669.142	28413.889	1.445	O.K
	단성설계	0.011	12660.769	20272.800	1.601	O.K
	편심최대	0.011	15870.912	24444.122	1.540	O.K
	모멘트최대	0.011	20455.887	31468.578	1.538	O.K
	편심최대	0.011	15084.126	27755.790	1.840	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		길이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	φMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3000.0	100.0	24706.657	30455.500	-	-	1.293	O.K
	우측내민보	3000.0	100.0	28152.565	30455.500	-	-	1.082	O.K
	좌측내민보	2200.0	100.0	467.495	8514.300	333.646	6030.881	18.076	O.K
	우측내민보	2200.0	100.0	503.782	8514.300	359.531	6030.881	16.774	O.K
	내부지간1좌	3222.0	322.0	13664.269	30455.500	12873.836	28228.855	2.193	O.K
	내부지간1우	2511.0	100.0	5634.896	8613.900	4590.284	6993.705	1.524	O.K
	내부지간1우	3000.0	100.0	22490.662	30455.500	21009.187	28228.855	1.344	O.K
	교량받침1	2847.0	100.0	269.193	30455.500	242.896	26644.560	109.696	O.K
	교량받침2	2511.0	100.0	4311.006	8613.900	3517.009	6993.705	1.989	O.K
	교량받침3	2625.0	100.0	262.665	30455.500	217.181	24345.778	112.099	O.K
기초	교축방향	2000.0	100.0	26750.517	37435.100	17126.070	23879.990	1.394	O.K
	교직-지점부	2000.0	100.0	13680.518	19742.100	8753.594	12578.424	1.437	O.K
	교직-중앙부	2000.0	100.0	13271.378	19742.100	8494.240	12578.424	1.481	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
두부보	좌측내민보	76.833	180.000	129.412	811.198	O.K
	우측내민보	109.234	180.000	129.412	507.178	O.K
	좌측내민보수평	19.434	180.000	187.500	3241.678	O.K
	우측내민보수평	20.942	180.000	187.500	3008.287	O.K
	내부지간1좌측지점	101.923	180.000	129.412	558.894	O.K
	내부지간1중앙부	184.365	180.000	129.412	208.392	O.K
	내부지간1우측지점	203.627	180.000	129.412	172.986	O.K
	교량받침1	13.567	180.000	129.412	4643.675	O.K
	교량받침2	156.062	180.000	129.412	285.857	O.K
	교량받침3	20.023	180.000	129.412	3146.324	O.K
기초	교축방향	216.039	180.000	123.423	142.018	O.K
	교직-지점부	184.024	180.000	129.412	205.434	O.K
	교직-중앙부	170.187	180.000	129.412	240.227	O.K

5. 설계대상 교량제원 및 설계상수

5.1 교량형식 : STEEL BOX 교

5.2 해석 대상 교량 총연장 : 58.000 + 70.000 = 128.000 m

5.3 교 폭 : 15.595 m

5.4 교각형식 : π형교각

5.5 교각기초형식 : 직접기초

5.6 내진설계상수
- (1) 내진등급 : 내진 1 등급교
- (2) 지진구역계수 : 0.11
- (3) 위험도계수 : I = 1.4
- (4) 기속도계수 : A = 0.154
- (5) 지반계수 : S = 1.5 (지반종류 2 , 지진격리교량)
- (6) 응답수정계수
- (7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
- (8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
- (9) 받침형식 : EQS 면진받침

5.7 해석방법

(1) 해석방법 선정
시간이력해석법
(2) 모드조합방법 : CQC방법

5.8 해석모델
- (1) 사용프로그램 : SAP 2000
- (2) 모델링 : Frame요소사용
- (3) 질량산정 : 자동질량 입력 및 추가사하중 질량변환

9. 내진해석결과

9.1 받침 지진력 (UNIT:kN)

구 분		R	교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용전단력	판정
			교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	0.8	143.0	3.4	57.6	163.8	200.3	65.7	125.6	206.1	220	OK
	B2	0.8	143.0	3.5	10.3	165.1	182.6	66.3	66.6	207.7	220	OK
	B3	0.8	112.0	2.7	51.2	143.5	159.2	57.2	106.0	180.4	230	OK
P1	B1	1.0	301.5	5.7	38.6	490.5	313.1	152.9	129.1	492.2	615	OK
	B2	1.0	290.3	6.3	11.3	521.6	293.6	162.8	98.3	523.5	615	OK
	B3	1.0	333.3	8.8	33.8	690.3	344.9	215.9	138.7	692.9	820	OK
A2	B1	0.8	112.0	2.6	43.0	163.0	156.1	64.4	95.7	204.7	230	OK
	B2	0.8	112.0	2.9	6.5	163.6	142.4	64.9	50.1	205.5	230	OK
	B3	0.8	168.0	4.2	50.1	244.1	228.8	96.8	125.7	306.7	330	OK

9.2 받침 변위 (UNIT:mm)

구 분		교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용변위	판정
		교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	46.5	0.2	1.2	21.2	46.9	6.6	15.1	21.2	120	OK
	B2	47.0	0.2	0.1	21.3	47.0	6.6	14.2	21.3	120	OK
	B3	47.3	0.2	1.1	21.2	47.6	6.6	15.3	21.2	120	OK
P1	B1	1.3	0.0	0.8	31.5	1.5	9.5	1.2	31.5	90	OK
	B2	1.0	0.0	0.1	31.7	1.1	9.5	0.4	31.7	90	OK
	B3	0.8	0.0	0.7	31.4	1.0	9.4	0.9	31.4	90	OK
A2	B1	46.7	0.2	1.1	33.4	47.0	10.2	15.1	33.4	120	OK
	B2	47.1	0.2	0.1	33.5	47.1	10.2	14.2	33.5	120	OK
	B3	47.3	0.2	1.0	33.3	47.7	10.2	15.3	33.4	120	OK

9.3 교각 코핑부 변위 (UNIT:mm)

구 분	교축방향		교직방향		COM1		COM2		비고
	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	46.5	0.0	0.1	31.8	46.5	9.6	14.1	31.8	

9.4 교각하단 단면력 (Unit : Kn.m)

부 구		교축방향						교직방향					
		교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직모멘트
P1	L	432.36	7.90	7697.98	34.73	22.65	1229.76	394.03	8.62	1719.01	20.02	22.05	1028.36
	R	464.01	7.60	7942.37	34.26	20.13	1241.04	392.31	7.61	1690.93	25.50	20.46	1024.93

9.5 교각하단 하중조합 (Unit : Kn.m)

부 구		Combo1						Combo2					
		교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직모멘트
P1	L	439	377	7,749	3,613	152	1,232	401	317	1,757	3,116	140	1,031
	R	470	380	7,994	3,625	159	1,243	398	315	1,640	3,133	138	1,027

9.6 교각상단 단면력 (Unit : Kn.m)

부 구		교축방향						교직방향					
		교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직모멘트
P1	L	394.03	8.62	1719.01	20.02	22.05	1028.36	394.03	8.62	1719.01	20.02	22.05	1028.36
	R	392.31	7.61	1690.93	25.50	20.46	1024.93	392.31	7.61	1690.93	25.50	20.46	1024.93

9.7 교각상단 하중조합 (Unit : Kn.m)

부 구		Combo1						Combo2					
		교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직모멘트
P1	L	401	317	1,757	3,116	140	1,031	401	317	1,757	3,116	140	1,031
	R	398	315	1,640	3,133	138	1,027	398	315	1,640	3,133	138	1,027

6.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 6.2.1】 서문4교(서울방향) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	상태 양호	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	상태 양호	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	상태 양호	양호

6.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

6.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

6.2.5 시설물 보수 이력

【표 6.2.2】 서문4교(문산방향) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

6.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 6.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y		
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

6.3 현장조사

6.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

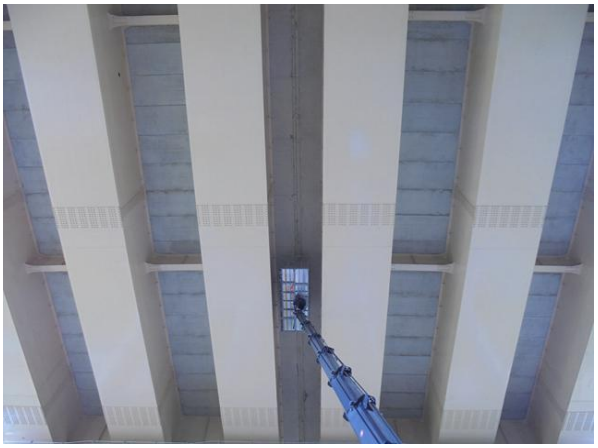
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



작업전경



비파괴시험

【사진 6.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

6.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문4교(문산방향)는 총 2경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=128.0m 폭 15.9m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차로 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 6.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 6.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
합계	-	-

	
바닥판 하면 상태양호	바닥판 하면 상태양호
	
바닥판 하면 상태양호	바닥판 하면 상태양호

【사진 6.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Box는 3열로 시공되었으며, 도보 및 고소작업차로 현장조사를 실시하였다

	
거더외부 전경	거더내부 전경

【사진 6.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 것으로 조사되었다.

【표 6.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-

【표 6.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 내부	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-

	
거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
	
거더내부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 6.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 STEEL로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경

【사진 6.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 6.3.4】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 6.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 서문4교(문산방향) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 A1 강관말뚝기초, A2 직접기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 6.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 실란트 파손, 콘크리트 파손, 체수 등의 손상이 확인 되었다.

【표 6.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	실란트파손 (m/개소)		파손 (㎡/개소)		체수 (㎡/개소)	
A1	6.00	1	0.04	1	-	-
A2	-	-	-	-	4.00	1
합계	6.00	1	0.04	1	4.00	1

	
A1 실란트 파손(6.0m) – 금회	A1 실란트 파손(6.0m) – 22년 상반기
	
A1 파손(0.2m×0.2m)	A2 체수(2.0m×2.0)

【사진 6.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 체수가 확인되었고, 손상부는 신축이음과 연계한 보수가 필요한 상태이다. 파손의 경우 시공중 외부충격에 의해 발생한 파손의 경우 단면보수가 필요하며, 공용중 열화에 의한 실란트 파손은 충진이 필요한 상태이다, 교대는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생여부에 대한 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 서문4교(문산방향)의 교각은 π형으로 구성되어 있으며, 직접기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보조사를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
교각 전경	교대 전경(A2)

【사진 6.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 6.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
합계	-	-

	
교각 상태양호	교각 상태양호
	
교각 상태양호	교각 상태양호 - 22년 상반기

【사진 6.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

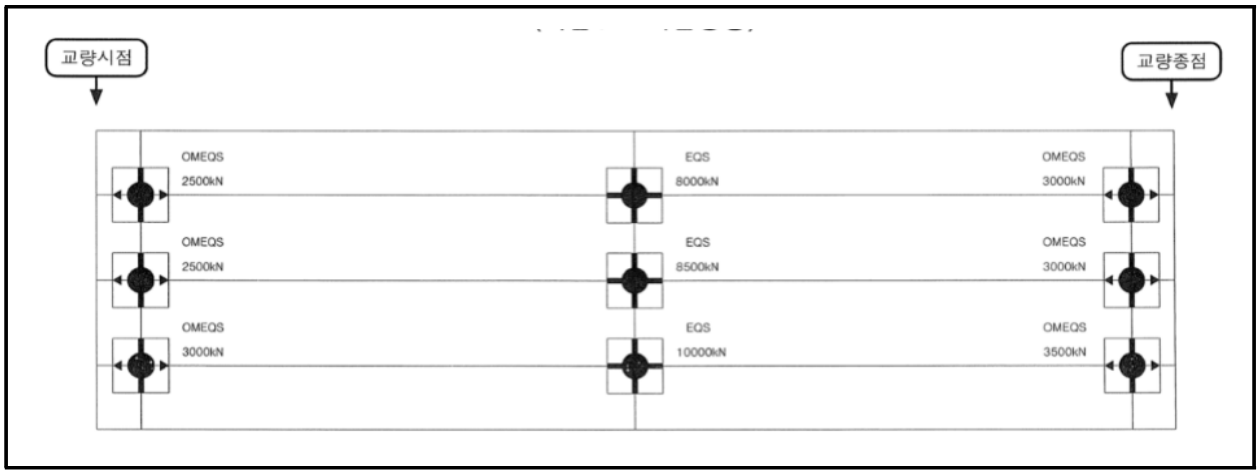
4) 검토의견

■ 교각은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 서문4교(문산방향)의 받침은 면진받침(EQS)으로 총 9기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 6.3.1】 교량받침 배치도



EQS 받침장치 전경



OMEQS 받침장치 전경



OMEQS 받침장치 전경

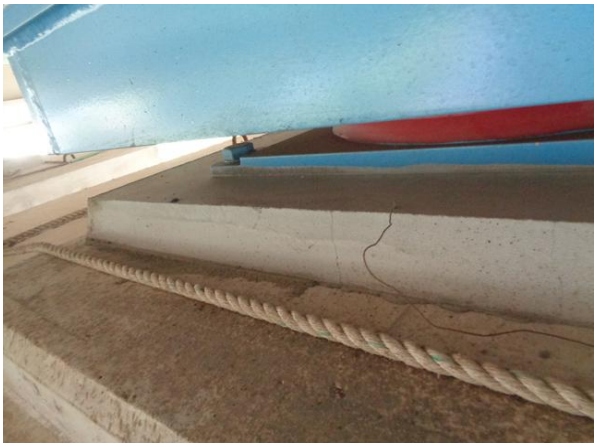
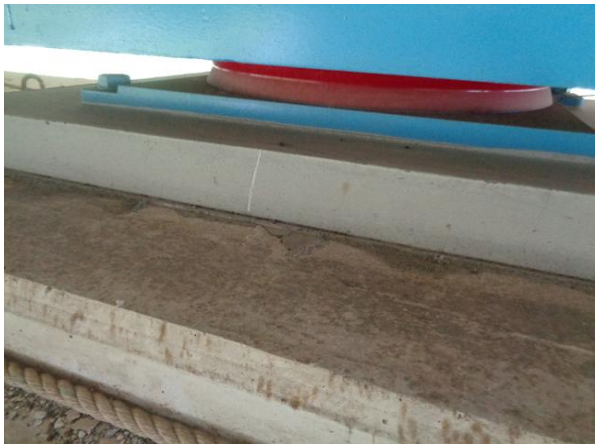
【사진 6.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 받침몰탈 균열, 받침 콘크리트 파손이 확인되었다.

【표 6.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 균열 (m/개소)		받침콘크리트 파손 (㎡/개소)	
A1	-	-	0.06	1
P1	4.80	24	-	-
A2	-	-	-	-
합계	4.80	24	0.06	1

	
A1-Sh3 받침몰탈 파손(0.1m×0.3m×2EA)	P1-Sh1 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×8EA)
	
P1-Sh2 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×8EA)	P1-Sh3 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×8EA)

【사진 6.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

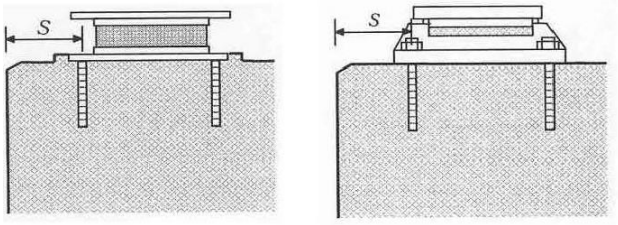
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 받침본체에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 추정되며, 받침본체에서 발생된 받침콘크리트 파손의 경우, 시공시 외부충격 및 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 파손으로 추정된다. 손상부는 하자보수 등의 유지관리가 필요하며, 받침의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 6.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

【사진 6.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : 200+5×70.0 = 550(㎜)
- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×58.0 = 490(㎜)

【표 6.3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)			검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	
A1		490	630	630	630	O.K
P1	A1측	490	740	740	740	O.K
	A2측	550	740	740	740	O.K
A2		550	610	610	610	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 6.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 6.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	30.5	29.5	0.000012	58.0	21.2	20.5	
P1	고정단						
A2	30.5	29.5	0.000012	70.0	25.6	24.8	
1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 6.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	+40	160	80	21.2	20.5	±120	O.K
	SH2	+20	140	100			±120	O.K
	SH3	+20	140	100			±120	O.K
P1	고정단							
A2	SH1	+55	175	65	25.6	24.8	±120	O.K
	SH2	+60	180	60			±120	O.K
	SH3	+75	195	45			±120	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2에 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

【사진 6.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 들뜸 및 본체 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.

【표 6.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 들뜸 (㎡/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	0.05	1	3.00	3
A2 (EXP J2)	-	-	2.00	2
합계	0.05	1	5.00	5

	
A1 후타재 들뜸(0.5m×0.1m)	A1 하부 누수 (1.0m×3EA)
	-
A2 하부 누수 (1.0m×2EA)	-

【사진 6.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 들뜸의 경우, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나 하자 보수 만료전 표면처리 등의 조치가 필요할 것으로 판단되며, 하부 누수의 경우 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다. 신축이음은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 19. 기온 적용: 10.5℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−10.5℃ = 29.5℃
△T(수축시) : −20.0℃−(10.5℃) = 30.5℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 6.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 6.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	30.5	29.5	0.000012	58.0	21.2	20.5	55.0	70.0	125.0	
A2	30.5	29.5	0.000012	70.0	25.6	24.8	50.0	70.0	115.0	
1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 6.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	21.2	20.5	55.0	150	73.8	34.5	O.K
	바닥판			70.0	-	-	49.5	O.K
	거더			125.0	-	-	104.5	O.K
A2	신축이음	.25.6	24.8	50.0	150	74.4	25.2	O.K
	바닥판			70.0	-	-	45.2	O.K
	거더			115.0	-	-	90.2	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 서문4교(문산방향)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.

	
교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

【사진 6.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 포장 접속부 망상균열이 조사되었다.

【표 6.3.14】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속부 망상균열 (㎡/개소)	
S1	16.00	1
S2	-	-
합계	16.00	1

	
S1 접속부 포장 망상균열(4.0m×4.0m)	S1 접속부 포장 망상균열(4.0m×4.0m)
	-
S1 접속부 포장 망상균열(4.0m×4.0m)	-

【사진 6.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장은 접속부 망상균열이 조사되었고, 손상부는 건조수축, 다짐불량, 중차량 통행 등에 의한 복합적인 손상이며, 갓길 주행에 문제는 없으나, 부재의 사용성 확보차원의 단면보수가 필요할 것으로 사료된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문4교(문산방향)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 6.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 6.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태 양호 – 금회	배수구 상태 양호 - 22년 상반기
	
배수관 상태 양호 – 금회	배수구 상태 양호 - 22년 상반기

【사진 6.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

	
방호벽 전경	중분대 전경

【사진 6.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 6.3.16】 난간 및 연석 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
합계	-	-

	
방호벽 상태양호 – 금회	방호벽 상태양호 - 22년 상반기
	
중분대 상태양호 – 금회	중분대 상태양호 - 22년 상반기

【사진 6.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 서문4교(문산방향)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1, A2에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전면에 설치되어 있다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

【사진 6.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 및 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 6.3.17】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 6.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

6.3.3 현장조사 총괄표

【표 6.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	
거더	외부	상태양호	-	-	-	
	내부	상태양호	-	-	-	
가로보		상태양호	-	-	-	
교대		실란트 파손	m	6.00	1	
		파손	㎡	0.04	1	
		체수	㎡	4.00	1	
교각		상태양호	-	-	-	
교량받침		받침몰탈 균열	m	4.80	24	
		받침콘크리트 파손	㎡	0.06	1	
신축이음		후타재 들뜸	㎡	0.05	1	
		하부 누수	m	5.00	5	
교면포장		접속부 망상균열	㎡	16.00	1	
배수시설		상태양호	-	-	-	
방호벽		상태양호	-	-	-	
점검시설		상태양호	-	-	-	

6.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

6.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

6.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 6.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	3	3	3	3	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	1	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



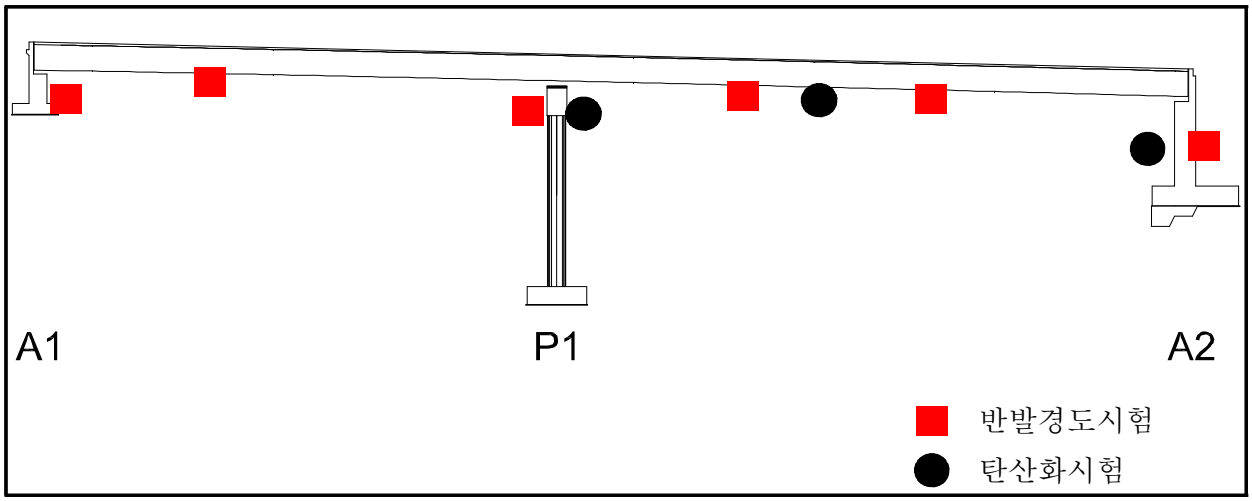
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 6.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 6.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

6.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 6개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 6.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	바닥판	46.3	27.3	28.8	0.67	27.0	
	S2	바닥판	46.2	27.2	28.7			
	S2	바닥판	46.5	27.5	28.9			

【표 6.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	교대	43.9	25.3	27.6	0.67	24.0	
	A2	교대	43.7	25.2	27.5			

【표 6.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	교각	51.2	43.7	53.0	0.67	40.0	

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~28.9MPa, 하부구조(교대) 25.2~27.6 MPa, 하부구조(교각) 43.7~53.0MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각:40.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 6.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.2~28.9	27.0	100.7 ~ 107.0
하부구조	교대	25.2~27.6	24.0	105.0 ~ 115.0
	교각	43.7~53.0	40.0	109.3 ~ 132.5

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 6.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S2 바닥판	3.0	40.0	37.0	2.12	100년이상	a
하부구조	A2 흉벽	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	P1 코핑부	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 6.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	3.0	37.0	
하부구조	2.0~3.0	97.0~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 6.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.2~27.6	24.0	
		교각	43.7~53.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

6.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

6.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 6.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	a	a	a	a	a	a	c	b	b	q	-	-
S2	P1	STB	a	a	a	a	a	a	-	b	a	q	a	a
	A2								c	a	b	q	-	a
평균			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.400	0.167	0.167	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.036	0.015	0.033	-	0.004	0.003
													0.146	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.146) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 6.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문4교(문산방향)	0.146	B	128	3	384	1.000	0.146
합계(Σ)			128	3	384	1	0.146
1. 평가지수 =							0.146
2. 상태평가결과 =							B

6.5.2 기 점검 결과와의 비교

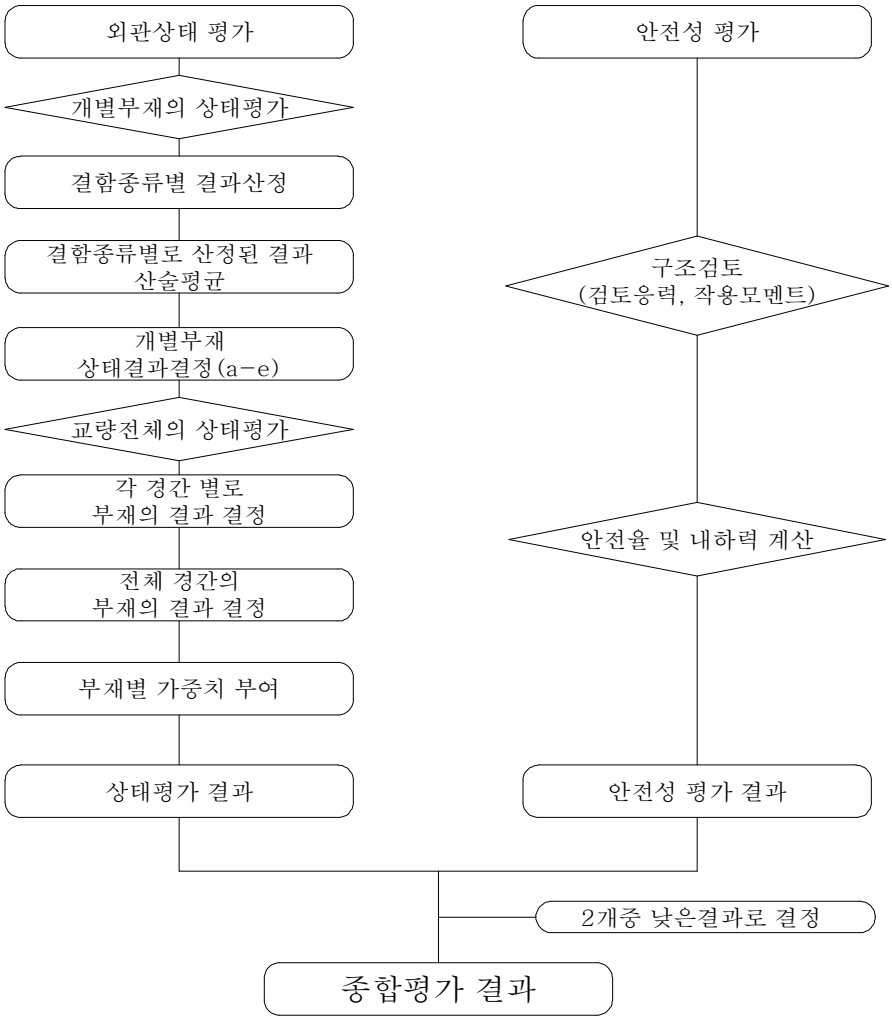
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

6.6 종합평가 및 안전등급 지정

6.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 6.6.1】 종합평가 결과 산정절차

6.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 6.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문4교(문산방향)	0.146	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

6.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 6.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

6.7 보수·보강 및 유지관리방안

6.7.1 보수·보강 방안

【표 6.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	-	-
거더	외부	상태양호	-	-	-	-	-
	내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		실란트 파손	m	6.00	1	실란트충전	하자
		파손	㎡	0.04	1	단면보수	하자
		체수	㎡	4.00	1	주의관찰	하자
교각		상태양호	-	-	-	-	-
교량받침		받침몰탈 균열	m	4.80	24	표면처리	하자
		받침콘크리트 파손	㎡	0.06	1	단면보수	하자
신축이음		후타재 들뜸	㎡	0.05	1	단면보수	하자
		하부 누수	m	5.00	5	교체	하자
교면포장		접속부 망상균열	㎡	16.00	1	아스콘팻칭	하자
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
방호벽		상태양호	-	-	-	-	-
점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

6.7.2 개략공사비

【표 6.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교대	실란트 파손	실란트충전	6.00	9.00	m	-	-	하자
	파손	단면보수	0.04	0.06	㎡	-	-	하자
	체수	주의관찰	4.00	6.00	㎡	-	-	하자
교량받침	받침몰탈 균열	표면처리	4.80	1.80	m	-	-	하자
	받침콘크리트 파손	단면보수	0.06	0.09	㎡	-	-	하자
신축이음	후타재 들뜸	단면보수	0.05	0.08	㎡	-	-	하자
	하부 누수	교체	5.00	7.50	m	-	-	하자
교면포장	접속부 망상균열	아스콘팻칭	16.00	24.00	㎡	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

6.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 6.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

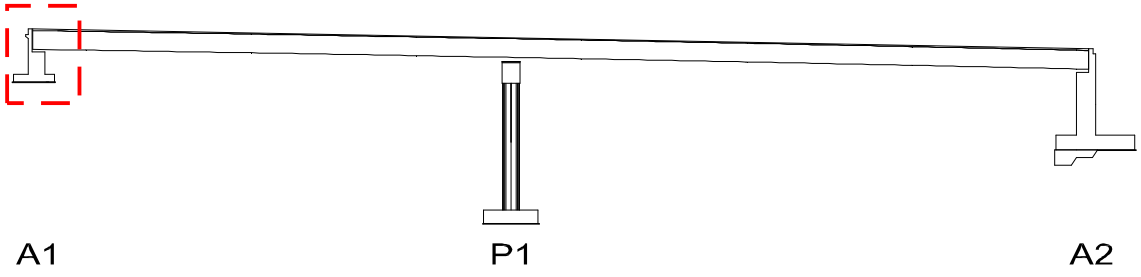
◎ 부재별 중점점검 손상





–

① 하부구조 파손 및 실란트 파손 – 진전 여부확인



6.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4에 위치한 교량으로 총 연장 128.0m, 폭 15.9m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

6.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 체수가 확인되었고, 손상부는 신축이음과 연계한 보수가 필요한 상태이다. 파손의 경우 시공중 외부충격에 의해 발생한 파손의 경우 단면보수가 필요하며, 공용중 열화에 의한 실란트 파손은 충진이 필요한 상태이다, 교대는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생여부에 대한 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

5) 교각

- 교각은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

6) 교량받침

- 받침본체에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 추정되며, 받침본체에서 발생된 받침콘크리트 파손의 경우, 시공시 외부충격 및 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 파손으로 추정된다. 손상부는 하자보수 등의 유지관리가 필요하며, 받침의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 들뜸의 경우, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나 하자 보수 만료전 표면처리 등의 조치가 필요할 것으로 판단되며, 하부 누수의 경우 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다. 신축이음은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

8) 교면포장

- 교면포장은 접속부 망상균열이 조사되었고, 손상부는 건조수축, 다짐불량, 중차량 통행 등에 의한 복합적인 손상이며, 갓길 주행에 문제는 없으나, 부재의 사용성 확보차원의 단면보수가 필요할 것으로 사료된다.

9) 배수시설

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~28.9㎫, 하부구조(교대) 25.2~27.6㎫, 하부구조(교각) 43.7~53.0㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 서문4교(문산방향)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문4교(문산방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

6.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

6.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

7. 서문5교(서울방향)

7.1 시설물 개요
7.2 자료수집 및 분석
7.3 현장조사
7.4 콘크리트 내구성조사
7.5 상태평가
7.6 종합평가 및 안전등급 지정
7.7 보수·보강 및 유지관리 방안
7.8 종합결론

7. 서문5교(서울방향)

7.1 시설물의 개요

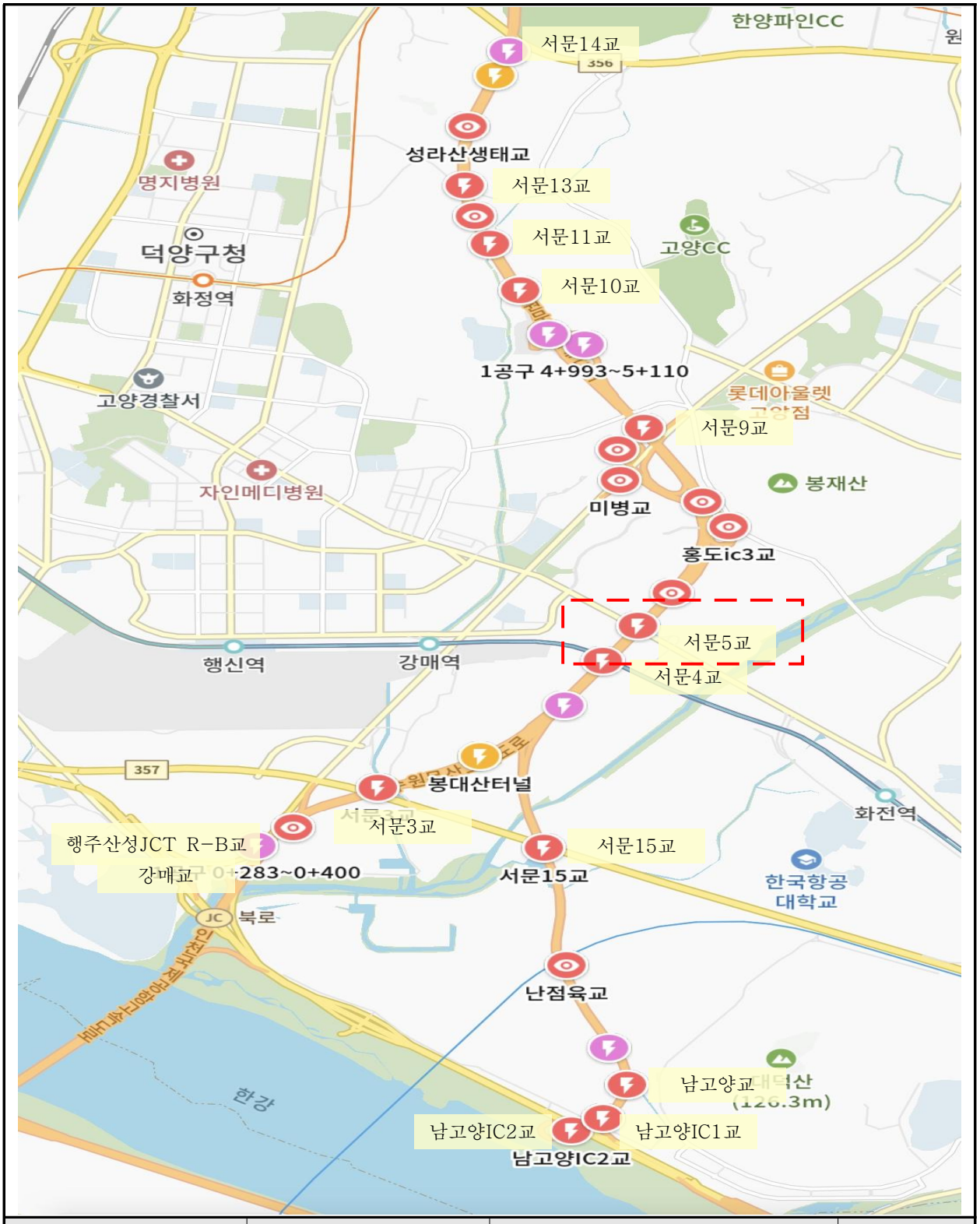
본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 중앙로 341-25(도내동)에 위치한 교량으로 총 연장 135.0m, 폭 19.5m로 시공되어 있다.

7.1.1 일반사항

【표 7.1.1】 서문5교(서울방향) 일반사항

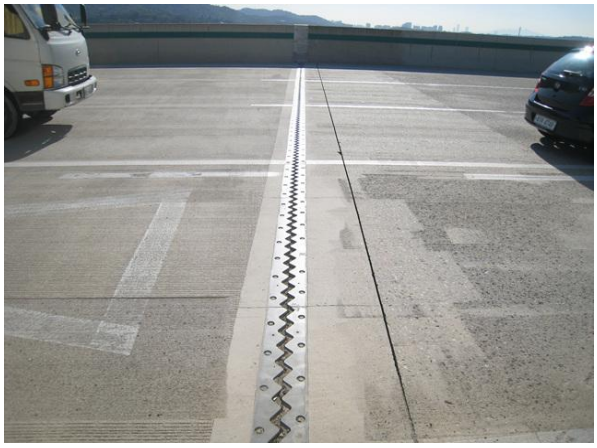
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000230</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td>경기도 고양시 덕양구 중앙로
341-25 (도내동)</td><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td></tr>
<tr><td colspan="2">시점이정</td><td>본선구간 0.480km</td><td colspan="2">노 선 명</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=135.0m (3@45=135.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=19.5m, 4차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>BICON거더교</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교 대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: π형</td><td>교 각</td><td>복합말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>승전로</td><td colspan="2">통과높이</td><td>12.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td>지에스건설㈜</td><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td></tr>
<tr><td colspan="2">시 공 자</td><td>㈜동일기술공사</td><td colspan="2">관리주체</td><td>㈜다산컨설턴트</td></tr>
<tr><td colspan="2">감 리 자</td><td>㈜동일기술공사</td><td colspan="2">관리주체</td><td>서울문산고속도로주식회사</td></tr>
<tr><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">측면 전경</td><td colspan="3">상부 전경</td></tr>
</table>

7.1.2 위치도 및 전경사진



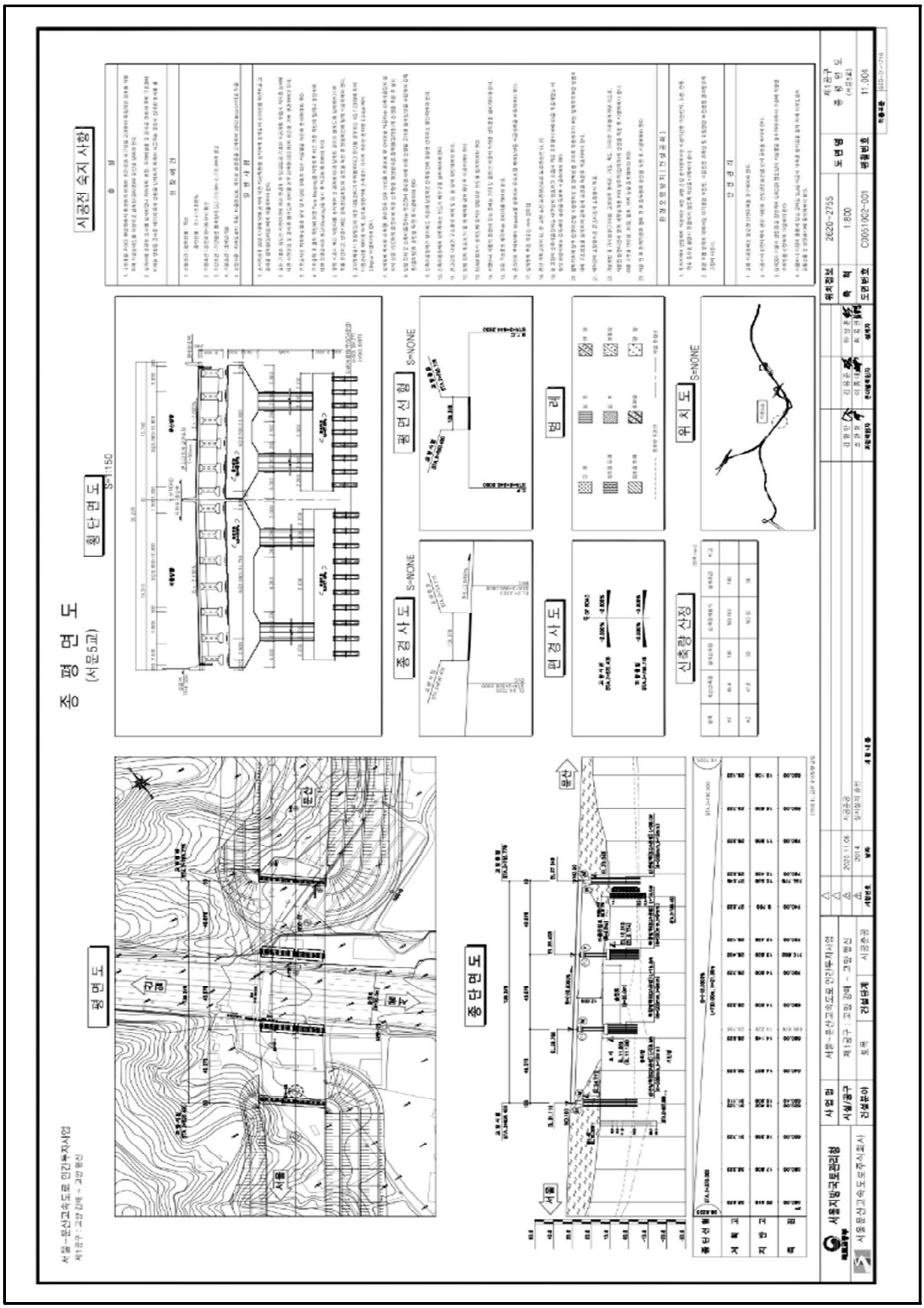
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S3	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 7.1.1】 위치도

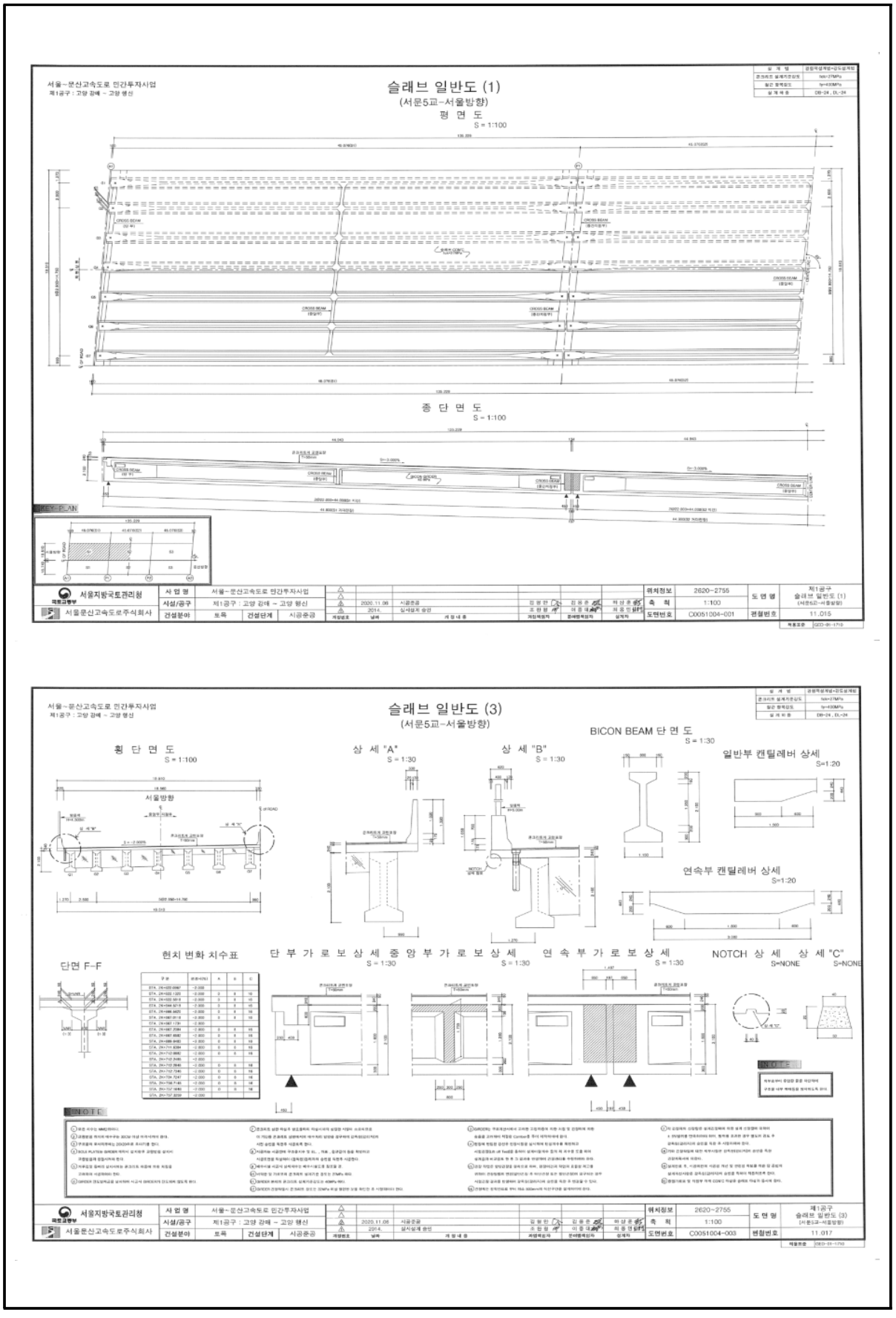
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 7.1.2】 부재별 현황

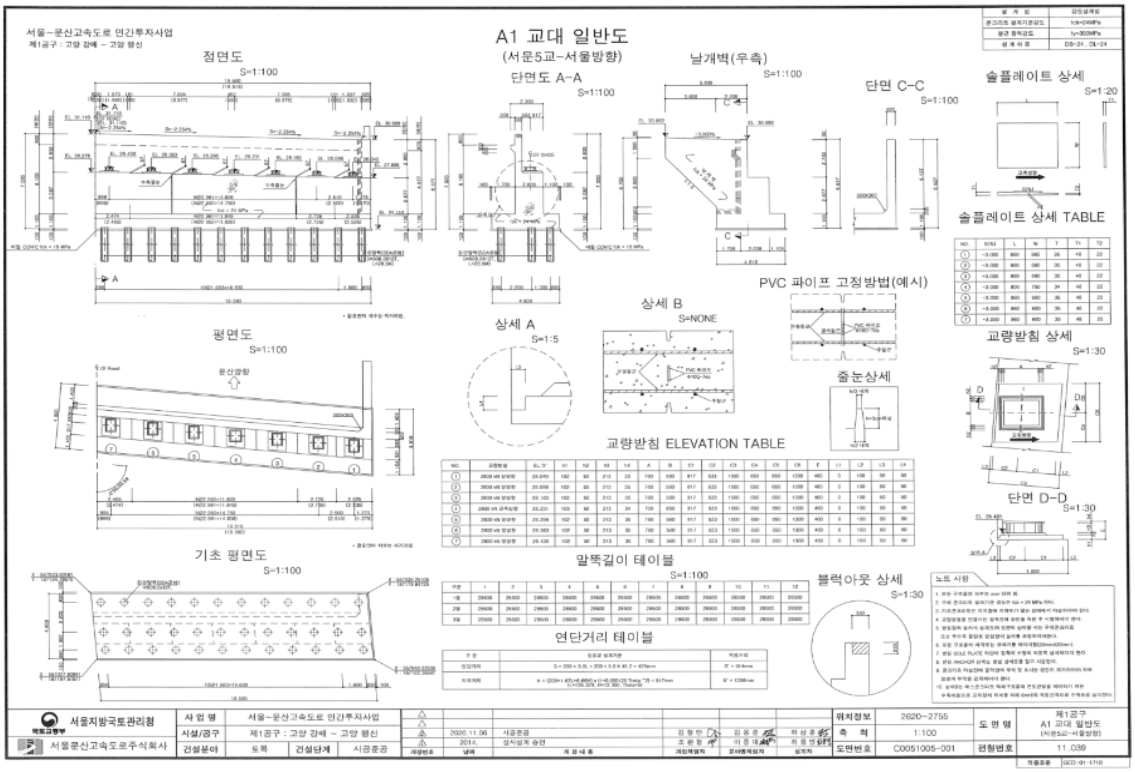
7.1.3 시설물 일반도

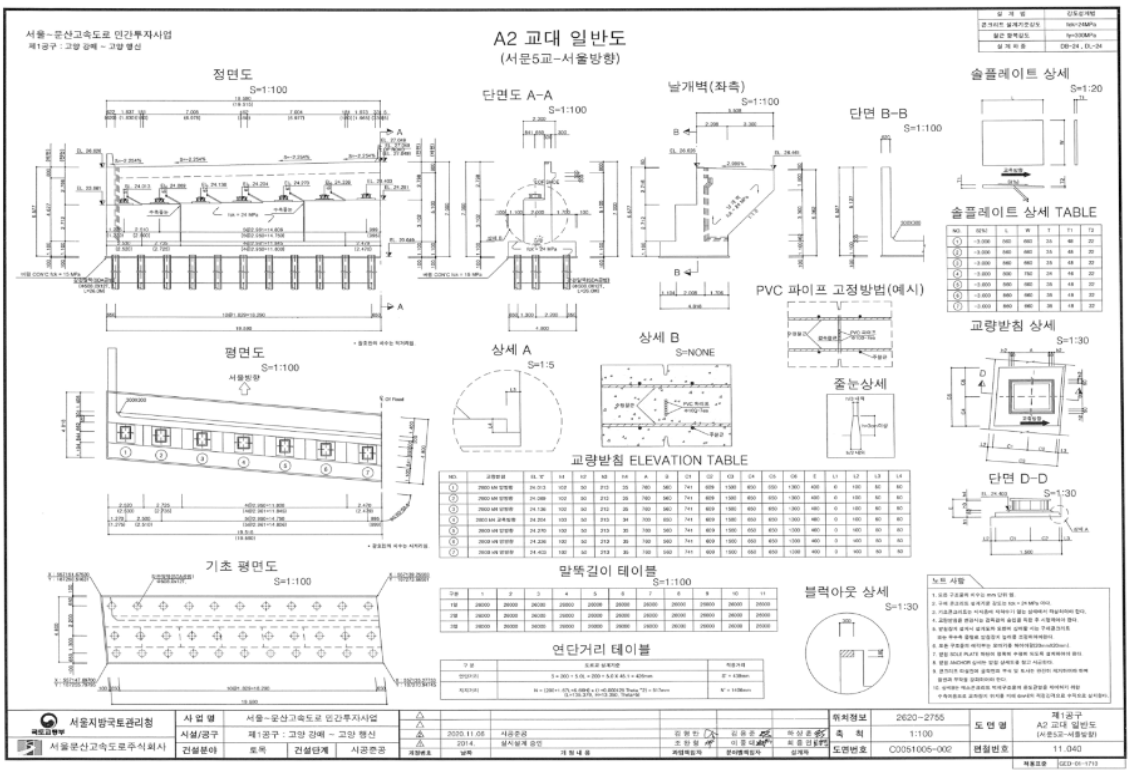


【그림 7.1.3】 평면 및 종단면도

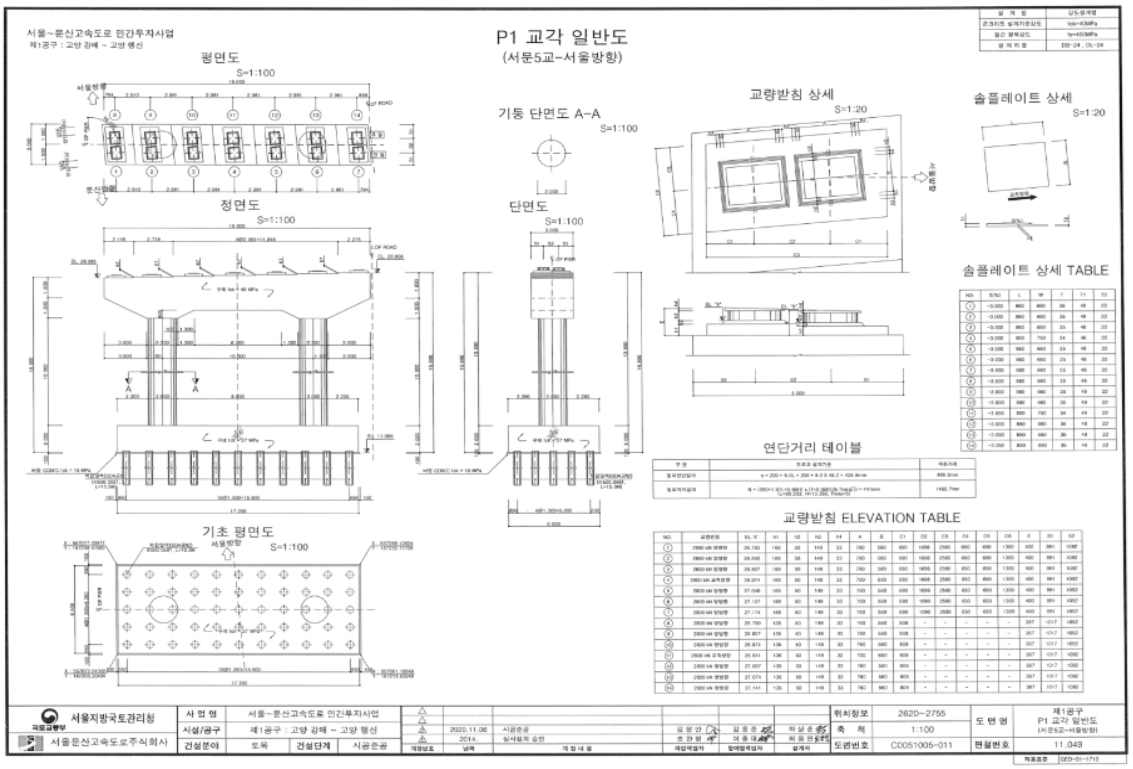


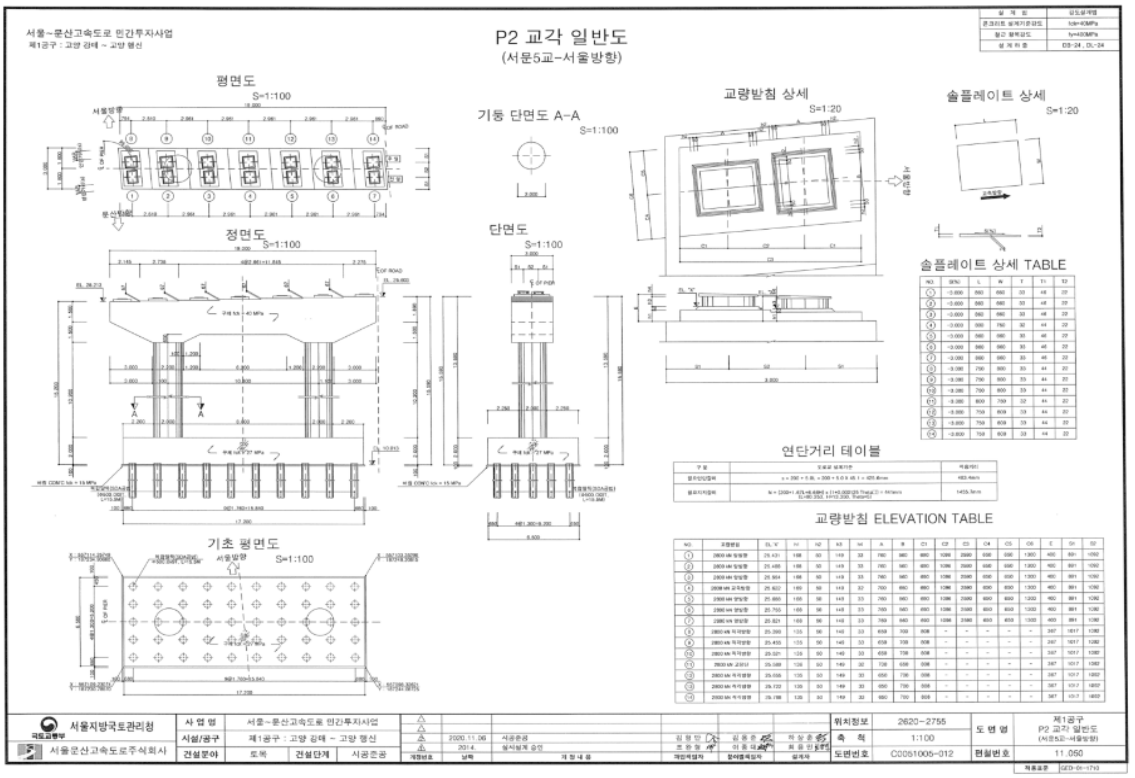
【그림 7.1.4】 바닥판하면 일반도


A1 교대 일반도
(서문5교-서울방향)
정면도
S=1:100
단면도 A-A
S=1:100
날개벽(우측)
S=1:100
단면 C-C
S=1:100
슬플레이트 상세
S=1:20
슬플레이트 상세 TABLE
PVC 파이프 고정방법(예시)
상세 A
S=1:5
상세 B
S=NONE
줄눈상세
교량받침 상세
S=1:30
평면도
S=1:100
교량받침 ELEVATION TABLE
단면 D-D
S=1:30
기초 평면도
S=1:100
말뚝길이 테이블
S=1:100
블럭아웃 상세
S=1:30
연단거리 테이블
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울-문산고속도로 민간투자사업
사설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
2020.11.06 사공준공
2014. 설시설계 승인
위치정보 2620-2755
축 척 1:100
도면번호 C0051005-001
도 면 명 제1공구 A1 교대 일반도 (서문5교-서울방향)
편철번호 11.039

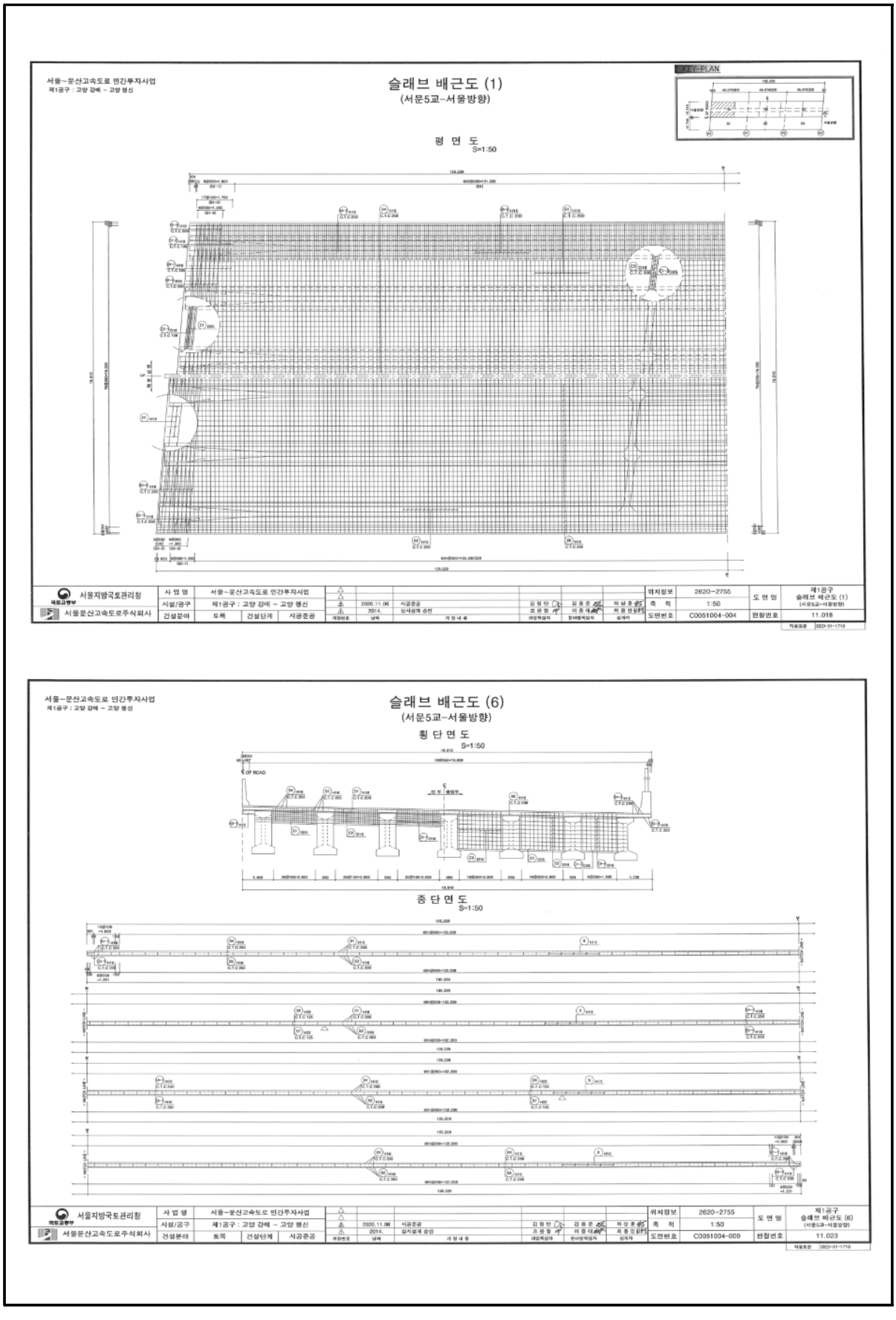

A2 교대 일반도
(서문5교-서울방향)
정면도
S=1:100
단면도 A-A
S=1:100
날개벽(좌측)
S=1:100
단면 B-B
S=1:100
슬플레이트 상세
S=1:20
슬플레이트 상세 TABLE
PVC 파이프 고정방법(예시)
상세 A
S=1:5
상세 B
S=NONE
줄눈상세
교량받침 상세
S=1:30
평면도
S=1:100
교량받침 ELEVATION TABLE
단면 D-D
S=1:30
기초 평면도
S=1:100
말뚝길이 테이블
S=1:100
블럭아웃 상세
S=1:30
연단거리 테이블
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울-문산고속도로 민간투자사업
사설/공구 제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
2020.11.06 사공준공
2014. 설시설계 승인
위치정보 2620-2755
축 척 1:100
도면번호 C0051005-002
도 면 명 제1공구 A2 교대 일반도 (서문5교-서울방향)
편철번호 11.040

【그림 7.1.5】 교대 일반도

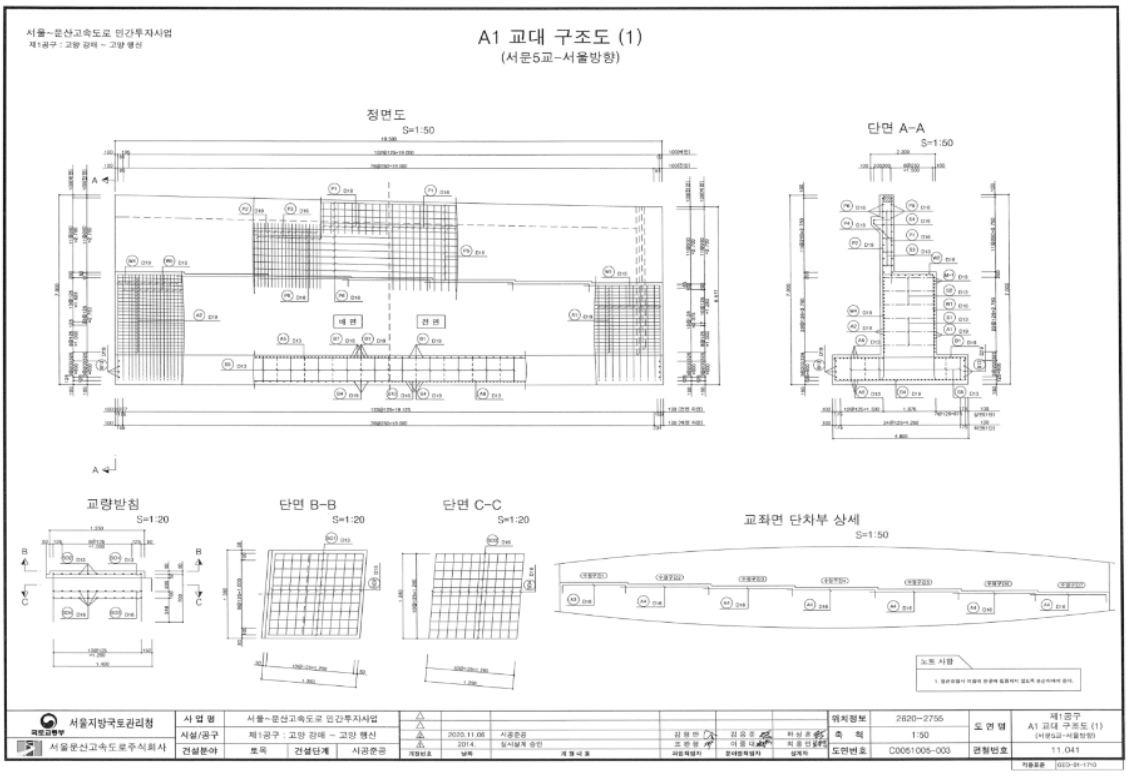

P1 교각 일반도
(서문5교-서울방향)
평면도
정면도
단면도
기초 평면도
교량받침 상세
솔플레이트 상세
연단거리 테이블
교량받침 ELEVATION TABLE
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사

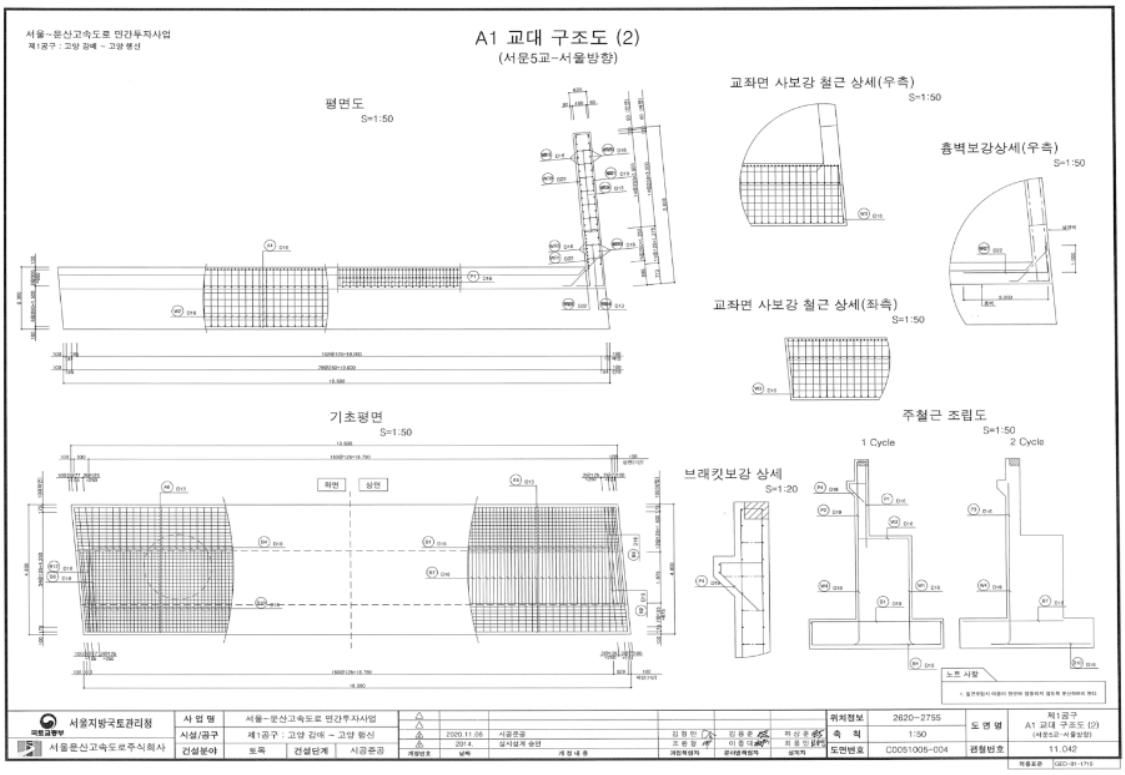

P2 교각 일반도
(서문5교-서울방향)
평면도
정면도
단면도
기초 평면도
교량받침 상세
솔플레이트 상세
연단거리 테이블
교량받침 ELEVATION TABLE
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사

【그림 7.1.6】 교각 일반도

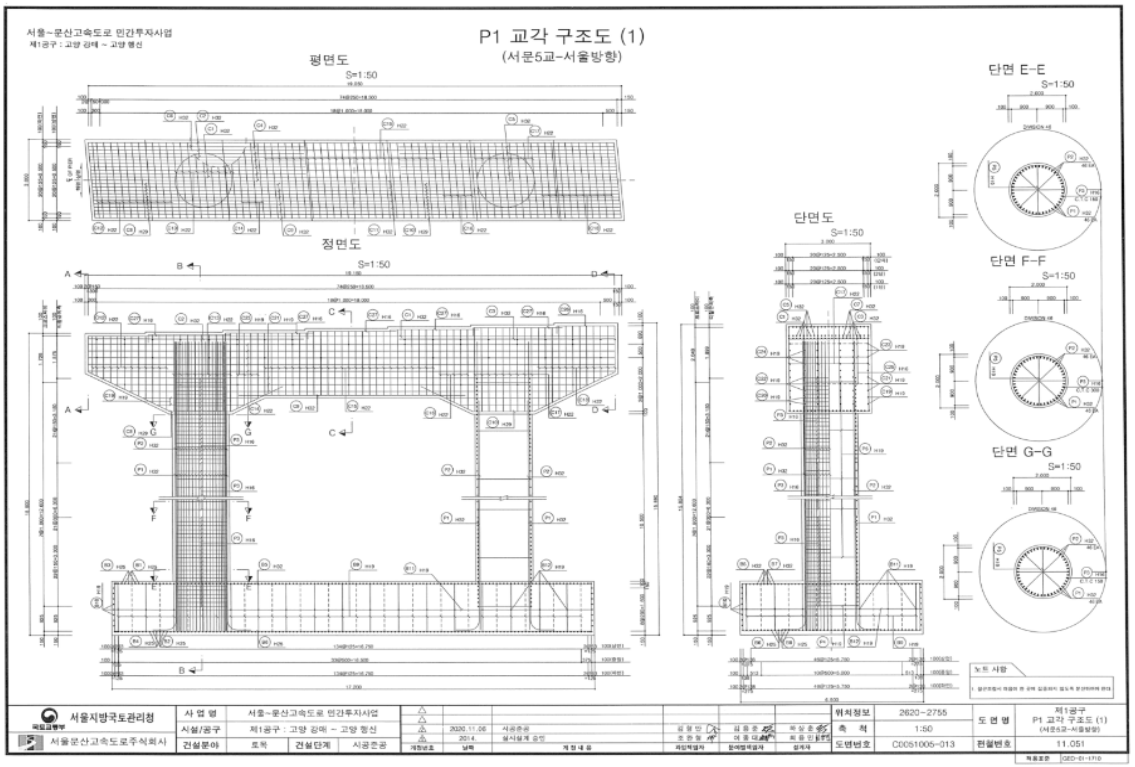


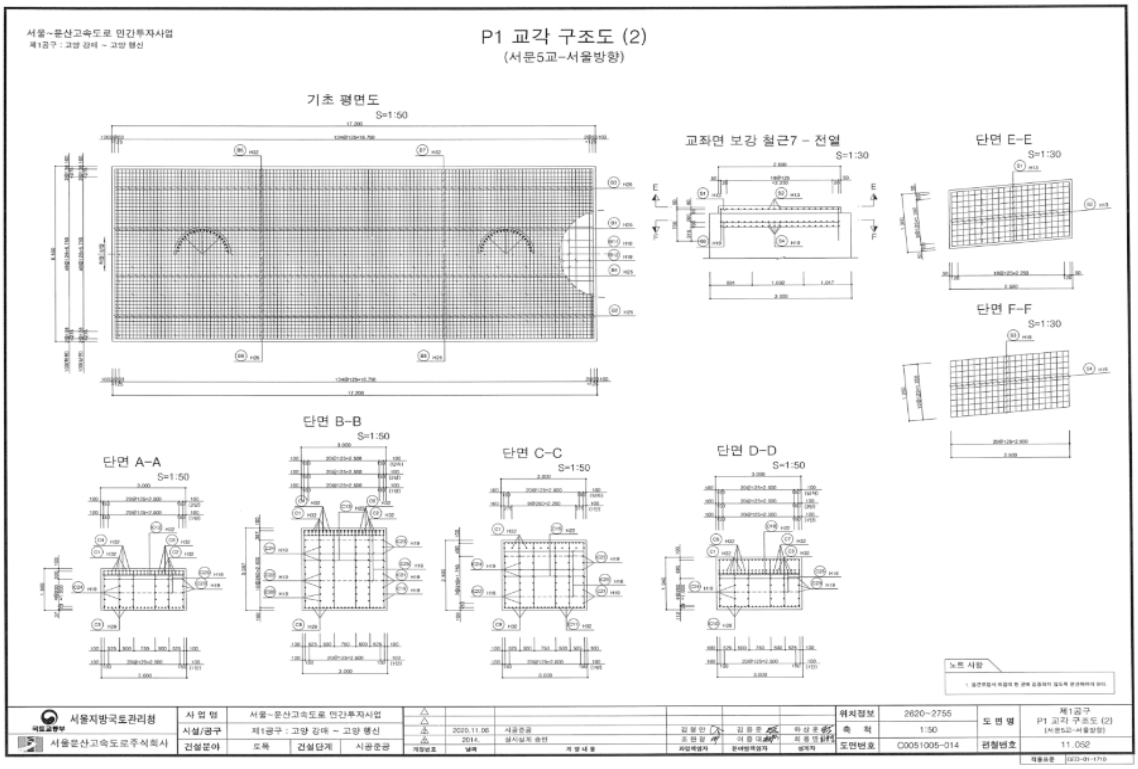
【그림 7.1.7】 바닥판하면 배근도


A1 교대 구조도 (1)
(서문5교-서울방향)
정면도
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
교량받침
S=1:20
단면 B-B
S=1:20
단면 C-C
S=1:20
교좌면 단차부 상세
S=1:50
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
2820-2755
1:50
C0051005-003
11.041


A1 교대 구조도 (2)
(서문5교-서울방향)
평면도
S=1:50
교좌면 사보강 철근 상세(우측)
S=1:50
흉벽보강상세(우측)
S=1:50
교좌면 사보강 철근 상세(좌측)
S=1:50
기초평면
S=1:50
주철근 조립도
S=1:50
1 Cycle
2 Cycle
브래킷보강 상세
S=1:20
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
2820-2755
1:50
C0051005-004
11.042

【그림 7.1.8】 교대 구조도


서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
P1 교각 구조도 (1)
(서문5교-서울방향)
평면도
S=1:50
정면도
S=1:50
단면도
S=1:50
단면 E-E
S=1:50
단면 F-F
S=1:50
단면 G-G
S=1:50
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야
도목
건설단계
시공준공
2020.11.06
시공준공
2014.
설시설계 승인
위치정보
2620~2755
축 척
1:50
도면번호
C0051005-013
도 면 명
제1공구
P1 교각 구조도 (1)
(서문5교-서울방향)
관리번호
11.051


서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
P1 교각 구조도 (2)
(서문5교-서울방향)
기초 평면도
S=1:50
교좌면 보강 철근7 - 전열
S=1:30
단면 E-E
S=1:30
단면 F-F
S=1:30
단면 B-B
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
단면 C-C
S=1:50
단면 D-D
S=1:50
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야
도목
건설단계
시공준공
2020.11.06
시공준공
2014.
설시설계 승인
위치정보
2620~2755
축 척
1:50
도면번호
C0051005-014
도 면 명
제1공구
P1 교각 구조도 (2)
(서문5교-서울방향)
관리번호
11.052

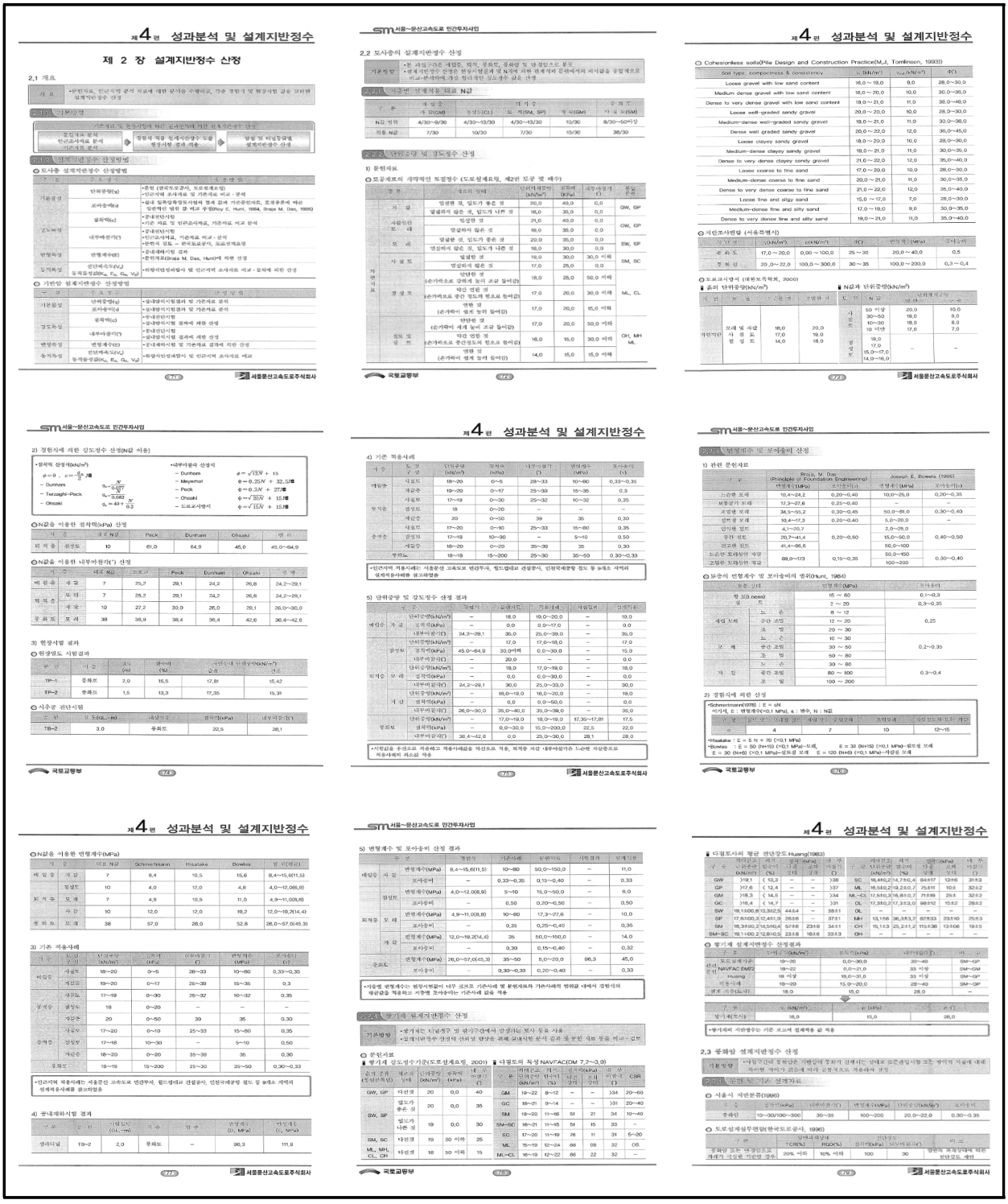
【그림 7.1.9】 교각 구조도

7.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

7.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



서문5교(서울방향)- 13

○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	–
	2001	20	30	35	–
	2003	19,5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범위		19,5~21	10~30	30~36	–

○ 기존 적용사례

구분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0,30~0,31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공번	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31,1	31,4	156,1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	–	19,5~22,0	20,0~22,0	–	20,0
포아송비(v)	–	0,20~0,45	0,30~0,31	–	0,30

○ 전단강도 및 변형계수

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험결과	설계적용
점착력(kPa)	–	10,0~300	20~50	31,1	30,0
내부마찰각(°)	〉39,5	30,0~36,0	30~33	31,4	31,0
변형계수(MPa)	–	200	50,0~350,0	156,1	150,0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 선정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암석종류(강도)	암반과쇄상태 (NX 규격 시추조사시) T.C.R(%)	R.Q.D(%)	암반의 강도정수 φ(°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~30%	10~25%	33°	130
	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반명	단위중량 γ_t (kN/m³)	내부마찰각 φ(°)	변형계수 E_s (MPa)	포아송비 ν
연암	23~25	30~40	200~400	0,25~0,30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0,25
경암	25~27	35~45	1,000~4,000	0,20

2) 기존 적용사례

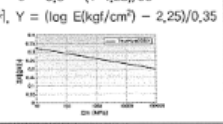
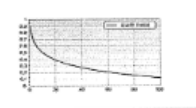
구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	I등급	27	4,200	44~45	18,000	0,21
	II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0,22
	III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0,24
	IV등급	24	800~900	34	1,000	0,25
	V등급	23	400	33	500	0,26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

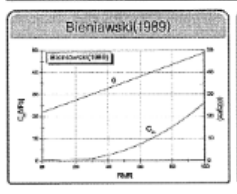
○ 제안자별 경험식

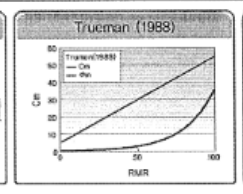
▮ 단위중량 및 포아송비

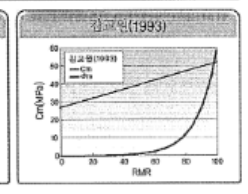
구분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산정식	γ_t (kN/m³) = [2,0+(Y-1,28)/14,3] × 10 υ = 0,3 − (Y-1,28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2,25)/0,35 	υ = −0,17 Ln(RMR')+0,9 

▮ 점착력 및 내부마찰각

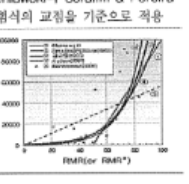
점착력 경험식	관계경험식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0,051 + 0,008R - 3,346 \times 10^{-5}RMR^2$ •$\phi_m = -0,086 + 0,7891RMR - 0,0031\ RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0,25\ e^{0,05\ RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0,5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2\ e^{0,08\ RMR^*}$ (MPa) •$\phi_m = 0,25(RMR^*) + 27,5$







▮ 변형계수

변형계수 경험식	관계경험식	적용내용
•Bieniawski (1978)	E_m = 2RMR−100(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\ e^{0,07RMR^*}$(GPa) – RMR* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0,0097\ RMR^{3,54}$ (MPa)	
•Mohammad (1997)	E_m = 0,562 RMR + 0,183 (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)	포아송비(v) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	26,3	–	0,21	0,15
	II등급	64	25,5	–	0,22	0,19
	III등급	53	24,8	–	0,23	0,22
	IV등급	36	23,8	–	0,24	0,29
	V등급	10	22,1	–	0,27	0,49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	V등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Saratim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,800	13,100	12,300
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	–

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구분	공번	시험심도 (GL.–m)	지층	암종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11,0	연암	화강암질 편마암	IV	980,3	1,166,2
	TB-3	17,0	연암	화강암질 편마암	IV	598,9	908,3

○실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16,3~16,4	연암	IV	26,65	2,832	1,511	47,10	50,759	0,19
	TB-1	23,2~23,4	경암	III	27,32	3,215	1,802	42,24	53,119	0,21
	TB-2	13,1~13,3	경암	III	27,44	3,012	1,495	73,50	70,884	0,18
	TB-3	21,6~21,8	경암	III	28,93	3,067	1,732	73,46	68,416	0,18
	TB-4	20,9~21,1	경암	III	27,08	3,831	1,855	100,39	79,951	0,16
	TB-5	18,8~19,0	경암	III	27,08	2,724	1,256	69,82	63,800	0,19
	TB-6	8,8~9,0	연암	IV	26,90	2,688	1,305	97,85	82,344	0,16
	TB-7	21,2~21,4	경암	III	27,14	3,412	1,631	57,39	52,647	0,21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구분	지층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적용	포아송비(v) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	27	26,3	–	27,0	0,21	0,15~0,21	–	0,21
	II등급	26	25,5	–	26,0	0,22	0,19~0,22	–	0,22
	III등급	25	24,8	26,65~26,90	25,0	0,24	0,22~0,23	0,16~0,19	0,24
	IV등급	24	23,8	27,08~28,93	24,0	0,25	0,24~0,29	0,16~0,21	0,25
	V등급	23	22,1	–	23,0	0,26	0,27~0,49	–	0,26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구분	지층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구분	지층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	–	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	–	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	–	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	–	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암석명	기본마찰각(ϕ_b)	암석명	기본마찰각(ϕ_b)
각섬암	32	화강암 (조립질)	31~35
현무암	31~38	석회암	33~40
역암	35	편암	31
백악	30	사암	25~35
백운암	27~31	셰일	27
편마암 (편암질)	23~29	미사암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점판암	25~30

주) 작은 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암석명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비고
점착력이 없는 물질	발파/파쇄암석	현무암	40,0 ~ 50,0	–	–
		백악	30,0 ~ 40,0		
		화강암	45,0 ~ 50,0		
		석회암	35,0 ~ 40,0		
		사암	35,0 ~ 45,0		
		셰일	30,0 ~ 35,0		
점착력이 있는 물질	암석	견고한 화성암	35,0 ~ 45,0	35,7 ~ 56,1	(화강암, 현무암, 반암)
		변성암	30,0 ~ 40,0	20,4 ~ 40,8	(규암, 편마암, 점판암)
		견고한 퇴적암	35,0 ~ 45,0	10,2 ~ 30,6	(석회암, 백운석, 사암)
		연약한 퇴적암	25,0 ~ 35,0	1,0 ~ 20,4	(사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암석명	설명	최대강도 c'(kPa)	φ(°)	잔류강도 c'(kPa)	φ(°)	시험자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240,0	42,0	–	–	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15,0 90,0~120,0 60,0~100,0	7,5 12,0~17,0 9,0~13,0	–	–	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0,0~270,0	8,5~29,0	30,0	8,5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0,0~180,0	12,0~18,5	0,0~3,0	10,5~16,0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60,0	32,0	–	–	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	–	–	0,0	19,0~25,0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
협탄층암석	점토 분체암층, 두께 1,0~2,5cm	11,0~13,0	16,0	0,0	11,0~11,5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41,0	14,5	22,0	17,0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화강섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0,0	26,5	–	–	Brawner[116]
화강암/편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 약화된 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0,0~100,0 50,0~242,0	24,0~25,0 40,0~42,0	–	–	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	–	–	0,0	21,0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100,0 50,0~200,0	13,0~14,0 17,0~21,0	0,0	13,0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80,0 100,0	38,0 10,0	–	–	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0,0	25,0	0,0	15,0~24,0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14,0~30,0	15,0~17,5	–	–	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360,0 16,0~20,0	14,0 7,5~11,5	80,0	11,0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30,0~80,0 610,0~740,0 380,0	32,0 41,0 31,0	–	–	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50,0	33,0	–	–	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42,0~90,0	36,0~38,0	–	–	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구분	현무암	역암	편마암	화강암	사암	셰일
마찰각(°)	31,0 ~ 38,0	35,0	23,0 ~ 29,0	29,0 ~ 35,0	25,0 ~ 35,0	27,0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C, Wyllie, 1992)

구분	암종	내부마찰각(°)	비고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20,0 ~ 27,0	–
Medium-friction Rocks	27,0 ~ 34,0	–	–
사암, 백악, 편마암, 슬레이트	–	–	–

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구분	공번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상리터널	TB-3	22,9~23,3	132,0	47,0	44,0	39,1	18~20	92,0	2,824	4,151
	TB-5	14,6~15,0	96,0	59,0	40,3	34,7	14~16	84,0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	–	47,0~59,0	47,0	–	34,7~39,1	34,0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음

•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76 \times N^{0,33}$ • Imai(1982) $V_s = 97,0 \times N^{0,314}$
•Okamoto(1989) $V_s = 125 \times N^{0,3}$ • Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84 \times N^{0,31}$
– 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$
– 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$
– 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1 - 2\nu_d)$ 여기서, $\rho = \gamma_t/g$, γ_t=단위중량, g=9,81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구분		하향식탄성파 V_p(m/s)	V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비고
매립층		–	–	144,4~224,1	180	–
퇴적층	점토	–	–	162,5~249,4	200	–
	모래	–	–	144,4~224,1	170	–
	자갈	–	–	162,5~249,4	190	–
풍화토		919~984	375~408	252,4~372,3	392	–
풍화암		1,103~1,185	511~577	276,4~404,2	544	–
연암		1,786~1,881	927~980	–	954	4등급
경암		2,168~2,323	1,192~1,277	–	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0,33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0,40
	모래	480	170	52	140	156	0,35
	자갈	514	190	69	181	168	0,32
풍화토		952	392	268	713	699	0,33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0,30
연암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0,26
경암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0,24

분석결과	•내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	일반 1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	일반 1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	일반 1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
균열 간격이 없을때	불투수성	일반 1.0×10^{-9} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

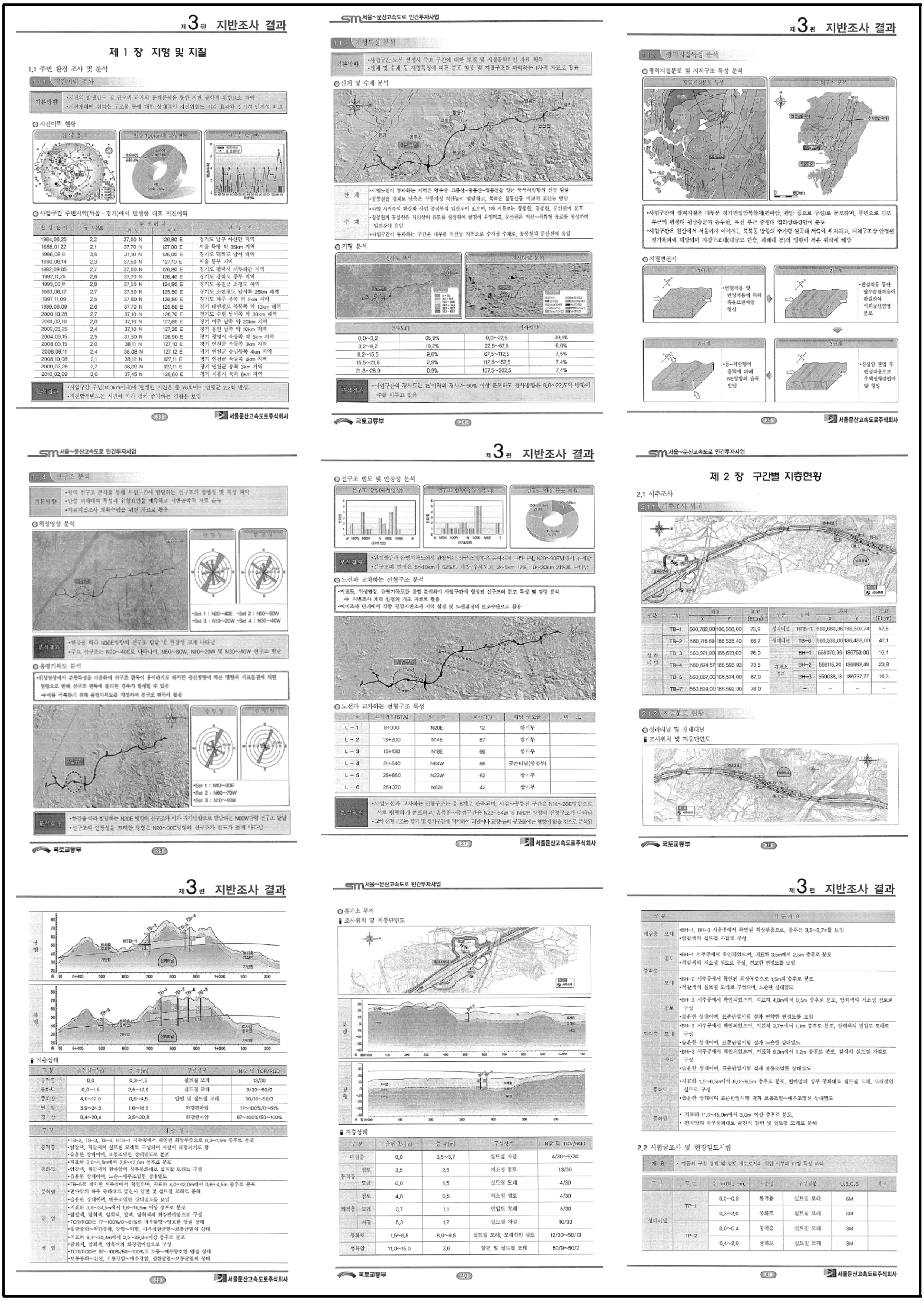
2.7.3 물안속체 설계지반정수

암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	v_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

나. 지반 및 지질 조사보고서



제3편 지반조사 결과

제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

○지진이력 현황

○사업구간 주변지역(서울·경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

33 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석

구분	내용
산계	•사업노선이 통과하는 지역은 영주산–고봉산–왕봉산–월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 저산성의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 저산~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석

경사도 분석 / 경사방향 분석

경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부 34

제3편 지반조사 결과

1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석

광역지질분포 특성 / 지체구조 분석

•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
•사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사

1단계	•변형작용 및 변성작용에 의해 흑운모편마암 형성
2단계	•변성작용 동안 열수순환작용이 활발하여 석회규산염암 분포
3단계	•심성암 관입 후 변성작용으로 우백질화강편마암 형성
4단계	•동–서방향의 응력에 의해 NE방향의 습곡 발달

35 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

○위성영상 분석

방향성 / 연장성
•Set 1 : N20~40E •Set 2 : N50~60W
•Set 3 : N10~20W •Set 4 : N30~40W

분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

방향성 / 연장성
•Set 1 : N10~30E
•Set 2 : N60~70W
•Set 3 : N10~40W

분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부 36

제3편 지반조사 결과

○선구조 빈도 및 연장성 분석

선구조 방향(위성영상) / 선구조 방향(음영기복도) / 선구조 연장 분포 비율

분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용

○노선과 교차하는 선형구조 특성

구분	교차위치(STA)	방향	교차각(°)	해당 구조물	비고
L – 1	6+300	N20E	12	깎기부	
L – 2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L – 3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L – 4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L – 5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L – 6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 관측되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

37 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
성라터널	TB–1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB–1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB–2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB–6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB–3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소 부지	BH–1	559070.96	186753.06	16.4
	TB–4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH–2	559115.20	186992.49	23.8
	TB–5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH–3	559038.13	186737.77	16.3
	TB–7	560,829.00	186,592.00	76.0		–	–	–	–

2.1.2 지층분포 현황

○성라터널 및 생태터널

▌조사위치 및 지층단면도

국토교통부 38

제3편 지반조사 결과

▌지층상태

구분	출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

구분	지층개요
붕적층	•TB–2, TB–3, TB–6, HTB–1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB–5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▌조사위치 및 지층단면도

▌지층상태

구분		출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부 40

제3편 지반조사 결과

구분		지층개요
매립층	모래	•BH–1, BH–3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH–1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
	모래	•BH–2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
	모래	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
	자갈	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포. • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개요	• 지중의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구분	공번	심도(GL. –m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP–1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
	TP–2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

◎ 현장밀도시험 결과

구 분	공 번	심 도 (GL, -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
성라터널	TP-1	2.0	풍화토	17.81	15.42	14.18	12.28	1.256
	TP-2	1.5	풍화토	17.35	15.31	13.62	12.02	1.274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17.35~17.81kN/m³, 건조단위중량 : 15.31~15.42kN/m³ •L값 : 1.256~1.274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

구 분	지 층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	-
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토사구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

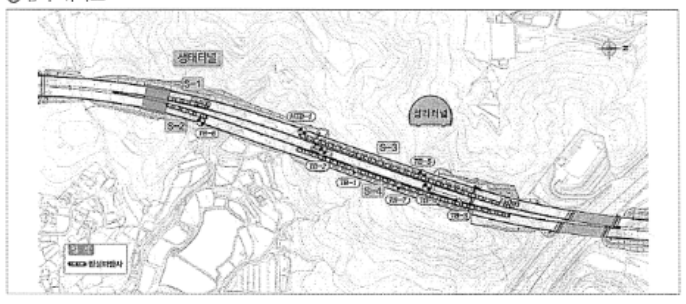
국토교통부 42

제3편 지반조사 결과

제 3 장 물리탐사

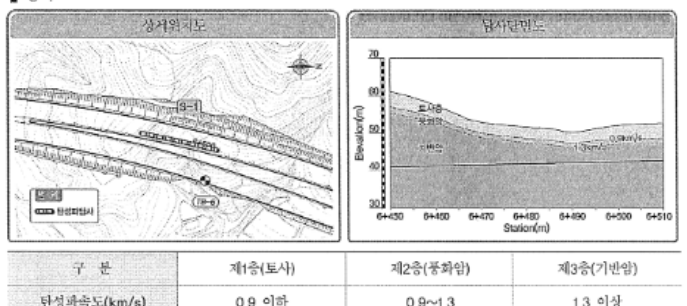
3.1 굴절법탄성파탐사

◎ 탐사 위치도



◎ 탐사 결과

▮ S-1



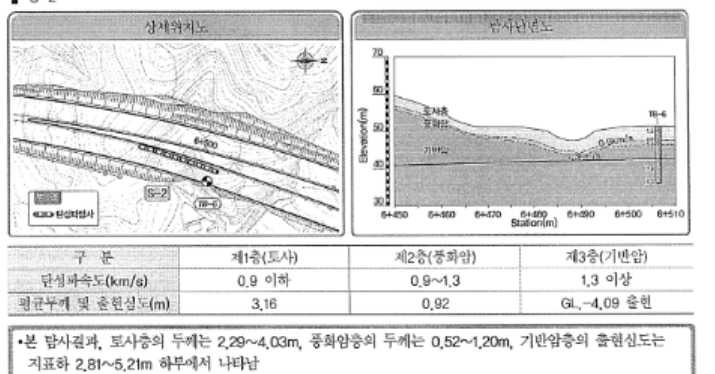
구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL.-4.71 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 풍화암층의 두께는 1.13~1.68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.03~5.61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 풍화암층의 평균 두께는 1.36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.71m로 분석되었음

43 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

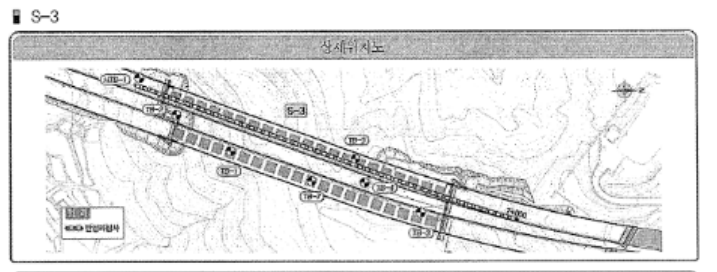
▮ S-2

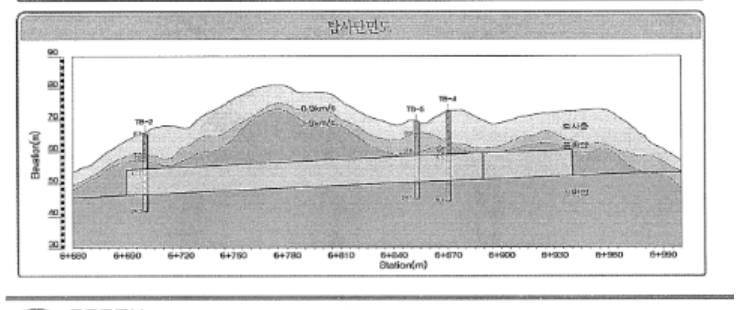


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.16	0.92	GL.-4.09 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.29~4.03m, 풍화암층의 두께는 0.52~1.20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2.81~5.21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3.16m, 풍화암층의 평균 두께는 0.92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.09m로 분석되었음

▮ S-3





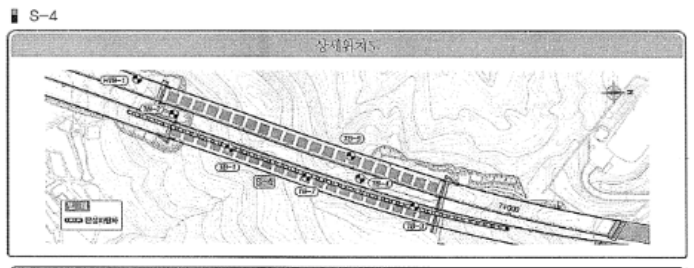
국토교통부 44

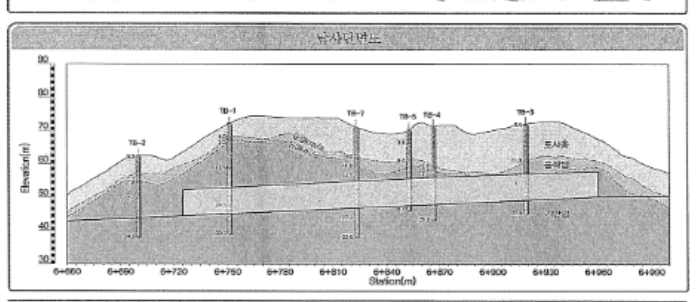
제3편 지반조사 결과

구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6.67	2.93	GL.-9.60 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.78~10.86m, 풍화암층의 두께는 0.95~5.92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.45~13.60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6.67m, 풍화암층의 평균 두께는 2.93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9.60m로 분석되었음

▮ S-4





구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7.80	2.32	GL.-10.11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.98~13.49m, 풍화암층의 두께는 0.61~5.28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5.64~15.54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7.80m, 풍화암층의 평균 두께는 2.32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10.11m로 분석되었음

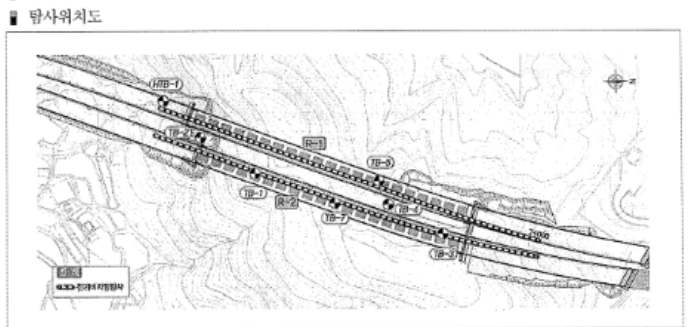
45 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

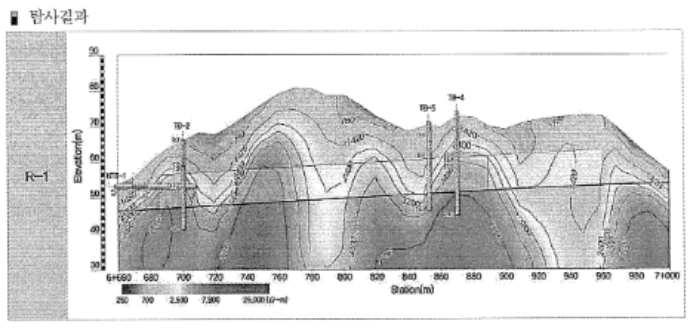
3.2 전기비저항탐사

◎ 성라터널 서울방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과



▮ 분석결과

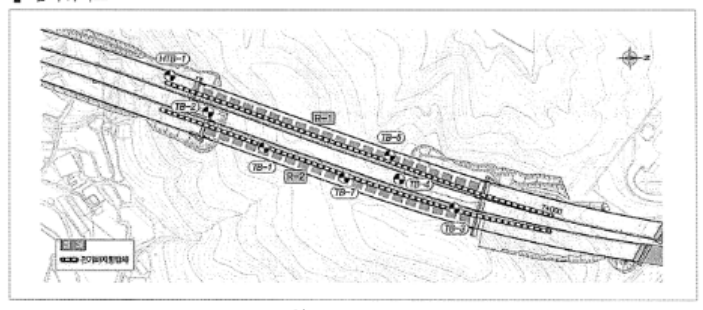
•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

국토교통부 46

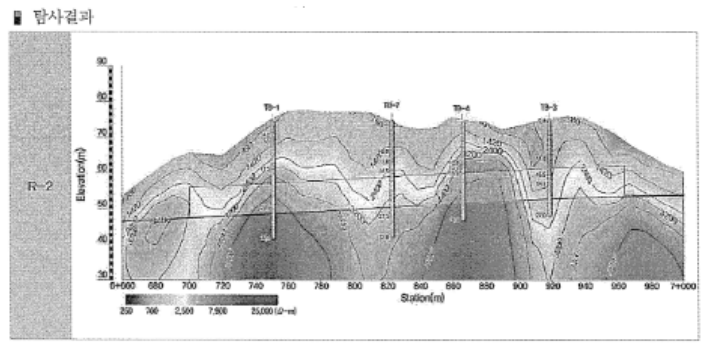
제3편 지반조사 결과

◎ 성라터널 문산방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과



▮ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

47 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

◎ 시험결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2.0	풍화토	-	96.3	111.9
	TB-2	11.0	연 암	화강편마암	980.3	1,166.2
	TB-3	13.0	풍화암	-	156.1	231.1
	TB-3	17.0	연 암	화강편마암	598.9	908.3

◎ 결과분석

구분	변형계수(D,MPa) 풍화토	변형계수(D,MPa) 풍화암	변형계수(D,MPa) 연 암	탄성계수(E,MPa) 풍화토	탄성계수(E,MPa) 풍화암	탄성계수(E,MPa) 연 암
성라터널	96.3	156.1	598.9~980.3	111.9	231.1	908.3~1,166.2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96.3MPa, 풍화암은 156.1MPa,연암은 598.9~980.3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 원지반 점착력(C)과 내부마찰각(Ø) 측정

◎ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3.0	풍화토	22.5	28.1
	TB-3	12.0	풍화암	31.1	31.4

◎ 결과분석

구분	점착력(c, kPa) 풍화토	점착력(c, kPa) 풍화암	마찰각(Ø, °) 풍화토	마찰각(Ø, °) 풍화암
성라터널	22.5	31.1	28.1	31.4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22.5kPa, 풍화암 31.1kPa로 산정되며, 마찰각(Ø)은 풍화토 28.1°, 풍화암 31.4°로 나타남

국토교통부 48

제3편 지반조사 결과

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

◎ 터널구간

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
TB-1	7.4	66.5	TB-4	15.5	58.0	TB-7	17.6	58.4
TB-2	6.1	60.6	TB-5	6.8	60.2	-	-	-
TB-3	17.0	59.0	TB-6	3.6	43.5	-	-	-

◎ 기타구간(휴게소 부지)

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
BH-1	3.2	13.2	BH-2	6.6	17.2	BH-3	3.5	12.8

◎ 결과분석

구 분	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
터널구간	3.6~17.6	43.5~66.5
기타구간 (휴게소 부지)	3.2~6.6	12.8~17.2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3.6~17.6m, 기타구간 : GL.- 3.2~6.6m 범위로 분포

49 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.2.2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

◎ 시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL.-m)	지 층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	1.95×10^{-4}	7.4
	TB-2	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	3.08×10^{-4}	6.1
	TB-3	12.0 ~ 13.0	풍화암	-	4.53×10^{-5}	17.0
	TB-4	8.0 ~ 9.0	풍화토	SM	2.07×10^{-4}	15.5

◎ 결과분석

구 분	풍 화 토	풍 화 암
성라터널	1.96×10^{-4} ~ 3.08×10^{-4}cm/s	4.53×10^{-5}cm/s

4.2.3 수압시험

개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 계인을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

◎ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7.0 ~ 12.0	연 암	3.06×10^{-6}	0.11	Dilation
	TB - 2	16.0 ~ 21.0	경 암	1.28×10^{-6}	0.08	Dilation
	TB - 3	20.0 ~ 25.0	경 암	2.49×10^{-6}	0.04	Dilation
	TB - 6	6.0 ~ 11.0	연 암	4.76×10^{-6}	0.14	Dilation

◎ 결과분석

구 분	투수계수(cm/s) 연 암	투수계수(cm/s) 경 암	평균 Lugeon 연 암	평균 Lugeon 경 암
성라터널	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	0.11~0.14	0.04~0.08

국토교통부 50

제3편 지반조사 결과

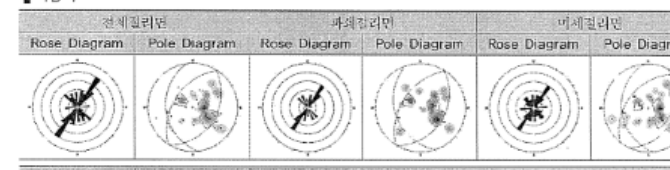
4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

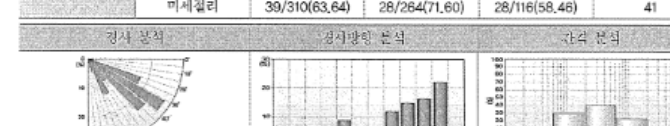
개 요	•암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악 •불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

○ 시험결과

▮ TB-1



공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-1	전체절리	43/303(59.55)	28/263(85.24)	33/121(94.80)	68
	파쇄절리	45/303(61.08)	31/251(39.28)	33/121(53.08)	27
	미세절리	39/310(63.64)	28/264(71.60)	28/116(58.46)	41



•30~40°경사의 절리 우세 | •300~330°방향성 우세 | •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

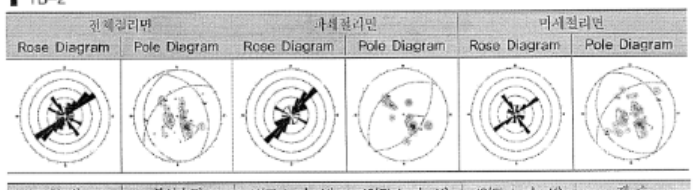


•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 아크릴관 밖에 슬러지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

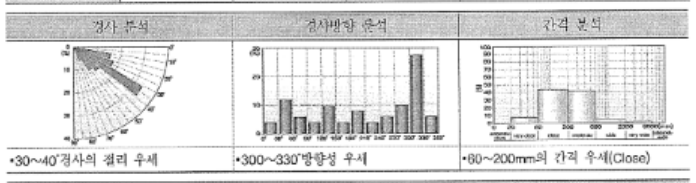
51 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

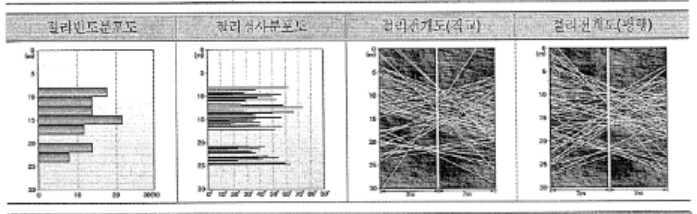
▮ TB-2



공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-2	전체절리	38/321(77.54)	23/63(56.42)	15/266(79.84)	51
	파쇄절리	30/320(38.49)	43/129(38.81)	–	18
	미세절리	38/320(58.01)	22/61(51.90)	20/235(72.36)	33

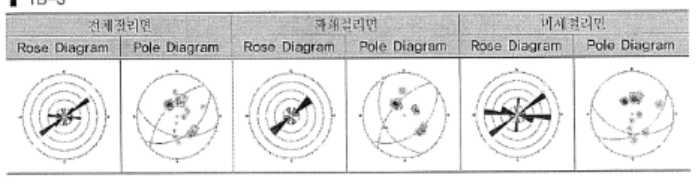


•30~40°경사의 절리 우세 | •300~330°방향성 우세 | •60~200mm의 간격 우세(Close)



•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

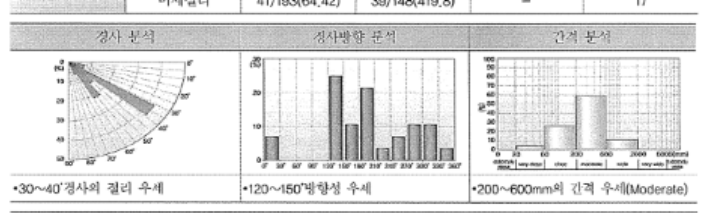
▮ TB-3



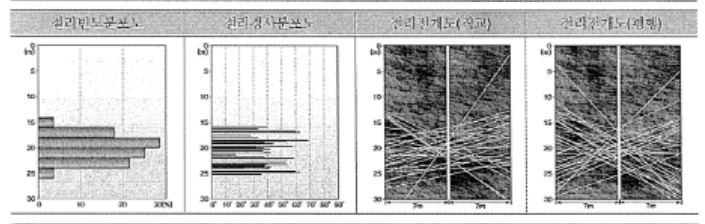
국토교통부 52

제3편 지반조사 결과

공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-3	전체절리	38/145(176.3)	41/193(80.35)	56/313(71.51)	28
	파쇄절리	37/143(119.93)	55/310(55.92)	33/243(173.7)	11
	미세절리	41/193(64.42)	39/148(419.8)	–	17

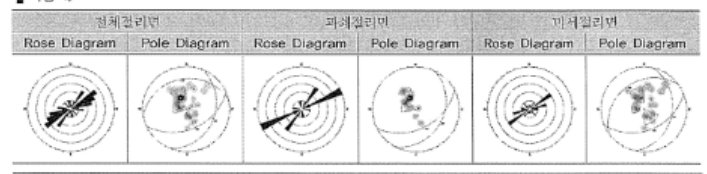


•30~40°경사의 절리 우세 | •120~150°방향성 우세 | •200~600mm의 간격 우세(Moderate)



•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

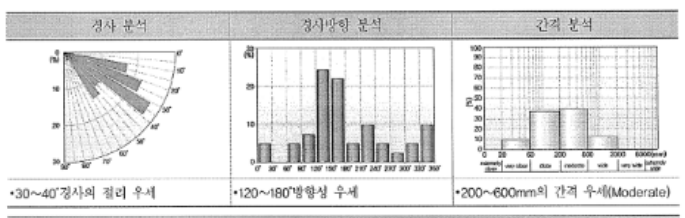
▮ TB-4



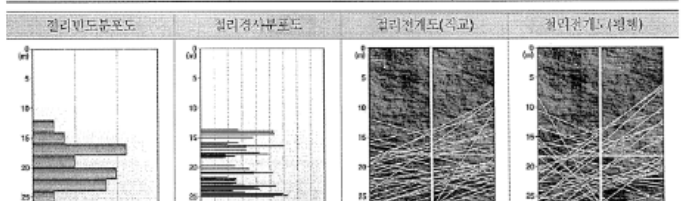
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-4	전체절리	39/156(48.01)	23/111(69.14)	19/349(359.3)	41
	파쇄절리	40/153(50.83)	24/117(52.12)	–	14
	미세절리	37/158(42.76)	23/325(46.83)	23/102(111.7)	27

53 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업



•30~40°경사의 절리 우세 | •120~180°방향성 우세 | •200~600mm의 간격 우세(Moderate)



•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요	•기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 점착력과 마찰각 산정 → 불연속체 해석물성치 산정시 기초 자료로 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과	•터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

국토교통부 54

제3편 지반조사 결과

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요	•측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_d, K_d)산정 •동포아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

○ 시험결과

▮TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

▮TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	927	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,168	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

○ 전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 심도 (GL.-m)	EL.(m)	지표하 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (설계적용 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL.-7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL.-30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

55 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요	•시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행 •지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널 구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	붕적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타 구간 (휴게소)	BH-1	4.0	붕적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과	•실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 붕적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨 •함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 다짐 및 CBR시험

개 요	•쌓기재료로 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악 •쌓기재료에 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 쌓기재료 유용성 평가시 활용

○ 실시설계 시험결과

공 번		심 도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널 구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.26	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과	•건조단위중량은 A다짐:17.37~17.45kN/m³, D다짐:17.37~18.40kN/m³로 분석됨 •CBR는 12.0~12.8%(평균 12.4%)의 범위에 해당

국토교통부 56

제3편 지반조사 결과

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요	•시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정 •지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 시험결과

구분	공번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

○ 지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과	•연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19 •경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

개 요	•암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index I_{s50}값을 산정

○ 시험결과

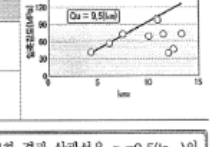
구분	공번	심 도 (m)	지층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구분	공번	심 도 (m)	지층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널 구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널 구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

57 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
$I_{s(50)}$(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3

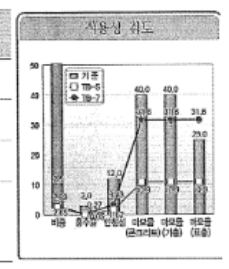


•과업구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.5(I_{s50})의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 본선발생암 유용성 검토

○ 시험결과 및 적용성 검토

시험항목	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		



•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

국토교통부 58

다. 구조계산서 및 내진설계

2. 설 계 조 건

- 교 량 명 : 행신2교(서울방향)
- 교량형식 : Bicon 교
- 교량등급 : 1등급

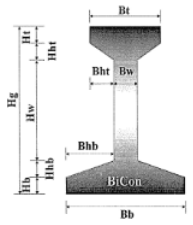
2.1 기본제원

(1) 슬래브 전장 : 45.000 m ~ 39.670 m
(2) 거 더 전 장 : 44.900 m ~ 39.500 m
(3) 설 계 지 간 : 44.000 m ~ 38.600 m
(4) 교 량 폭 원 : 19.510 m ~ 37.700 m
(5) 횡 단 면 도 : 슬래브 일반도 참조
(6) 종 단 면 도 : 슬래브 일반도 참조

3. 단 면 가 정

3.1 단면제원

(1) 바닥판 두께(sh) : 240 mm
(2) 거더 단면



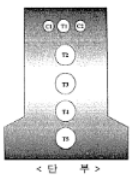
Bicon 단면제원

Hg	2100 mm
Ht	200 mm
Hb	300 mm
Hht	150 mm
Hhb	200 mm
Hw	1250 mm
Bt	800 mm
Bb	1100 mm
Bw	200 mm
Bht	300 mm
Bhb	450 mm

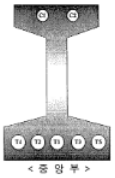
(3) 중간가로보수 : 1 EA
(4) 단부블록크기 : 600 mm

3.2 PS 강선 및 PS강봉 배치

(1) 단면 배치



< 단 부 >



< 중 앙 부 >

단위 : mm

		PS 강봉		PS 강연선				
		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
직경,가닥수		40mm	40mm	7EA	15EA	15EA	15EA	15EA
쉬스관외경		55mm	55mm	70mm	90mm	90mm	90mm	90mm
초기긴장력		-570kN	-570kN	1140kN	3050kN	3050kN	3050kN	3050kN
단부좌표	Y	-105mm	105mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
	Z	1975mm	1975mm	1975mm	1600mm	1150mm	700mm	250mm
중앙부좌 표	Y	-105mm	105mm	0mm	-150mm	150mm	-300mm	300mm
	Z	1975mm	1975mm	115mm	125mm	125mm	125mm	125mm

※ 좌표의 기준 원점은 거더의 하단 중심점.

8.3 합력종합
자점별 거더발생 위치



8.3.1 시점측 (A1,P1우측,P2우측)(단위:kN)

위치		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
자중		603.264	603.264	603.264	603.264	603.264	603.264	603.264
거푸집		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
합성전		363.819	420.195	454.890	454.890	454.890	454.890	360.798
합성후	비재하	247.470	165.113	117.472	91.125	90.232	108.129	141.169
	내측풍하중	308.323	167.497	99.861	71.442	75.514	99.176	138.897
	외측풍하중	118.615	157.977	154.543	133.245	122.022	127.713	146.592
ADD		1275.406	1190.956	1212.697	1191.399	1180.176	1185.867	1110.654
	DB1	0.492	3.149	9.540	34.531	97.550	196.666	289.074
	DB2	5.484	19.624	52.503	104.553	162.225	172.035	128.646
	DB3	18.516	62.503	119.579	165.953	150.151	92.614	33.013
	DB4	87.087	136.380	169.095	135.712	79.317	35.159	9.441
	DB5	218.267	194.459	128.362	62.424	23.321	6.885	1.603
	DB12	4.966	18.679	58.833	138.510	259.448	368.597	417.523
	DB13	17.579	61.491	125.803	199.903	247.397	289.372	321.896
	DB14	85.090	135.001	175.148	169.413	175.764	230.118	289.371
	DB15	216.458	193.230	134.431	96.171	120.068	201.584	286.270
	DB23	23.584	62.080	172.135	270.495	312.374	264.838	161.641
	DB24	85.183	154.599	220.946	239.834	240.705	205.432	128.862
	DB25	216.549	212.825	180.206	166.590	185.007	176.898	125.761
	DB34	105.209	198.658	288.613	301.444	228.705	126.387	33.618
	DB35	236.571	256.880	247.872	228.198	172.981	97.860	30.450
	DB45	305.292	330.835	297.426	198.080	102.523	40.910	10.829
	DB123	20.756	73.005	160.542	273.985	368.634	415.253	405.466
	DB124	75.248	138.110	204.378	246.393	304.148	361.789	375.931
	DB125	193.485	190.512	167.728	180.473	254.021	336.109	373.145
	DB134	93.259	177.753	265.265	301.837	293.334	290.628	290.139
	DB135	211.496	230.155	228.615	235.917	243.207	264.949	287.353
	DB145	272.816	296.427	273.092	208.499	178.739	211.634	258.105
	DB234	93.339	195.409	306.474	365.199	351.778	268.425	145.684
	DB235	211.576	247.811	269.824	299.279	301.851	242.745	142.898
	DB245	272.916	314.065	314.303	271.883	237.185	189.433	113.650
	DB345	291.090	353.803	375.225	327.421	226.697	118.941	31.508
	DB1234	76.606	161.972	260.010	329.777	366.077	371.096	338.049
	DB1235	175.125	205.641	229.459	274.847	324.281	349.682	335.720
	DB1245	226.238	260.856	266.522	252.009	270.585	305.268	311.351
	DB1345	241.240	293.907	317.277	298.215	261.575	245.978	239.848
	DB2345	241.327	308.611	351.605	351.030	310.274	227.468	119.467
	DB12345	240.141	307.749	356.230	376.471	383.199	374.870	336.120
우측편재하	DL1	0.486	3.667	11.307	36.472	95.426	184.960	282.957
	DL2	6.242	20.858	50.879	96.928	148.647	160.101	129.195
	DL3	21.436	60.860	109.864	150.723	136.374	87.864	35.429
	DL4	89.004	126.995	154.966	123.398	74.400	35.627	10.955
	DL5	215.158	180.685	120.483	60.610	24.118	8.073	1.777
	DL12	5.455	20.804	58.991	132.662	243.675	344.928	411.930
	DL13	20.648	60.806	117.976	186.457	231.401	272.691	318.184
	DL14	86.682	126.395	162.841	158.798	168.403	218.370	284.585
	DL15	213.069	180.248	128.365	96.021	118.490	190.790	280.317
	DL23	27.689	81.756	160.749	247.654	285.022	247.964	164.622
	DL24	87.800	146.092	204.871	219.772	221.976	193.458	130.767
	DL25	214.188	199.949	170.401	157.032	172.069	165.882	126.500
	DL34	109.195	187.460	264.648	273.883	210.049	122.030	39.909
	DL35	235.436	241.231	230.145	211.055	159.844	93.834	33.017
	DL45	304.084	307.631	275.353	183.876	98.297	42.473	12.402
	DL123	24.195	73.483	151.943	255.046	342.059	389.494	402.607
	DL124	77.415	131.227	191.584	229.902	285.305	340.431	372.102
	DL125	191.173	179.695	160.575	173.430	240.388	315.615	368.253
	DL134	96.519	168.367	245.323	278.538	274.285	275.599	287.960
	DL135	210.277	216.835	214.313	222.062	229.362	250.744	284.102
	DL145	271.396	276.237	254.858	197.206	172.669	201.936	254.024
	DL234	97.558	186.116	283.177	333.428	322.513	253.182	149.530
	DL235	211.272	234.574	252.160	276.951	277.589	228.327	145.671
	DL245	272.430	293.959	292.748	252.134	220.900	179.516	115.550
	DL345	291.869	331.323	346.560	300.928	210.561	115.979	37.218
	DL1234	79.926	154.880	241.988	304.619	340.054	349.591	336.631
	DL1235	174.736	195.272	216.117	257.555	302.595	328.871	333.398
	DL1245	225.649	244.746	249.921	236.871	255.356	288.201	308.327
	DL1345	241.598	275.726	294.714	277.387	246.177	234.162	238.214
	DL2345	242.453	290.479	326.249	323.138	286.377	215.481	122.842
	DL12345	241.110	290.270	332.254	349.868	357.644	354.080	334.834
좌측편재하	DB1	269.067	198.087	106.979	41.586	10.689	3.580	0.554
	DB2	122.943	161.209	164.848	111.885	58.485	23.103	6.114
	DB3	33.937	83.731	142.114	167.860	128.175	70.239	18.902
	DB4	8.718	30.491	72.404	128.877	170.801	147.925	89.536
	DB5	1.329	6.051	19.186	54.993	120.121	197.598	233.727
	DB12	391.884	359.275	271.694	153.159	68.316	23.234	5.986
	DB13	302.876	281.795	248.940	209.155	138.027	70.351	18.772
	DB14	270.446	227.320	178.544	169.930	180.491	147.621	87.791
	DB15	266.465	201.535	125.440	96.018	129.756	197.384	232.052
	DB23	156.879	244.939	306.963	279.745	186.659	93.341	25.016
	DB24	124.134	190.282	236.499	240.342	228.499	169.364	87.001
	DB25	120.149	164.475	183.394	166.431	177.786	219.130	231.264
	DB34	35.428	112.978	213.831	296.488	298.807	217.692	106.497
	DB35	31.444	87.172	160.727	222.599	248.075	267.461	250.782
	DB45	9.640	34.535	91.343	183.732	290.866	345.502	323.214
	DB123	383.241	398.703	372.426	288.924	176.853	84.121	22.399
	DB124	353.717	349.484	309.008	253.435	214.413	152.327	76.981
	DB125	350.137	326.258	261.197	186.931	168.757	197.120	206.847
	DB134	273.887	279.905	288.594	303.961	277.677	195.805	94.539
	DB135	270.312	256.702	240.788	237.460	232.022	240.616	224.386
	DB145	241.217	207.720	177.459	202.226	270.486	310.610	289.174
	DB234	142.192	246.561	340.731	367.325	320.878	215.376	93.827
	DB235	138.614	223.338	292.944	300.823	275.221	260.166	223.669
	DB245	109.545	174.381	229.598	265.590	313.687	330.182	288.462
	DB345	29.811	104.820	209.219	316.122	376.953	373.681	306.005
	DB1234	320.162	353.994	364.056	337.047	274.687	179.381	77.085
	DB1235	317.170	334.649	324.223	281.626	236.646	216.721	185.313
	DB1245	292.958	293.848	271.454	252.271	268.699	275.075	239.304
	DB1345	226.411	235.867	254.451	294.383	321.421	311.297	253.915
	DB2345	116.695	208.092	297.924	347.184	357.439	327.615	253.321
	DB12345	318.354	356.609	378.034	378.135	364.731	327.536	252.243
	DL1	263.666	183.760	103.389	42.815	12.736	4.203	0.570
	DL2	123.938	149.472	151.081	103.017	55.978	24.109	7.005
	DL3	36.253	79.848	129.423	152.733	117.123	67.849	22.453
	DL4	10.070	31.351	68.557	117.774	156.455	137.567	91.158
	DL5	1.439	7.077	20.345	54.148	113.651	185.023	229.917
	DL12	387.441	333.193	254.280	145.429	67.551	25.209	6.694
	DL13	299.765	263.605	232.628	195.148	128.698	68.948	22.142
	DL14	266.216	213.499	170.877	159.908	167.824	138.109	89.158
	DL15	261.141	188.177	122.819	96.214	124.978	185.730	228.054
	DL23	160.196	229.346	280.464	255.705	173.056	91.945	29.452
	DL24	126.258	179.020	218.672	220.259	211.455	159.602	89.525
	DL25	121.139	153.689	170.609	156.561	168.604	207.213	228.376
	DL34	38.863	109.559	197.039	270.137	273.184	204.515	110.247

지점별 거더받침 위치



8.3.2 종점측 (P1전열,P2전열,A2)(단위:kN)

위치		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
자중		603.264	603.264	603.264	603.264	603.264	603.264	603.264
거푸집		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
합성전		363.819	420.195	454.890	454.890	454.890	454.890	360.798
합성후	비재하	245.342	166.977	117.201	91.780	89.964	107.324	142.122
	내측중하중	305.539	170.203	99.650	72.001	75.211	98.247	139.859
	외측중하중	117.885	158.062	154.134	134.102	121.827	127.168	147.533
ADD		1272.622	1193.662	1212.288	1192.256	1179.981	1185.322	1111.585
	DB1	0.494	2.932	9.395	34.562	97.401	195.317	289.941
	DB2	5.509	19.200	52.267	104.643	162.108	171.883	129.180
	DB3	18.477	61.981	119.187	166.195	150.123	93.279	33.168
	DB4	86.714	136.227	168.856	136.130	79.316	35.585	9.447
	DB5	217.465	195.201	128.329	62.855	23.304	7.080	1.590
	DB12	5.006	18.046	58.361	138.622	259.182	367.095	418.917
	DB13	17.555	60.757	125.265	200.167	247.219	288.487	322.911
	DB14	84.741	134.629	174.762	169.852	175.613	229.247	290.220
	DB15	215.677	193.757	134.252	96.624	119.903	200.452	287.107
	DB23	23.570	81.130	171.418	270.827	312.228	265.151	162.329
	DB24	84.857	153.979	220.381	240.338	240.584	205.762	129.380
	DB25	215.791	213.103	179.848	167.107	184.871	176.966	126.267
	DB34	104.805	197.978	287.983	302.105	228.676	127.331	33.763
	DB35	235.735	257.100	247.448	228.871	172.937	98.543	30.582
	DB45	304.118	331.426	297.153	198.929	102.506	41.531	10.820
	DB123	20.758	71.963	159.764	274.304	368.369	414.319	406.860
	DB124	74.969	137.359	203.738	246.865	303.905	360.871	377.170
	DB125	192.818	190.569	167.274	180.957	253.765	334.956	374.373
	DB134	92.910	176.949	264.565	302.451	293.173	290.263	291.043
	DB135	210.758	230.160	228.101	236.542	243.033	264.348	288.246
	DB145	271.785	296.761	272.715	209.282	178.589	211.047	258.848
	DB234	93.010	194.380	305.613	365.871	351.644	269.141	146.290
	DB235	210.858	247.591	269.149	299.962	301.504	243.225	143.492
	DB245	271.905	314.175	313.765	272.724	237.062	189.926	114.096
	DB345	290.005	353.861	374.627	328.403	226.656	119.965	31.625
	DB1234	76.344	160.953	259.182	330.353	365.853	370.680	339.199
	DB1235	174.540	205.296	228.787	275.432	324.046	349.069	336.860
	DB1245	225.408	260.786	265.963	252.726	270.370	304.667	312.367
	DB1345	240.351	293.793	316.669	299.050	261.429	245.837	240.584
	DB2345	240.455	308.310	350.863	351.912	310.150	228.227	119.955
	DB12345	239.281	307.287	355.378	377.369	382.963	374.617	337.252
우측편재하	DL1	0.491	3.411	11.142	36.518	95.234	182.952	284.670
	DL2	6.286	20.356	50.463	97.029	148.447	159.768	130.035
	DL3	21.431	60.260	109.318	151.055	136.341	88.404	35.588
	DL4	88.488	126.921	154.641	123.997	74.401	36.130	10.942
	DL5	213.759	181.924	120.461	61.156	24.090	8.301	1.759
	DL12	5.517	20.053	58.405	132.796	243.285	342.586	414.474
	DL13	20.662	59.957	117.260	186.822	231.180	271.223	320.027
	DL14	86.198	126.058	162.347	159.429	168.211	216.941	286.231
	DL15	211.699	181.229	128.175	96.598	118.273	189.042	281.978
	DL23	27.728	80.654	159.788	248.087	284.789	248.171	165.620
	DL24	87.374	145.453	204.135	220.467	221.770	193.708	131.541
	DL25	212.876	200.628	169.969	157.673	171.839	165.813	127.290
	DL34	108.686	186.775	263.778	274.813	210.015	123.128	40.022
	DL35	234.043	241.863	229.578	211.931	159.784	94.635	33.132
	DL45	302.170	308.798	275.007	185.020	98.274	43.203	12.366

	DL123	24.247	72.267	150.925	255.465	341.679	387.873	405.039
	DL124	77.053	130.421	190.770	230.556	284.948	338.848	374.332
	DL125	190.012	180.074	160.033	174.036	240.010	313.745	370.497
	DL134	96.085	167.518	244.388	279.403	274.082	274.799	289.583
	DL135	209.044	217.172	213.650	222.880	229.138	249.657	285.738
	DL145	269.707	277.050	254.395	198.263	172.471	200.883	255.467
	DL234	97.175	184.996	282.023	334.351	322.297	253.893	150.368
	DL235	210.091	234.640	251.280	277.826	277.353	228.752	146.524
	DL245	270.793	294.499	292.067	253.249	220.690	179.975	116.209
	DL345	290.153	331.824	345.758	302.255	210.507	117.172	37.299
	DL1234	79.624	153.752	240.900	305.413	339.732	348.677	338.608
	DL1235	173.769	195.134	215.256	258.309	302.256	327.718	335.387
	DL1245	224.302	245.004	249.226	237.825	255.039	287.076	310.154
	DL1345	240.191	275.948	293.919	278.517	245.987	233.690	239.534
	DL2345	241.088	290.475	325.272	324.316	286.177	216.269	123.509
	DL12345	239.763	290.072	331.150	351.070	357.302	353.362	336.779
	DB1	268.155	199.191	106.994	41.995	10.666	3.705	0.549
	DB2	122.425	161.291	164.681	112.327	58.480	23.461	6.107
	DB3	33.821	83.270	141.750	168.167	128.164	70.751	18.980
	DB4	8.735	30.016	72.036	129.006	170.714	148.047	89.939
	DB5	1.344	5.765	18.980	55.033	119.971	196.665	234.503
	DB12	390.458	360.463	271.543	154.010	68.292	23.713	5.964
	DB13	301.852	282.442	248.594	209.871	137.998	70.984	18.836
	DB14	269.571	227.911	178.194	170.463	180.382	147.875	88.171
	DB15	265.586	202.340	125.251	96.463	129.586	196.582	232.807
	DB23	156.245	244.561	306.431	280.494	186.644	94.212	25.087
	DB24	123.656	189.845	235.965	240.908	228.404	169.897	87.375
	DB25	119.666	164.252	183.020	168.909	177.629	218.607	232.013
	DB34	35.346	112.002	213.100	296.920	298.707	218.339	106.970
	DB35	31.357	86.410	160.156	222.942	247.914	267.052	251.629
	DB45	9.679	33.777	90.769	183.898	290.629	344.693	324.391
	DB123	381.853	399.359	371.963	289.967	176.822	85.012	22.450
	DB124	352.470	350.086	308.540	254.313	214.310	152.922	77.302
	DB125	348.885	327.053	260.878	187.729	168.599	196.765	207.505
	DB134	272.997	280.023	287.951	304.718	277.570	196.503	94.949
	DB135	269.416	257.011	240.290	238.137	231.860	240.365	225.133
	DB145	240.454	207.981	176.958	202.738	270.252	310.002	290.211
	DB234	141.659	245.753	339.922	368.111	320.783	216.326	94.231
	DB235	138.076	222.722	292.280	301.529	275.071	260.165	224.411
	DB245	109.139	173.716	228.931	266.131	313.465	329.824	289.493
	DB345	29.761	103.671	208.374	316.544	376.728	373.427	307.125
	DB1234	319.037	354.150	363.395	338.009	274.593	180.269	77.409
	DB1235	316.041	334.966	323.683	282.521	236.506	216.817	185.918
	DB1245	291.939	294.124	270.911	253.029	268.500	274.873	240.151
	DB1345	225.690	235.739	253.761	295.041	321.219	311.181	254.836
	DB2345	116.271	207.192	297.095	347.866	357.246	327.709	254.236
	DB12345	317.250	356.539	377.218	379.124	364.524	327.726	253.146
좌측편재하	DL1	261.982	185.512	103.414	43.315	12.699	4.345	0.564
	DL2	123.156	149.747	150.870	103.630	55.970	24.531	9.082
	DL3	36.145	79.333	128.906	153.170	117.124	68.444	22.511
	DL4	10.112	30.793	68.076	117.923	156.306	137.631	91.733
	DL5	1.459	6.740	20.098	54.200	113.428	183.591	231.354
	DL12	384.981	335.225	254.097	146.539	67.513	25.772	6.652
	DL13	297.979	264.848	232.139	196.084	128.669	69.685	22.181
	DL14	264.621	214.637	170.428	160.550	167.642	138.329	89.700
	DL15	259.510	189.570	122.599	96.760	124.724	184.453	229.460
	DL23	159.306	229.106	279.736	256.754	173.048	92.962	29.487
	DL24	125.566	178.672	217.984	221.014	211.290	160.162	90.027
	DL25	120.411	153.595	170.150	157.221	168.367	206.277	229.743
	DL34	38.839	108.425	196.045	270.717	273.031	205.204	110.857
	DL35	33.690	83.358	148.252	206.963	230.112	251.286	250.563

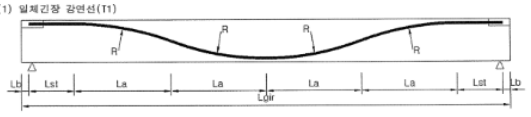
	DL35	33.749	84.239	149.018	206.479	230.336	252.094	249.089
	DL45	10.959	36.519	88.572	171.736	270.030	322.588	320.983
	DL123	381.346	371.786	345.337	268.354	166.180	83.765	26.233
	DL124	350.740	326.448	289.653	236.374	200.589	144.357	79.127
	DL125	346.147	303.659	246.443	179.081	162.039	187.184	204.104
	DL134	272.062	263.933	270.218	281.278	256.147	184.762	97.768
	DL135	267.508	241.146	226.977	223.985	217.600	227.625	222.755
	DL145	237.497	196.171	171.456	192.364	253.236	290.730	286.946
	DL234	146.098	232.916	313.207	335.572	295.391	204.086	98.062
	DL235	141.505	210.127	269.998	278.284	256.848	246.950	223.049
	DL245	111.533	165.155	214.445	246.658	292.480	310.053	287.240
	DL345	35.063	103.104	195.273	291.644	348.056	350.530	306.001
	DL1234	319.326	331.867	338.414	311.445	254.720	170.694	80.554
	DL1235	315.531	312.874	302.386	263.710	222.593	206.380	184.687
	DL1245	290.552	275.407	256.119	237.352	252.312	258.983	238.158
	DL1345	225.008	223.322	239.897	274.770	298.608	292.657	253.686
	DL2345	120.008	197.456	275.746	320.028	331.308	308.752	253.943
	DL12345	317.606	335.228	353.161	351.841	339.915	309.359	252.778
ENV		391.884	398.703	378.034	378.135	383.199	415.253	417.523
군중		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
MAX(Σ)		1667.290	1589.659	1590.731	1569.534	1563.375	1601.120	1528.177

	DL45	11.030	35.624	87.841	171.934	269.659	321.221	322.993
	DL123	379.035	373.152	344.706	269.747	166.146	84.808	26.248
	DL124	348.609	327.717	289.060	237.502	200.414	144.998	79.557
	DL125	343.983	305.156	246.055	180.123	161.799	186.478	205.311
	DL134	270.532	264.492	269.349	282.249	255.983	185.518	98.294
	DL135	265.946	241.935	226.314	224.870	217.371	227.035	224.059
	DL145	236.103	196.868	170.829	192.984	252.871	289.642	288.722
	DL234	145.381	232.139	312.123	336.645	295.242	205.148	98.553
	DL235	140.756	209.578	269.120	279.270	256.634	246.666	224.318
	DL245	110.951	164.515	213.603	247.380	292.130	309.272	288.981
	DL345	35.071	101.774	194.154	292.211	347.718	349.862	307.840
	DL1234	317.472	332.536	337.532	312.712	254.573	171.694	80.945
	DL1235	313.649	313.735	301.675	264.906	222.392	206.257	185.725
	DL1245	288.809	276.191	255.437	238.328	251.998	258.446	239.590
	DL1345	223.767	223.515	238.986	275.614	298.303	292.216	255.199
	DL2345	119.444	196.535	274.656	320.957	331.016	308.566	255.425
	DL12345	315.786	335.624	352.092	353.144	339.600	309.287	254.242
ENV		390.458	399.359	377.218	379.124	382.963	414.319	418.917
군중		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
MAX(Σ)		1663.080	1593.021	1589.506	1571.380	1562.944	1599.641	1530.512

9. 프리스트레스

9.1 마찰에 의한 손실

(1) 일체긴장 강연선(T1)



R = 61.492 m , Lb = 0.385 m , Lst = 1.215 m , La = 10.425 m

▷ 지간중앙부의 접선변화각 누계

$\alpha = 2 \cdot \sin^{-1}(La / R) = 0.341$ rad

▷ 지간중앙부까지의 강선길이

$x = Lst + \alpha \cdot R = 1.215 + 0.341 \times 61.492 = 22.166$ m

▷ 마찰손실량 산정

- 곡률마찰계수(μ) = 0.250
- 파상마찰계수(κ) = 0.005

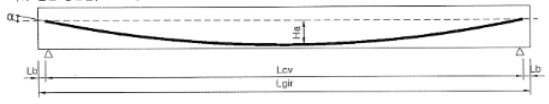
$\Delta Ppf = Po - Px = Po \cdot [1 - e^{-(\mu\alpha + \kappa x)}] =$ 202915 N

(2) 일체긴장 강봉 (C1,C2 압축 PS강봉은 직선으로 배치되어 있으므로 곡률마찰손실은 없다.)

- 지간중앙부까지의 강봉길이(x) = 22.065 m
- 파상마찰계수(κ) = 0.008

$\Delta Ppf = Po - Px = Po \cdot [1 - e^{-\kappa x}]$ 184473 N

(3) 일반 강연선(T2 ~ T5)



Lcv = 44.130 m

▷ $y = a \cdot x^2$ 에서 $a = 4 \cdot Ha / Lcv^2$

▷ 지간중앙부의 접선변화각 누계(α) = tan-1(a×Lcv)

▷ 강선의 총길이(Lt) = $Lcv + \frac{8}{3}\frac{Ha^2}{Lcv} - \frac{32}{5}\frac{Ha^4}{Lcv^3}$

▷ 지간중앙부까지의 강선길이(x) = Lt / 2

▷ 마찰손실량(ΔPpf) = Po - Px = Po · [1 - $e^{-(\mu\alpha + \kappa x)}$]

	Ha	a	α(rad)	Lt	x	μ	κ	ΔPpf
T2	1.475	0.003030	0.13291	44.261	22.131	0.250	0.005	408725
T3	1.025	0.002105	0.09264	44.193	22.097	0.250	0.005	381550
T4	0.575	0.001181	0.05207	44.150	22.075	0.250	0.005	354055
T5	0.575	0.001181	0.05207	44.150	22.075	0.250	0.005	354055

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식	:	역T형 교대
(2) 상 부 형 식	:	IPC GIRDER
(3) 교 량 등 급	:	1 등교
(4) 교 대 총 폭	:	B = 19.590 M
(5) 교 대 총높이	:	H = 7.000 M
(6) 기 초 형 식	:	말뚝기초
(7) SKEW	:	85.000 °

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량	: γc =	25.000 kN/m³	[도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량	: γs1 =	20.000 kN/m³ (토사)	[도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량	: γs2 =	20.000 kN/m³	
(4) 과 재 하 중	: q1 =	10.000 kN/m	
(5) 상부 고정하중 반력	: Rd =	426.103 kN/m	
(6) 상부 활하중 반력	: Rl =	141.031 kN/m	
(7) 교량받침 마찰계수	: fs =	0.150	

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각	: Φ1 =	35.000 °	
(2) 기초지반의 N치	: N =	15.000	
(3) 기초지반의 내부마찰각	: Φ2 =	30.000 ° {Φ2 = 15 + √15N}	
(4) 기초지반의 점착력	: C =	0.000 kN/m²	
(5) 기초지반의 마찰계수	: μ = 0.364	: TAN(δ · Φ2) : 흙과 콘크리트	
(6) 지반 가속도 계수	: A = 0.154	: 위험도계수 × 지진구역계수	
- 내진 등급 : I 등급	- 위험도 계수 : 1.400	[도로교 설계기준 6.3.1]	
- 지진 구역 : I 구역	- 지진구역 계수 : 0.110		

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도	: fck = 24.000 MPa		
- 탄성계수	: Ec = 28000.000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]	
(2) 철근의 항복 강도(SD300)	: fy = 300.000 MPa		
- 탄성계수	: Es = 200000.000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]	

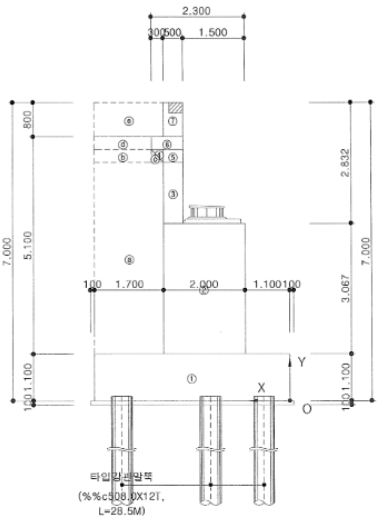
5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토	: 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계	: 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2006)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	7
고정하중	1275.406	1190.956	1212.697	1191.399	1180.176	1185.867	1110.654
활하중	391.884	398.703	378.034	378.135	383.199	415.253	417.523
계							
8347.155							
2762.731							

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	7
교축방향	261.932	261.841	261.793	261.721	261.644	261.584	261.529
직각방향	285.018	285.332	285.496	285.506	285.470	285.343	285.078
계							
1832.044							
1997.243							

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1290.4	791.989	O.K
	허용인발력(kN/EA)	425.265	-	O.K
	휨응력(MPa)	133	111.964	O.K
	전단응력(MPa)	76	12.59	O.K
	수평변위(mm)	15	11.097	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1935.6	966.016	O.K
	허용인발력(kN/EA)	637.897	-18.501	O.K
	휨응력(MPa)	199.5	126.339	O.K
	전단응력(MPa)	114	20.759	O.K
	수평변위(mm)	15	10.31	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1100	150	1196.66	1940.4	287.207	463.002	1.612	O.K
후면저판		1100	100	828.106	1940.4	209.881	487.742	2.324	O.K
벽체 : H=5.900		2000	100	1469.4	2292	707.875	1100.624	1.555	O.K
흉벽		500	100	1245.15	1940.4	124.099	190.861	1.538	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	992.488	1548.4	134.819	208.719	1.548	O.K
	A(T=620 mm)	620	80	2749.75	3096.8	364.463	408.448	1.121	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	1007.62	1588.8	136.845	214.045	1.564	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	2006.79	3096.8	268.784	408.448	1.52	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		115.385	150	125	331.247	O.K
후면저판		62.767	150	125	1003.711	O.K
벽체 : H=5.900		73.608	150	125	843.611	O.K
흉벽		125.158	150	125	402.956	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	95.156	150	250	655.085	O.K
	A(T=620 mm)	130.536	150	125	430.78	O.K
	B(T=620 mm)	94.502	150	125	653.313	O.K
	C(T=620 mm)	98.002	150	125	631.059	O.K

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1396.53	849.233	O.K
	허용인발력(kN/EA)	767.966	-	O.K
	휨응력(MPa)	133	116.587	O.K
	전단응력(MPa)	76	12.67	O.K
	수평변위(mm)	15	11.168	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2094.795	1072.291	O.K
	허용인발력(kN/EA)	1151.948	-40.387	O.K
	휨응력(MPa)	199.5	139.507	O.K
	전단응력(MPa)	114	22.656	O.K
	수평변위(mm)	15	11.252	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1100	150	1228.22	1940.4	294.709	463.002	1.571	O.K
후면저판		1100	100	828.106	1940.4	209.881	487.742	2.324	O.K
벽체 : H=5.900		2000	100	1477.53	2292	711.771	1100.624	1.546	O.K
흉벽		500	100	1220.25	1940.4	121.674	190.861	1.569	O.K
좌측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	955.797	1548.4	129.9	208.719	1.607	O.K
	A(T=620 mm)	620	80	2143.08	3096.8	286.49	408.448	1.426	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	921.213	1588.8	125.26	214.045	1.709	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	1895.76	3096.8	254.308	408.448	1.606	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		113.251	150	125	344.105	O.K
후면저판		62.728	150	125	1004.33	O.K
벽체 : H=5.900		62.175	150	125	1013.263	O.K
흉벽		122.844	150	125	414.809	O.K
좌측날개벽	D(T=620 mm)	91.843	150	250	684.942	O.K
	A(T=620 mm)	102.624	150	125	594.868	O.K
	B(T=620 mm)	86.582	150	125	727.63	O.K
	C(T=620 mm)	92.733	150	125	676.708	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : 다주식 교각
2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.15

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 15
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 30 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.364 : TAN(⅔ · Φ2) : 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
   - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
   - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
   기둥: 40 MPa
   기초: 27 MPa
   - 탄성계수 : Ec = 두부보: 32000 MPa
   기둥: 32000 MPa
   기초: 29000 MPa
   [도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
   기둥: 400 MPa
   기초: 400 MPa
   - 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

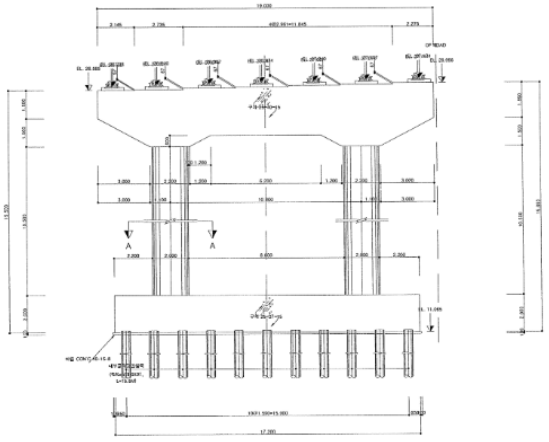
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 (2010)
2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
4) 도로설계 편람 (2008)
5) 도로설계 요령 (2009)
6) 강구조 편람 (1995)
7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1124.590	845.942	O.K
		허용인발력(kN/EA)	470.087	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	86.811	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	3.530	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.730	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1686.885	1379.133	O.K
		허용인발력(kN/EA)	705.130	-274.981	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	178.515	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	21.322	O.K
		수평변위(mm)	15.000	5.887	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1124.590	709.193	O.K
		허용인발력(kN/EA)	470.087	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	79.638	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	4.037	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.978	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1686.885	780.184	O.K
		허용인발력(kN/EA)	705.130	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	147.036	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	19.738	O.K
		수평변위(mm)	15.000	5.450	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		깊이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3000.0	100.0	34200.000	36533.200	-	-	2.025	O.K
	우측내민보	3000.0	100.0	34200.000	36533.200	-	-	2.113	O.K
	좌측내민보수평	3000.0	100.0	1806.659	4960.100	1779.190	4874.257	2.740	O.K
	우측내민보수평	3000.0	100.0	1829.565	4960.100	1801.720	4874.257	2.705	O.K
	내부지간1좌	3123.3	100.0	13571.901	36533.200	13597.354	36042.482	2.651	O.K
	내부지간1중	2590.0	100.0	11757.937	18266.600	9862.291	15242.350	1.546	O.K
	내부지간1우	3323.5	100.0	12839.940	36533.200	13744.397	38529.572	2.803	O.K
	교량받침8	1897.0	100.0	84.468	36533.200	50.168	20810.207	414.813	O.K
	교량받침1	1945.0	100.0	497.905	36533.200	303.706	21406.429	70.484	O.K
	교량받침10	2590.8	100.0	1146.971	36533.200	950.964	29428.146	30.946	O.K
	교량받침3	2542.8	100.0	466.679	36533.200	379.523	28831.924	75.969	O.K
	교량받침11	2590.0	100.0	10629.852	18266.600	8924.073	15242.350	1.708	O.K
	교량받침4	2590.0	100.0	7847.879	18266.600	6603.080	15242.350	2.308	O.K
	교량받침12	2656.8	100.0	508.932	18266.600	442.246	15656.867	35.403	O.K
	교량받침5	2656.8	100.0	2466.840	18266.600	2140.388	15656.867	7.315	O.K
	교량받침14	2335.3	100.0	409.174	36533.200	303.902	26254.147	86.390	O.K
	교량받침7	2287.3	100.0	85.539	36533.200	62.154	25657.925	412.813	O.K
기초	교축방향	2000.0	150.0	43438.240	70431.300	26997.609	43446.754	1.610	O.K
	교직-지점부	2000.0	150.0	12143.848	19742.100	7571.256	12240.117	1.620	O.K
	교직-중앙부	2000.0	100.0	35742.872	40504.200	22425.800	25312.905	1.129	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.023	20388.735	74791.613	3.668	O.K
	모멘트최대	0.023	18118.080	46277.412	2.554	O.K
	단성설계	0.023	11729.186	14746.313	1.257	O.K
	편심최대	0.023	11142.726	36994.456	3.320	O.K
교축직각방향	축력최대	0.023	20388.735	74791.613	3.668	O.K
	모멘트최대	0.023	13020.000	48786.503	3.747	O.K
	단성설계	0.023	11729.186	25858.881	2.205	O.K
	편심최대	0.023	9501.244	44025.375	4.634	O.K
원성부재력	축력최대	0.023	20388.735	74791.613	3.668	O.K
	모멘트최대	0.023	18119.218	45691.866	2.522	O.K
	단성설계	0.023	11729.186	11934.423	1.017	O.K
	편심최대	0.023	9500.369	27374.853	2.881	O.K
	모멘트최대	0.023	13020.000	35093.551	2.695	O.K
	편심최대	0.023	9501.244	30147.511	3.173	O.K

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.023	19571.001	74791.613	3.822	O.K
	모멘트최대	0.023	17411.042	45570.500	2.617	O.K
	단성설계	0.023	10851.981	13713.797	1.264	O.K
	편심최대	0.023	10309.382	34820.682	3.378	O.K
교축직각방향	축력최대	0.023	19571.001	74791.613	3.822	O.K
	모멘트최대	0.023	15815.882	63438.841	4.011	O.K
	단성설계	0.023	10851.981	23272.932	2.145	O.K
	편심최대	0.023	11343.682	64347.066	5.673	O.K
원성부재력	축력최대	0.023	19571.001	74791.613	3.822	O.K
	모멘트최대	0.023	17409.904	44884.027	2.578	O.K
	단성설계	0.023	10851.981	11005.139	1.014	O.K
	편심최대	0.023	11951.740	36483.771	3.053	O.K
	모멘트최대	0.023	15815.882	62924.794	3.979	O.K
	편심최대	0.023	11343.682	63377.201	5.587	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		안정응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
두부보	좌측내민보	89.544	180.000	130.435	669.459	O.K
	우측내민보	88.770	180.000	130.435	677.122	O.K
	좌측내민보수평	127.051	180.000	250.000	409.831	O.K
	우측내민보수평	126.660	180.000	250.000	402.080	O.K
	내부지간1좌측지점부	89.970	180.000	130.435	665.296	O.K
	내부지간1중앙부	182.161	180.000	130.435	222.311	O.K
	내부지간1우측지점부	97.454	180.000	130.435	598.075	O.K
	교량받침8	3.031	180.000	130.435	20787.365	O.K
	교량받침1	3.702	180.000	130.435	17018.615	O.K
	교량받침10	8.830	180.000	130.435	7134.559	O.K
	교량받침3	13.852	180.000	130.435	4548.203	O.K
	교량받침11	174.691	180.000	130.435	240.797	O.K
	교량받침4	117.848	180.000	130.435	458.235	O.K
	교량받침12	7.682	180.000	130.435	8201.222	O.K
	교량받침5	3.992	180.000	130.435	15780.379	O.K
	교량받침14	8.663	180.000	130.435	7272.111	O.K
	교량받침7	3.657	180.000	130.435	17228.062	O.K
기초	교축방향	129.180	180.000	123.741	265.864	O.K
	교직-지점부	151.804	180.000	127.451	171.263	O.K
	교직-중앙부	217.499	180.000	111.765	152.071	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 조 건
(1) 교량형식 : IPC GIRDER
(2) 교량연장 : L = 45.176 + 45.076 + 45.126 = 135.379 m
(3) 교량폭원 : B = 19.510 m
(4) 교각형식 : 다주식 교각

2) 내 진 설 계 조 건
(1) 내진등급 : I 등급
(2) 가속도계수 : A = 0.154 (지진구역계수 : 0.110, 위험도계수 : 1.400)
(3) 지반계수 : S = 1.500 (지반종류 III)
(4) 발생형식 : 탄성방침

3) 설계강도 및 탄성계수

구 분			Fck(MPa)	Fy(MPa)	Ec(MPa)	n=Es/Ec
상부	바닥판		27	-	28693	7
	거 더		40	-	31879	6
하부	교 대		24	300	28000	7
	교각	두부보	40	400	32000	6
		기둥	40	400	32000	6
		기초	27	400	29000	7

- 강재 탄성계수 : Es = 200000.0 MPa

4) 해 석 방 법
다중모드 스펙트럼 해석법

5) 참 고 문 헌
(1) 도 로 교 설 계 기 준 : 국토해양부 (2010)
(2) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
(3) 도 로 교 표준시방서 : 국토해양부 (2000)
(4) 콘크리트교 표준시방서 : 국토해양부 (2000)
(5) 고속도로교량의 내진설계지침 : 한국도로공사 (2000)

5. 고유치 해석

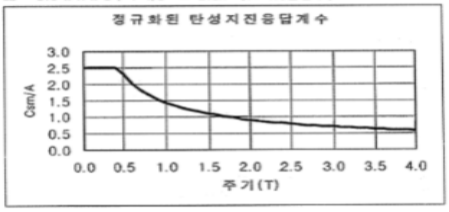
1) Mode별 자유진동 특성

Mode	Period (sec)	Frequency (Hz)	Participating Mass Ratios(질량누가)			비 고
			X-Axis	Y-Axis	Z-Axis	
1	1.19221	0.83878	0.001	0.075	0.000	
2	1.17403	0.85177	73.811	16.035	0.000	
3	1.15718	0.86417	91.251	80.710	0.000	
4	0.91731	1.09014	91.285	86.534	0.000	
5	0.65461	1.52763	91.285	86.535	0.001	
6	0.54391	1.83853	91.285	86.596	0.001	
7	0.46969	2.12905	91.286	86.596	0.016	
8	0.45783	2.18420	91.286	86.596	4.542	
9	0.40394	2.47561	91.286	86.596	4.542	
10	0.40018	2.49890	91.286	86.597	4.547	
11	0.37448	2.67039	91.292	86.598	4.547	
12	0.32956	3.03436	91.297	89.287	4.548	
13	0.31161	3.20915	91.297	89.290	4.548	
14	0.28467	3.51283	91.673	89.291	18.576	
15	0.27826	3.59377	96.465	89.302	29.316	
16	0.27244	3.67055	98.088	89.307	43.969	
17	0.23065	4.33562	98.096	90.196	43.969	
18	0.22080	4.52895	98.153	98.530	43.969	
19	0.19863	5.03454	98.167	98.547	43.969	
20	0.19321	5.17578	98.171	98.560	43.970	
21	0.09112	10.97393	98.171	98.560	43.978	
22	0.06492	15.40257	98.173	98.561	84.190	
23	0.04696	21.29452	98.173	98.568	97.788	
24	0.04045	24.71889	98.175	99.230	97.853	
25	0.03222	31.03285	99.714	99.238	97.858	

※ 유효모드 질량의 합이 전체질량의 90%이상이 되도록 Mode수를 결정한다.

6. 응답스펙트럼 해석

1) 응답스펙트럼의 결정
Sa = Cs x g
Cs = 1.2 x A x S / T^2/3 ≤ 2.5A (T≤4.0인경우)
Cs = 3.0 x A x S / T^4/3 ≤ 2.5A (T>4.0인경우)



Sa : 탄성지진응답 가속도 (m/sec²) Cs : 탄성지진응답 계수(무차원)
g = 9.810 m/sec² ,중력가속도 A = 0.154, 지진가속도 계수
S = 1.500, 지반특성에 따른 무차원의 지반계수
T : 진동모드의 주기

T	Cs	Sa	T	Cs	Sa	T	Cs	Sa
0.0	0.385	3.777	2.3	0.159	1.561	5.5	0.071	0.700
0.1	0.385	3.777	2.4	0.155	1.517	5.8	0.067	0.660
0.2	0.385	3.777	2.5	0.150	1.476	6.0	0.064	0.624
0.3	0.385	3.777	2.6	0.147	1.438	6.3	0.060	0.591
0.4	0.385	3.777	2.7	0.143	1.402	6.5	0.057	0.560
0.5	0.385	3.777	2.8	0.140	1.369	6.8	0.054	0.533
0.6	0.385	3.777	2.9	0.136	1.337	7.0	0.052	0.508
0.7	0.352	3.449	3.0	0.133	1.307	7.3	0.049	0.484
0.8	0.322	3.156	3.1	0.130	1.279	7.5	0.047	0.463
0.9	0.297	2.917	3.2	0.128	1.252	7.8	0.045	0.443
1.0	0.277	2.719	3.3	0.125	1.227	8.0	0.043	0.425
1.1	0.260	2.552	3.4	0.123	1.203	8.3	0.042	0.408
1.2	0.245	2.408	3.5	0.120	1.180	8.5	0.040	0.392
1.3	0.233	2.283	3.6	0.118	1.158	8.8	0.038	0.377
1.4	0.222	2.173	3.7	0.116	1.137	9.0	0.037	0.363
1.5	0.212	2.075	3.8	0.114	1.117	9.3	0.036	0.350
1.6	0.203	1.988	3.9	0.112	1.098	9.5	0.034	0.338
1.7	0.195	1.909	4.0	0.110	1.079	9.8	0.033	0.326
1.8	0.187	1.838	4.3	0.101	0.988	10.0	0.032	0.316
1.9	0.181	1.773	4.5	0.093	0.915	15.0	0.019	0.184
2.0	0.175	1.713	4.8	0.087	0.851	20.0	0.013	0.125
2.1	0.169	1.658	5.0	0.081	0.795			
2.2	0.164	1.608	5.3	0.076	0.745			

3) 응답스펙트럼 해석결과
(1) 교축방향(X방향) 지진하중 재하시
① 교량받침

구 분		절 점	V2(kN)	V3(kN)	비 고
교대 1	1	92	256.196	23.344	
	2	93	256.034	23.369	
	3	94	255.942	23.382	
	4	95	255.830	23.381	
	5	96	255.713	23.377	
	6	97	255.604	23.366	
	7	98	255.467	23.344	
교각 1	1	99	306.088	23.426	
	2	100	306.970	23.495	
	3	101	307.641	23.569	
	4	102	308.186	23.622	
	5	103	308.975	23.613	
	6	104	309.800	23.558	
	7	105	310.147	23.505	
	8	106	306.201	22.942	
	9	107	307.084	23.035	
	10	108	307.765	23.132	
	11	109	308.306	23.179	
	12	110	309.091	23.161	
	13	111	309.924	23.117	
	14	112	310.272	23.061	
교각 2	1	113	314.398	23.725	
	2	114	315.550	23.793	
	3	115	316.178	23.866	
	4	116	316.693	23.922	
	5	117	317.461	23.916	
	6	118	318.282	23.852	
	7	119	318.782	23.768	
	8	120	314.270	24.075	
	9	121	315.424	24.135	
	10	122	316.061	24.225	
	11	123	316.572	24.273	
	12	124	317.336	24.257	
	13	125	318.165	24.213	
	14	126	318.665	24.158	
교대 2	1	127	255.919	24.512	
	2	128	255.984	24.530	
	3	129	255.879	24.544	
	4	130	255.762	24.545	
	5	131	255.643	24.542	
	6	132	255.549	24.530	
	7	133	255.567	24.501	

1. 설 계 조 건

1) 일 반 조 건
(1) 교량형식 : IPC GIRDER
(2) 교량연장 : L = 45.176 + 45.076 + 45.126 = 135.379 m
(3) 교량폭원 : B = 19.510 m
(4) 교각형식 : 다주식 교각

2) 내 진 설 계 조 건
(1) 내진등급 : I 등급
(2) 가속도계수 : A = 0.154 (지진구역계수 : 0.110, 위험도계수 : 1.400)
(3) 지반계수 : S = 1.500 (지반종류 III)
(4) 받침형식 : 탄성받침

3) 설계강도 및 탄성계수

구 분			Fck(MPa)	Fy(MPa)	Ec(MPa)	n=Es/Ec
상부	바닥판		27	-	28693	7
	거 더		40	-	31879	6
하부	교 대		24	300	28000	7
	교각	두부보	40	400	32000	6
		기둥	40	400	32000	6
		기초	27	400	29000	7

- 강재 탄성계수 : Es = 200000.0 MPa

4) 해 석 방 법
다중모드 스펙트럼 해석법

5) 참 고 문 헌
(1) 도 로 교 설 계 기 준 : 국토해양부 (2010)
(2) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
(3) 도 로 교 표준시방서 : 국토해양부 (2000)
(4) 콘크리트교 표준시방서 : 국토해양부 (2000)
(5) 고속도로교량의 내진설계지침 : 한국도로공사 (2000)

5. 고유치 해석

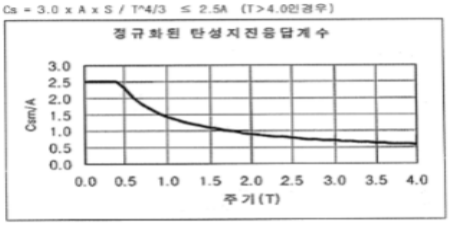
1) Mode별 자유진동 특성

Mode	Period (sec)	Frequency (Hz)	Participating Mass Ratios(질량누가) X-Axis	Y-Axis	Z-Axis	비 고
1	1.19221	0.83878	0.001	0.075	0.000	
2	1.17403	0.85177	73.811	16.035	0.000	
3	1.15718	0.86417	91.251	80.710	0.000	
4	0.91731	1.09014	91.285	86.534	0.000	
5	0.65461	1.52763	91.285	86.535	0.001	
6	0.54391	1.83853	91.285	86.596	0.001	
7	0.46969	2.12905	91.286	86.596	0.016	
8	0.45783	2.18420	91.286	86.596	4.542	
9	0.40394	2.47561	91.286	86.596	4.542	
10	0.40018	2.49890	91.286	86.597	4.547	
11	0.37448	2.67039	91.292	86.598	4.547	
12	0.32956	3.03436	91.297	89.287	4.548	
13	0.31161	3.20915	91.297	89.290	4.548	
14	0.28467	3.51283	91.673	89.291	18.576	
15	0.27826	3.59377	96.465	89.302	29.316	
16	0.27244	3.67055	98.088	89.307	43.969	
17	0.23065	4.33562	98.096	90.196	43.969	
18	0.22080	4.52895	98.153	98.530	43.969	
19	0.19863	5.03454	98.167	98.547	43.969	
20	0.19321	5.17578	98.171	98.560	43.970	
21	0.09112	10.97393	98.171	98.560	43.978	
22	0.06492	15.40257	98.173	98.561	84.190	
23	0.04696	21.29452	98.173	98.568	97.788	
24	0.04045	24.71889	98.175	99.230	97.853	
25	0.03222	31.03285	99.714	99.238	97.858	

※ 유효모드 질량의 합이 전체질량의 90%이상이 되도록 Mode수를 결정한다.

6. 응답스펙트럼 해석

1) 응답스펙트럼의 결정
Sa = Cs x g
Cs = 1.2 x A x S / T^2/3 ≤ 2.5A (T≤4.0인경우)
Cs = 3.0 x A x S / T^4/3 ≤ 2.5A (T>4.0인경우)



Sa : 탄성지진응답 가속도 (m/sec²) Cs : 탄성지진응답 계수(무차원)
g = 9.810 m/sec² ,중력가속도 A = 0.154, 지진가속도 계수
S = 1.500, 지반특성에 따른 무차원의 지반계수
T : 진동모드의 주기

T	Cs	Sa	T	Cs	Sa	T	Cs	Sa
0.0	0.385	3.777	2.3	0.159	1.561	5.5	0.071	0.700
0.1	0.385	3.777	2.4	0.155	1.517	5.8	0.067	0.660
0.2	0.385	3.777	2.5	0.150	1.476	6.0	0.064	0.624
0.3	0.385	3.777	2.6	0.147	1.438	6.3	0.060	0.591
0.4	0.385	3.777	2.7	0.143	1.402	6.5	0.057	0.560
0.5	0.385	3.777	2.8	0.140	1.369	6.8	0.054	0.533
0.6	0.385	3.777	2.9	0.136	1.337	7.0	0.052	0.508
0.7	0.352	3.449	3.0	0.133	1.307	7.3	0.049	0.484
0.8	0.322	3.156	3.1	0.130	1.279	7.5	0.047	0.463
0.9	0.297	2.917	3.2	0.128	1.252	7.8	0.045	0.443
1.0	0.277	2.719	3.3	0.125	1.227	8.0	0.043	0.425
1.1	0.260	2.552	3.4	0.123	1.203	8.3	0.042	0.408
1.2	0.245	2.408	3.5	0.120	1.180	8.5	0.040	0.392
1.3	0.233	2.283	3.6	0.118	1.158	8.8	0.038	0.377
1.4	0.222	2.173	3.7	0.116	1.137	9.0	0.037	0.363
1.5	0.212	2.075	3.8	0.114	1.117	9.3	0.035	0.350
1.6	0.203	1.988	3.9	0.112	1.098	9.5	0.034	0.338
1.7	0.195	1.909	4.0	0.110	1.079	9.8	0.033	0.326
1.8	0.187	1.838	4.3	0.101	0.988	10.0	0.032	0.316
1.9	0.181	1.773	4.5	0.093	0.915	15.0	0.019	0.184
2.0	0.175	1.713	4.8	0.087	0.851	20.0	0.013	0.125
2.1	0.169	1.658	5.0	0.081	0.795			
2.2	0.164	1.606	5.3	0.076	0.745			

3) 응답스펙트럼 해석결과
(1) 교축방향(X방향) 지진하중 재하시
① 교량받침

구 분		절 점	V2(kN)	V3(kN)	비 고
교대 1	1	92	256.196	23.344	
	2	93	256.034	23.369	
	3	94	255.942	23.382	
	4	95	255.830	23.381	
	5	96	255.713	23.377	
	6	97	255.604	23.366	
	7	98	255.467	23.344	
교각 1	1	99	306.088	23.426	
	2	100	306.970	23.495	
	3	101	307.641	23.569	
	4	102	308.186	23.622	
	5	103	308.975	23.613	
	6	104	309.800	23.558	
	7	105	310.147	23.505	
	8	106	306.201	22.942	
	9	107	307.084	23.035	
	10	108	307.765	23.132	
	11	109	308.306	23.179	
	12	110	309.091	23.161	
	13	111	309.924	23.117	
	14	112	310.272	23.061	
교각 2	1	113	314.398	23.725	
	2	114	315.550	23.793	
	3	115	316.178	23.866	
	4	116	316.693	23.922	
	5	117	317.461	23.916	
	6	118	318.282	23.852	
	7	119	318.782	23.768	
	8	120	314.270	24.075	
	9	121	315.424	24.135	
	10	122	316.061	24.225	
	11	123	316.572	24.273	
	12	124	317.336	24.257	
	13	125	318.165	24.213	
	14	126	318.665	24.158	
교대 2	1	127	255.919	24.512	
	2	128	255.984	24.530	
	3	129	255.879	24.544	
	4	130	255.762	24.545	
	5	131	255.643	24.542	
	6	132	255.549	24.530	
	7	133	255.567	24.501	

7.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 7.2.1】 서문5교(서울방향) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	서문5교(서울방향)의 주요 손상현황으로는 신축이음 후타재파손, 교량받침 받침몰탈 균열, 몰탈파손이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공불량에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	서문5교(서울방향)의 주요 손상현황으로는 교면포장 접속도로 후타재 접속부 이격, 신축이음 후타재파손, 교량받침 받침몰탈 균열, 몰탈파손, 교대 신축이음 하부 누수가 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공불량에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	- 교면포장 접속도로 후타재 접속부 이격 - 신축이음 후타재 파손, 신축이음 하부 누수 - 교량받침 받침몰탈 균열(cw=0.3㎜미만), 받침몰탈 파손	양호

7.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

7.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

7.2.5 시설물 보수 이력

【표 7.2.2】 서문5교(서울방향) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

7.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 7.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y		
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

7.3 현장조사

7.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S3	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



제원조사



비파괴시험

【사진 7.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

7.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문5교(서울방향)는 총 3경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=135.0m 폭 19.5m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차로 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경



바닥판 하면 전경

【사진 7.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 물끊기홈 시공불량이 확인 되었다.

【표 7.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	물끊기홈 시공불량 (개소/개소)	
S1	-	-
S2	-	-
S3	1.00	1
합계	1.00	1

	
S3 물끊기홈 시공불량(1EA)	바닥판 하면 상태양호
	-
바닥판 하면 상태양호	-

【사진 7.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 바닥판하면은 현재 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 구간에서 시공시 마감미흡에 의한 물끊기홈 미제거가 발생하였고. 손상부는 물끊기홈 제거 등의 정비가 요구된다.

나. BICON Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 BICON거더는 7열로 시공되었으며, 도보 및 고소작업차로 현장조사를 실시하였다

	
거더 전경	거더 전경

【사진 7.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 일부 구간에서 파손 및 재료분리가 조사되었다.

【표 7.3.2】 거더 현장조사 결과

구분		재료분리 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
거더	S1	0.36	2	-	-
	S2	0.26	2	-	-
	S3	-	-	0.04	1
합계		0.62	4	0.04	1

	
S1-G3 재료분리(1.2m×0.2m)	S1-G6 재료분리(0.6m×0.2m)
	
S2-G4 재료분리(0.7m×0.2m)	S2-G6 재료분리(0.6m×0.2m)
	-
S3-G5 파손(0.2m×0.2m)	-

【사진 7.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 거더에 발생한 재료분리의 경우, 시공시 다짐미흡에 의한 손상으로 추정되며, 손상부는 하자보수 만료전에 단면보수 등의 하자보수가 필요 할 것으로 판단되며, 거더는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경



세로보 전경

【사진 7.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보에 대한 현장조사 결과, 콘크리트 박리, 이물질 미제거 등의 손상이 확인되었다.

【표 7.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		박리 (㎡/개소)		이물질 미제거 (㎡/개소)	
가로보	S1	0.16	1	0.04	1
	S2	-	-	-	-
	S3	-	-	-	-
합계		0.16	1	0.04	1

	
S1 G4~5 이물질 미제거(0.2m×0.2m)	S1 G6~7 박리(0.4m×0.4m)

【사진 7.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 가로보는 현재 시공 미흡, 다짐미흡 등의 복합적인 원인에 의한 이물질 미제거, 콘크리트 박리가 조사되었다. 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 판단된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 서문5교(서울방향) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 7.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 7.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
A1 상태양호 – 금회	A1 상태양호 - 22년 상반기
	
A2 상태양호 – 금회	A2 상태양호 - 22년 상반기

【사진 7.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 교대는 현재 안전에 저해 할만한 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 서문5교(서울방향)의 교각은 π형으로 구성되어 있으며, 복합말뚝기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보조사를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
교각 전경	교각 전경

【사진 7.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 망상균열, 콘크리트 파손, 폐자재 적치가 조사되었다.

【표 7.3.5】 교각 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)		폐자재 적치 (개소/개소)	
P1	16.00	2	0.20	1	-	-
P2	14.00	2	-	-	1.00	1
합계	30.00	4	0.20	1	1.00	1

	
P1 콘크리트 망상균열(10.0m×1.0m)	P1 콘크리트 망상균열(6.0m×1.0m)
	 –
P1 코핑부 상면 폐자재 적치	P1 콘크리트 파손(0.4m×0.5m)
	
P2 콘크리트 망상균열(6.0m×1.0m)	P2 콘크리트 망상균열(8.0m×1.0m)

【사진 7.3.11】 교각 손상현황

	-
P2 코핑부 상면 폐자재 적치	-

【사진 7.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

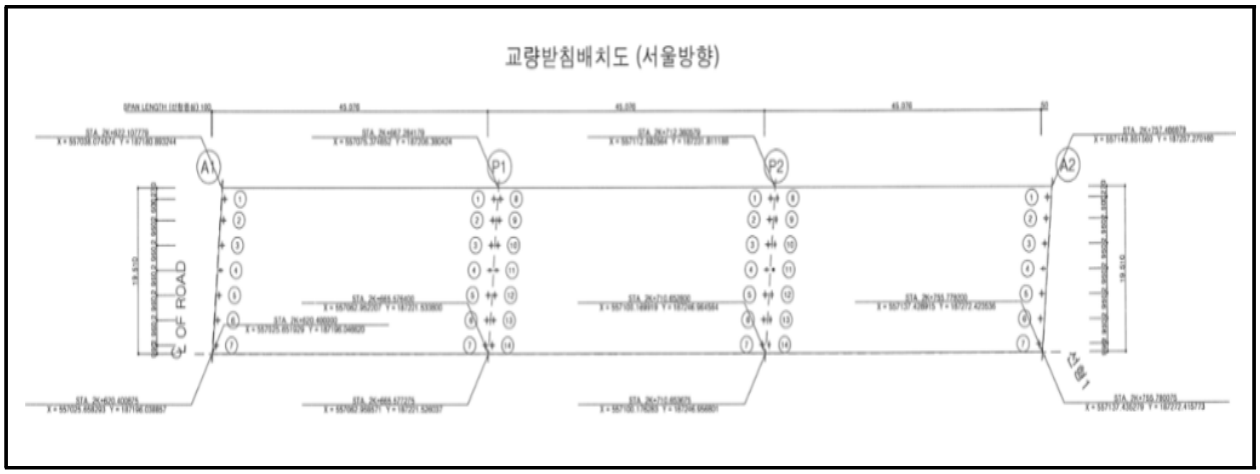
4) 검토의견

■ 교각 코핑부에 발생한 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각에 발생한 파손의 경우 시공시 외부 충격에 의한 손상이며, 폐자재 적치는 시공 후 마무리 미흡에 관한 손상으로 단면보수, 정비 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 서문5교(서울방향)의 받침은 탄성받침으로 총 42기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 7.3.1】 교량받침 배치도


탄성받침(일방향) 전경


탄성받침(양방향) 전경


탄성받침(고정) 전경

【사진 7.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 받침 몰탈균열이 확인되었다.

【표 7.3.6】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 균열 (m/개소)	
A1	-	-
P1	3.00	10
P2	0.20	1
A2	-	-
합계	3.20	11

	
P1-Sh8 무수축몰탈 균열(0.1㎜/0.2m)	P1-Sh9 무수축몰탈 균열(0.1㎜/0.2m)
	
P1-Sh11 무수축몰탈 균열(0.1㎜/0.2m)	P2-Sh10 무수축몰탈 균열(0.1㎜/0.2m)

【사진 7.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

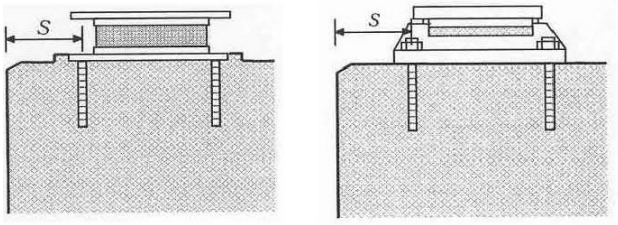
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

■ 받침 몰탈에서 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 시급한 보수가 필요한 상태는 아니나, 하자담보 만료전 표면처리 등의 하자보수 실시 및 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 7.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 7.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=45.0m) : 200+5×45.0 = 425(㎜)

【표 7.3.7】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)							검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	Sh7	
A1		425	515	515	515	515	515	515	515	O.K
P1	A1측	425	485	485	485	485	485	485	485	O.K
	A2측	425	485	485	485	485	485	485	485	O.K
P2	A1측	425	480	480	480	480	480	480	480	O.K
	A2측	425	480	480	480	480	480	480	480	O.K
A2		425	435	435	435	435	435	435	435	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 7.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 7.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	45.4	14.6	0.000012	90.0	49.0	15.8	
P1	45.4	14.6	0.000012	45.0	24.5	7.9	
P2	고정단						
A2	45.4	14.6	0.000012	45.0	24.5	7.9	

`1) 조사당시 온도 : 25.4℃(조사일 : 2022년 08월 23일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)

【표 7.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	35	102.2	32.2	49.0	15.8	±67.2	O.K
	SH2	35	102.2	32.2			±67.2	O.K
	SH3	35	102.2	32.2			±67.2	O.K
	SH4	35	102.2	32.2			±67.2	O.K
	SH5	35	102.2	32.2			±67.2	O.K
	SH6	35	102.2	32.2			±67.2	O.K
	SH7	35	102.2	32.2			±67.2	O.K
P1 (A1측)	SH1	0	33.6	33.6	24.5	7.9	±33.6	O.K
	SH2	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH3	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH4	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH5	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH6	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH7	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
P1 (A2측)	SH8	0	33.6	33.6	24.5	7.9	±33.6	O.K
	SH9	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH10	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH11	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH12	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH13	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH14	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
P2	고정단							
A2	SH1	30	97.2	37.2	24.5	7.9	±67.2	O.K
	SH2	30	97.2	37.2			±67.2	O.K
	SH3	30	97.2	37.2			±67.2	O.K
	SH4	30	97.2	37.2			±67.2	O.K
	SH5	30	97.2	37.2			±67.2	O.K
	SH6	30	97.2	37.2			±67.2	O.K
	SH7	30	97.2	37.2			±67.2	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

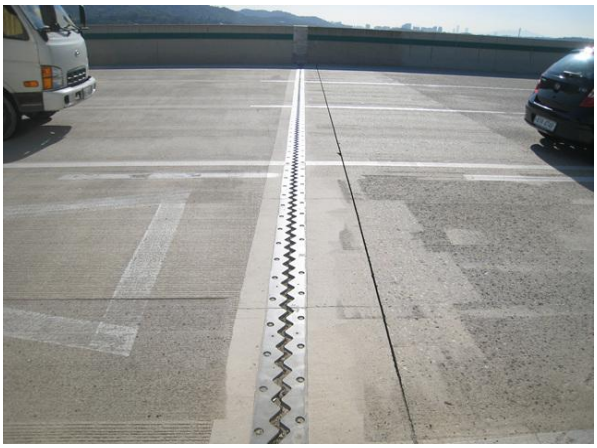
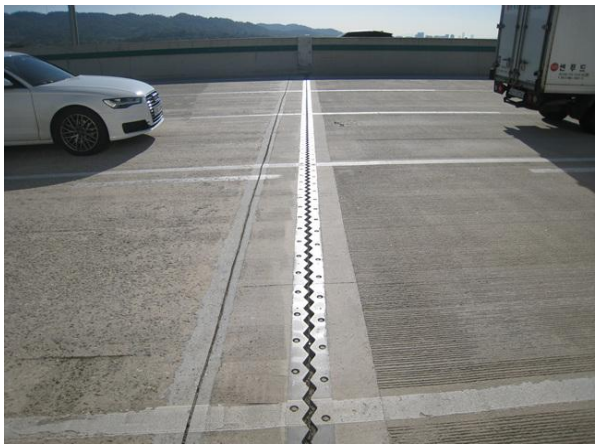
② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 모두 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

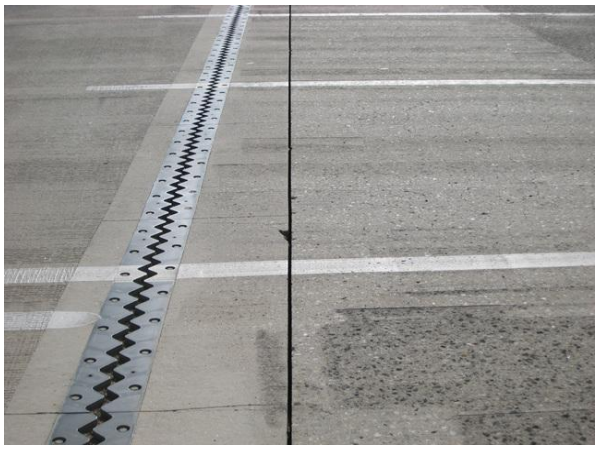
【사진 7.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 후타재 파손 및 하부 누수가 확인되었다.

【표 7.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 파손 (㎡/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	0.08	2	-	-
A2 (EXP J2)	-	-	2.00	4
합계	0.08	2	2.00	4

	
A1 후타재 파손(0.2m×0.2m×2EA) – 금회	A1 후타재 파손 – 22년 상반기
	
A2 하부 누수(0.5m/4EA)	A2 하부 누수(0.5m/4EA)

【사진 7.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 파손의 경우, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나 하자 보수 만료전 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단되며, 하부 누수의 경우 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다. 신축이음은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 19. 기온 적용: 10.5℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−10.5℃ = 29.5℃
△T(수축시) : −20.0℃−(10.5℃) = 30.5℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 7.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 7.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	30.5	29.5	0.00001	90.0	27.5	26.6	40.0	115.0	70.0	
A2	30.5	29.5	0.00001	45.0	13.7	13.3	35.0	45.0	220.0	
1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 7.3.12】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	27.5	26.6	40.0	150	82.6	13.5	O.K
	바닥판			115.0	-	-	88.5	O.K
	거더			70.0	-	-	43.5	O.K
A2	신축이음	13.7	13.3	35.0	150	101.3	21.7	O.K
	바닥판			45.0	-	-	31.7	O.K
	거더			220.0	-	-	206.7	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

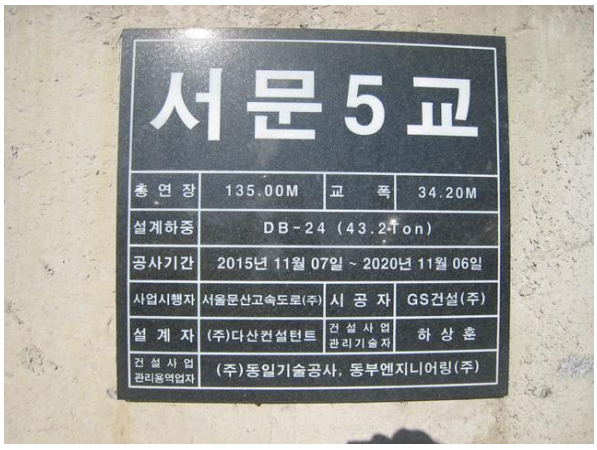
6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 서문5교(서울방향)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.

<table>
<tr>
<td>  </td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td>교면포장 전경</td>
<td>교면판 전경</td>
</tr>
</table>

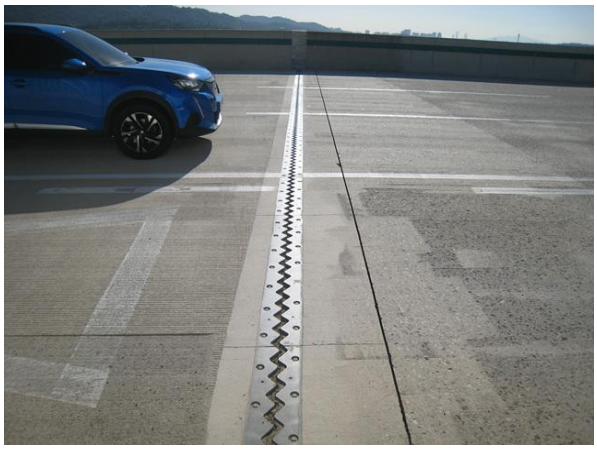
【사진 7.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 포장부 파손 및 접속부 이격이 확인되었다.

【표 7.3.13】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속부 이격 (m/개소)		포장 파손 (㎡/개소)	
S1	14.00	1	-	-
S2	-	-	-	-
S3	14.00	1	1.00	1
합계	28.00	2	1.00	1

	
S1 포장 파손(1.0m×1.0m)	A1 접속부 이격 (14.0m)
	
A2 접속부 이격 (14.0m)	A2 접속부 이격 (14.0m)

【사진 7.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 교면포장은 A1, A2측 후타재 접속부 이격이 발생한 상태로 확인 되었으며, 손상은 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인이 필요하며, 포장부 파손은 다짐미흡 및 중차량 통행, 공용중 열화에 의한 파손이 발생하였으며 단면보수 등의 조치가 요구된다, 교면포장은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문5교(서울방향)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 7.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 일부 구간에서 배수관 탈락이 확인되었다.

【표 7.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수관 탈락 (개소/개소)	
S1	1.00	1
S2	-	-
S3	-	-
합계	1.00	1

	
배수구 상태 양호	S1 A1측 배수관 탈락
	
S1 A1측 배수관 탈락	S1 A1측 배수관 탈락

【사진 7.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다. 금회 발생된 배수관 탈락의 경우, 시공 미흡에 의한 손상으로 배수관 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

	
방호벽 전경	중분대 전경

【사진 7.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜ 내, 외 균열이 조사되었다.

【표 7.3.15】 난간 및 연석 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)	
S1	-	-	-	-
S2	4.50	3	1.50	1
S3	-	-	1.00	1
합계	4.50	3	2.50	2

	
S2 방호벽 균열(0.3㎜/1.5m)	S2 방호벽 균열(0.3㎜/1.5m×3EA)
	
S2 방호벽 균열(0.3㎜/1.5m×3EA)	S3 방호벽 균열(0.3㎜/1.0m)

【사진 7.3.24】 난간 및 연석 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 난간 및 연석에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열이나 하자보수 만료전 표면처리 등의 하자보수가 필요 할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 서문5교(서울방향)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1, P2에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.



점검통로 전경

【사진 7.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 7.3.16】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
P2	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 7.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

7.3.3 현장조사 총괄표

【표 7.3.17】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	물끊기홈 시공불량	EA	1.00	1	
거더	재료분리	㎡	0.62	4	
	파손	㎡	0.04	1	
가로보	박리	㎡	0.16	1	
	이물질 미제거	㎡	0.04	1	
교대	상태양호	-	-	-	
교각	망상균열	m	30.00	4	
	파손	㎡	0.20	1	
	폐자재 적치	㎡	1.00	1	
교량받침	받침몰탈 균열	m	3.20	11	
신축이음	후타재 파손	㎡	0.08	2	
	하부 누수	m	2.00	4	
교면포장	접속부 이격	m	28.00	2	
	포장파손	㎡	1.00	1	
배수시설	배수관 탈락	EA	1.00	1	
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	4.50	3	
	균열(0.3㎜이상)	m	2.50	2	
점검시설	상태양호	-	-	-	

7.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

7.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

7.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 7.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	3	3	3	3	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

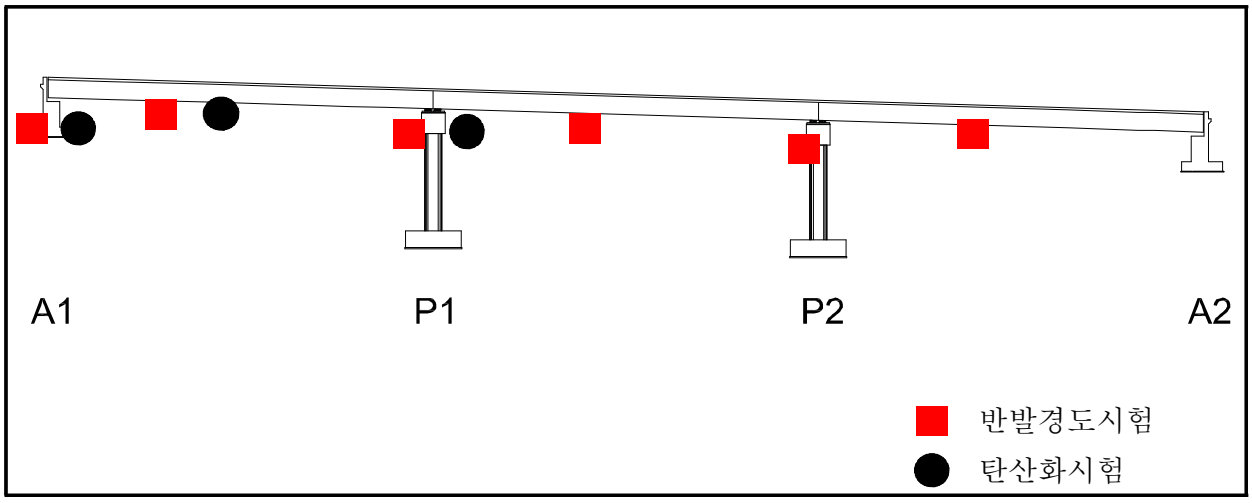
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

	
반발경도 시험 현황	탄산화깊이 측정 현황

【사진 7.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 7.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

7.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 6개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 7.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	바닥판	46.1	27.2	28.7	0.67	27.0	
	S2	바닥판	46.3	27.3	28.8			
	S3	바닥판	46.3	27.3	28.7			

【표 7.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	교대	43.7	25.1	27.5	0.67	24.0	

【표 7.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	교각	48.1	40.6	48.3	0.67	40.0	
	P2	교각	50.1	42.6	51.3			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~28.8MPa, 하부구조(교대) 25.1~27.5 MPa, 하부구조(교각) 40.6~51.3MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각:40.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 7.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.2~28.8	27.0	100.7~106.7
하부구조	교대	25.1~27.5	24.0	104.6~114.6
	교각	40.6~51.3	40.0	101.5~128.3

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 7.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	3.0	40.0	37.0	2.12	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	P1 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 7.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	3.0	37.0	
하부구조	2.0~3.0	97.0~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 7.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.8	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.1~27.5	24.0	
		교각	40.6~51.3	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

7.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

7.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 7.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	BICON	a	b	b	a	b	a	b	a	a	q	a	a
S2	P1	BICON	a	b	a	a	a	b	–	b	b	q	–	a
S3	P2	BICON	b	b	a	b	a	b	–	b	b		–	–
	A2								c	a	a	q	–	–
평균			0.133	0.200	0.133	0.133	0.133	0.167	0.300	0.150	0.150	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.024	0.040	0.007	0.009	0.004	0.003	0.027	0.014	0.030	–	0.004	0.003
													0.165	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.165) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 7.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문5교(서울방향)	0.165	B	135	4	540	1.000	0.165
합계(∑)			135	4	540	1	0.165
1. 평가지수 =							0.165
2. 상태평가결과 =							B

7.5.2 기 점검 결과와의 비교

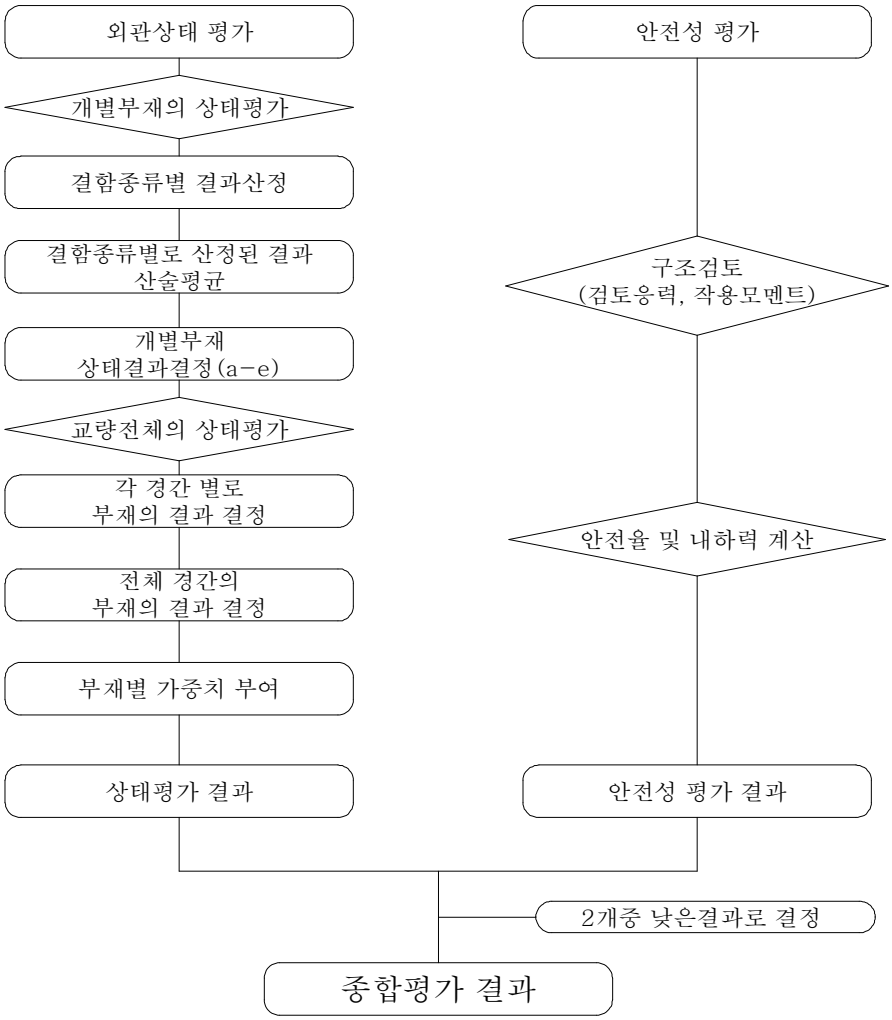
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

7.6 종합평가 및 안전등급 지정

7.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 7.6.1】 종합평가 결과 산정절차

7.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 7.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문5교(서울방향)	0.165	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

7.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 7.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

7.7 보수·보강 및 유지관리방안

7.7.1 보수·보강 방안

【표 7.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	물끊기홈 시공불량	EA	1.00	1	정비	하자
거더	재료분리	㎡	0.62	4	단면보수	하자
	파손	㎡	0.04	1	단면보수	하자
가로보	박리	㎡	0.16	1	단면보수	하자
	이물질 미제거	㎡	0.04	1	단면보수	하자
교대	상태양호	-	-	-	-	-
교각	망상균열	㎡	30.00	4	표면처리	하자
	파손	㎡	0.20	1	단면보수	하자
	폐자재 적치	㎡	1.00	1	정비	하자
교량받침	받침몰탈 균열	m	3.20	11	표면처리	하자
신축이음	후타재 파손	㎡	0.08	2	단면보수	하자
	하부 누수	m	2.00	4	교체	하자
교면포장	접속부 이격	m	28.00	2	실란트충전	하자
	포장파손	㎡	1.00	1	아스콘팻칭	하자
배수시설	배수관 탈락	EA	1.00	1	정비	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	4.50	3	표면처리	하자
	균열(0.3㎜이상)	m	2.50	2	주입보수	하자
점검시설	상태양호	-	-	-	-	-

7.7.2 개략공사비

【표 7.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	물끊기홈 시공불량	정비	1.00	1.00	EA	-	-	하자
거더	재료분리	단면보수	0.62	0.93	㎡	-	-	하자
	파손	단면보수	0.04	0.06	㎡	-	-	하자
가로보	박리	단면보수	0.16	0.24	㎡	-	-	하자
	이물질 미제거	단면보수	0.04	0.06	㎡	-	-	하자
교각	망상균열	표면처리	30.00	45.00	㎡	-	-	하자
	파손	단면보수	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
	폐자재 적치	정비	1.00	1.50	㎡	-	-	하자
교량받침	받침몰탈 균열	표면처리	3.20	1.20	m	-	-	하자
신축이음	후타재 파손	단면보수	0.08	0.12	㎡	-	-	하자
	하부 누수	교체	2.00	3.00	m	-	-	하자
교면포장	접속부 이격	실란트충전	28.00	42.00	m	-	-	하자
	포장파손	아스콘팻칭	1.00	1.50	㎡	-	-	하자
배수시설	배수관 탈락	정비	1.00	1.00	EA	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	4.50	1.69	m	-	-	하자
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	2.50	3.75	m	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

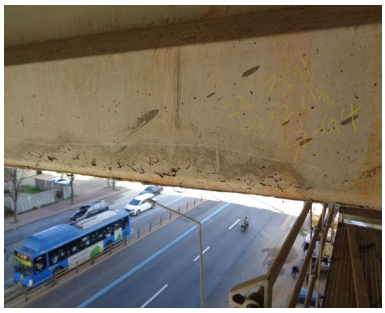
7.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

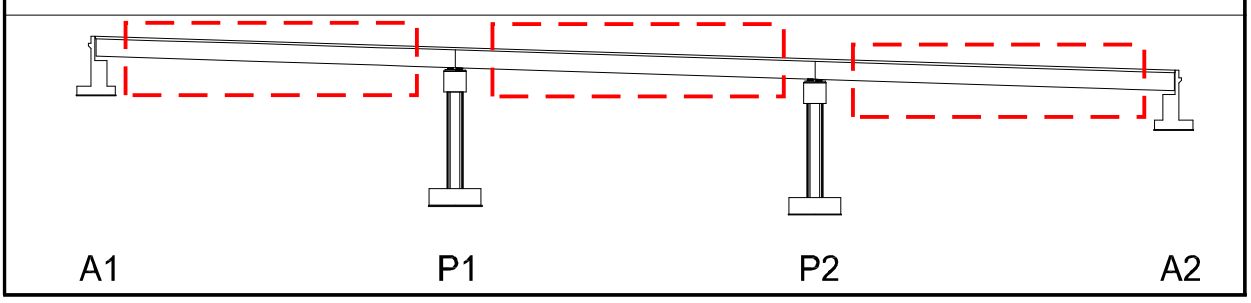
【표 7.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상


① 거더 재료분리 및 파손 – 진전 여부확인



7.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 중앙로 341-25(도내동)에 위치한 교량으로 총 연장 135.0m, 폭 19.5m의 BICON Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

7.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면은 현재 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 구간에서 시공시 마감미흡에 의한 물끊기홈 미제거가 발생하였고. 손상부는 물끊기홈 제거 등의 정비가 요구된다.

2) BICON Girder

- 거더에 발생한 재료분리의 경우, 시공시 다짐미흡에 의한 손상으로 추정되며, 손상부는 하자보수 만료전에 단면보수 등의 하자보수가 필요 할 것으로 판단되며, 거더는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보는 현재 시공 미흡, 다짐미흡 등의 복합적인 원인에 의한 이물질 미제거, 콘크리트 박리가 조사되었다. 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 판단된다.

4) 교대

- 교대는 현재 안전에 저해 할만한 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

5) 교각

- 교각 코핑부에 발생한 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각에 발생한 파손의 경우 시공시 외부 충격에 의한 손상이며, 폐자재 적치는 시공 후 마무리 미흡에 관한 손상으로 단면보수, 정비 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

6) 교량받침

- 받침 몰탈에서 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 시급한 보수가 필요한 상태는 아니나, 하자담보 만료전 표면처리 등의 하자보수 실시 및 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 파손의 경우, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나 하자 보수 만료전 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단되며, 하부 누수의 경우 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다. 신축이음은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

8) 교면포장

- 교면포장은 A1, A2측 후타재 접속부 이격이 발생한 상태로 확인 되었으며, 손상은 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인이 필요하며, 포장부 파손은 다짐미흡 및 중차량 통행, 공용중 열화에 의한 파손이 발생하였으며 단면보수 등의 조치가 요구된다, 교면포장은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

9) 배수시설

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다. 금회 발생된 배수관 탈락의 경우, 시공 미흡에 의한 손상으로 배수관 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

10) 방호벽

■ 난간 및 연석에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열이나 하자보수 만료전 표면처리 등의 하자보수가 필요 할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~28.8㎫, 하부구조(교대) 25.1~27.5㎫, 하부구조(교각) 40.6~51.3㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 서문5교(서울방향)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문5교(서울방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

7.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

7.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

8. 서문5교(문산방향)

8.1 시설물 개요
8.2 자료수집 및 분석
8.3 현장조사
8.4 콘크리트 내구성조사
8.5 상태평가
8.6 종합평가 및 안전등급 지정
8.7 보수·보강 및 유지관리 방안
8.8 종합결론

8. 서문5교(문산방향)

8.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 중앙로 341-25(도내동)에 위치한 교량으로 총 연장 135.0m, 폭 15.7m로 시공되어 있다.

8.1.1 일반사항

【표 8.1.1】서문5교(문산방향) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000301	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 중앙로 341-25 (도내동)	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		본선구간 0.480km	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=135.0m (3@45=135.0m)			
	폭	B=15.7m, 3차로			
구조 형식	상부	BICON거더교	기초 형식	교 대	말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교 각	말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물		승전로	통과높이		12.0m
부착시설내용		지에스건설㈜	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		㈜동일기술공사	관리주체		㈜다산컨설턴트
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체		서울문산고속도로주식회사

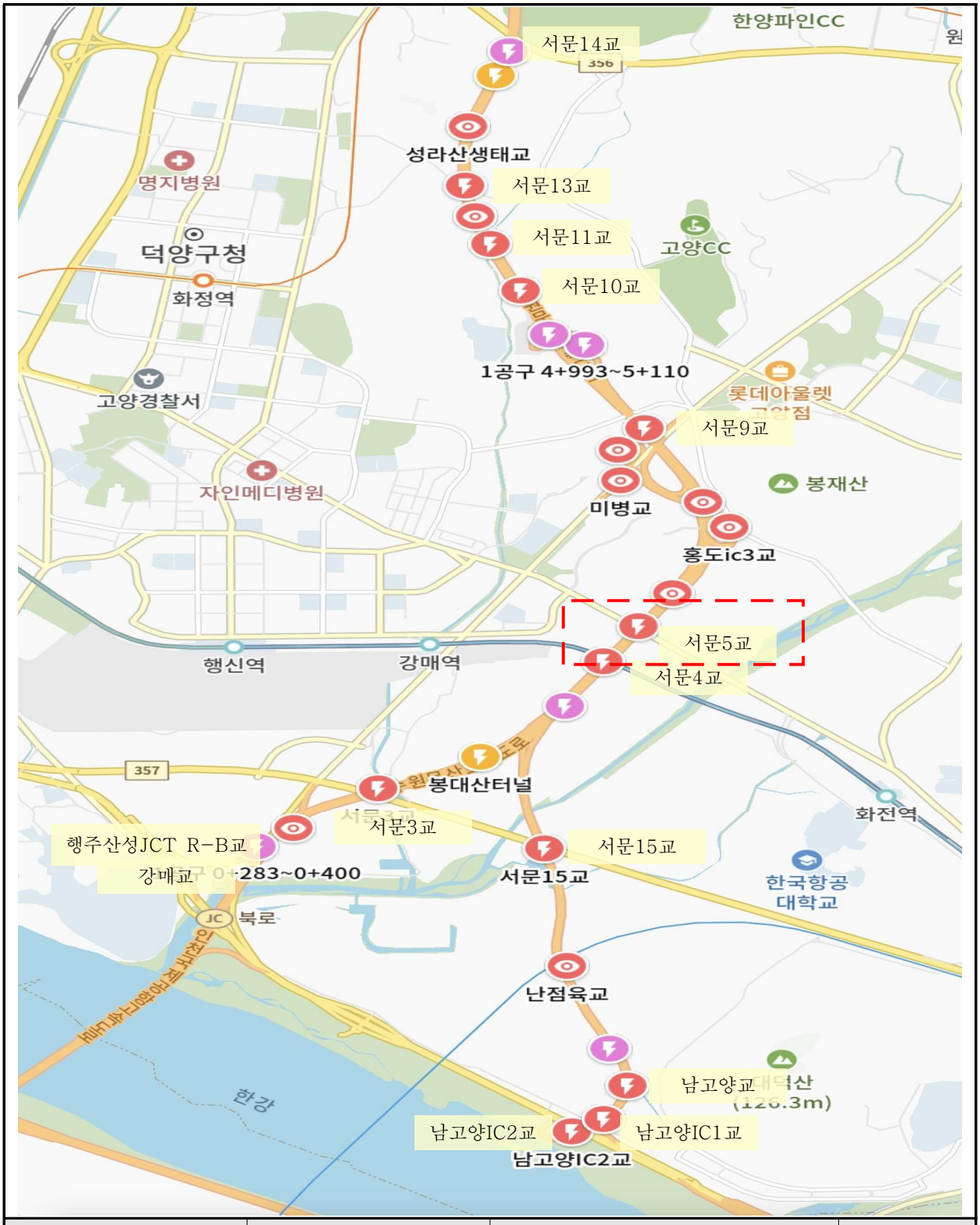


측면 전경



상부 전경

8.1.2 위치도 및 전경사진



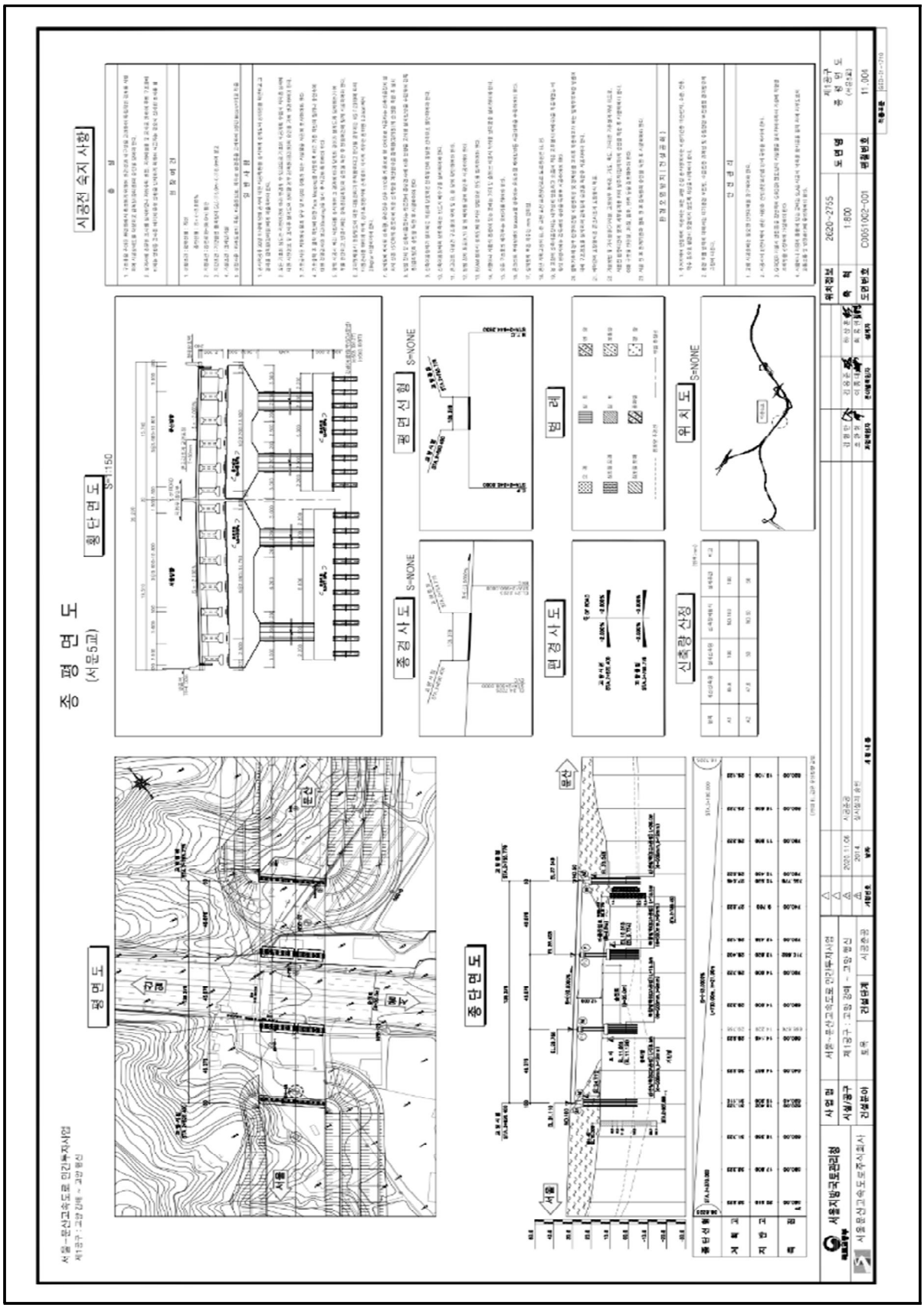
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S3	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 8.1.1】 위치도

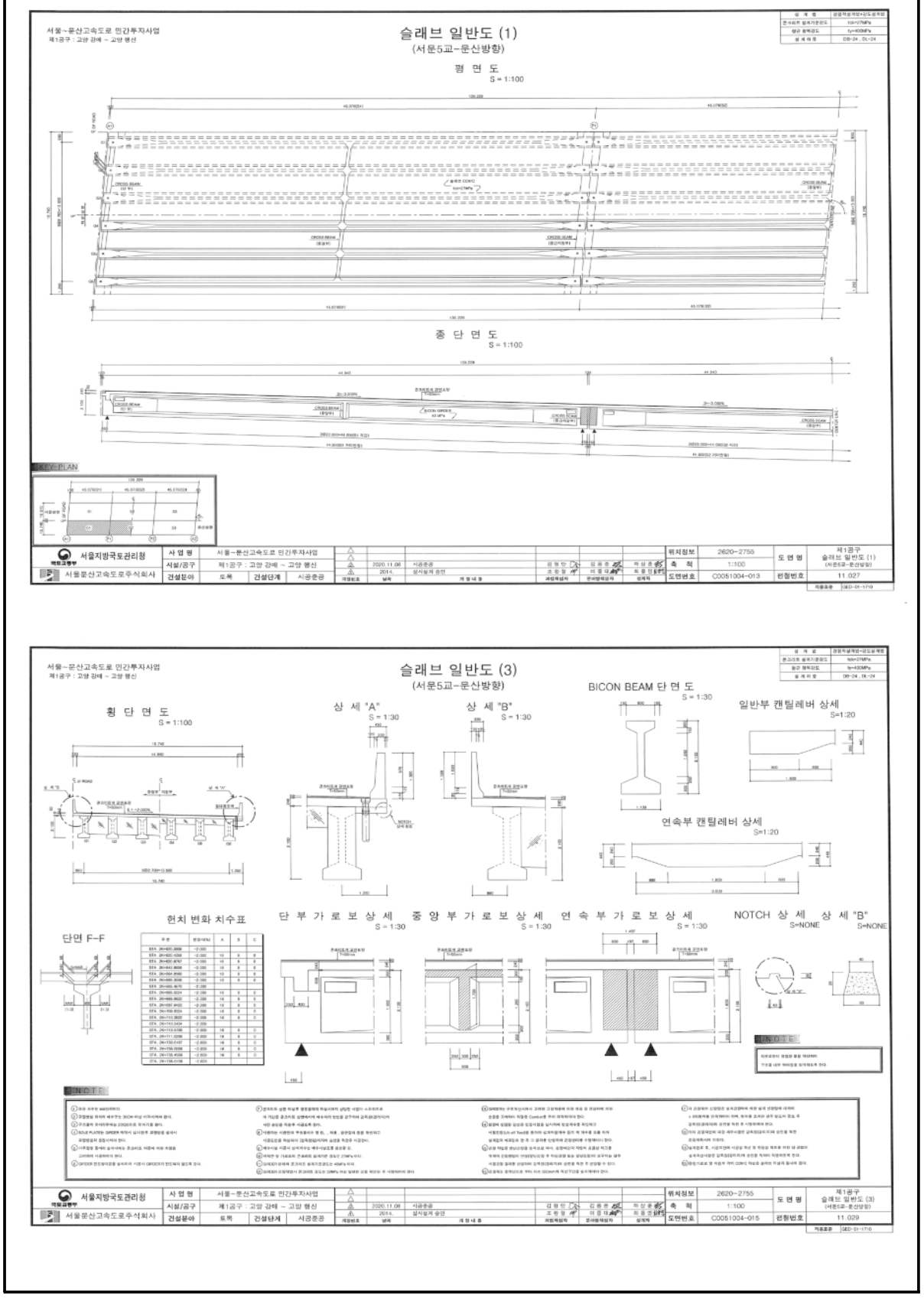
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 8.1.2】 부재별 현황

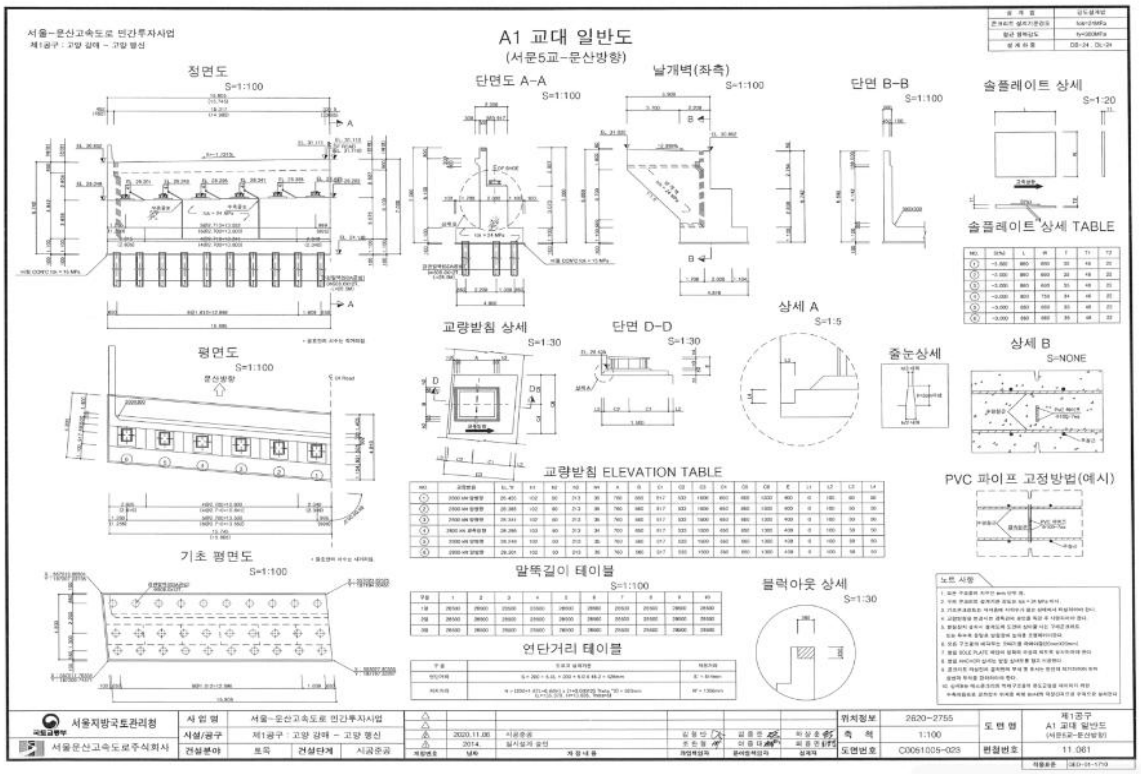
8.1.3 시설물 일반도

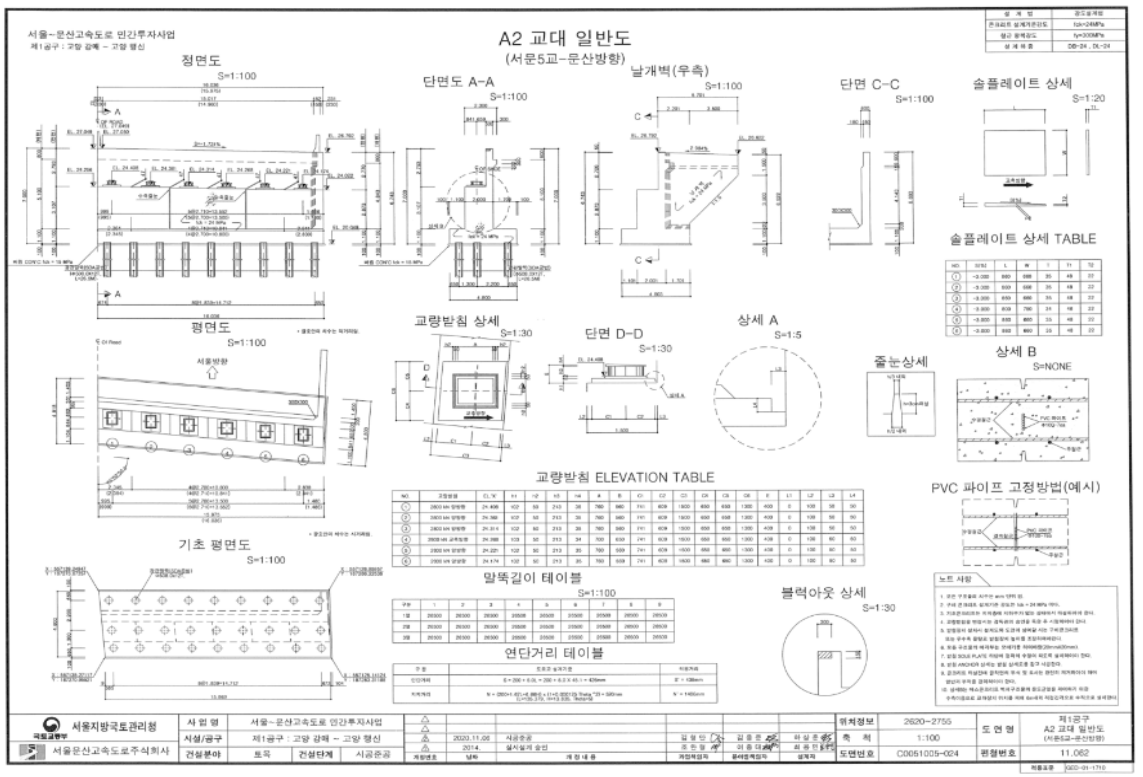


【그림 8.1.3】 평면 및 종단면도

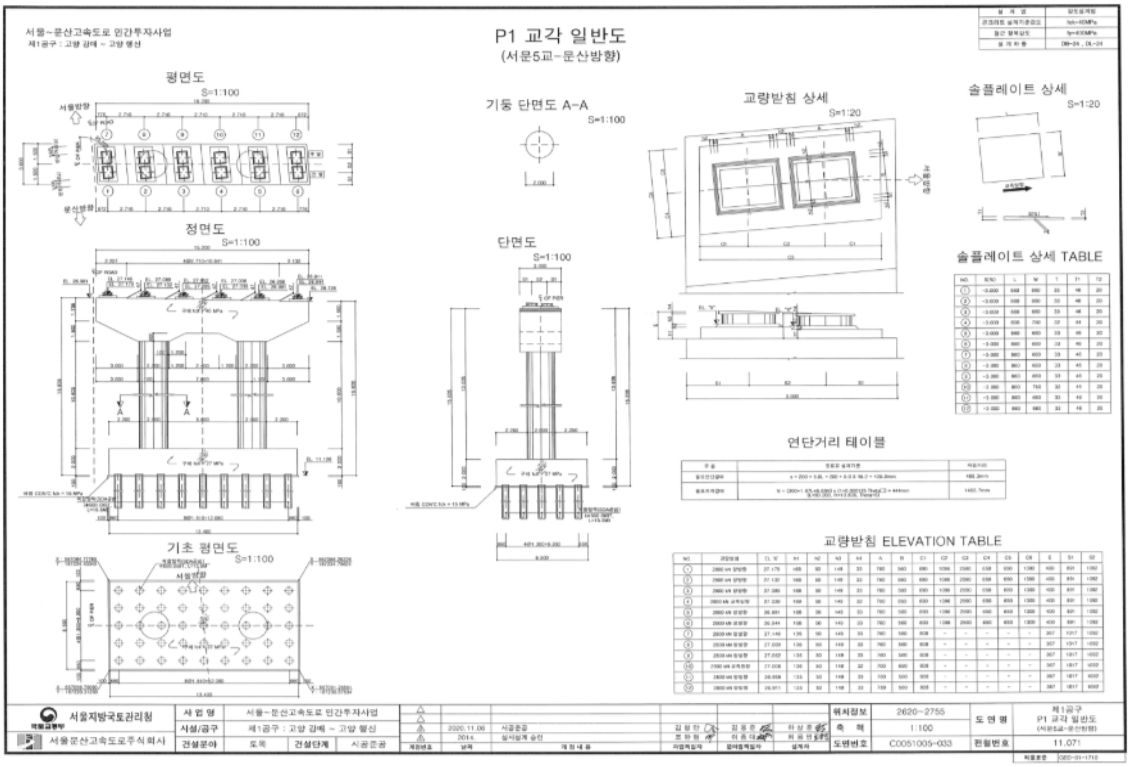


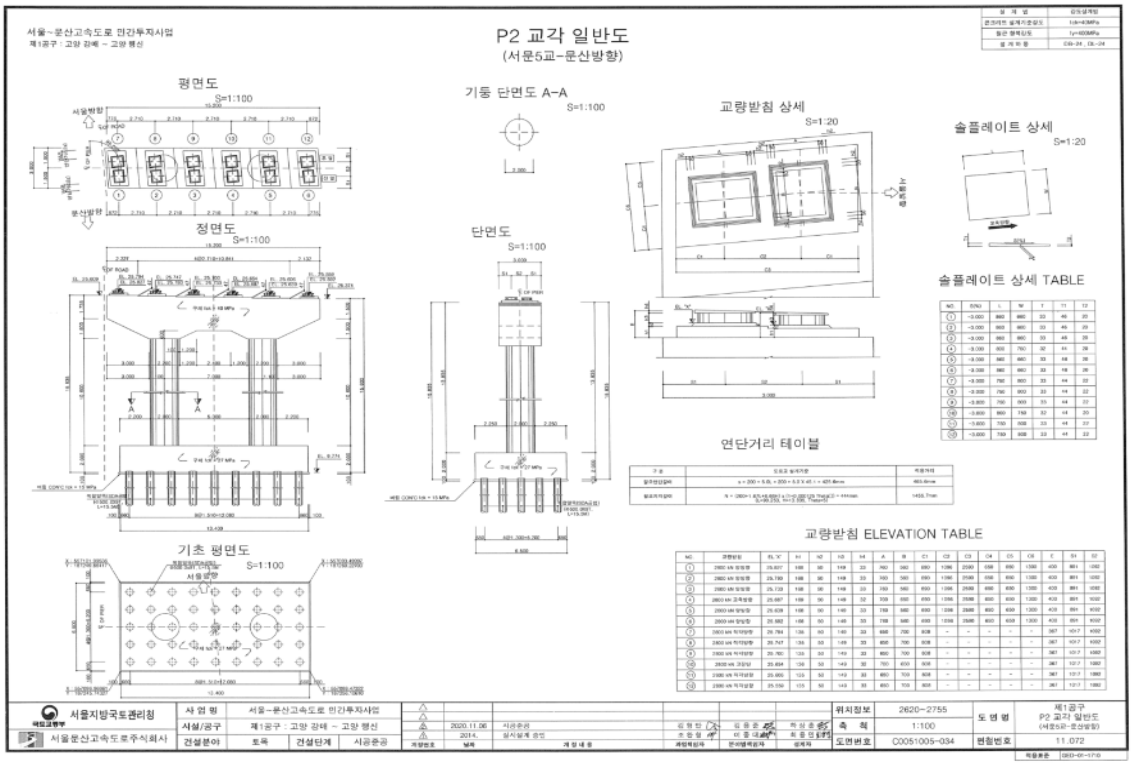
【그림 8.1.4】 바닥판하면 일반도


A1 교대 일반도
(서문5교-문산방향)
정면도
단면도 A-A
날개벽(좌측)
단면 B-B
솔플레이트 상세
솔플레이트 상세 TABLE
교량받침 상세
단면 D-D
상세 A
상세 B
평면도
교량받침 ELEVATION TABLE
PVC 파이프 고정방법(예시)
기초 평면도
말뚝길이 테이블
블럭아웃 상세
연단거리 테이블
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
제1공구
A1 교대 일반도
(서문5교-문산방향)

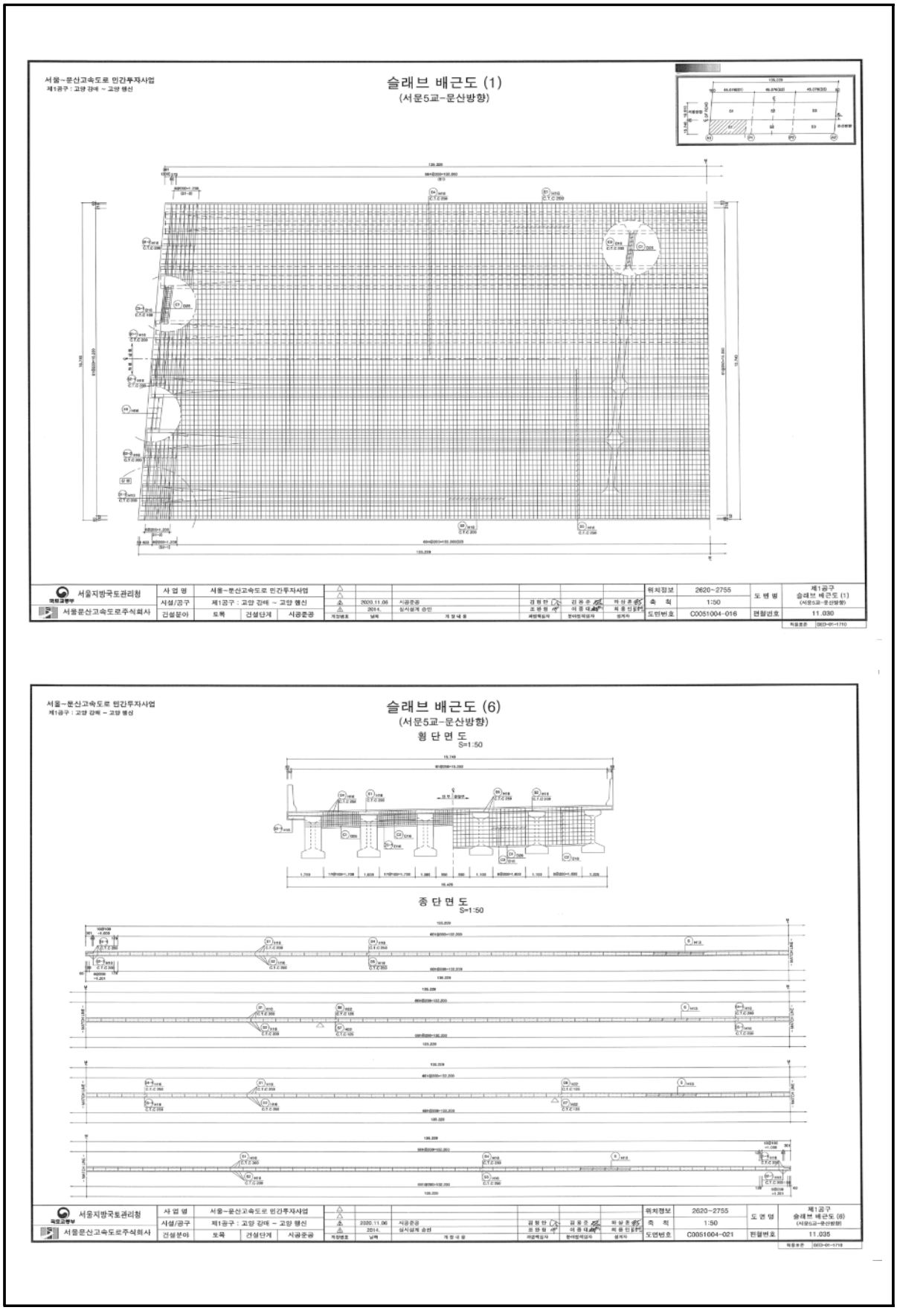

A2 교대 일반도
(서문5교-문산방향)
정면도
단면도 A-A
날개벽(우측)
단면 C-C
솔플레이트 상세
솔플레이트 상세 TABLE
교량받침 상세
단면 D-D
상세 A
상세 B
평면도
교량받침 ELEVATION TABLE
PVC 파이프 고정방법(예시)
기초 평면도
말뚝길이 테이블
블럭아웃 상세
연단거리 테이블
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
제1공구
A2 교대 일반도
(서문5교-문산방향)

【그림 8.1.5】 교대 일반도

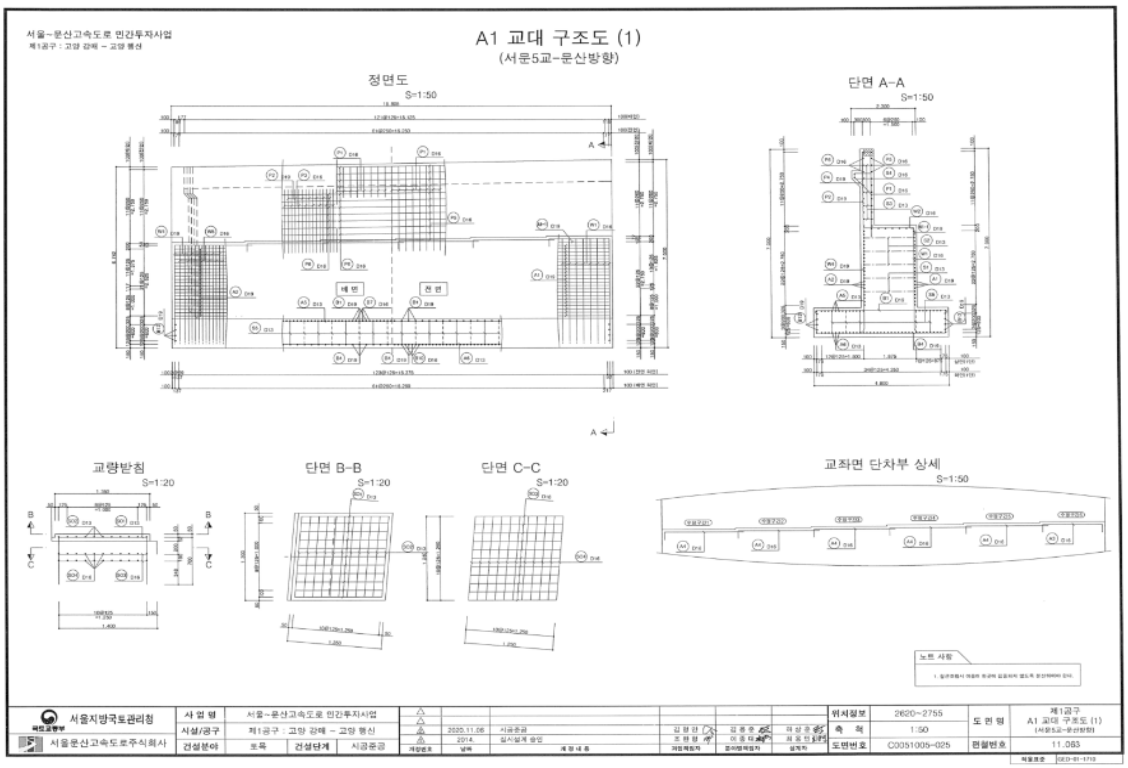

P1 교각 일반도
(서문5교-문산방향)
평면도
S=1:100
정면도
S=1:100
기초 평면도
S=1:100
기둥 단면도 A-A
S=1:100
단면도
S=1:100
교량받침 상세
S=1:20
솔플레이트 상세
S=1:20
솔플레이트 상세 TABLE
연단거리 테이블
교량받침 ELEVATION TABLE
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
제1공구
P1 교각 일반도
(서문5교-문산방향)
1:100
C0051005-033
11.071

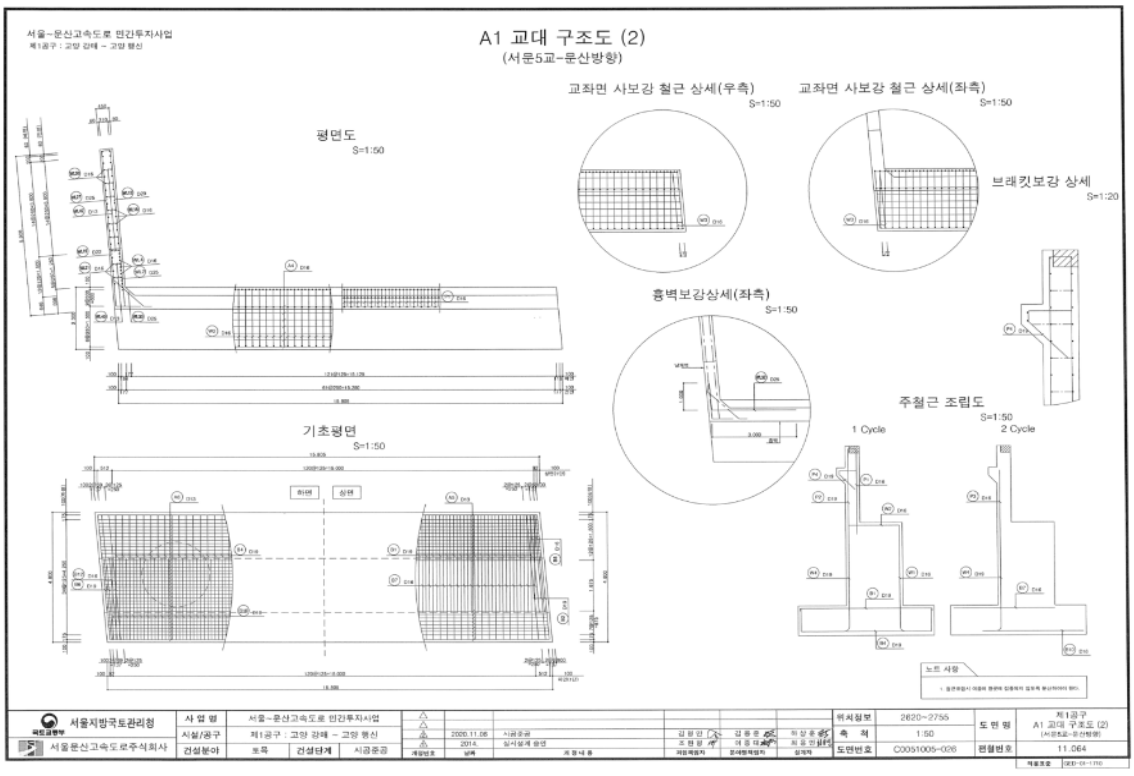

P2 교각 일반도
(서문5교-문산방향)
평면도
S=1:100
정면도
S=1:100
기초 평면도
S=1:100
기둥 단면도 A-A
S=1:100
단면도
S=1:100
교량받침 상세
S=1:20
솔플레이트 상세
S=1:20
솔플레이트 상세 TABLE
연단거리 테이블
교량받침 ELEVATION TABLE
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
제1공구
P2 교각 일반도
(서문5교-문산방향)
1:100
C0051005-034
11.072

【그림 8.1.6】 교각 일반도

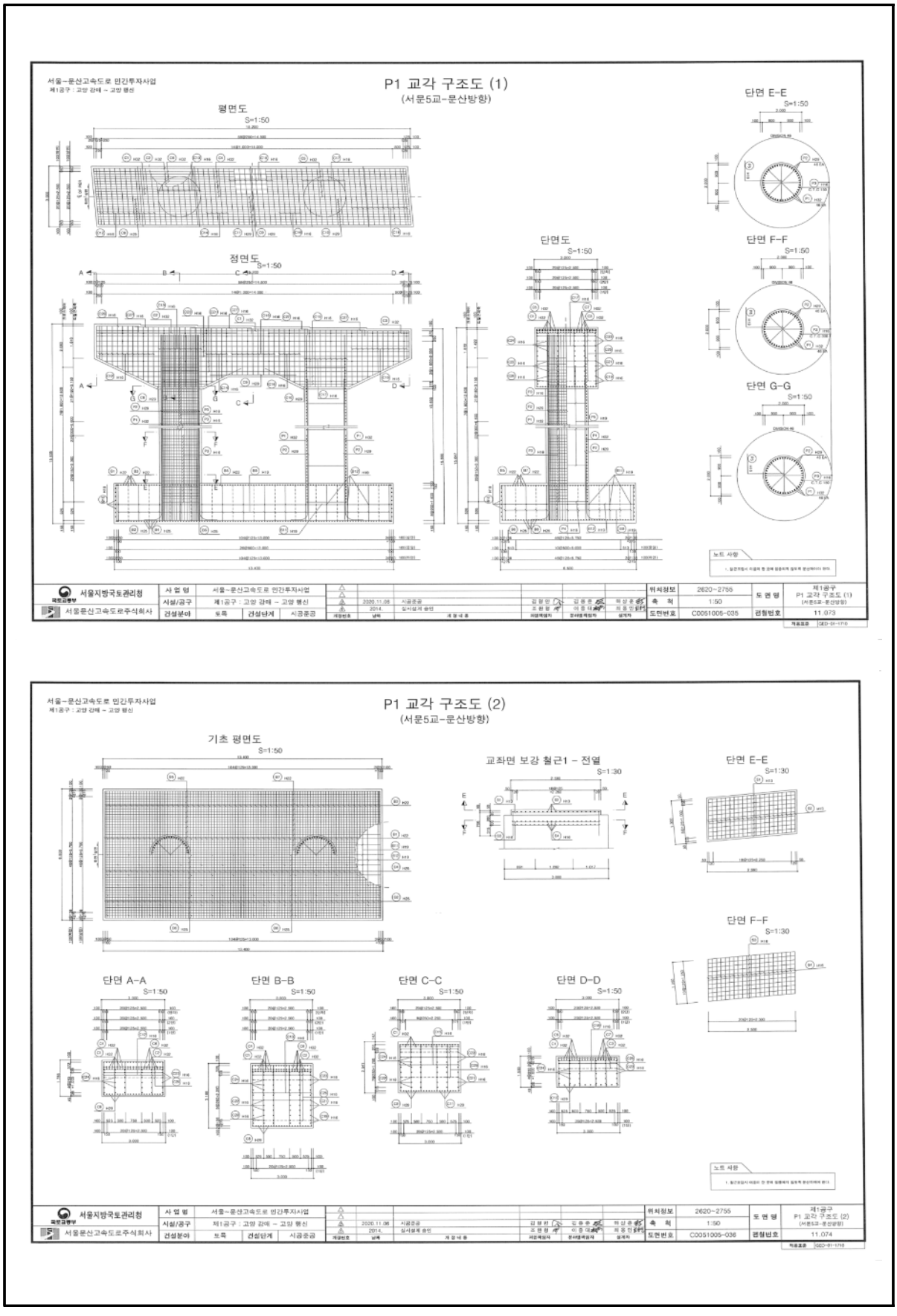


【그림 8.1.7】 바닥판하면 배근도


서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
A1 교대 구조도 (1)
(서문5교-문산방향)
정면도
S=1:50
단면 A-A
S=1:50
교량받침
S=1:20
단면 B-B
S=1:20
단면 C-C
S=1:20
교좌면 단차부 상세
S=1:50
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야
토목
건설단계
시공중공
2020.11.06
2014.
시공중공
실시설계 완료
위치정보
2620~2755
축 척
1:50
도면번호
C0051005-025
도 면 명
제1공구
A1 교대 구조도 (1)
(서문5교-문산방향)
편철번호
11.063


서울~문산고속도로 민간투자사업
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
A1 교대 구조도 (2)
(서문5교-문산방향)
교좌면 사보강 철근 상세(우측)
S=1:50
교좌면 사보강 철근 상세(좌측)
S=1:50
평면도
S=1:50
브래킷보강 상세
S=1:20
흉벽보강상세(좌측)
S=1:50
주철근 조립도
S=1:50
1 Cycle
2 Cycle
기초평면
S=1:50
하면
상면
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명
서울~문산고속도로 민간투자사업
시설/공구
제1공구 : 고양 강매 ~ 고양 행신
건설분야
토목
건설단계
시공중공
2020.11.06
2014.
시공중공
실시설계 완료
위치정보
2620~2755
축 척
1:50
도면번호
C0051005-026
도 면 명
제1공구
A1 교대 구조도 (2)
(서문5교-문산방향)
편철번호
11.064

【그림 8.1.8】 교대 구조도


P1 교각 구조도 (1)
(서문5교-문산방향)
평면도
S=1:50
정면도
S=1:50
단면도
S=1:50
단면 E-E
S=1:50
단면 F-F
S=1:50
단면 G-G
S=1:50
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 - 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
위치정보 2620-2755
축 척 1:50
도면번호 C0051005-035
제1공구
P1 교각 구조도 (1)
(서문5교-문산방향)
편철번호 11.073
P1 교각 구조도 (2)
(서문5교-문산방향)
기초 평면도
S=1:50
교좌면 보강 철근1 - 전열
S=1:30
단면 E-E
S=1:30
단면 F-F
S=1:30
단면 A-A
S=1:50
단면 B-B
S=1:50
단면 C-C
S=1:50
단면 D-D
S=1:50
노트 사항
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사
사 업 명 서울-문산고속도로 민간투자사업
시설/공구 제1공구 : 고양 강매 - 고양 행신
건설분야 토목 건설단계 시공준공
위치정보 2620-2755
축 척 1:50
도면번호 C0051005-036
제1공구
P1 교각 구조도 (2)
(서문5교-문산방향)
편철번호 11.074

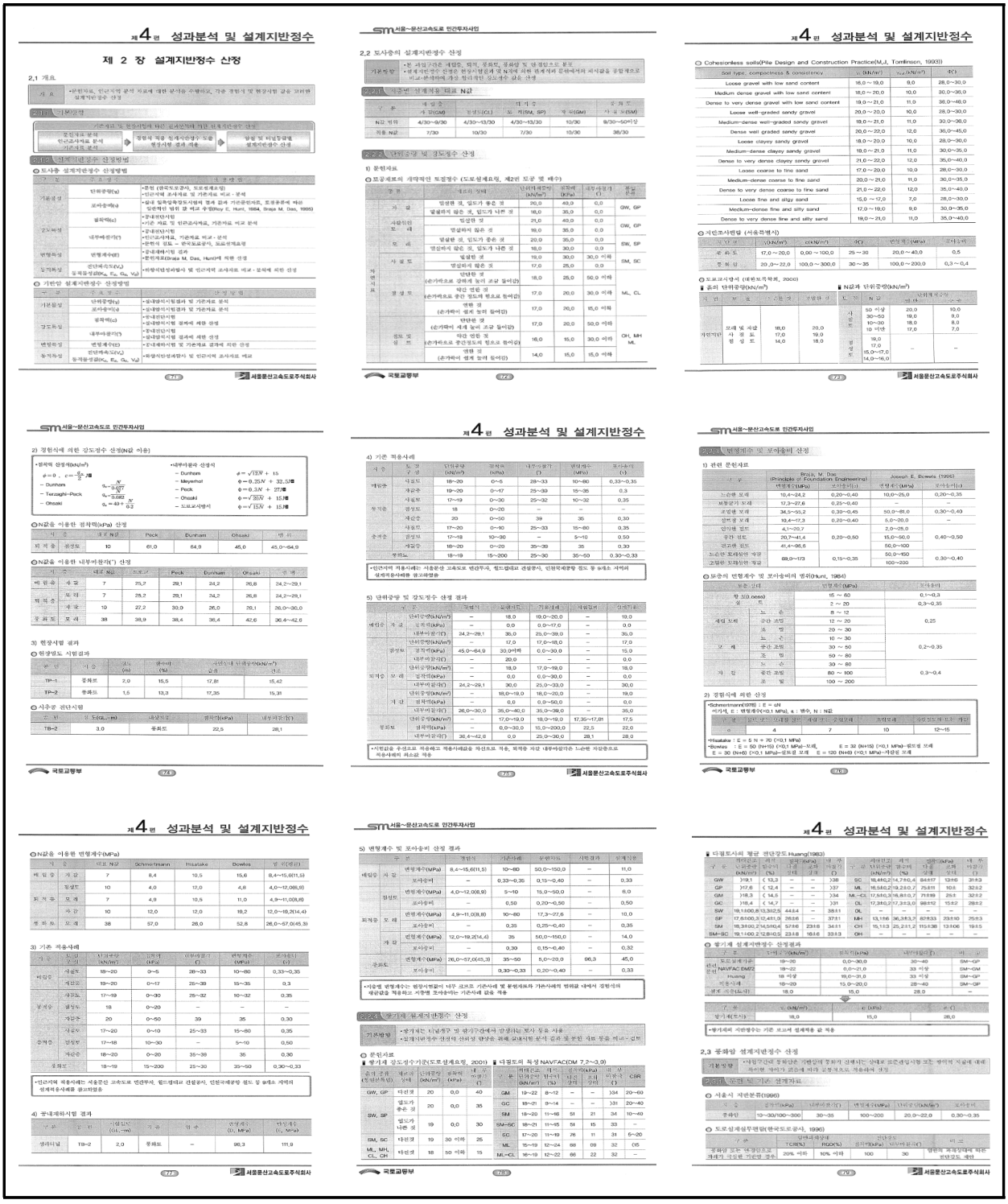
【그림 8.1.9】교각 구조도

8.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

8.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	-
	2001	20	30	35	-
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범위		19.5~21	10~30	30~36	-

○ 기존 적용사례

구분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0.30~0.31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공번	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31.1	31.4	156.1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	-	19.5~22.0	20.0~22.0	-	20.0
포아송비(ν)	-	0.20~0.45	0.30~0.31	-	0.30

○ 전단강도 및 변형계수

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	-	10.0~300	20~50	31.1	30.0
내부마찰각(°)	〉39.5	30.0~36.0	30~33	31.4	31.0
변형계수(MPa)	-	200	50.0~350.0	156.1	150.0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 선정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○ 도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암석종류(강도)	암반과 쇄상태 (NX 규격 시추조사시) T.C.R(%)	R.Q.D(%)	암반의 강도정수 φ(°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~30%	10~25%	33°	130
	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○ 서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반명	단위중량 γ_t (kN/m³)	내부마찰각 φ(°)	변형계수 E_s (MPa)	포아송비 ν
연암	23~25	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0.25
경암	25~27	35~45	1,000~4,000	0.20

2) 기존 적용사례

구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	I등급	27	4,200	44~45	18,000	0.21
	II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0.22
	III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0.24
	IV등급	24	800~900	34	1,000	0.25
	V등급	23	400	33	500	0.26

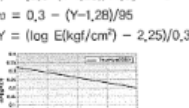
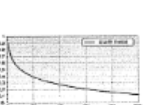
•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

○ 제안자별 경험식

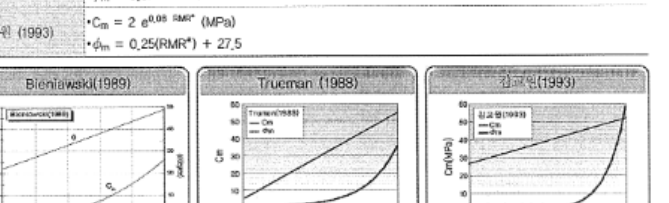
▮ 단위중량 및 포아송비

구분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산정식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y−1.28)/14.3] × 10 υ = 0.3 − (Y−1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35	υ = −0.17 Ln(RMR')+0.9

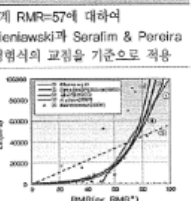



▮ 점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	관계경험식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346 \times 10^{-5} RMR^2$ •$\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031\ RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0.25\ e^{0.05\ RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2\ e^{0.08\ RMR^*}$ (MPa) •$\phi_m = 0.25(RMR^*) + 27.5$



▮ 변형계수

변형계수 경험식	관계경험식	적용내용
•Bieniawski (1978)	E_m = 2RMR−100(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\ e^{0.07RMR^*}$(GPa) − RMR* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\ RMR^{3.54}$ (MPa)	
•Mohammad (1997)	E_m = 0.562 RMR + 0.183 (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)	포아송비(ν) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	26.3	-	0.21	0.15
	II등급	64	25.5	-	0.22	0.19
	III등급	53	24.8	-	0.23	0.22
	IV등급	36	23.8	-	0.24	0.29
	V등급	10	22.1	-	0.27	0.49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	V등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Saratim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,800	13,100	12,300
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	-

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구분	공번	시험심도 (GL.−m)	지층	암종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11.0	연암	화강암질 편마암	IV	980.3	1,166.2
	TB-3	17.0	연암	화강암질 편마암	IV	598.9	908.3

○ 실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	IV	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	III	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	III	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	III	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	III	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	III	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	IV	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	III	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구분	지층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적용	포아송비(ν) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	27	26.3	-	27.0	0.21	0.15~0.21	-	0.21
	II등급	26	25.5	-	26.0	0.22	0.19~0.22	-	0.22
	III등급	25	24.8	26.65~26.90	25.0	0.24	0.22~0.23	0.16~0.19	0.24
	IV등급	24	23.8	27.08~28.93	24.0	0.25	0.24~0.29	0.16~0.21	0.25
	V등급	23	22.1	-	23.0	0.26	0.27~0.49	-	0.26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구분	지층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구분	지층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	-	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	-	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	-	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	-	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암석명	기본마찰각(ϕ_b)	암석명	기본마찰각(ϕ_b)
각섬암	32	화강암 (조립질)	31~35
현무암	31~38	석회암	33~40
역암	35	편암	31
백악	30	사암	25~35
백운암	27~31	셰일	27
편마암 (편암질)	23~29	미사암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점판암	25~30

주) 좌측 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암석명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비고
점착력이 없는 물질	방과/과쇄암석	현무암	40.0 ~ 50.0	-	-
		백악	30.0 ~ 40.0		
		화강암	45.0 ~ 50.0		
		석회암	35.0 ~ 40.0		
		사암	35.0 ~ 45.0		
		셰일	30.0 ~ 35.0		
점착력이 있는 물질	암석	견고한 화성암	35.0 ~ 45.0	35.7 ~ 56.1	(화강암, 현무암, 반암)
		변성암	30.0 ~ 40.0	20.4 ~ 40.8	(규암, 편마암, 점판암)
		견고한 퇴적암	35.0 ~ 45.0	10.2 ~ 30.6	(석회암, 백운석, 사암)
		연약한 퇴적암	25.0 ~ 35.0	1.0 ~ 20.4	(사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암석명	설명	최대강도 c'(kPa)	φ(°)	잔류강도 c'(kPa)	φ(°)	시험자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240.0	42.0	-	-	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15.0 90.0~120.0 60.0~100.0	7.5 12.0~17.0 9.0~13.0	-	-	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0.0~270.0	8.5~29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0.0~180.0	12.0~18.5	0.0~3.0	10.5~16.0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60.0	32.0	-	-	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	-	-	0.0	19.0~25.0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
혈탄응암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0~13.0	16.0	0.0	11.0~11.5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화강섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0.0	26.5	-	-	Brawner[116]
화강암/편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 악화됨, 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0.0~100.0 50.0~242.0	24.0~25.0 40.0~42.0	-	-	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	-	-	0.0	21.0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0~200.0	13.0~14.0 17.0~21.0	0.0	13.0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80.0 100.0	38.0 10.0	-	-	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0~24.0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14.0~30.0	15.0~17.5	-	-	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360.0 16.0~20.0	14.0 7.5~11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30.0~80.0 610.0~740.0 380.0	32.0 41.0 31.0	-	-	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50.0	33.0	-	-	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42.0~90.0	36.0~38.0	-	-	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구분	현무암	역암	편마암	화강암	사암	셰일
마찰각(°)	31.0 ~ 38.0	35.0	23.0 ~ 29.0	29.0 ~ 35.0	25.0 ~ 35.0	27.0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C. Wyllie, 1992)

구분	암종	내부마찰각(°)	비고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20.0 ~ 27.0	-
Medium-friction Rocks	27.0 ~ 34.0	-	-
사암, 백악, 편마암, 슬레이트	-	-	-

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구분	공번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상리터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	-	47.0~59.0	47.0	-	34.7~39.1	34.0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음

•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76 \times N^{0.33}$ • Imai(1982) $V_s = 97.0 \times N^{0.314}$

•Okamoto(1989) $V_s = 125 \times N^{0.3}$ • Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84 \times N^{0.31}$

− 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$

− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$

− 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1-2\nu_d)$ 여기서, $\rho = \gamma_t/g$, γ_t=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구분		하향식탄성파 V_p(m/s)	V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비고
매립층		-	-	144.4~224.1	180	-
퇴적층	점토	-	-	162.5~249.4	200	-
	모래	-	-	144.4~224.1	170	-
	자갈	-	-	162.5~249.4	190	-
풍화토		919~984	375~408	252.4~372.3	392	-
풍화암		1,103~1,185	511~577	276.4~404.2	544	-
연암		1,786~1,881	927~980	-	954	4등급
경암		2,168~2,323	1,192~1,277	-	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

분석결과	•내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성 암반	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성 암반	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성 암반	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
균열 간격이 없을때	불투수성 암반	1.0×10^{-9} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

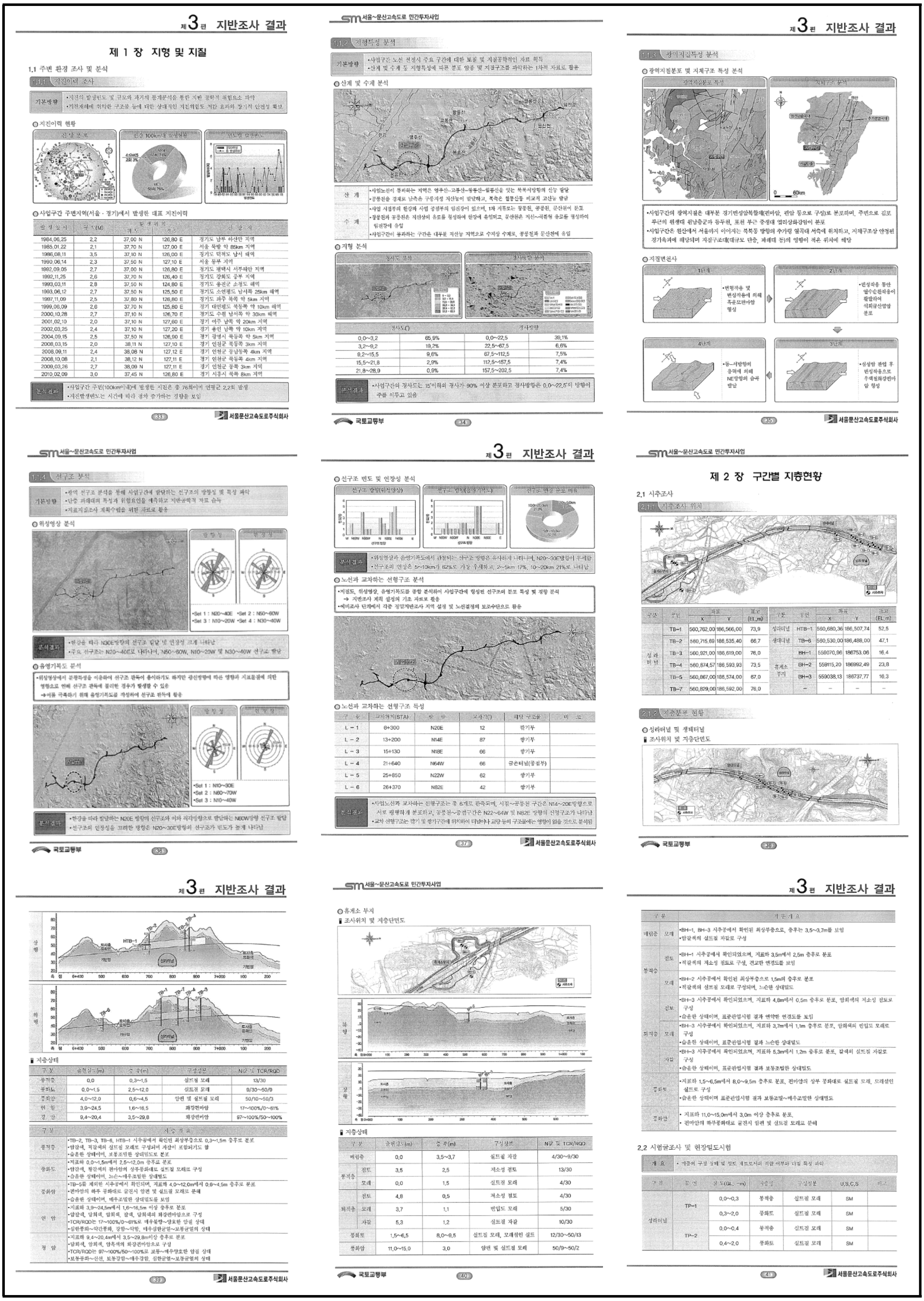
2.7.3 물안속체 설계지반정수

암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

나. 지반 및 지질 조사보고서



제3편 지반조사 결과

제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안정성 확보

○지진이력 현황

진앙분포 / 반경 100km내 발생현황 / 연도별 발생빈도

○사업구간 주변지역(서울·경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

33 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석

산 계	•사업노선이 통과하는 지역은 영주산–고봉산–황룡산–월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수 계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 지선상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 직선~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석

경사도 분석 / 경사방향 분석

경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부 34

제3편 지반조사 결과

1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석

광역지질분포 특성 / 지체구조 분석

•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
•사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사

1단계: •변형작용 및 변성작용에 의해 흑운모편마암 형성
2단계: •변성작용 동안 열수순환작용이 활발하여 석회규산염암 분포
3단계: •심성암 관입 후 변성작용으로 우백질화강편마암 형성
4단계: •동–서방향의 응력에 의해 NE방향의 습곡 발달

35 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

○위성영상 분석

방향성 / 연장성

•Set 1 : N20~40E •Set 2 : N50~60W
•Set 3 : N10~20W •Set 4 : N30~40W

분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

방향성 / 연장성

•Set 1 : N10~30E
•Set 2 : N60~70W
•Set 3 : N10~40W

분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부 36

제3편 지반조사 결과

○선구조 빈도 및 연장성 분석

선구조 방향(위성영상) / 선구조 방향(음영기복도) / 선구조 연장 분포 비율

분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용

○노선과 교차하는 선형구조 특성

구 분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	해당 구조물	비 고
L – 1	6+300	N20E	12	깎기부	
L – 2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L – 3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L – 4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L – 5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L – 6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 관측되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

37 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
성라터널	TB-1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB-1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB-2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB-6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB-3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소 부지	BH-1	559070.96	186753.06	16.4
	TB-4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH-2	559115.20	186992.49	23.8
	TB-5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH-3	559038.13	186737.77	16.3
	TB-7	560,829.00	186,592.00	76.0		–	–	–	–

2.1.2 지층분포 현황

○성라터널 및 생태터널

▮조사위치 및 지층단면도

국토교통부 38

제3편 지반조사 결과

▮지층상태

구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연 암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경 암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

구 분	지층개요
붕적층	•TB-2, TB-3, TB-6, HTB-1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB-5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연 암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경 암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▮조사위치 및 지층단면도

▮지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부 40

제3편 지반조사 결과

구 분		지층개요
매립층	모래	•BH-1, BH-3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH-1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
	모래	•BH-2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
	모래	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
	자갈	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포. • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개 요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구 분	공 번	심 도(GL. –m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP-1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
	TP-2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41 서울문산고속도로주식회사

○ 현장밀도시험 결과

구분	공번	심도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m^3)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m^3)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m^3)	교란상태 건조단위중량 (kN/m^3)	L값
성라터널	TP-1	2,0	풍화토	17,81	15,42	14,18	12,28	1,256
	TP-2	1,5	풍화토	17,35	15,31	13,62	12,02	1,274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17,35~17,81kN/m³, 건조단위중량 : 15,31~15,42kN/m³ •L값 : 1,256~1,274의 범위로 나타남

2,3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

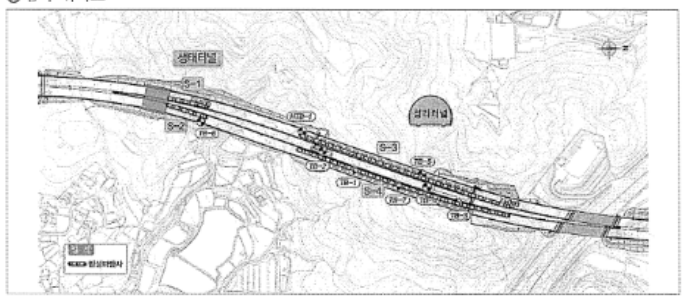
구 분	지 층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	-
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토시구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

제 3 장 물리탐사

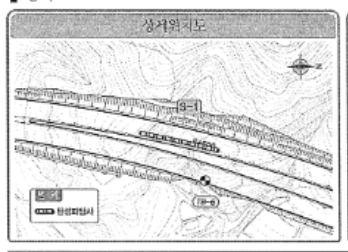
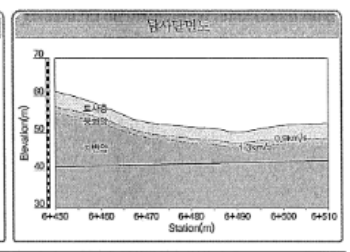
3,1 굴절법탄성파탐사

○ 탐사 위치도



○ 탐사 결과

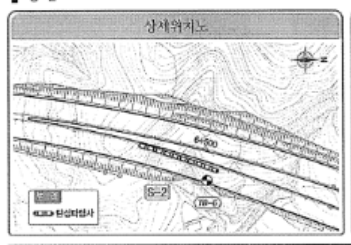
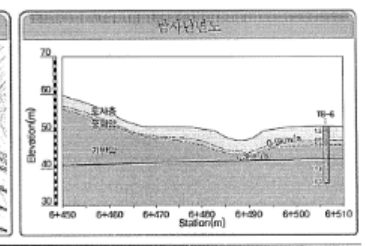
■ S-1

구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0,9 이하	0,9~1,3	1,3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3,35	1,36	GL.-4,71 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2,87~3,99m, 풍화암층의 두께는 1,13~1,68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4,03~5,61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3,35m, 풍화암층의 평균 두께는 1,36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4,71m로 분석되었음

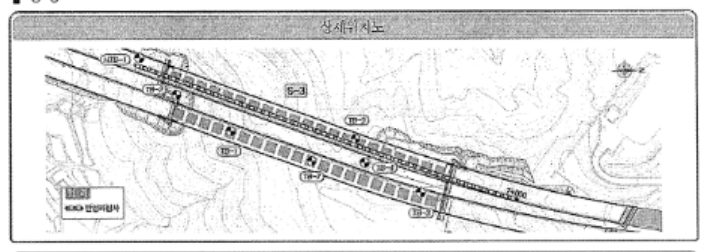
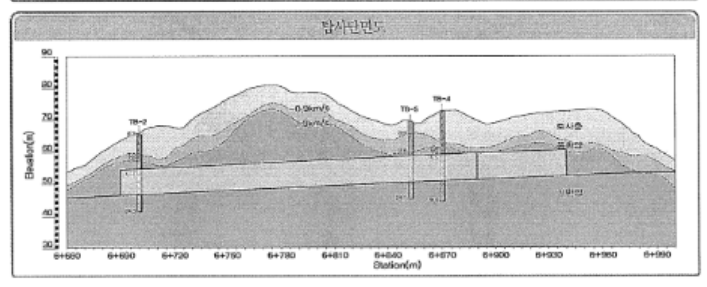
■ S-2

구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0,9 이하	0,9~1,3	1,3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3,16	0,92	GL.-4,09 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2,29~4,03m, 풍화암층의 두께는 0,52~1,20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2,81~5,21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3,16m, 풍화암층의 평균 두께는 0,92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4,09m로 분석되었음

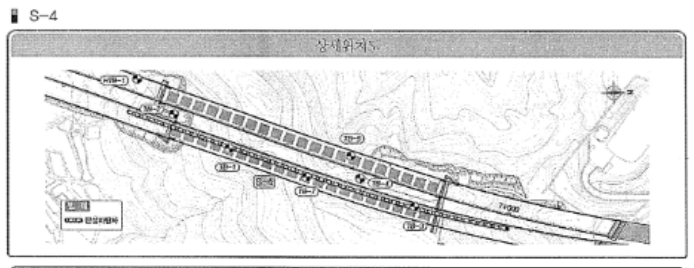
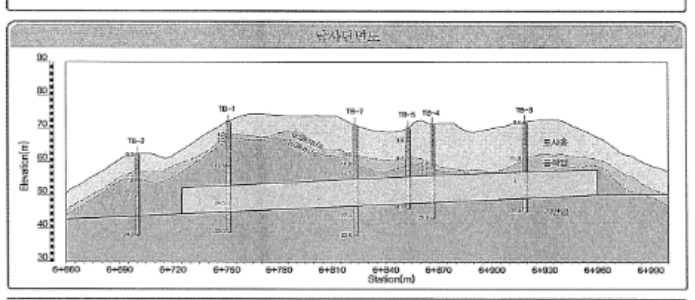
■ S-3

구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0,9 이하	0,9~1,3	1,3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6,67	2,93	GL.-9,60 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2,78~10,86m, 풍화암층의 두께는 0,95~5,92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4,45~13,60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6,67m, 풍화암층의 평균 두께는 2,93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9,60m로 분석되었음

■ S-4

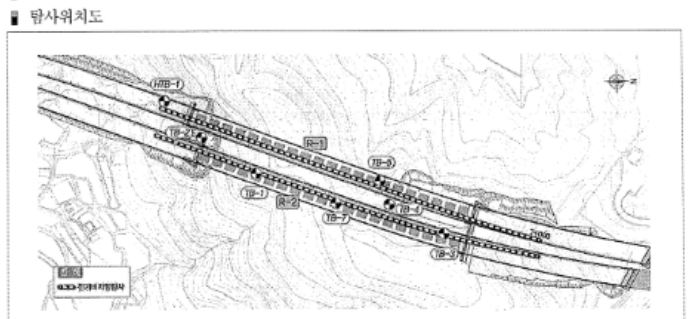
구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0,9 이하	0,9~1,3	1,3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7,80	2,32	GL.-10,11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2,98~13,49m, 풍화암층의 두께는 0,61~5,28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5,64~15,54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7,80m, 풍화암층의 평균 두께는 2,32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10,11m로 분석되었음

3,2 전기비저항탐사

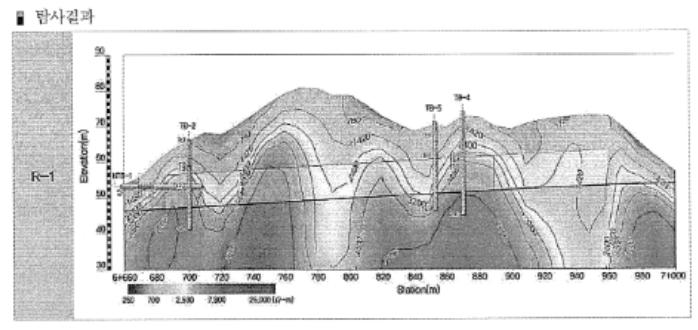
○ 성라터널 서울방향

■ 탐사위치도



■ 탐사결과

R-1

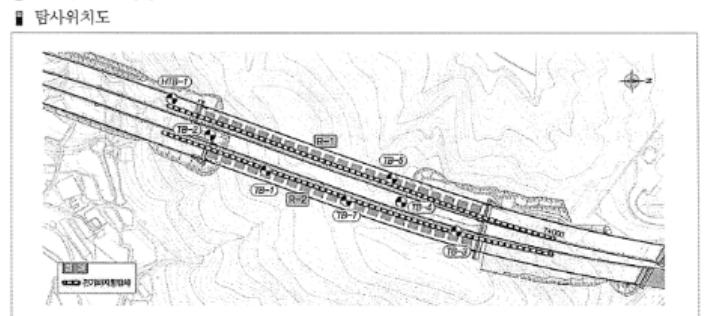


■ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

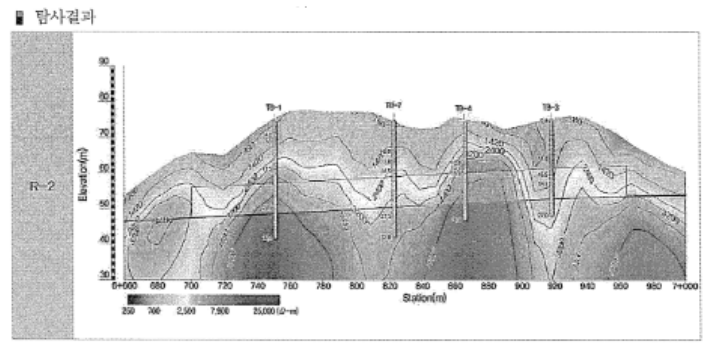
○ 성라터널 문산방향

■ 탐사위치도



■ 탐사결과

R-2



■ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

제 4 장 현장조사 및 시험

4,1 강도 및 변형특성 분석

4,1,1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-Ⅱ, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 시험결과

구분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2,0	풍화토	-	96,3	111,9
	TB-2	11,0	연 암	화강편마암	980,3	1,166,2
	TB-3	13,0	풍화암	-	156,1	231,1
	TB-3	17,0	연 암	화강편마암	598,9	908,3

○ 결과분석

구분	변형계수(D,MPa) 풍화토	변형계수 풍화암	변형계수 연 암	탄성계수(E,MPa) 풍화토	탄성계수 풍화암	탄성계수 연 암
성라터널	96,3	156,1	598,9~980,3	111,9	231,1	908,3~1,166,2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96,3MPa, 풍화암은 156,1MPa,연암은 598,9~980,3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4,1,2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 원지반 점착력(C)과 내부마찰각(Ø) 측정

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3,0	풍화토	22,5	28,1
	TB-3	12,0	풍화암	31,1	31,4

○ 결과분석

구분	점착력(c, kPa) 풍화토	점착력 풍화암	마찰각(Ø, °) 풍화토	마찰각 풍화암
성라터널	22,5	31,1	28,1	31,4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22,5kPa, 풍화암 31,1kPa로 산정되며, 마찰각(Ø)은 풍화토 28,1°, 풍화암 31,4°로 나타남

4,2 수리 및 투수특성 분석

4,2,1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

○ 터널구간

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
TB-1	7,4	66,5	TB-4	15,5	58,0	TB-7	17,6	58,4
TB-2	6,1	60,6	TB-5	6,8	60,2	-	-	-
TB-3	17,0	59,0	TB-6	3,6	43,5	-	-	-

○ 기타구간(휴게소 부지)

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
BH-1	3,2	13,2	BH-2	6,6	17,2	BH-3	3,5	12,8

○ 결과분석

구 분	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
터널구간	3,6~17,6	43,5~66,5
기타구간 (휴게소 부지)	3,2~6,6	12,8~17,2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3,6~17,6m, 기타구간 : GL.- 3,2~6,6m 범위로 분포

4,2,2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL.-m)	지 층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2,0 ~ 3,0	풍화토	SM	$1,95\times10^{-4}$	7,4
	TB-2	2,0 ~ 3,0	풍화토	SM	$3,08\times10^{-4}$	6,1
	TB-3	12,0 ~ 13,0	풍화암	-	$4,53\times10^{-5}$	17,0
	TB-4	8,0 ~ 9,0	풍화토	SM	$2,07\times10^{-4}$	15,5

○ 결과분석

구 분	풍 화 토	풍 화 암
성라터널	$1,96\times10^{-4}$ ~ $3,08\times10^{-4}$cm/s	$4,53\times10^{-5}$cm/s

4,2,3 수압시험

개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 계단을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7,0 ~ 12,0	연 암	$3,06\times10^{-6}$	0,11	Dilation
	TB - 2	16,0 ~ 21,0	경 암	$1,28\times10^{-6}$	0,08	Dilation
	TB - 3	20,0 ~ 25,0	경 암	$2,49\times10^{-6}$	0,04	Dilation
	TB - 6	6,0 ~ 11,0	연 암	$4,76\times10^{-6}$	0,14	Dilation

○ 결과분석

구 분	투수계수(cm/s) 연 암	투수계수(cm/s) 경 암	평균 Lugeon 연 암	평균 Lugeon 경 암
성라터널	$3,06\times10^{-6}$~$4,76\times10^{-6}$	$1,28\times10^{-6}$~$2,49\times10^{-6}$	0,11~0,14	0,04~0,08

4.3 불연속면특성 분석

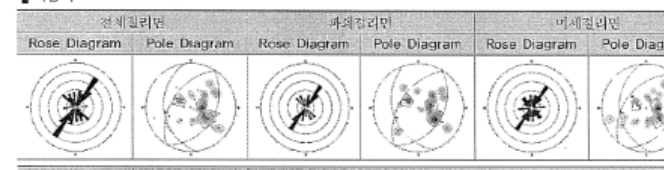
4.3.1 공내영상촬영

개 요	•암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악 •불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

○시험결과

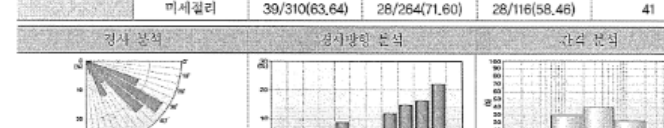
TB-1

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



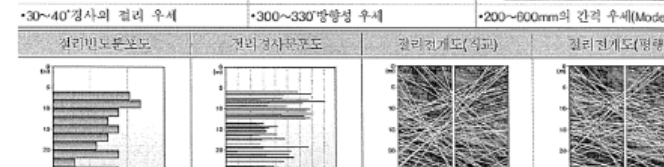
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-1	전체절리	43/303(59.55)	28/263(85.24)	33/121(94.80)	68
	파쇄절리	45/303(61.08)	31/251(39.28)	33/121(53.08)	27
	미세절리	39/310(63.64)	28/264(71.60)	28/116(58.46)	41

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세	•300~330°방향성 우세	•200~600mm의 간격 우세(Moderate)

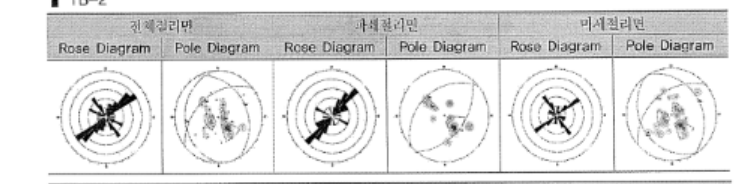
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 아크릴관 밖에 슬러지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-2

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



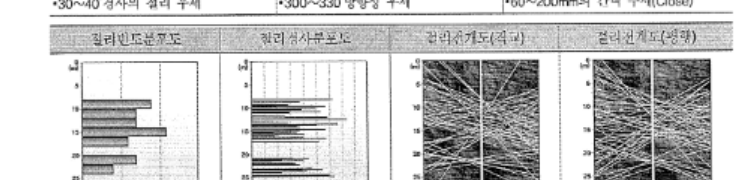
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-2	전체절리	38/321(77.54)	23/63(56.42)	15/266(79.84)	51
	파쇄절리	30/320(38.49)	43/129(38.81)	–	18
	미세절리	38/320(58.01)	22/61(51.90)	20/235(72.36)	33

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세	•300~330°방향성 우세	•60~200mm의 간격 우세(Close)

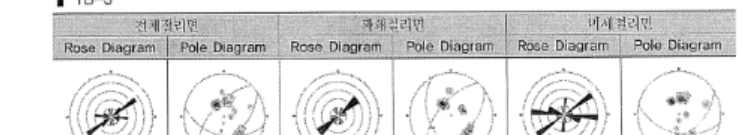
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-3

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



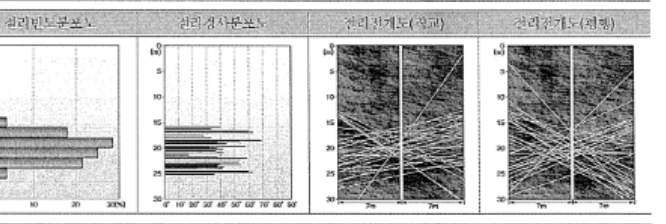
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-3	전체절리	38/145(176.3)	41/193(80.35)	56/313(71.51)	28
	파쇄절리	37/143(119.93)	55/310(55.92)	33/243(173.7)	11
	미세절리	41/193(64.42)	39/148(419.8)	–	17

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세	•120~150°방향성 우세	•200~600mm의 간격 우세(Moderate)

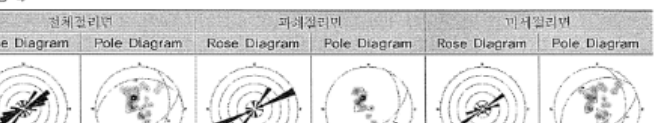
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

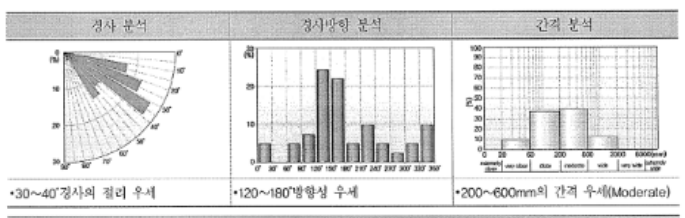
TB-4

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



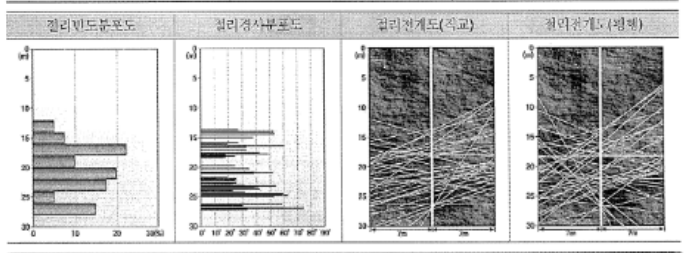
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-4	전체절리	39/156(48.01)	23/111(69.14)	19/349(359.3)	41
	파쇄절리	40/153(50.83)	24/117(52.12)	–	14
	미세절리	37/158(42.76)	23/325(46.83)	23/102(111.7)	27

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세	•120~180°방향성 우세	•200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요	•기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 점착력과 마찰각 산정 → 불연속체 해석물성치 산정시 기초 자료로 활용

○시험결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과	•터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요	•측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_d, K_d)산정 •동포아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

○시험결과

TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	927	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,168	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

○전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 심도 (GL.–m)	EL.(m)	기표하 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (설계적용 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL.–7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL.–30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요	•시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행 •지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널 구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	붕적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타 구간 (휴게소)	BH-1	4.0	붕적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과	•실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 붕적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨 •함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 다짐 및 CBR시험

개 요	•쌓기재료로 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악 •쌓기재료에 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 쌓기재료 유용성 평가시 활용

○실시설계 시험결과

공 번		심 도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널 구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.26	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과	•건조단위중량은 A다짐:17.37~17.45kN/m³, D다짐:17.37~18.40kN/m³로 분석됨 •CBR는 12.0~12.8%(평균 12.4%)의 범위에 해당

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요	•시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정 •지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

○지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과	•연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19 •경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

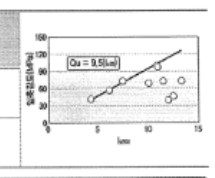
개 요	•암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index Is_{50}값을 산정

○시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$Is_{(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$Is_{(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널 구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널 구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

○지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
$Is_{(50)}$(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3



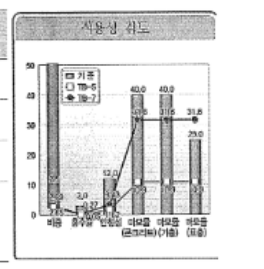
•과업구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.5(Is_{50})의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 본선발생암 유용성 검토

○시험결과 및 적용성 검토

시험종목	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

적용성 검토



•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

다. 구조계산서 및 내진설계

2. 설 계 조 건

- 교 량 명 : 행신2교(문산방향)
- 교량형식 : Bicon 교
- 교량등급 : 1등급

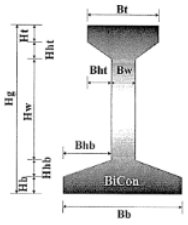
2.1 기본제원

(1) 슬래브 전장 : 45.000 m ~ 39.670 m
(2) 거 더 전 장 : 44.900 m ~ 39.500 m
(3) 설 계 지 간 : 44.000 m ~ 38.800 m
(4) 교 량 폭 원 : 15.740 m ~ 37.700 m
(5) 횡 단 면 도 : 슬래브 일반도 참조
(6) 종 단 면 도 : 슬래브 일반도 참조

3. 단 면 가 정

3.1 단면제원

(1) 바닥판 두께(sh) : 240 mm
(2) 거더 단면



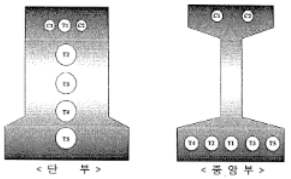
Bicon 단면제원

Hg	2100 mm
Ht	200 mm
Hb	300 mm
Hht	150 mm
Hhb	200 mm
Hw	1250 mm
Bt	800 mm
Bb	1100 mm
Bw	200 mm
Bht	300 mm
Bhb	450 mm

(3) 중간가로보수 : 1 EA
(4) 단부블록크기 : 600 mm

3.2 PS 강연선 및 PS강봉 배치

(1) 단면 배치



단위 : mm

		PS 강봉		PS 강연선				
		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
직경,가닥수		40mm	40mm	7EA	15EA	15EA	15EA	15EA
쉬스관외경		55mm	55mm	70mm	90mm	90mm	90mm	90mm
초기긴장력		-550kN	-550kN	1100kN	3000kN	3000kN	3000kN	3000kN
단부 좌표	Y	-105mm	105mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
	Z	1975mm	1975mm	1975mm	1600mm	1150mm	700mm	250mm
중앙부 좌 표	Y	-105mm	105mm	0mm	-150mm	150mm	-300mm	300mm
	Z	1975mm	1975mm	115mm	125mm	125mm	125mm	125mm

※ 좌표의 기준 원점은 거더의 하단 중심점.

10. 응력검토

10.1 G1거더 응력산출

▶ 하중단계별 휨모멘트 요약

		기호	Pnet (kN)	e (m)	M (kN·m)	저항단면
거더 자중		sw			5979.50	
PS	강봉	gb	-922	1.070	-986.21	순단면(net)
	강선	gs	11044	-0.782	-8627.18	
합성전 고정하중		bl			3589.30	PS강재 환산단면(conv)
합성후 고정하중		al			1032.10	
최대활하중		ll			3571.60	바닥판 합성단면(comp)
군중하중		gl			0.00	

※ Pnet : 즉시손실을 고려한 순긴장력(도입긴장력)

10.1.1 자중에 의한 응력산정

$$fsw = \frac{Msw}{Inet} \cdot y = \frac{5980}{0.50658} \cdot y$$

y : 중립축에서의 거리, n : 탄성계수비

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
y	m			1.195	-0.905			
fsw	MPa			14.101	-10.687			

10.1.2 프리스트레스 도입량 산정

▷ 임최긴장 강연선(T1)과 강봉(C1,C2)은 상호 지지하여 힘이 작용하므로 거더에 축력에 의한 압축응력이 발생하지 않는다.

▷ 거더에 축력을 작용시키는 강선의 순긴장력(Pn) $=P_{T1}+P_{T2}+P_{T3}+P_{T4}+P_{T5}$ 11044 kN

▷ PS강재의 응력산정식(강재기준으로 보면 Pnet와 반대방향으로 하중이 작용하므로)

$$fgb = \frac{Pnet}{Agb} = \frac{922}{0.002514} = 366.746 \text{ MPa}$$

$$fgs = \frac{Pnet}{Ags} = \frac{-11044}{0.0092929} = -1188.409 \text{ MPa}$$

▷ 거더의 응력산정식

$$fps = \frac{Pn}{Anet} + \frac{Mgb + Mgs}{Inet} \cdot y = \frac{11044}{0.911} + \frac{-9613}{0.50658} \cdot y$$

	단위	바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
y	m			1.195	-0.905	1.070	-0.782	
fps	MPa			-10.547	29.304	366.746	-1188.409	

11. 응력검토

11.1 G1거더 응력산출

1) G1거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.812

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			14.101	-10.687	0.000	0.000	
2	fps			-10.547	29.304	366.746	-1188.409	
계				3.554	18.618	366.746	-1188.409	
응력 검토				-1.410	±19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	7.834	-5.600	45.542	-31.121	
4	fal	0.803	0.612	0.680	-1.176	3.686	-6.904	
5	fll	2.778	2.117	2.353	-4.069	12.757	-23.890	
6	fsh	0.114	0.038	0.042	-0.692	-0.009	4.197	
7	fcr	0.535	0.179	0.199	-3.262	-0.043	19.793	
8	frgb	-0.035	-0.031	-0.034	0.002	-0.208	-0.001	
9	frgs	0.049	0.016	0.018	-0.296	-0.004	1.796	
계		4.244	2.932	14.646	3.525	428.468	-1224.539	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

2) PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	15	15	15	15
P_{gi}	(kN)	-461.000	-461.000	904.205	2630.937	2397.550	2511.890	±2599.185
A_p	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00208	0.00208	0.00208	±0.0021
fps	(MPa)	-366.746	-366.746	931.306	1264.570	1152.391	1207.349	±1249.308
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.000
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

12. 처짐 검토

12.1 하중 단계별 처짐

▷ 최대처짐(δ) = 하중에 의한 처짐 + 프리스트레스에 의한 처짐

$$\delta = \frac{5 \times M \times L^2}{48 \times E \times I}$$

여기서, M : 경간 중앙부 최대 휨 모멘트(= P X e)
L : 지간
E : 거더의 탄성계수
I : 단면 2차 모멘트(거더중앙부)
P : 프리스트레스 힘 (도입 또는 유효 프리스트레스 kgf)
e : (지점부에서의 편심거리, +하향)

(1) G1 거더 처짐

하 중	휨모멘트 M (kN·m)	탄성계수 E (MPa)	단면2차모멘트 I (m^4)	처 짐 δ (mm)
거더 자중	5979.50	30891	0.5066	77.06
합성전 고정하중	3589.30	30891	0.5611	41.76
합성후 고정하중	1032.10	30891	1.1679	6.03
프리스트레스 도입직후	-9613.38	30891	0.5066	-123.89
프리스트레스 손실	1606.56	30891	1.1679	8.98
활하중	3571.60	30891	1.1679	19.96

(2) G2-G5 거더 처짐

하 중	휨모멘트 M (kN·m)	탄성계수 E (MPa)	단면2차모멘트 I (m^4)	처 짐 δ (mm)
거더 자중	5979.50	30891	0.5066	77.06
합성전 고정하중	4304.90	30891	0.5611	50.09
합성후 고정하중	1639.30	30891	1.2268	9.12
프리스트레스 도입직후	-9613.38	30891	0.5066	-123.89
프리스트레스 손실	1606.56	30891	1.1679	8.98
활하중	3135.50	30891	1.1679	17.53

13. 휨강도의 검토

13.1 거더

1) 극한모멘트 (Factored Moment)
Mu = 1.3 MD + 2.15 ML = 21460110.0 N·m

2) 단면 제원
b = 2700.0 mm (압축 플랜지의 폭)
dp = 2216.0 mm
Ap1 = 0.0092929 m^2 = 9292.9 mm^2 (강연선 총면적)
Ap2 = 0.002514 m^2 = 2514 mm^2 (강봉 총면적)
Fck = 27 MPa (슬래브 콘크리트 강도)
Fck = 40 MPa (빔 콘크리트 강도)
Fput = 1900 MPa (극한인장강도)
Fpyt = 1600 MPa (항복강도)
Fpuc = 1050 MPa (극한인장강도)
Fpyc = 950 MPa (항복강도)

3) 계수 산정
rp1 = 0.28 (0.40-응력제거강재, 0.28-저릴렉세이션강재, 0.55-강봉)
β1 = 0.85 - [0.007 × (Fck - 28)] = 0.857
ρp1 = Ap / (b × dp) = 0.001553

4) PS강재의 응력계산(Fps) (도로교설계기준, 2010, p.4-127)
* 철근을 배치하지 않았거나, 배치했더라도 그 영향을 무시할 수 있는 경우
Fps = Fput ×[1 - (rp1/β1) × ρp1 × (Fput / Fck)] = 1832.2 MPa

5) 해석단면 결정
a = (Ap×Fps) / (0.85×Fck×b) = 274.8 mm
슬래브 두께 : 240.0 mm < 274.8 mm ---------- 플랜지단면

6) 최대 PS 강재량 검토
강재지수(qp) = ρp × Fps / Fck = 0.105
qp (=0.105) < 0.36 × β1 (=0.309) ---------- O.K

7) 극한 저항 모멘트 검토
Φ·Mn = Φ [Aps × Fps × dp × (1 - 0.59 × Aps × Fps / (bo × dp × Fck))
+ 0.85 × Fck (b - bo) × t × (dp - 0.5 t)] = 44716.17 kN·m
Φ·Mn (=44716.166) > Mu (=21460.11) ---------- O.K

8) 균열 모멘트 검토
1.2·Mcr = Zbo × (0.5 × √Fck + fbe - fd) = -24893.506 kN·m
fpe = 23.790 MPa
fd = Md1 / Zbo = -10.687 MPa
Zbo = Ico/Ybo = -0.560 m^3
1.2·Mcr (=-24893.506 < Φ·Mn (=44716.166) ---------- O.K

14. 전단 검토

14.1 수직 전단 검토

14.1.1 G1 거더

▷ 전단력이 가장 크게 발생하는 지점부에서 검토

외측거더 지점부 단면력

구 분	V(kN)	M(kN·m)
자 중	583.15	4.53
합성전	351.98	1.58
합성후	396.95	10.88
활하중	396.95	23.62

(1) 극한전단력
Vu = 1.3 VD + 2.15 VL = 2585.1 kN

(2) 콘크리트가 부담하는 전단강도 Vc (도로교설계기준, 2010, p.4-129)
- Vc는 Vci 또는 Vcw 중에서 작은 값으로 한다.

1) 전단강도 Vci (휨 전단강도)
Vci = 0.05 × √Fck × bw × d + Vd + (Vi × Mcr) / Mmax
Mcr = Zbo × (0.5 × √Fck + fpe - fd) = 9101.3 kN·m
fpe = 23.790 MPa
fd = Md1 / Zbo = 10.687 MPa
Zbo = Ico/Ybo = 0.5595 m^3
Mmax = 1.3 × (Md2+Md3) + 2.15 × Ml = 66.98 kN·m
d = 2100 - (1975 + 1,600 + 1,150 + 700) / 4 = 743.75 mm
- d를 0.8H보다 작게 취해서는 안된다.
743.75 mm < 0.8 × H = 1680 mm ∴ d = 1680.00 mm
Vd = 583.15 kN
Vi = 1.3 × (Vd2+Vd3) + 2.15 × Vl = 1827.05 kN
- Vci는 0.14√Fck × bw × d 보다 작아서는 안된다.
Vci = 249285.19 kN > 0.14 √fck × bw × d = 1190.03 kN
∴ Vci = 249285.19 kN

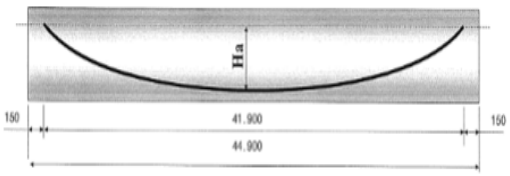
2) 전단강도 Vcw(복부 전단강도)
Vcw = (0.29 × √fck + 0.3 × fpc) × bw × d + Vp = 3658057.53 N = 3658.06 kN
fpc = Pe1 / Ac = 9366582 / 910953 = 10.282 MPa
Vp = Pe2 ×sinθ (Vp : 수직분력) = 8444582 × 0.2375 = 2005349.13 N
∴ Vc = min [Vci, Vcw]= 3658.1 kN

3) øVc = 0.80 × 3658.1 = 2926.4 kN
1/2 øVc = 1,463.223 kN < Vu ---------- 최소전단철근 보강 필요

4) 전단 철근 검토
전단 철근 간격 s = 200 mm (0.75H (=1575mm) 또는 600mm보다 커서는 안된다.)
Av = (V_u - ϕV_c) S / (ϕ f_y d)
= (2585.1 - 2926.4) × 200
/ (0.80 × 300 × 1680.00)
= - 169.30 mm^2
Avmin = 0.35 ×bw ×s / fy = 105.00 mm^2
Avall = Max(Av, Avmin) = 105.00 mm^2
Avuse = D16 × 2 EA = 397.2 mm^2 ---------- O.K

16. PS 강재의 신장량 검토

16.1 강봉 및 강선의 제원 (8. 프리스트레스 참조)



강선번호	Ap(m^2)	Ep(MPa)	Ha(m)	L(m)	α(radian)
C1	0.001257	200000	0.000	44.130	0.00000
C2	0.001257	200000	0.000	44.130	0.00000
T1	0.0009709	200000	1.860	44.332	0.34071
T2	0.0020805	200000	1.475	44.261	0.13291
T3	0.0020805	200000	1.025	44.193	0.09264
T4	0.0020805	200000	0.575	44.150	0.05207
T5	0.0020805	200000	0.575	44.150	0.05207

16.2 PS 강재의 신장량 (양단 동시 긴장시 한쪽 신장합임.)

(1) 신장량 (11. 정착부 설계 참조)

ΔL = (Po + Phet)×(Lps/2)/(Ap×Ep)

강선번호	긴장순서	도입긴장력(Po)	순긴장력(Phet)	Lps(m)	Δl(mm)
C1	5	-550.00	-461.00	44.130	-88.734
C2	5	-550.00	-461.00	44.130	-88.734
T1	5	1100.00	904.20	44.332	228.786
T2	4	3000.00	2630.94	44.261	299.485
T3	1	3000.00	2397.55	44.193	286.633
T4	2	3000.00	2511.89	44.150	292.417
T5	3	3000.00	2599.19	44.150	297.049

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : PC GIRDER
(3) 교 량 등 급 : 1 등교
(4) 교 대 총 폭 : B = 15.805 M
(5) 교 대 총높이 : H = 7.001 M
(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
(7) SKEW : 85.000 °

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 429.372 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 146.952 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 15.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 30.000 ° {Φ2 = 15 + √15N}
(4) 기초지반의 점착력 : C = 0.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.364 : TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 26000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

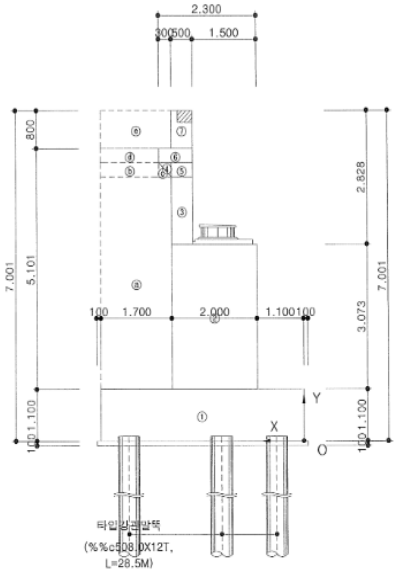
5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
고정하중	1073.376	1126.285	1116.842	1128.309	1160.394	1181.075	6786.281
활하중	400.533	394.153	360.834	363.753	398.927	404.397	2322.597

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
교축방향	245.195	245.103	245.047	245.001	244.959	244.890	1470.195
직각방향	271.261	271.576	271.720	271.719	271.590	271.355	1629.221

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1290.4	776.717	O.K
	허용인발력(kN/EA)	425.265	-	O.K
	휨응력(MPa)	133	109.412	O.K
	전단응력(MPa)	76	12.309	O.K
	수평변위(mm)	15	10.85	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1935.6	936.721	O.K
	허용인발력(kN/EA)	637.897	-15.621	O.K
	휨응력(MPa)	199.5	122.326	O.K
	전단응력(MPa)	114	20.074	O.K
	수평변위(mm)	15	9.97	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1100	150	1209.61	1940.4	290.285	463.002	1.595	O.K
후면저판		1100	100	828.21	1940.4	209.907	487.742	2.324	O.K
벽체 : H=5.901		2000	100	1468.02	2292	707.214	1100.624	1.556	O.K
흉벽		500	100	1241.99	1940.4	123.791	190.861	1.542	O.K
좌측날개벽	D(T=450 mm)	450	80	2029.71	2569.6	183.779	230.061	1.252	O.K
	A(T=600 mm)	600	80	4044.27	4053.6	505.602	506.608	1.002	O.K
	좌부(T=450	450	80	2380.56	4053.6	213.98	351.648	1.643	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	1081.22	1588.8	141.177	205.942	1.459	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	2208.88	3096.8	283.75	392.654	1.384	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		117.003	150	125	321.81	O.K
후면저판		62.746	150	125	1004.046	O.K
벽체 : H=5.901		75.106	150	125	822.266	O.K
흉벽		124.864	150	125	404.435	O.K
좌측날개벽	D(T=450 mm)	118.076	150	250	503.192	O.K
	A(T=600 mm)	145.648	150	125	371.937	O.K
	좌부(T=450	87.738	150	125	718.051	O.K
	B(T=600 mm)	101.417	150	125	596.495	O.K
	C(T=600 mm)	107.657	150	125	558.988	O.K

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1396.53	852.04	O.K
	허용인발력(kN/EA)	794.356	-	O.K
	휨응력(MPa)	133	116.876	O.K
	전단응력(MPa)	76	12.729	O.K
	수평변위(mm)	15	11.22	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2094.795	1066.061	O.K
	허용인발력(kN/EA)	1191.533	-35.9	O.K
	휨응력(MPa)	199.5	138.464	O.K
	전단응력(MPa)	114	22.524	O.K
	수평변위(mm)	15	11.187	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1100	150	1232.09	1940.4	295.628	463.002	1.566	O.K
후면저판		1100	100	828.21	1940.4	209.907	487.742	2.324	O.K
벽체 : H=5.901		2000	100	1465.02	2292	705.776	1100.624	1.559	O.K
흉벽		500	100	1217.13	1940.4	121.369	190.861	1.573	O.K
우측날개벽	D(T=450 mm)	450	80	1673.6	2026.8	152.652	183.526	1.202	O.K
	A(T=600 mm)	600	80	2918.34	3096.8	371.003	392.654	1.058	O.K
	좌부(T=450	450	80	2047.59	3096.8	185.329	274.202	1.48	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	1155.99	1588.8	150.779	205.942	1.366	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	2383.83	3096.8	305.441	392.654	1.286	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		113.595	150	125	342.005	O.K
후면저판		62.683	150	125	1005.053	O.K
벽체 : H=5.901		62.764	150	125	1003.759	O.K
흉벽		122.553	150	125	416.33	O.K
우측날개벽	D(T=450 mm)	123.047	150	250	471.251	O.K
	A(T=600 mm)	138.5	150	125	396.094	O.K
	좌부(T=450	98.229	150	125	629.197	O.K
	B(T=600 mm)	108.473	150	125	545.985	O.K
	C(T=600 mm)	115.906	150	125	506.927	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : 다주식 교각
2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γt2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.15

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 15
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 30 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.364 : TAN(3/5 · φ2) : 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 32000 MPa
기둥: 32000 MPa
기초: 29000 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

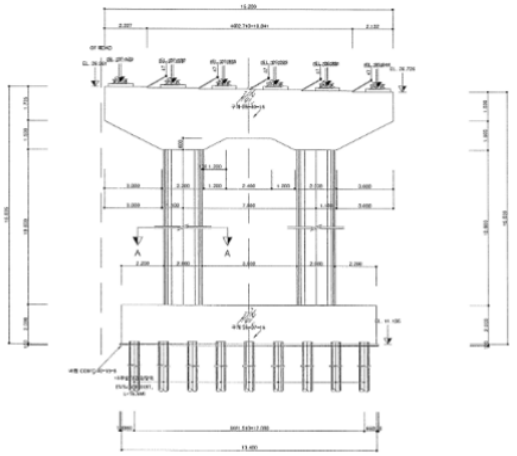
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 (2010)
2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
4) 도로설계 편람 (2008)
5) 도로설계 요령 (2009)
6) 강구조 편람 (1995)
7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1124.590	876.110	O.K
		허용인발력(kN/EA)	470.087	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	91.203	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	4.105	O.K
		수평변위(mm)	15.000	2.012	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1686.885	1401.680	O.K
		허용인발력(kN/EA)	705.130	-308.967	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	180.849	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	21.365	O.K
		수평변위(mm)	15.000	5.899	O.K
교축직각 방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1124.590	743.804	O.K
		허용인발력(kN/EA)	470.087	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	74.102	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	1.535	O.K
		수평변위(mm)	15.000	0.752	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1686.885	884.757	O.K
		허용인발력(kN/EA)	705.130	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	152.654	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	19.571	O.K
		수평변위(mm)	15.000	5.404	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		길이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3000.4	100.0	34205.196	36533.200	-	-	2.189	O.K
	우측내민보	3000.4	100.0	34205.196	36533.200	-	-	2.083	O.K
	좌측내민보수평	3000.0	100.0	1796.362	4478.300	1769.061	4402.236	2.488	O.K
	우측내민보수평	3000.0	100.0	1796.764	4478.300	1769.458	4402.236	2.488	O.K
	내부지간1좌	3141.2	100.0	11888.184	36533.200	11996.054	36264.451	3.023	O.K
	내부지간1중	2541.2	100.0	5407.148	9530.400	4468.437	7849.672	1.757	O.K
	내부지간1우	3094.3	100.0	12670.494	36533.200	12576.750	35681.718	2.837	O.K
	교량받침7	2123.0	100.0	81.593	36533.200	54.730	23617.418	431.530	O.K
	교량받침1	2171.0	100.0	416.866	36533.200	286.329	24213.640	84.566	O.K
	교량받침9	2642.7	100.0	6892.435	36533.200	5809.731	30072.439	5.176	O.K
	교량받침3	2594.7	100.0	6690.169	36533.200	5530.957	29476.217	5.329	O.K
	교량받침10	2547.8	100.0	7294.663	36533.200	5911.415	28893.484	4.888	O.K
	교량받침4	2595.8	100.0	7393.014	36533.200	6111.285	29489.706	4.825	O.K
	교량받침12	1936.4	100.0	481.646	36533.200	292.391	21300.016	72.848	O.K
	교량받침6	1888.4	100.0	80.930	36533.200	47.831	20703.794	432.854	O.K
기초	교축방향	2000.0	150.0	36471.558	55230.300	22646.486	34065.368	1.500	O.K
	교직-지점부	2000.0	150.0	12075.029	25841.700	7528.729	15950.022	2.120	O.K
	교직-중앙부	2000.0	100.0	12330.526	25841.700	7896.213	16389.331	2.076	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Pusa	Pu(kN)	ΦPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.021	16911.858	73360.419	4.338	O.K
	모멘트최대	0.021	14021.877	38474.514	2.744	O.K
	단성설계	0.021	9131.254	12434.438	1.362	O.K
	편심최대	0.021	8674.692	28718.435	3.311	O.K
교축직각방향	축력최대	0.021	16911.858	73360.419	4.338	O.K
	모멘트최대	0.021	10428.383	59167.902	5.674	O.K
	단성설계	0.021	9131.254	20746.079	2.272	O.K
	편심최대	0.021	7689.006	49698.220	6.464	O.K
합성부재력	축력최대	0.021	16911.858	73360.419	4.338	O.K
	모멘트최대	0.021	14021.577	37302.764	2.660	O.K
	단성설계	0.021	9131.254	9887.045	1.083	O.K
	편심최대	0.021	7689.237	22923.732	2.981	O.K
	모멘트최대	0.021	10428.383	36043.766	3.456	O.K
	편심최대	0.021	7689.006	26902.122	3.499	O.K

단면위치		Pusa	Pu(kN)	ΦPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.021	17456.824	73360.419	4.202	O.K
	모멘트최대	0.021	15144.203	40889.518	2.700	O.K
	단성설계	0.021	9517.943	13109.816	1.377	O.K
	편심최대	0.021	9042.046	30124.024	3.332	O.K
교축직각방향	축력최대	0.021	17456.824	73360.419	4.202	O.K
	모멘트최대	0.021	15447.369	73360.419	4.749	O.K
	단성설계	0.021	9517.943	24918.294	2.618	O.K
	편심최대	0.021	9772.751	78736.161	8.057	O.K
합성부재력	축력최대	0.021	17456.824	73360.419	4.202	O.K
	모멘트최대	0.021	15144.503	39827.814	2.630	O.K
	단성설계	0.021	9517.943	10779.566	1.133	O.K
	편심최대	0.021	10027.500	33249.129	3.316	O.K
	모멘트최대	0.021	15447.369	40794.081	2.640	O.K
	편심최대	0.021	9772.751	31431.987	3.216	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
두부보	좌측내민보	81.551	180.000	130.435	755.654	O.K
	우측내민보	88.193	180.000	130.435	682.924	O.K
	좌측내민보수평	139.737	180.000	214.317	353.560	O.K
	우측내민보수평	139.768	180.000	214.317	353.434	O.K
	내부지간1좌측지점부	77.943	180.000	130.435	800.356	O.K
	내부지간1중앙부	141.431	180.000	250.000	346.810	O.K
	내부지간1우측지점부	94.962	180.000	130.435	619.282	O.K
	교량받침7	0.756	180.000	130.435	83331.726	O.K
	교량받침1	2.867	180.000	130.435	21971.410	O.K
	교량받침9	45.600	180.000	130.435	1381.576	O.K
	교량받침3	44.367	180.000	130.435	1419.971	O.K
	교량받침10	41.543	180.000	130.435	1516.495	O.K
	교량받침4	42.528	180.000	130.435	1481.388	O.K
	교량받침12	6.414	180.000	130.435	9822.516	O.K
	교량받침6	2.218	180.000	130.435	28407.042	O.K
기초	교축방향	141.893	180.000	122.936	211.244	O.K
	교직-지점부	127.922	180.000	127.451	271.861	O.K
	교직-중앙부	130.546	180.000	127.451	384.484	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 조 건
(1) 교량형식 : I-PC GIRDER
(2) 교량연장 : L = 45.176 + 45.076 + 45.126 = 135.379 m
(3) 교량폭원 : B = 15.740 m
(4) 교각형식 : 다주식 교각

2) 내 진 설 계 조 건
(1) 내진등급 : I 등급
(2) 가속도계수 : A = 0.154 (지진구역계수 : 0.110, 위험도계수 : 1.400)
(3) 지반계수 : S = 1.500 (지반종류 III)
(4) 받침형식 : 탄성받침

3) 설계강도 및 탄성계수

구 분			Fck(MPa)	Fy(MPa)	Ec(MPa)	n=Es/Ec
상부	바닥판		27	-	28693	7
	거 더		40	-	31879	6
하부	교 대		24	300	28000	7
	교각	두부보	40	400	32000	6
		기둥	40	400	32000	6
		기초	27	400	29000	7

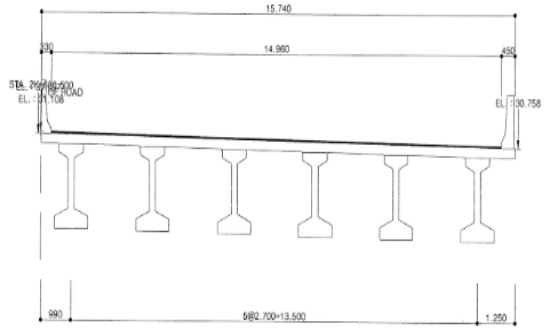
- 강재 탄성계수 : Es = 200000.0 MPa

4) 해 석 방 법
다중모드 스펙트럼 해석법

5) 참 고 문 헌
(1) 도 로 교 설 계 기 준 : 국토해양부 (2010)
(2) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
(3) 도 로 교 표준시방서 : 국토해양부 (2000)
(4) 콘크리트교 표준시방서 : 국토해양부 (2000)
(5) 고속도로교량의 내진설계지침 : 한국도로공사 (2000)

3. 단 면 특 성

1) 상 부 구 조
(1) 횡 단 면 도



(2) 거더 단면제원

구 분	A	I_33	I_22	K	비 고
1	1.4504785	1.1176833	0.2824123	0.0260052	
2	1.5282444	1.1737662	0.4060835	0.0274983	
3	1.5282444	1.1737662	0.4060835	0.0274983	
4	1.5282444	1.1737662	0.4060835	0.0274983	
5	1.5282444	1.1737662	0.4060835	0.0274983	
6	1.5066428	1.1587645	0.3681546	0.0270835	

5. 고유치 해석

1) Mode별 자유진동 특성

Mode	Period (sec)	Frequency (Hz)	Participating Mass Ratios(질량누가) X-Axis	Y-Axis	Z-Axis	비 고
1	1.13260	0.88292	0.007	0.053	0.000	
2	1.11532	0.89660	77.464	11.610	0.000	
3	1.09698	0.91160	90.019	79.647	0.000	
4	0.86261	1.15927	90.050	85.334	0.000	
5	0.61147	1.63539	90.050	85.334	0.001	
6	0.50336	1.98665	90.050	85.381	0.001	
7	0.43498	2.29895	90.050	85.381	4.463	
8	0.40778	2.45228	90.050	85.381	4.477	
9	0.37528	2.66466	90.050	85.381	4.481	
10	0.35606	2.80849	90.062	85.382	4.481	
11	0.35011	2.85622	90.062	85.382	4.482	
12	0.34583	2.89162	90.063	85.382	4.482	
13	0.30089	3.32344	90.076	88.021	4.483	
14	0.27178	3.67939	90.132	88.021	17.279	
15	0.26600	3.75942	97.410	88.034	17.445	
16	0.26446	3.78124	97.457	88.042	18.165	
17	0.26059	3.83752	97.581	88.045	43.014	
18	0.21069	4.74620	97.656	98.123	43.014	
19	0.17763	5.62976	97.660	98.123	43.014	
20	0.07066	14.15303	97.660	98.310	43.024	
21	0.06077	16.45462	97.662	98.310	80.606	
22	0.04430	22.57575	97.662	98.310	97.323	
23	0.03432	29.13961	99.447	98.324	97.337	
24	0.02538	39.40631	99.458	99.787	97.337	
25	0.01729	57.83067	99.833	99.788	97.338	

※ 유효모드 질량의 합이 전체질량의 90%이상이 되도록 Mode수를 결정한다.

3) 응답스펙트럼 해석결과
(1) 교축방향(X방향) 지진하중 재하시
① 교량받침

구 분		절 점	V2(kN)	V3(kN)	비 고
교대 1	1	79	239.577	22.737	
	2	80	239.497	22.764	
	3	81	239.471	22.776	
	4	82	239.460	22.776	
	5	83	239.448	22.765	
	6	84	239.372	22.746	
교각 1	1	85	297.809	22.924	
	2	86	298.499	22.988	
	3	87	298.786	23.024	
	4	88	298.853	23.015	
	5	89	298.684	22.953	
	6	90	298.027	22.886	
	7	91	297.916	22.532	
	8	92	298.607	22.611	
	9	93	298.900	22.669	
	10	94	298.962	22.674	
	11	95	298.799	22.631	
	12	96	298.142	22.563	
교각 2	1	97	297.774	22.486	
	2	98	298.636	22.545	
	3	99	298.932	22.576	
	4	100	298.990	22.560	
	5	101	298.829	22.486	
	6	102	298.340	22.392	
	7	103	297.657	22.853	
	8	104	298.519	22.910	
	9	105	298.823	22.958	
	10	106	298.877	22.957	
	11	107	298.723	22.910	
	12	108	298.236	22.841	
교대 2	1	109	239.361	22.761	
	2	110	239.438	22.781	
	3	111	239.433	22.793	
	4	112	239.425	22.794	
	5	113	239.433	22.783	
	6	114	239.512	22.757	

※ 교량받침를 구성하는 ELEMENT와 NODE의 LOCAL AXIS에 대한 결과치임.
탄성받침 요소번호는 NLLINK의 결정번호임.

8.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 8.2.1】 서문5교(문산방향) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	상태 양호	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	상태 양호	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	상태 양호	양호

8.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

8.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

8.2.5 시설물 보수 이력

【표 8.2.2】 서문5교(문산방향) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

8.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 8.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

8.3 현장조사

8.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S3	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



작업전경



비파괴시험

【사진 8.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

8.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문5교(문산방향)는 총 3경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=135.0m 폭 15.7m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차로 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 8.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 8.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-

	
바닥판 하면 상태양호	바닥판 하면 상태양호
	
바닥판 하면 상태양호	바닥판 하면 상태양호

【사진 8.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. BICON Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 BICON거더는 6열로 시공되었으며, 도보 및 고소작업차로 현장조사를 실시하였다

	
거더외부 전경	거더내부 전경

【사진 8.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 일부 구간에서 파손 및 재료분리가 확인되었다.

【표 8.3.2】 거더 현장조사 결과

구분		파손 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)	
거더	S1	0.09	1	-	-
	S2	-	-	0.20	1
	S3	-	-	-	-
합계		0.09	1	0.20	1

	
S1-G5 파손(0.3m×0.3m)	S1-G5 파손(0.3m×0.3m)
	-
S2-G2 파손(1.0m×0.2m)	-

【사진 8.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

■ 거더에 발생한 파손의 경우 시공 초기 외부 충격에 의한 손상으로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상이며, 재료분리의 경우 다짐미흡에 의한 손상으로 단면보수 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경



세로보 전경

【사진 8.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열 및 박리가 조사되었다.

【표 8.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		균열(0.3mm미만) (m/개소)		박리 (㎡/개소)	
가로보	S1	-	-	0.32	2
	S2	1.20	1	-	-
	S3	-	-	-	-
합계		1.20	1	0.32	2

	
S1 G2~3 균열(0.2㎜/1.2m)	S2 G2~3 균열(0.2㎜/1.2m)
	
S1 G5~6 박리(0.4m×0.4m)	S1 G5~6 박리(0.4m×0.4m)

【사진 8.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 가로보에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각에 발생한 박리의 경우 마감미흡 등에 의한 손상이며, 단면보수 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 서문5교(문산방향) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 8.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 일부 구간에서 박리가 조사되었다.

【표 8.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	박리 (㎡/개소)	
A1	0.08	2
A2	-	-
합계	0.08	2

	
A1 콘크리트 박락(0.1m×0.3m)	A1 콘크리트 박락(0.1m×0.3m)
	-
A1 콘크리트 박락(0.1m×0.5m)	-

【사진 8.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

■ 교대에 발생한 박락의 경우, 실란트 부위에 발생한 손상으로 안전에 저해할만한 손상은 아니나, 하자보수 만료전 단면보수를 실시 하여야 하며, 교대부는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 서문5교(문산방향)의 교각은 π형으로 구성되어 있으며, 복합말뚝기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보조사를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
교각 전경	교각 전경

【사진 8.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열 및 망상균열이 확인되었다.

【표 8.3.5】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
P1	0.70	1	10.00	1
P2	1.50	2	14.00	2
합계	2.20	3	24.00	3

	
P1 기둥부 균열(0.2㎜/0.7m)	P1 코핑부 망상균열(10.0m×1.0m)
	
P2 기둥부 균열(0.2㎜/1.0m)	P2 기둥부 균열(0.2㎜/1.0m)
	
P2 코핑부 망상균열(6.0m×1.0m)	P2 코핑부 망상균열(6.0m×1.0m)

【사진 8.3.11】 교각 손상현황

	-
P2 코핑부 망상균열(8.0m×1.0m)	-

【사진 8.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

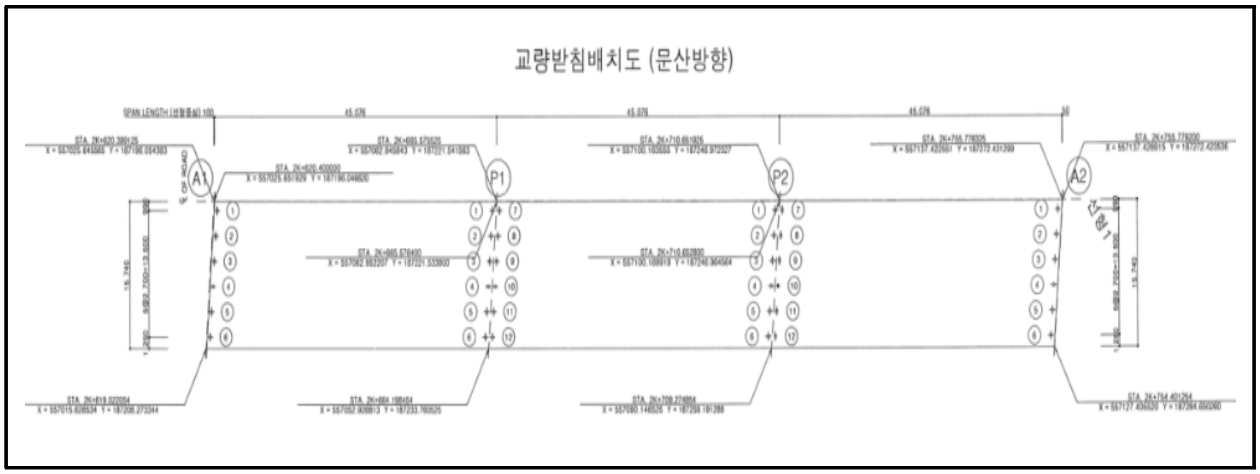
4) 검토의견

■ 교각 코핑부에 발생한 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각부는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 서문5교(문산방향)의 받침은 탄성받침으로 총 36가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 8.3.1】 교량받침 배치도



탄성받침(일방향) 전경	탄성받침(양방향) 전경	탄성받침(고정) 전경

【사진 8.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 받침몰탈 균열 및 받침 콘크리ㅐ트 파손 등의 손상이 확인되었다.

【표 8.3.6】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 균열 (m/개소)		받침콘크리트 파손 (m/개소)	
A1	-	-	-	-
P1	1.50	5	-	-
P2	-	-	-	-
A2	-	-	0.01	1
합계	1.50	5	0.01	1

	
P1-Sh2 받침 몰탈균열(0.2㎜/0.3m)	P1-Sh5 받침 몰탈균열(0.2㎜/0.3m)
	
P1-Sh5 받침 몰탈균열(0.2㎜/0.3m)	P1-Sh8 받침 몰탈균열(0.2㎜/0.3m)
	
P1-Sh8 받침 몰탈균열(0.2㎜/0.3m)	P1-Sh10 받침 몰탈균열(0.2㎜/0.3m)

【사진 8.3.13】 교량받침 손상현황

	
A2-Sh4 받침 콘크리트 파손(0.2m×0.2m)	A2-Sh4 받침 콘크리트 파손(0.2m×0.2m)

【사진 8.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

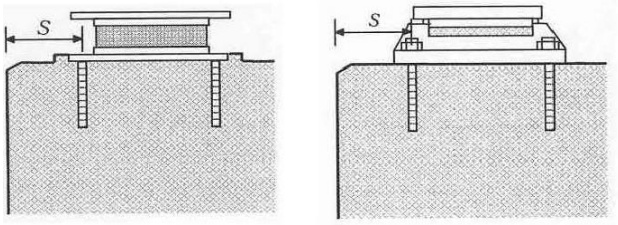
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 받침본체에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열 확인 되었으며, 받침 콘크리트 파손은 외부 충격에 의한 손상을로 조사되었다. 손상부는 표면처리, 단면보수 등의 하자보수가 필요할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 ‘도로교설계기준(2009, 국토교통부)’에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 8.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

【사진 8.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=45.0m) : 200+5×45.0 = 425(㎜)

【표 8.3.7】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)						검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	
A1		425	515	515	515	515	515	515	O.K
P1	A1측	425	485	485	485	485	485	485	O.K
	A2측	425	485	485	485	485	485	485	O.K
P2	A1측	425	465	465	465	465	465	465	O.K
	A2측	425	465	465	465	465	465	465	O.K
A2		425	435	435	435	435	435	435	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 8.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 8.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	45.4	14.6	0.000012	90.0	49.0	15.8	
P1	45.4	14.6	0.000012	45.0	24.5	7.9	
P2	고정단						
A2	45.4	14.6	0.000012	45.0	24.5	7.9	

`1) 조사당시 온도 : 25.4℃(조사일 : 2022년 08월 23일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)

【표 8.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	50	117.2	17.2	49.0	15.8	±67.2	O.K
	SH2	50	117.2	17.2			±67.2	O.K
	SH3	50	117.2	17.2			±67.2	O.K
	SH4	50	117.2	17.2			±67.2	O.K
	SH5	50	117.2	17.2			±67.2	O.K
	SH6	50	117.2	17.2			±67.2	O.K
P1 (A1측)	SH1	0	33.6	33.6	24.5	7.9	±33.6	O.K
	SH2	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH3	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH4	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH5	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH6	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
P1 (A2측)	SH7	0	33.6	33.6	24.5	7.9	±33.6	O.K
	SH8	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH9	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH10	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH11	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
	SH12	0	33.6	33.6			±33.6	O.K
P2	고정단							
A2	SH1	35	102.2	32.2	24.5	7.9	±67.2	O.K
	SH2	35	102.2	32.2			±67.2	O.K
	SH3	35	102.2	32.2			±67.2	O.K
	SH4	35	102.2	32.2			±67.2	O.K
	SH5	35	102.2	32.2			±67.2	O.K
	SH6	35	102.2	32.2			±67.2	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 모두 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

【사진 8.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 파손, 하부누수 등의 손상이 확인되었다.

【표 8.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	-	-
A2 (EXP J2)	2.50	5
합계	2.50	5

	
A2 하부 누수(0.5m/5EA)	A2 하부 누수(0.5m/5EA)
	
A2 하부 누수(0.5m/5EA)	A2 하부 누수(0.5m/5EA)

【사진 8.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 하부 누수의 경우 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다. 신축이음은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 19. 기온 적용: 10.5℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−10.5℃ = 29.5℃
△T(수축시) : −20.0℃−(10.5℃) = 30.5℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 8.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 8.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	30.5	29.5	0.00001	90.0	27.5	26.6	40.0	115.0	70.0	
A2	30.5	29.5	0.00001	45.0	13.7	13.3	35.0	45.0	220.0	
1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 8.3.12】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	27.5	26.6	35.0	150	87.6	8.5	O.K
	바닥판			60.0	-	-	33.5	O.K
	거더			140.0	-	-	113.5	O.K
A2	신축이음	13.7	13.3	30.0	150	106.3	16.7	O.K
	바닥판			45.0	-	-	31.7	O.K
	거더			140.0	-	-	126.7	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

아. 교면포장

■ 서문5교(문산방향)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.

1) 부재의 개요



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

【사진 8.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 접속부 파손 및 이격이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 8.3.13】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 파손 (㎡/개소)		접속부 이격 (m/개소)	
S1	1.50	1	12.00	1
S2	-	-	-	-
S3	-	-	-	-
합계	1.50	1	12.00	1

	
A1 접속부 이격(12.0m)	A1 접속부 이격(12.0m)
	-
A1 접속부 파손(2.0m×1.0m)	교면포장 상태양호

【사진 8.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 교면포장은 A1측 후타재 접속부 이격이 발생한 상태로 확인 되었으며, 손상은 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인이 필요하며, 접속부 포장 파손은 다짐미흡 및 중차량 통행, 공용중 열화, 침하등에 의한 복합적인 원인에 의한 파손이 발생하였으며 단면보수 등의 조치가 요구된다, 교면포장은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문5교(문산방향)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 8.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 8.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태 양호	배수구 상태 양호
	
배수관 상태 양호	배수구 상태 양호

【사진 8.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽 전경



중분대 전경

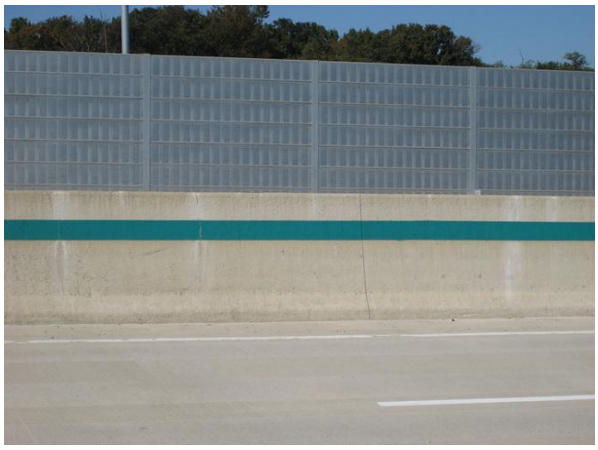
【사진 8.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 난간 및 연석에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열이 조사되었다.

【표 8.3.15】 난간 및 연석 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열(0.3mm이상) (m/개소)	
S1	-	-	1.00	1
S2	-	-	-	-
S3	9.00	6	-	-
합계	9.00	6	1.00	1

	
S1 방호벽 균열(0.3㎜/1.0m)	S1 방호벽 균열(0.3㎜/1.0m)
	
S3 방호벽 균열(0.2㎜/1.5m)	S3 방호벽 균열(0.2㎜/1.5m)

【사진 8.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 난간 및 연석에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열이나 하자보수 만료전 표면처리 등의 하자보수가 필요 할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 서문5교(문산방향)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1, P2에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

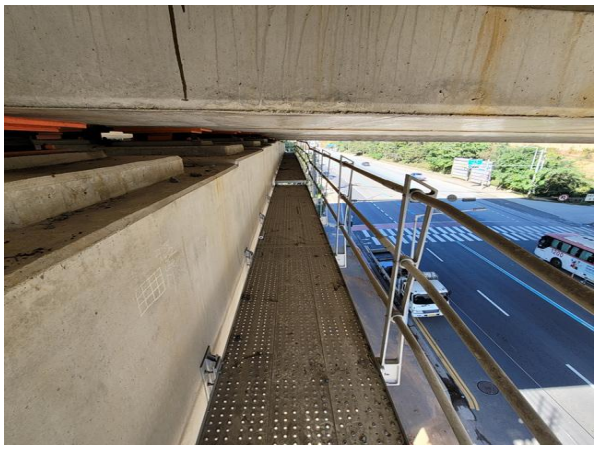
【사진 8.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 8.3.16】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
P2	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 8.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

8.3.3 현장조사 총괄표

【표 8.3.17】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	상태양호	-	-	-	
거더	파손	㎡	0.09	1	
	재료분리	㎡	0.20	1	
가로보	균열(0.3㎜미만)	m	1.20	1	
	박리	㎡	0.32	2	
교대	박리	㎡	0.08	2	
교각	균열(0.3㎜미만)	m	2.20	3	
	망상균열	㎡	24.00	3	
교량받침	받침몰탈 균열	m	1.50	5	
	받침콘크리트 파손	㎡	0.01	1	
신축이음	하부 누수	m	2.50	5	
교면포장	접속도로 파손	㎡	1.50	1	
	접속부 이격	m	12.00	1	
배수시설	상태양호	-	-	-	
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	9.00	6	
	균열(0.3㎜이상)	m	1.00	1	
점검시설	상태양호	-	-	-	

8.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

8.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

8.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 8.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	3	3	3	3	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



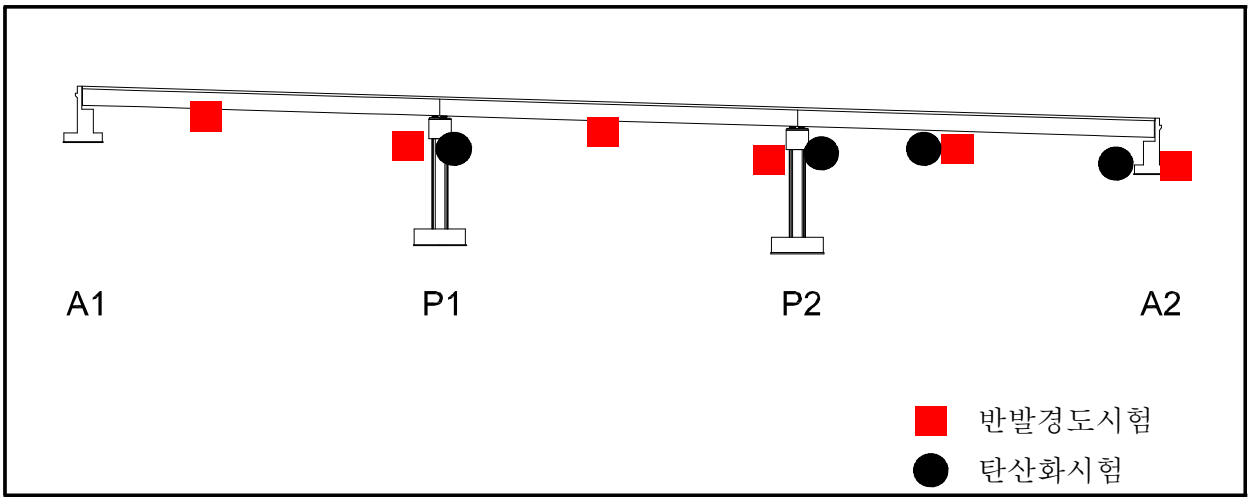
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 8.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 8.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

8.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 6개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 8.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	바닥판	46.3	27.3	28.7	0.67	27.0	
	S2	바닥판	47.1	28.0	29.1			
	S3	바닥판	46.0	27.1	28.6			

【표 8.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A2	교대	44.3	25.6	27.8	0.67	24.0	

【표 8.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	교각	47.5	40.0	47.3	0.67	40.0	
	P2	교각	49.1	41.6	49.8			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.1~29.1MPa, 하부구조(교대) 25.6~27.8MPa, 하부구조(교각) 40.0~49.8MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각:40.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 8.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.1~29.1	27.0	100.4~110.0
하부구조	교대	25.6~27.8	24.0	106.7~115.8
	교각	40.0~49.8	40.0	100.0~124.5

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 8.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S2 바닥판	4.0	40.0	36.0	2.83	100년이상	a
하부구조	A2 흉벽	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	P2 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 4.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 8.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	4.0	36.0	
하부구조	3.0	97.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 8.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~29.1	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.6~27.8	24.0	
		교각	40.0~49.8	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

8.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

8.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 8.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	BICON	a	b	b	a	a	b	a	a	b	q	-	-
S2	P1	BICON	a	b	b	a	a	a	-	b	b	q	a	-
S3	P2	BICON	a	a	a	a	a	b	-	a	b		-	a
	A2								c	b	a	q	-	a
평균			0.100	0.167	0.167	0.100	0.100	0.167	0.250	0.150	0.175	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.033	0.008	0.007	0.003	0.003	0.023	0.014	0.035	-	0.004	0.003
													0.151	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.151) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 8.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문5교(문산방향)	0.151	B	135	3	405	1.000	0.151
합계(∑)			135	3	405	1	0.151
1. 평가지수 =							0.151
2. 상태평가결과 =							B

8.5.2 기 점검 결과와의 비교

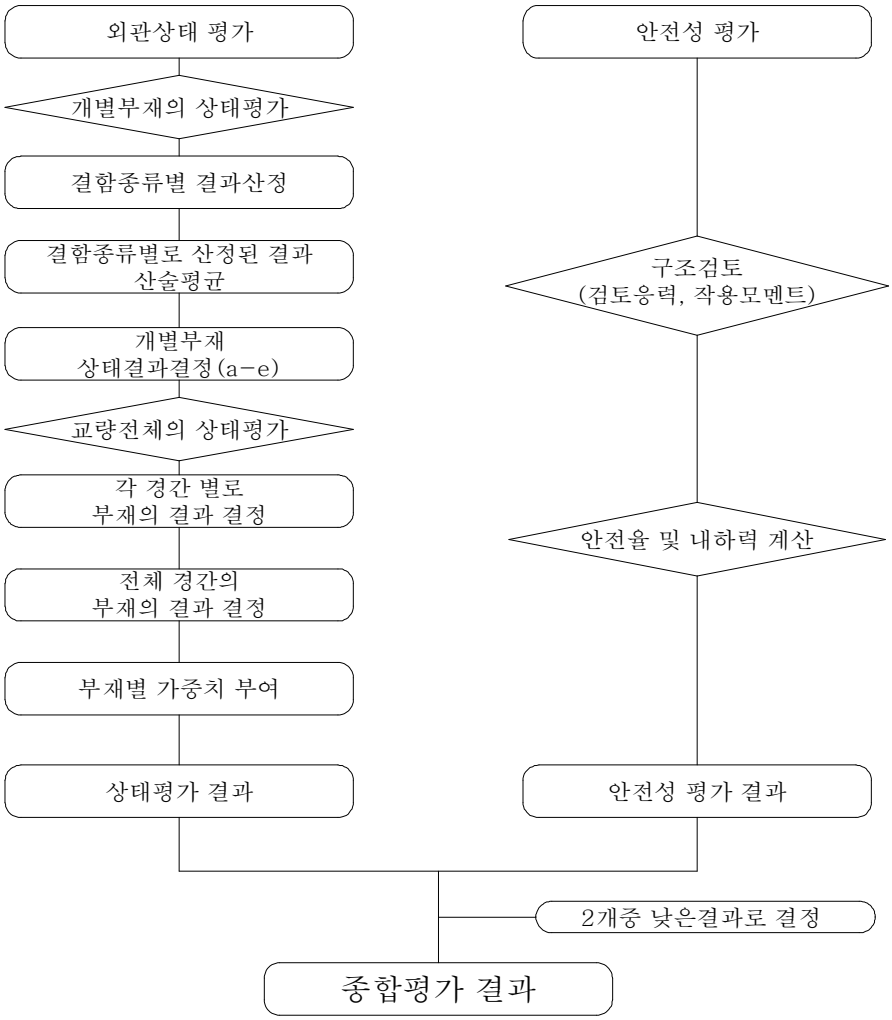
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

8.6 종합평가 및 안전등급 지정

8.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 8.6.1】 종합평가 결과 산정절차

8.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 8.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문5교(문산방향)	0.151	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

8.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 8.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

8.7 보수·보강 및 유지관리방안

8.7.1 보수·보강 방안

【표 8.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	상태양호	-	-	-	-	-
거더	파손	㎡	0.09	1	단면보수	하자
	재료분리	㎡	0.20	1	단면보수	하자
가로보	균열(0.3㎜미만)	m	1.20	1	표면처리	하자
	박리	㎡	0.32	2	단면보수	하자
교대	박리	㎡	0.08	2	단면보수	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	m	2.20	3	표면처리	하자
	망상균열	㎡	24.00	3	표면처리	하자
교량받침	받침몰탈 균열	m	1.50	5	표면처리	하자
	받침콘크리트 파손	㎡	0.01	1	단면보수	하자
신축이음	하부 누수	m	2.50	5	교체	하자
교면포장	접속도로 파손	㎡	1.50	1	아스콘팻칭	하자
	접속부 이격	m	12.00	1	실란트충전	하자
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	9.00	6	표면처리	하자
	균열(0.3㎜이상)	m	1.00	1	주입보수	하자
점검시설	상태양호	-	-	-	-	-

8.7.2 개략공사비

【표 8.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
거더	파손	단면보수	0.09	0.14	㎡	-	-	하자
	재료분리	단면보수	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
가로보	균열(0.3㎜미만)	표면처리	1.20	0.45	m	-	-	하자
	박리	단면보수	0.32	0.48	㎡	-	-	하자
교대	박리	단면보수	0.08	0.12	㎡	-	-	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	표면처리	2.20	0.83	m	-	-	하자
	망상균열	표면처리	24.00	36.00	㎡	-	-	하자
교량받침	받침몰탈 균열	표면처리	1.50	0.56	m	-	-	하자
	받침콘크리트 파손	단면보수	0.01	0.02	㎡	-	-	하자
신축이음	하부 누수	교체	2.50	3.75	m	-	-	하자
교면포장	접속도로 파손	아스콘팻칭	1.50	2.25	㎡	-	-	하자
	접속부 이격	실란트충전	12.00	18.00	m	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	9.00	3.38	m	-	-	하자
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	1.00	1.50	m	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

8.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 8.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

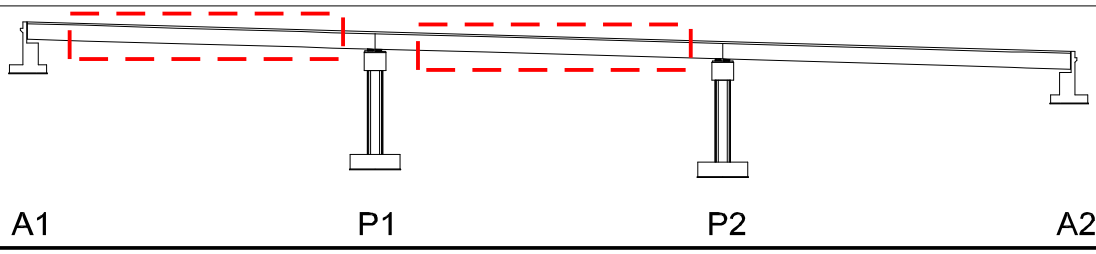
◎ 부재별 중점점검 손상







① 거더 파손 및 재료분리 등 – 진전 여부확인



8.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 중앙로 341-25(도내동)에 위치한 교량으로 총 연장 135.0m, 폭 15.7m의 BICON Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

8.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) BICON Girder

- 거더에 발생한 파손의 경우 시공 초기 외부 충격에 의한 손상으로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상이며, 재료분리의 경우 다짐미흡에 의한 손상으로 단면보수 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각에 발생한 박리의 경우 마감미흡 등에 의한 손상이며, 단면보수 등의 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

4) 교대

- 교대에 발생한 박락의 경우, 실란트 부위에 발생한 손상으로 안전에 저해할만한 손상은 아니나, 하자보수 만료전 단면보수를 실시 하여야 하며, 교대부는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교각

■ 교각 코핑부에 발생한 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각부는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

6) 교량받침

■ 받침본체에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열 확인 되었으며, 받침 콘크리트 파손은 외부 충격에 의한 손상을로 조사되었다. 손상부는 표면처리, 단면보수 등의 하자보수가 필요할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

■ 신축이음에 발생한 하부 누수의 경우 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다. 신축이음은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가 되었다.

8) 교면포장

■ 교면포장은 A1측 후타재 접속부 이격이 발생한 상태로 확인 되었으며, 손상은 주기적인 점검을 통한 진전여부 확인이 필요하며, 접속부 포장 파손은 다짐미흡 및 중차량 통행, 공용중 열화, 침하등에 의한 복합적인 원인에 의한 파손이 발생하였으며 단면보수 등의 조치가 요구된다, 교면포장은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

9) 배수시설

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

■ 난간 및 연석에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열이나 하자보수 만료전 표면처리 등의 하자보수가 필요 할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.1~29.1㎫, 하부구조(교대) 25.6~27.8㎫, 하부구조(교각) 40.0~49.8㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 4.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 서문5교(문산방향)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문5교(문산방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

8.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

8.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

9. 서문9교(서울방향)

9.1 시설물 개요
9.2 자료수집 및 분석
9.3 현장조사
9.4 콘크리트 내구성조사
9.5 상태평가
9.6 종합평가 및 안전등급 지정
9.7 보수·보강 및 유지관리 방안
9.8 종합결론

9. 서문9교(서울방향)

9.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77 (도내동)에 위치한 교량으로 총 연장 345.0m, 폭 16.4m로 시공되어 있다.

9.1.1 일반사항

【표 9.1.1】 서문9교(서울방향) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000231	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77 (도내동)	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		본선구간 1.890km	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=345.0m(45+75+45+4@45=345.0m)			
	폭	B=16.4m, 3차로			
구조형식	상부	IPC거더 + Steel Box	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교 각	P1 : 강관말뚝기초 P2~P6 : 복합말뚝기초
교량받침		면진받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물		-	통과높이		5.0m
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		지에스건설㈜	관리주체		㈜다산컨설턴트
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체		서울문산고속도로주식회사

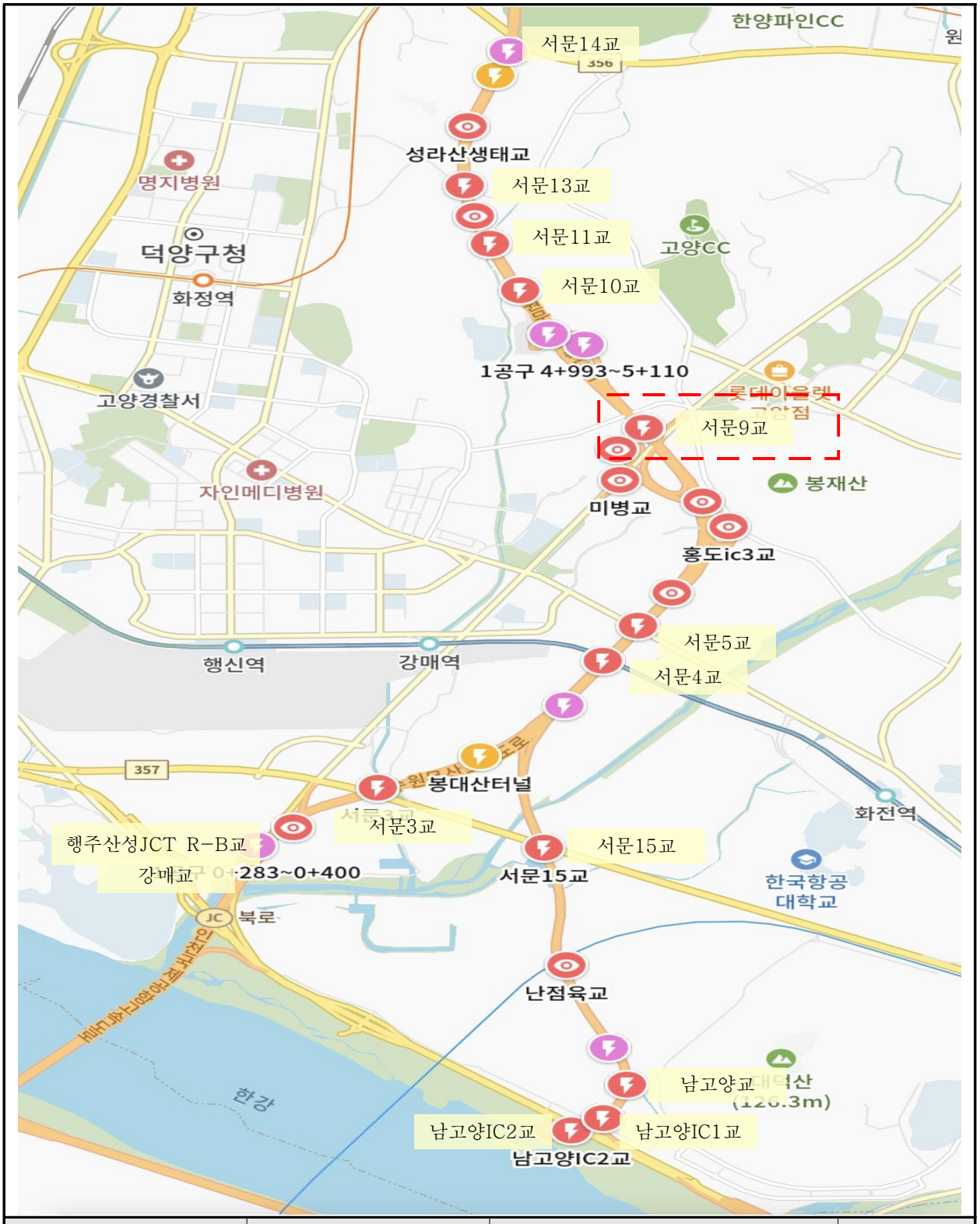


측면 전경



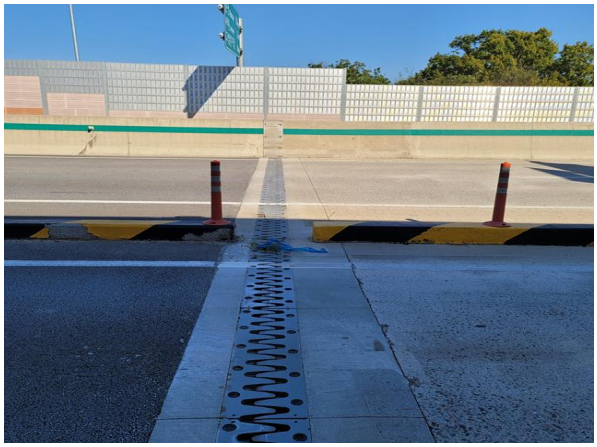
상부 전경

9.1.2 위치도 및 전경사진



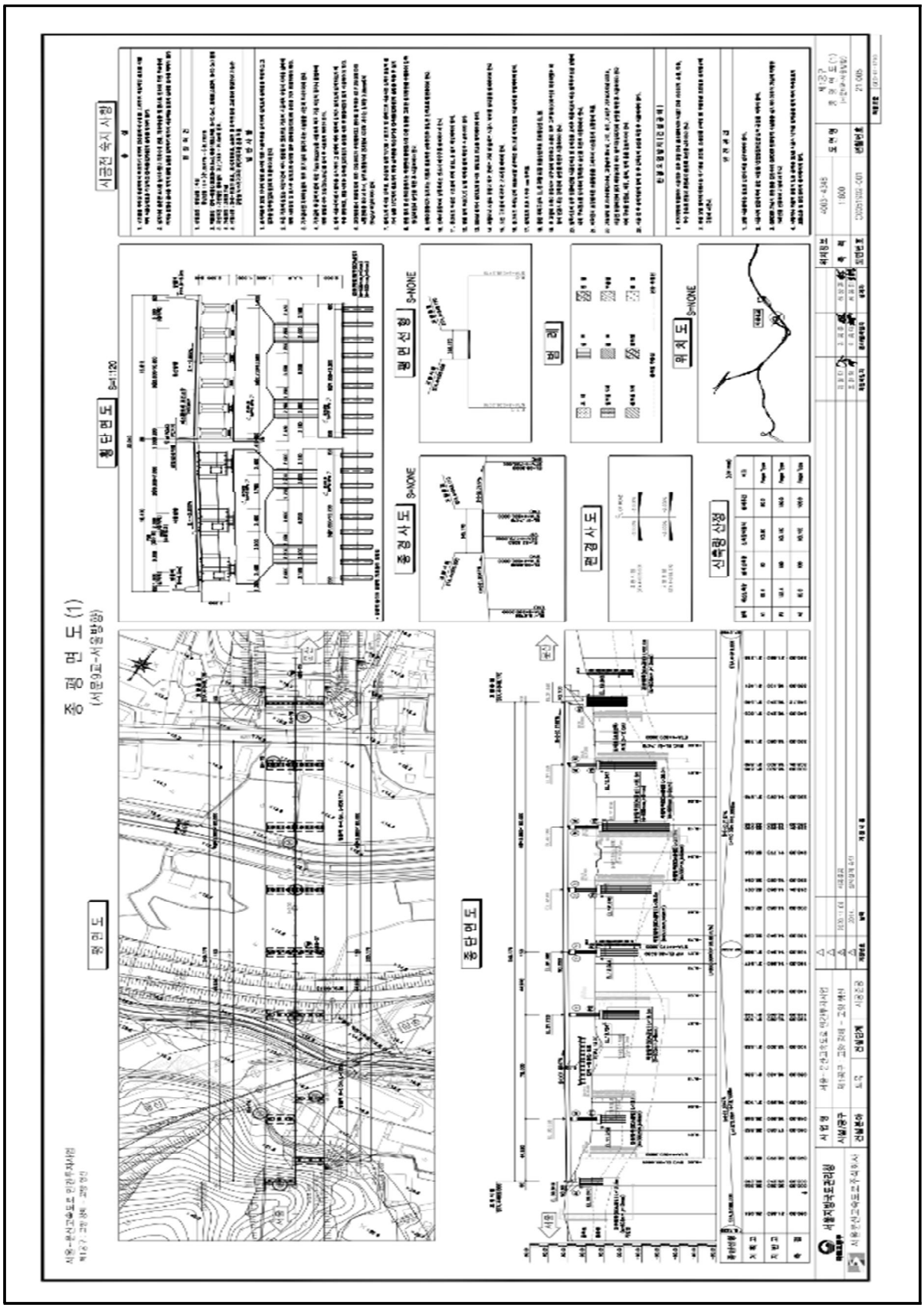
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S7	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 9.1.1】 위치도

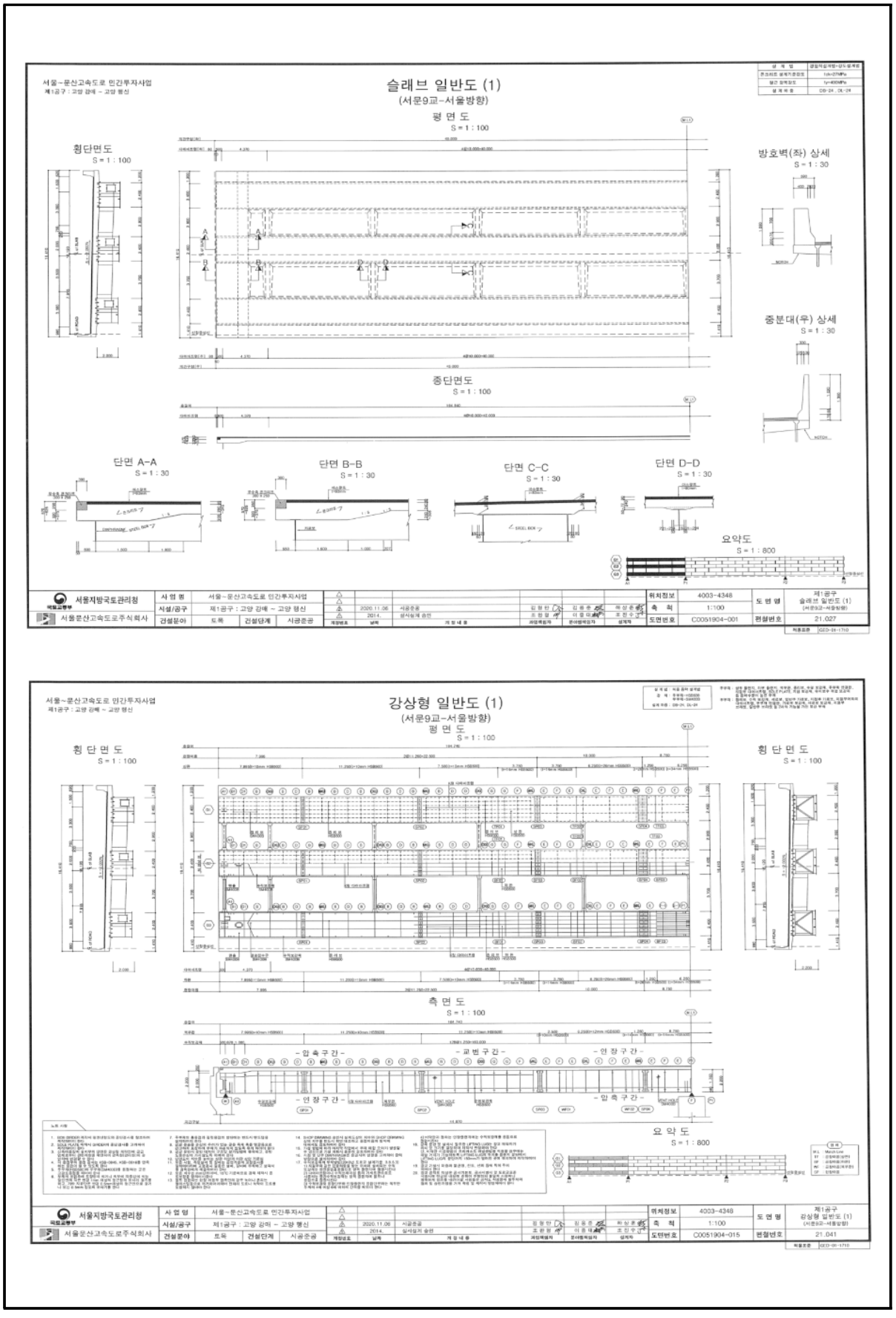
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 9.1.2】 부재별 현황

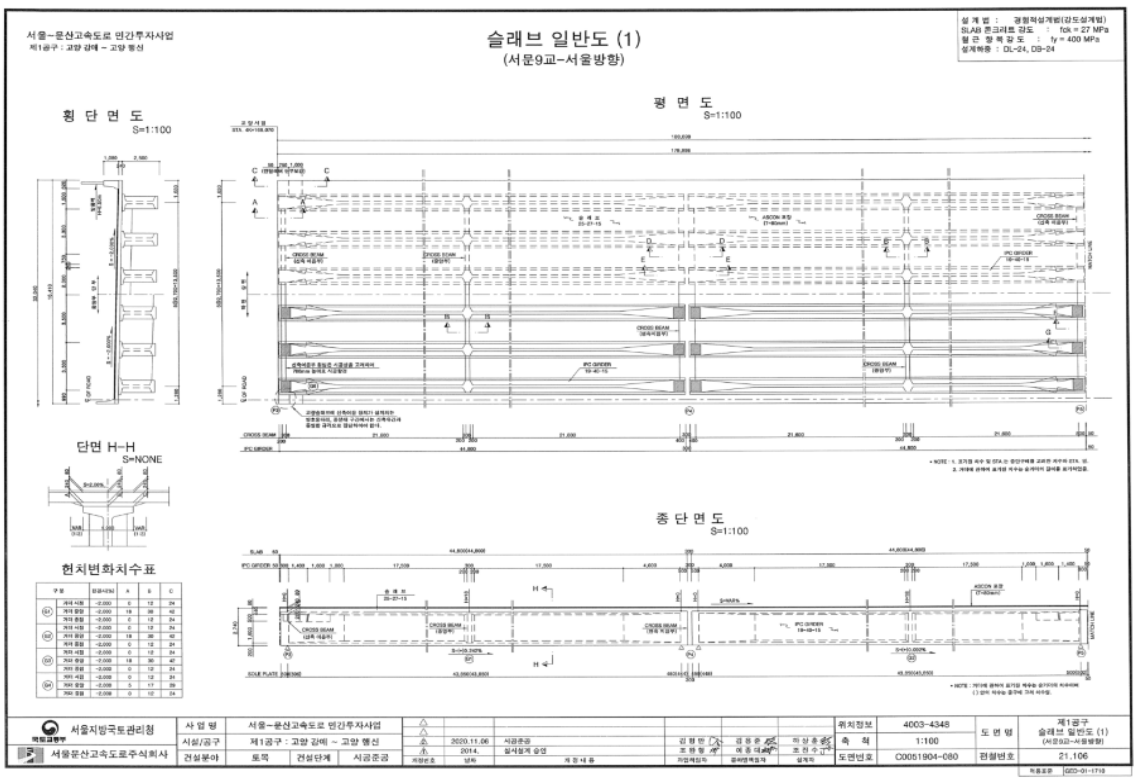
9.1.3 시설물 일반도

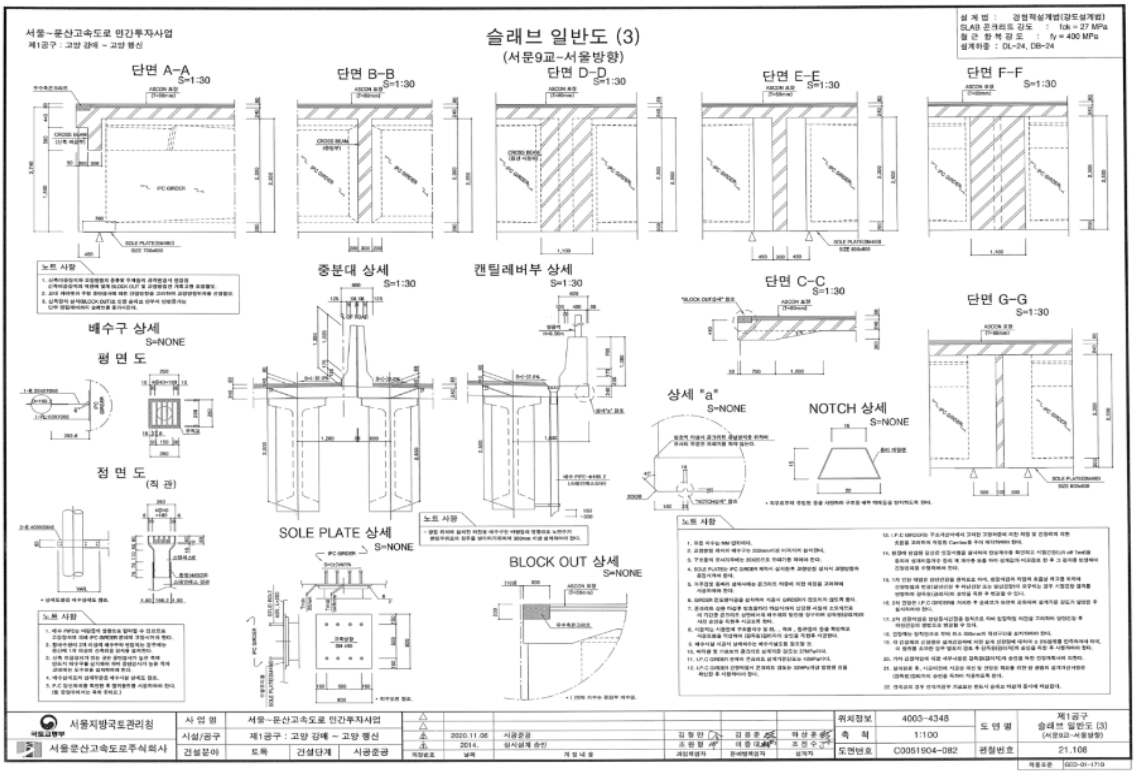


【그림 9.1.3】 평면 및 종단면도

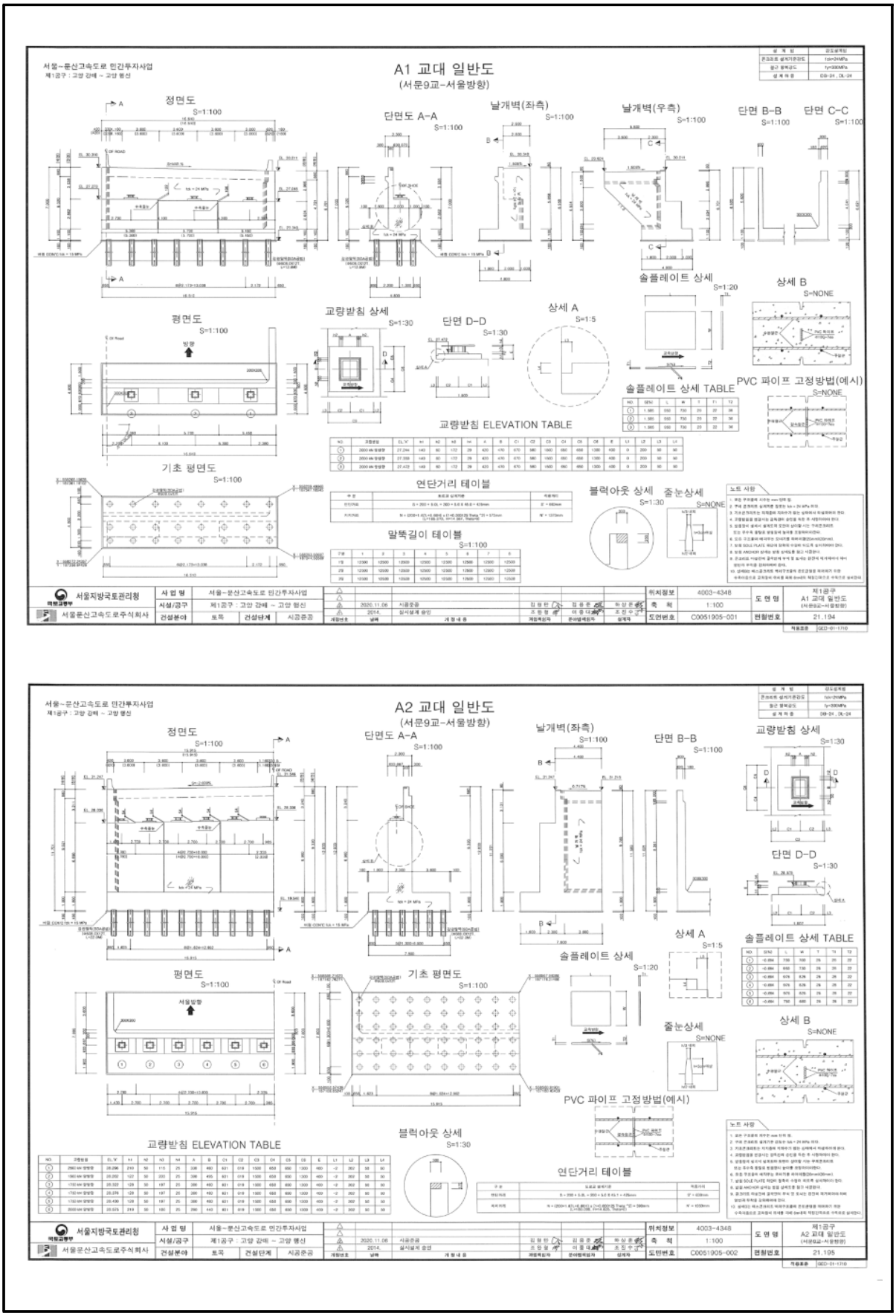


【그림 9.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도

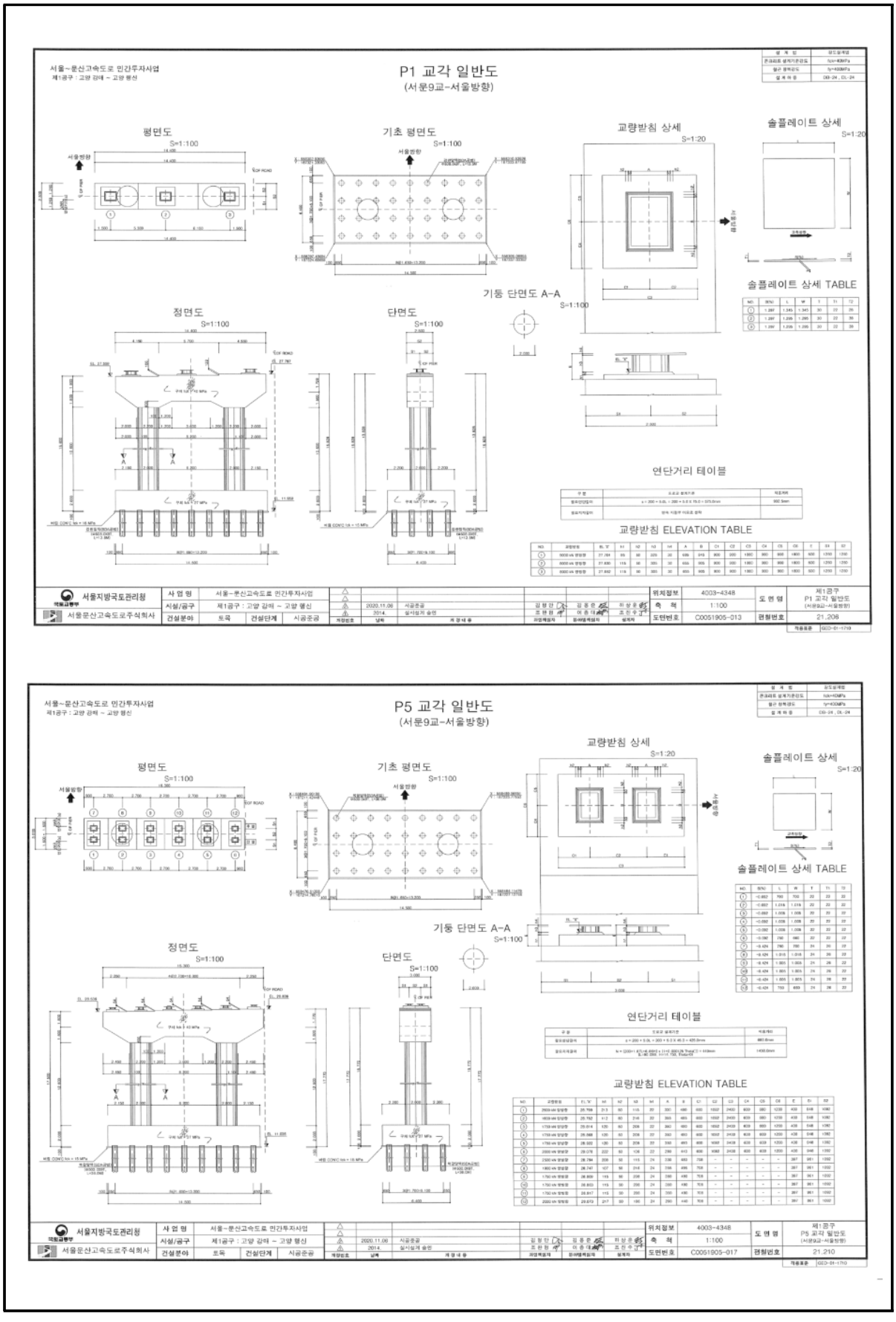




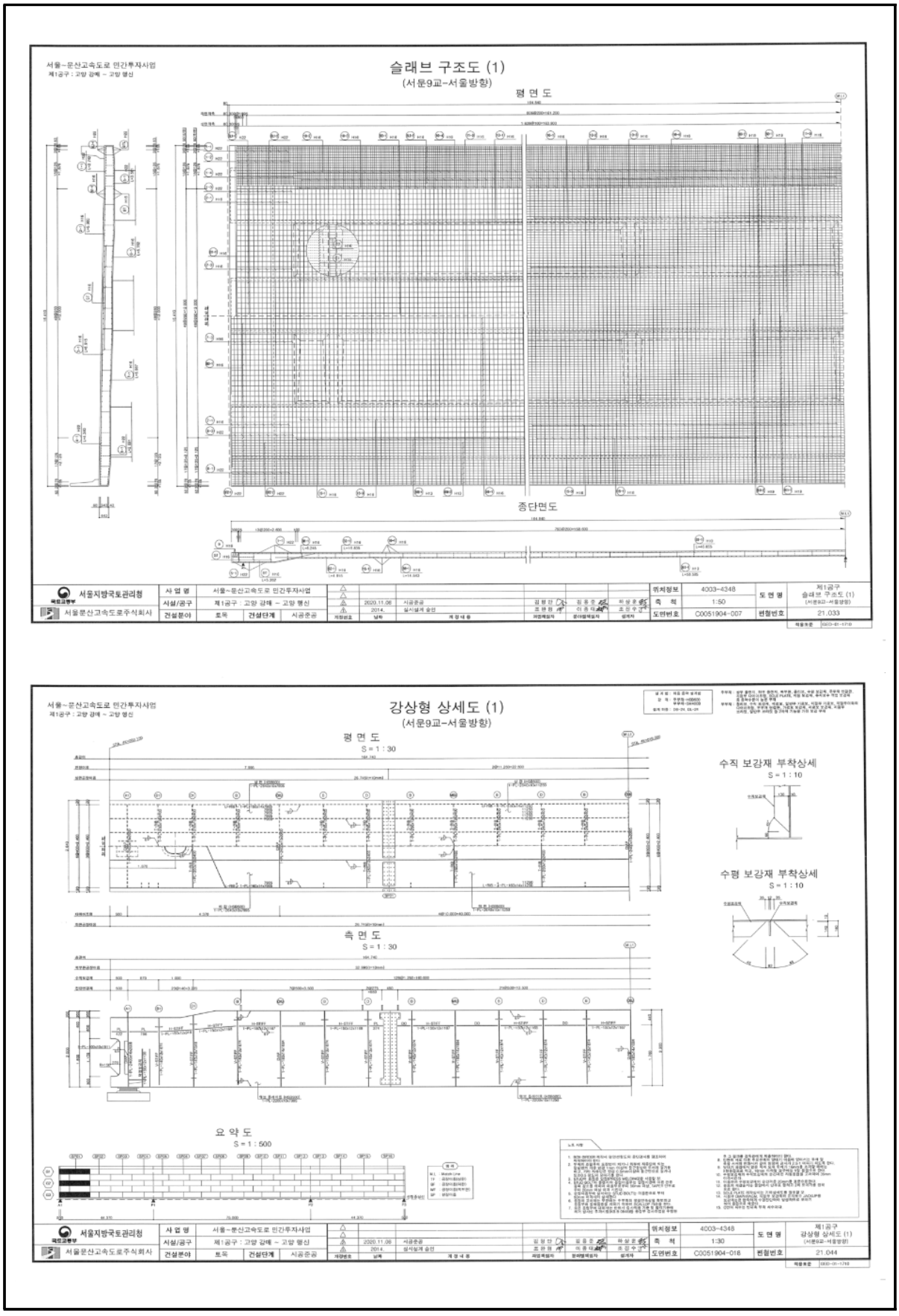
【그림 9.1.5】 바닥판하면 일반도


A1 교대 일반도
(서문9교-서울방향)
정면도
단면도 A-A
날개벽(좌측)
날개벽(우측)
단면 B-B
단면 C-C
평면도
교량받침 상세
단면 D-D
상세 A
솔플레이트 상세
상세 B
교량받침 ELEVATION TABLE
솔플레이트 상세 TABLE
PVC 파이프 고정방법(예시)
기초 평면도
연단거리 테이블
말뚝길이 테이블
블럭아웃 상세
줄눈상세
A2 교대 일반도
(서문9교-서울방향)
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사

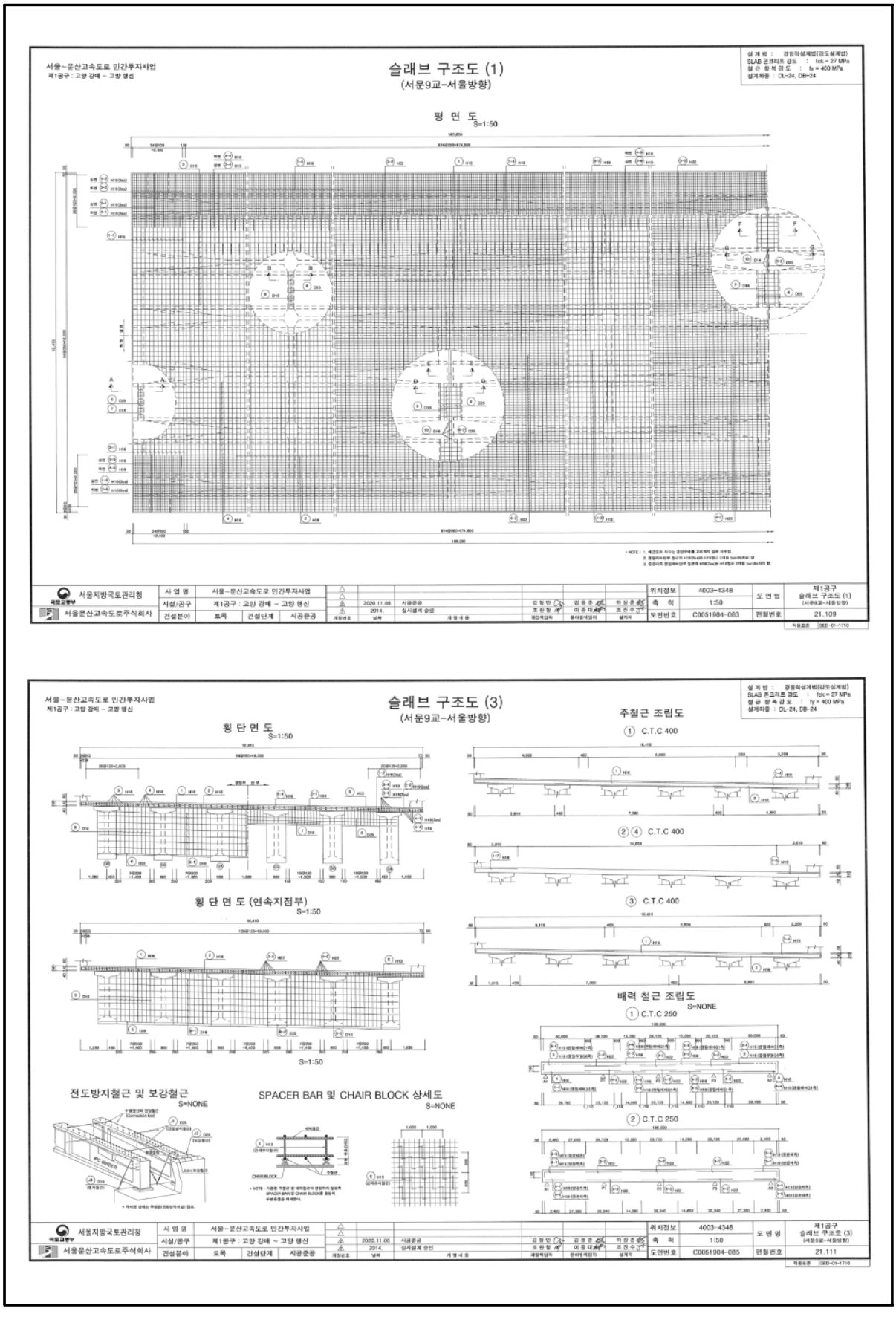
【그림 9.1.6】 교대 일반도


P1 교각 일반도
(서문9교-서울방향)
평면도
기초 평면도
교량받침 상세
솔플레이트 상세
솔플레이트 상세 TABLE
기둥 단면도 A-A
정면도
단면도
연단거리 테이블
교량받침 ELEVATION TABLE
P5 교각 일반도
(서문9교-서울방향)
서울지방국토관리청
서울문산고속도로주식회사

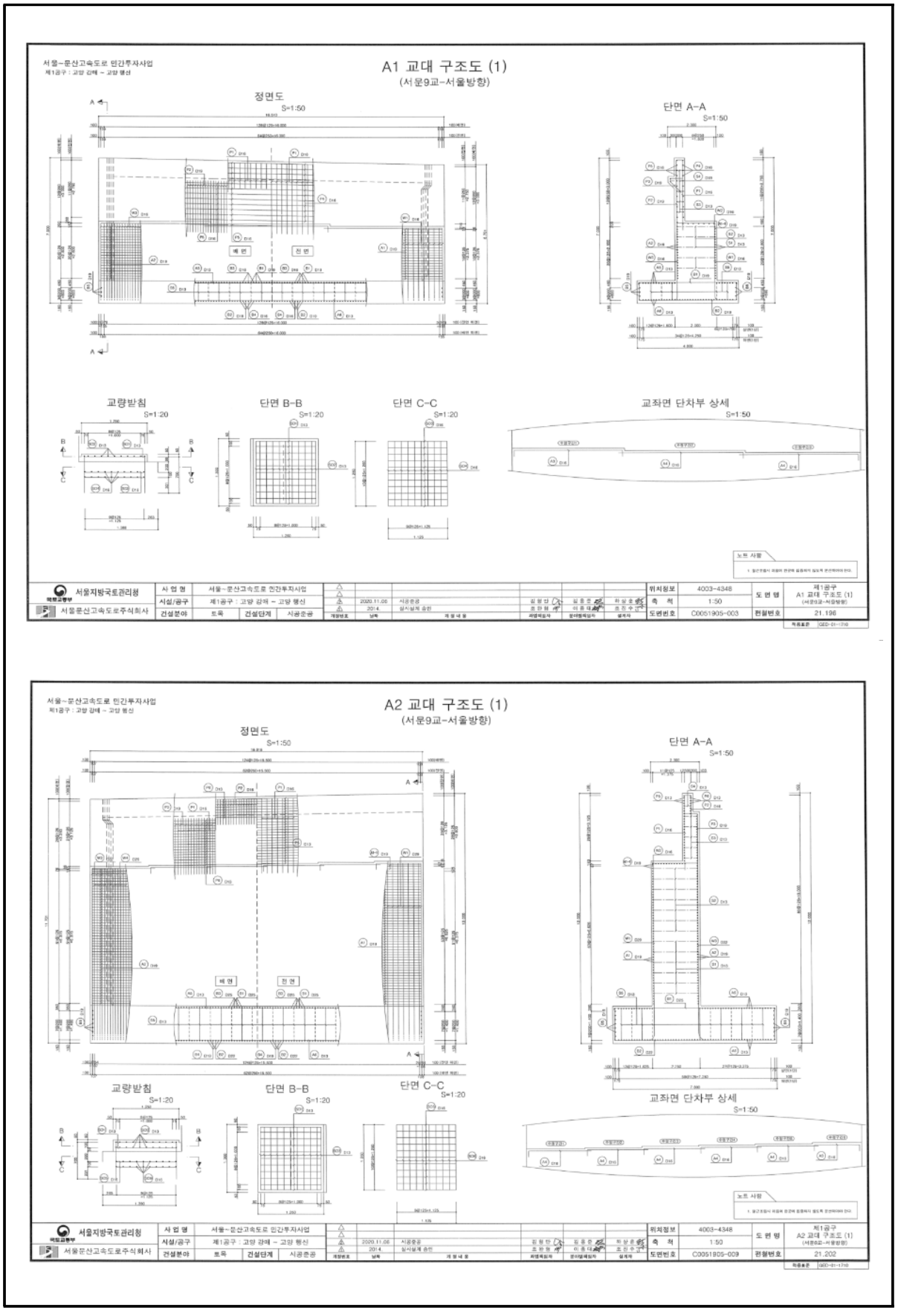
【그림 9.1.7】 교각 일반도



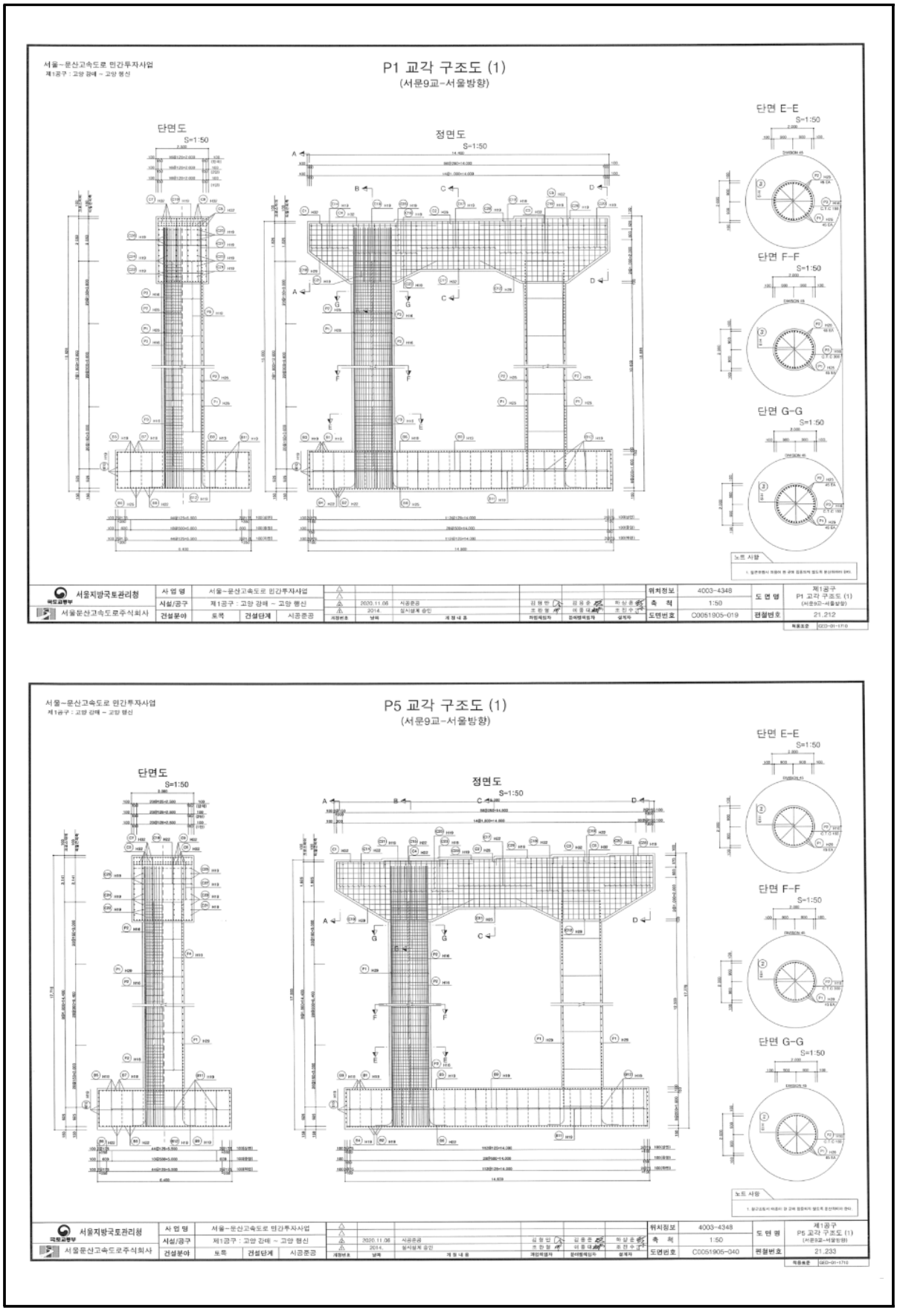
【그림 9.1.8】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도



【그림 9.1.9】 바닥판하면 구조도



【그림 9.1.10】 교대 구조도



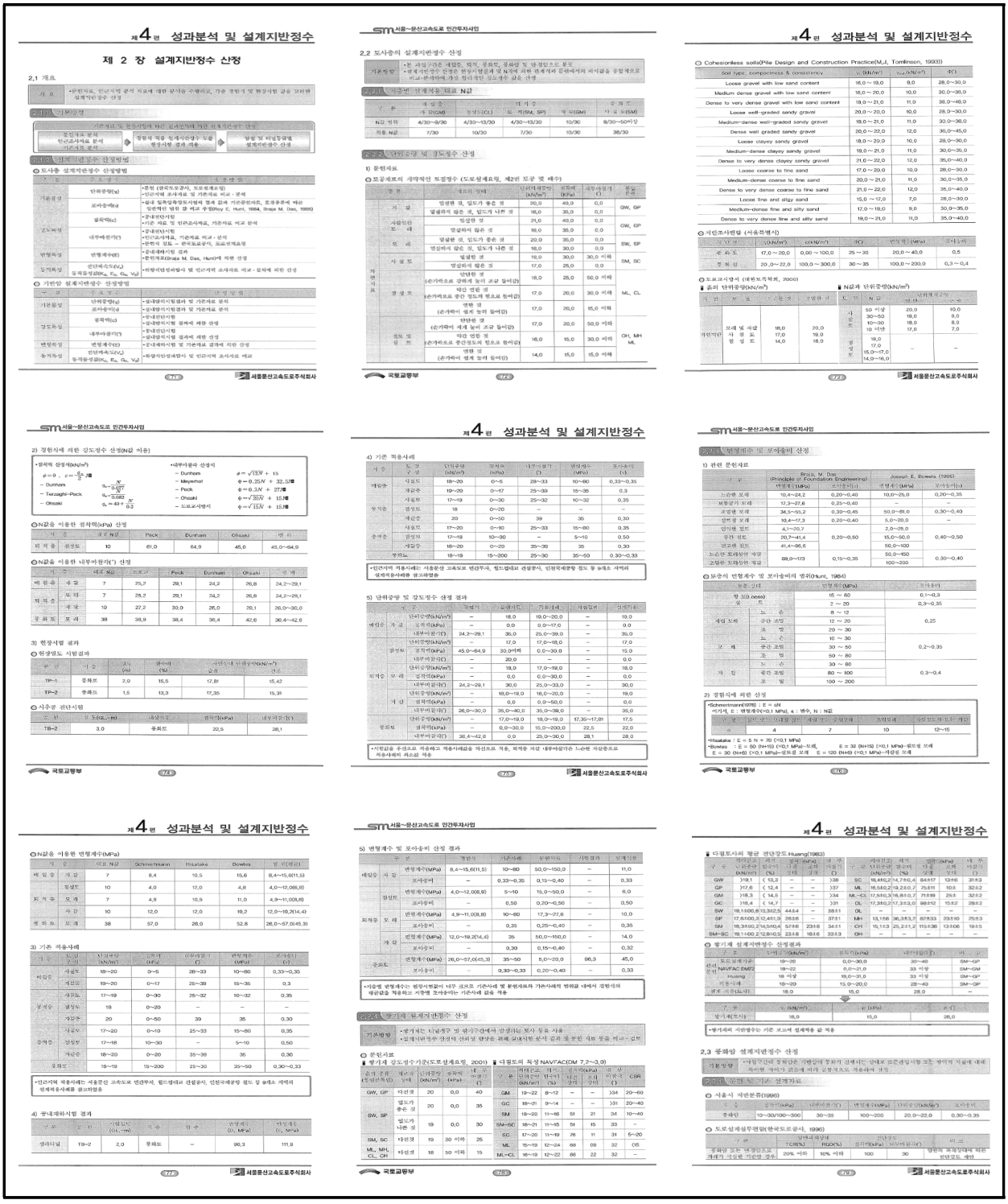
【그림 9.1.11】 교각 구조도

9.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

9.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



서문9교(서울방향) - 15

○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	–
	2001	20	30	35	–
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범위		19.5~21	10~30	30~36	–

○ 기존 적용사례

구분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0.30~0.31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공번	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31.1	31.4	156.1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	–	19.5~22.0	20.0~22.0	–	20.0
포아송비(ν)	–	0.20~0.45	0.30~0.31	–	0.30

○ 전단강도 및 변형계수

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	–	10.0~300	20~50	31.1	30.0
내부마찰각(°)	〉39.5	30.0~36.0	30~33	31.4	31.0
변형계수(MPa)	–	200	50.0~350.0	156.1	150.0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 선정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○ 도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암석종류(강도)	암반과쇄상태 (NX 규격 시추조사시)		암반의 강도정수	
	T.C.R(%)	R.Q.D(%)	φ(°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~30%	10~25%	33°	130
	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○ 서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반별	단위중량 γ_t (kN/m³)	내부마찰각 φ(°)	변형계수 E_s (MPa)	포아송비 ν
연암	23~25	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0.25
경암	25~27	35~45	1,000~4,000	0.20

2) 기존 적용사례

구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	I등급	27	4,200	44~45	18,000	0.21
	II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0.22
	III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0.24
	IV등급	24	800~900	34	1,000	0.25
	V등급	23	400	33	500	0.26

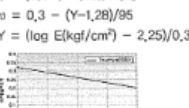
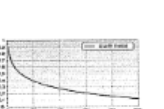
•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

○ 제안자별 경험식

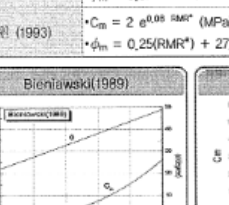
▮ 단위중량 및 포아송비

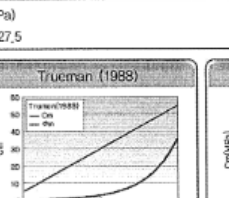
구분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산정식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y−1.28)/14.3] × 10 υ = 0.3 − (Y−1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35	υ = −0.17 Ln(RMR')+0.9

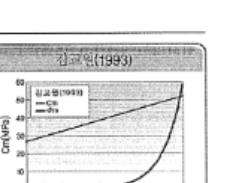



▮ 점착력 및 내부마찰각

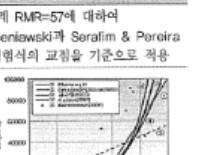
점착력 경험식	관계경험식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346\times10^{-5}RMR^2$ •$\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0.25e^{0.05RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2e^{0.08RMR^*}$ (MPa) •$\phi_m = 0.25(RMR^*) + 27.5$







▮ 변형계수

변형계수 경험식	관계경험식	적용내용
•Bieniawski (1978)	$E_m = 2RMR - 100$(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3e^{0.07RMR^*}$(GPa) − RMR* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097RMR^{3.54}$(MPa)	
•Mohammad (1997)	$E_m = 0.562RMR + 0.183$(GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)	포아송비(ν) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	26.3	–	0.21	0.15
	II등급	64	25.5	–	0.22	0.19
	III등급	53	24.8	–	0.23	0.22
	IV등급	36	23.8	–	0.24	0.29
	V등급	10	22.1	–	0.27	0.49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	V등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Saratim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,800	13,100	12,300
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	–

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구분	공번	시험심도 (GL.−m)	지층	암종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11.0	연암	화강암질 편마암	IV	980.3	1,166.2
	TB-3	17.0	연암	화강암질 편마암	IV	598.9	908.3

○ 실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	IV	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	III	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	III	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	III	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	III	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	III	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	IV	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	III	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구분	지층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적용	포아송비(ν) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	27	26.3	–	27.0	0.21	0.15~0.21	–	0.21
	II등급	26	25.5	–	26.0	0.22	0.19~0.22	–	0.22
	III등급	25	24.8	26.65~26.90	25.0	0.24	0.22~0.23	0.16~0.19	0.24
	IV등급	24	23.8	27.08~28.93	24.0	0.25	0.24~0.29	0.16~0.21	0.25
	V등급	23	22.1	–	23.0	0.26	0.27~0.49	–	0.26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구분	지층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구분	지층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	–	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	–	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	–	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	–	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암석명	기본마찰각(φ_b)	암석명	기본마찰각(φ_b)
각섬암	32	화강암 (조립질)	31~35
현무암	31~38	석회암	33~40
역암	35	반암	31
백악	30	사암	25~35
백운암	27~31	셰일	27
편마암 (편암질)	23~29	미사암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점판암	25~30

주) 좌측 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암석명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비고
점착력이 없는 물질	방과 / 괴체 암석	현무암 백악 화강암 석회암 사암 셰일	40.0 ~ 50.0 30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0 35.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 35.0	–	–
점착력이 있는 물질	암석	견고한 화성암 변성암 견고한 퇴적암 연약한 퇴적암	35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 25.0 ~ 35.0	35.7 ~ 56.1 20.4 ~ 40.8 10.2 ~ 30.6 1.0 ~ 20.4	(화강암, 현무암, 반암) (규암, 편마암, 점판암) (석회암, 백운석, 사암) (사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암석명	설명	최대강도 c'(kPa)	φ(°)	잔류강도 c'(kPa)	φ(°)	시험자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240.0	42.0	–	–	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15.0 90.0~120.0 60.0~100.0	7.5 12.0~17.0 9.0~13.0	–	–	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0.0~270.0	8.5~29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0.0~180.0	12.0~18.5	0.0~3.0	10.5~16.0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60.0	32.0	–	–	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	–	–	0.0	19.0~25.0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
협탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0~13.0	16.0	0.0	11.0~11.5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화강섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0.0	26.5	–	–	Brawner[116]
화강암 /편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 약화된 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0.0~100.0 50.0~242.0	24.0~25.0 40.0~42.0	–	–	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	–	–	0.0	21.0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0~200.0	13.0~14.0 17.0~21.0	0.0	13.0	Krsmanovic등 [120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80.0 100.0	38.0 10.0	–	–	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0~24.0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14.0~30.0	15.0~17.5	–	–	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360.0 16.0~20.0	14.0 7.5~11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126]
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30.0~80.0 610.0~740.0 380.0	32.0 41.0 31.0	–	–	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50.0	33.0	–	–	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42.0~90.0	36.0~38.0	–	–	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구분	현무암	역암	편마암	화강암	사암	셰일
마찰각(°)	31.0 ~ 38.0	35.0	23.0 ~ 29.0	29.0 ~ 35.0	25.0 ~ 35.0	27.0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C, Wyllie, 1992)

구분	암종	내부마찰각(°)	비고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20.0 ~ 27.0	–
Medium-friction Rocks	27.0 ~ 34.0	–	–
사암, 역암, 편마암, 슬레이트	–	–	–

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구분	공번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	–	47.0~59.0	47.0	–	34.7~39.1	34.0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음

•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76\times N^{0.33}$ • Imai(1982) $V_s = 97.0\times N^{0.314}$

•Okamoto(1989) $V_s = 125\times N^{0.3}$ • Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84\times N^{0.31}$

− 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$

− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$

− 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1 - 2\nu_d)$ 여기서, ρ= γt/g , γt=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구분		하향식탄성파 V_p(m/s)	V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비고
매립층		–	–	144.4~224.1	180	–
퇴적층	점토	–	–	162.5~249.4	200	–
	모래	–	–	144.4~224.1	170	–
	자갈	–	–	162.5~249.4	190	–
풍화토		919~984	375~408	252.4~372.3	392	–
풍화암		1,103~1,185	511~577	276.4~404.2	544	–
연암		1,786~1,881	927~980	–	954	4등급
경암		2,168~2,323	1,192~1,277	–	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

분석결과	•내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용



제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-5}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-5}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	일반 1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	일반 1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	일반 1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
균열 간격이 없을때	불투수성	일반 1.0×10^{-9} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

89 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

2.7.3 불연속체 설계지반정수

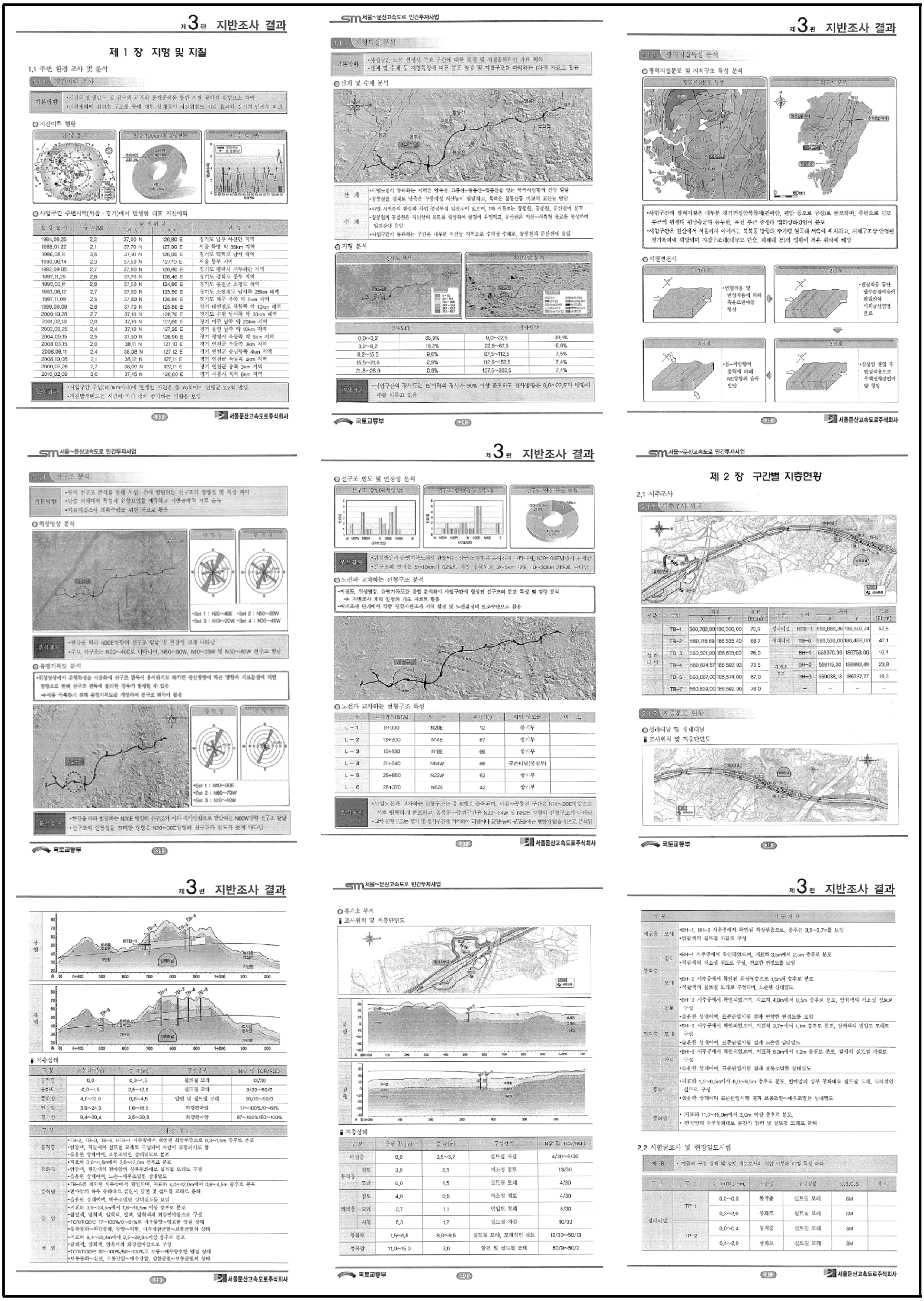
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	v_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부 90

나. 지반 및 지질 조사보고서



제3편 지반조사 결과

제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

○지진이력 현황

진앙분포 / 반경 100km내 발생현황 / 연도별 발생빈도

○사업구간 주변지역(서울·경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

33 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석

산계	•사업노선이 통과하는 지역은 영주산–고봉산–황룡산–월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 저산성의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 저산~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석

경사도 분석 / 경사방향 분석

경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부 34

제3편 지반조사 결과

1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석

광역지질분포 특성 / 지체구조 분석

•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 윈남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 염리상화강암이 분포
•사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사

1단계 •변형작용 및 변성작용에 의해 흑운모편마암 형성
2단계 •변성작용 동안 열수순환작용이 활발하여 석회규산염암 분포
3단계 •심성암 관입 후 변성작용으로 우백질화강편마암 형성
4단계 •동–서방향의 응력에 의해 NE방향의 습곡 발달

35 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

○위성영상 분석

방향성 / 연장성

•Set 1 : N20~40E •Set 2 : N50~60W
•Set 3 : N10~20W •Set 4 : N30~40W

분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

방향성 / 연장성

•Set 1 : N10~30E
•Set 2 : N60~70W
•Set 3 : N10~40W

분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부 36

제3편 지반조사 결과

○선구조 빈도 및 연장성 분석

선구조 방향(위성영상) / 선구조 방향(음영기복도) / 선구조 연장 분포 비율

분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용

○노선과 교차하는 선형구조 특성

구분	교차위치(STA)	방향	교차각(°)	해당 구조물	비고
L – 1	6+300	N20E	12	깎기부	
L – 2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L – 3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L – 4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L – 5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L – 6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 판독되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

37 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
성라터널	TB-1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB-1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB-2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB-6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB-3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소 부지	BH-1	559070.96	186753.06	16.4
	TB-4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH-2	559115.20	186992.49	23.8
	TB-5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH-3	559038.13	186737.77	16.3
	TB-7	560,829.00	186,592.00	76.0		–	–	–	–

2.1.2 지층분포 현황

○성라터널 및 생태터널

▮조사위치 및 지층단면도

국토교통부 38

제3편 지반조사 결과

상행 / 하행

▮지층상태

구분	출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

구분	지층개요
붕적층	•TB-2, TB-3, TB-6, HTB-1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB-5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▮조사위치 및 지층단면도

하행 / 상행

▮지층상태

구분		출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부 40

제3편 지반조사 결과

구분		지층개요
매립층	모래	•BH-1, BH-3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH-1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
	모래	•BH-2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
	모래	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
	자갈	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포. • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구분	공번	심도(GL. –m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP-1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
	TP-2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41 서울문산고속도로주식회사

○ 현장밀도시험 결과

구 분	공 번	심 도 (GL, -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
성라터널	TP-1	2.0	풍화토	17.81	15.42	14.18	12.28	1.256
	TP-2	1.5	풍화토	17.35	15.31	13.62	12.02	1.274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17.35~17.81kN/m³, 건조단위중량 : 15.31~15.42kN/m³ •L값 : 1.256~1.274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

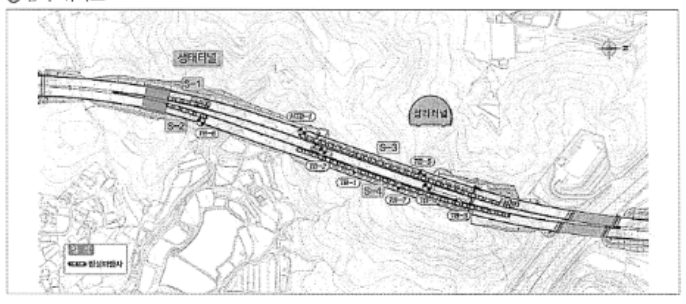
구 분	지 층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	-
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토사구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

제 3 장 물리탐사

3.1 굴절법탄성파탐사

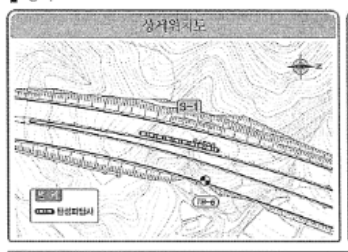
○ 탐사 위치도



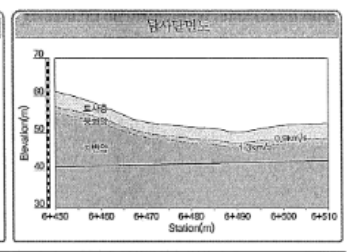
○ 탐사 결과

▮ S-1

상세위치도



탐사단면도

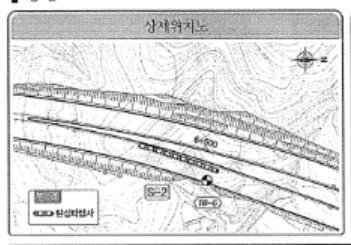


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL.-4.71 출현

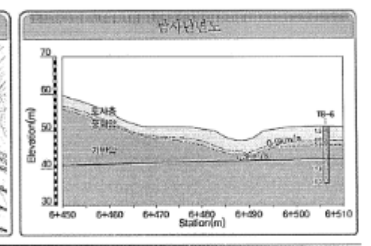
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 풍화암층의 두께는 1.13~1.68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.03~5.61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 풍화암층의 평균 두께는 1.36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.71m로 분석되었음

▮ S-2

상세위치도



탐사단면도

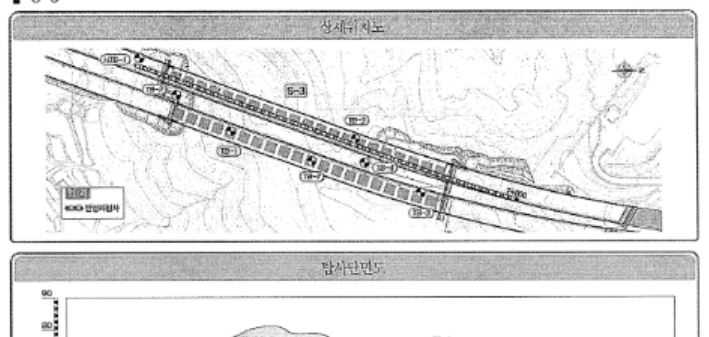


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.16	0.92	GL.-4.09 출현

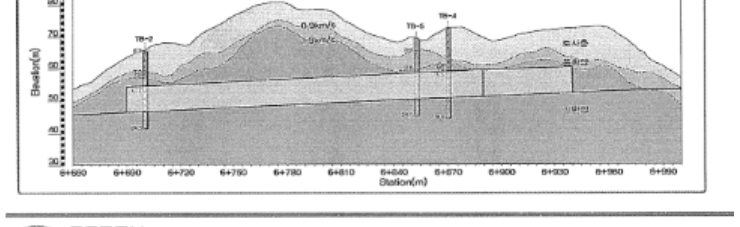
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.29~4.03m, 풍화암층의 두께는 0.52~1.20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2.81~5.21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3.16m, 풍화암층의 평균 두께는 0.92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.09m로 분석되었음

▮ S-3

상세위치도



탐사단면도

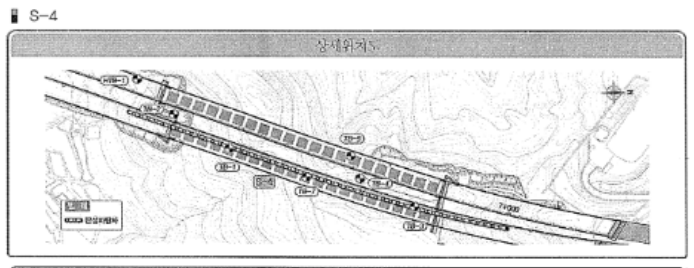


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6.67	2.93	GL.-9.60 출현

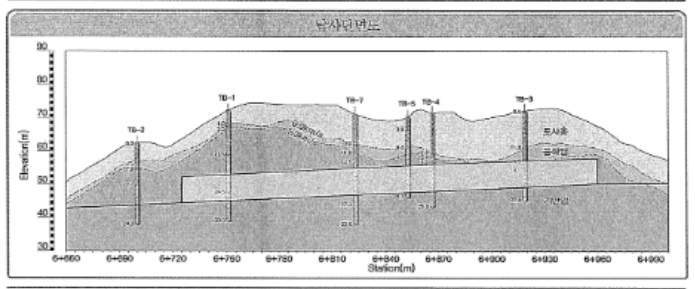
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.78~10.86m, 풍화암층의 두께는 0.95~5.92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.45~13.60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6.67m, 풍화암층의 평균 두께는 2.93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9.60m로 분석되었음

▮ S-4

상세위치도



탐사단면도



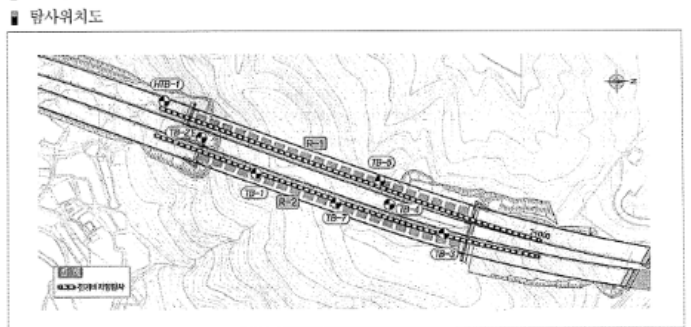
구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7.80	2.32	GL.-10.11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.98~13.49m, 풍화암층의 두께는 0.61~5.28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5.64~15.54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7.80m, 풍화암층의 평균 두께는 2.32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10.11m로 분석되었음

3.2 전기비저항탐사

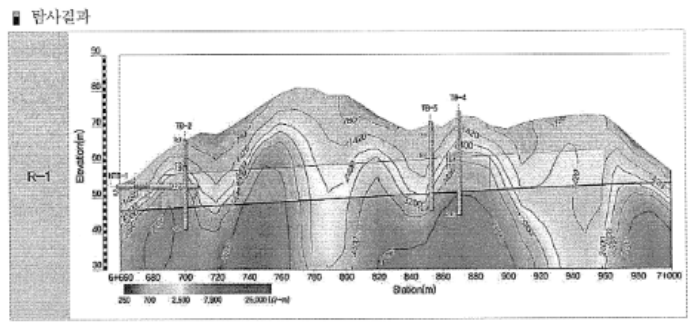
○ 성라터널 서울방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과

R-1

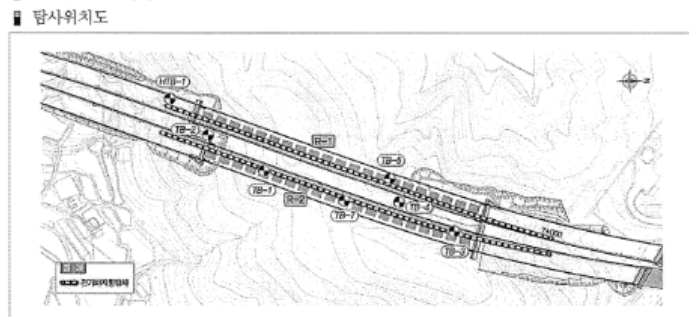


▮ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

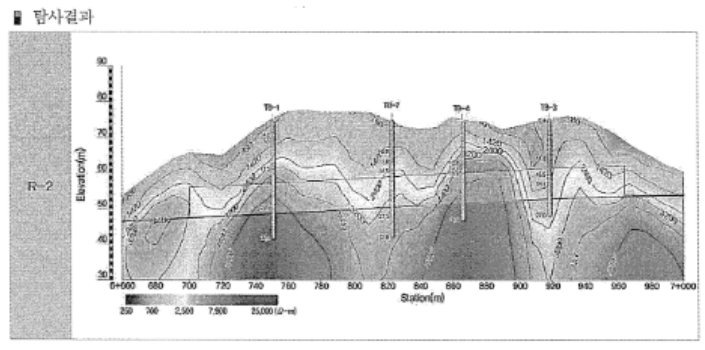
○ 성라터널 문산방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과

R-2



▮ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-Ⅱ, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2.0	풍화토	-	96.3	111.9
	TB-2	11.0	연 암	화강편마암	980.3	1,166.2
	TB-3	13.0	풍화암	-	156.1	231.1
	TB-3	17.0	연 암	화강편마암	598.9	908.3

○ 결과분석

구분	변형계수(D,MPa) 풍화토	풍화암	연 암	탄성계수(E,MPa) 풍화토	풍화암	연 암
성라터널	96.3	156.1	598.9~980.3	111.9	231.1	908.3~1,166.2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96.3MPa, 풍화암은 156.1MPa,연암은 598.9~980.3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 원지반 점착력(C)과 내부마찰각(Ø) 측정

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3.0	풍화토	22.5	28.1
	TB-3	12.0	풍화암	31.1	31.4

○ 결과분석

구분	점착력(c, kPa) 풍화토	풍화암	마찰각(Ø, °) 풍화토	풍화암
성라터널	22.5	31.1	28.1	31.4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22.5kPa, 풍화암 31.1kPa로 산정되며, 마찰각(Ø)은 풍화토 28.1°, 풍화암 31.4°로 나타남

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

○ 터널구간

공 번	지하수위 GL.-m	EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	EL.+m
TB-1	7.4	66.5	TB-4	15.5	58.0	TB-7	17.6	58.4
TB-2	6.1	60.6	TB-5	6.8	60.2	-	-	-
TB-3	17.0	59.0	TB-6	3.6	43.5	-	-	-

○ 기타구간(휴게소 부지)

공 번	지하수위 GL.-m	EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	EL.+m
BH-1	3.2	13.2	BH-2	6.6	17.2	BH-3	3.5	12.8

○ 결과분석

구 분	지하수위 GL.-m	EL.+m
터널구간	3.6~17.6	43.5~66.5
기타구간 (휴게소 부지)	3.2~6.6	12.8~17.2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3.6~17.6m, 기타구간 : GL.- 3.2~6.6m 범위로 분포

4.2.2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL.-m)	지 층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	1.95×10⁻⁴	7.4
	TB-2	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	3.08×10⁻⁴	6.1
	TB-3	12.0 ~ 13.0	풍화암	-	4.53×10⁻⁵	17.0
	TB-4	8.0 ~ 9.0	풍화토	SM	2.07×10⁻⁴	15.5

○ 결과분석

구 분	풍 화 토	풍 화 암
성라터널	1.96×10⁻⁴ ~ 3.08×10⁻⁴cm/s	4.53×10⁻⁵cm/s

4.2.3 수압시험

개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 채널을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7.0 ~ 12.0	연 암	3.06×10⁻⁶	0.11	Dilation
	TB - 2	16.0 ~ 21.0	경 암	1.28×10⁻⁶	0.08	Dilation
	TB - 3	20.0 ~ 25.0	경 암	2.49×10⁻⁶	0.04	Dilation
	TB - 6	6.0 ~ 11.0	연 암	4.76×10⁻⁶	0.14	Dilation

○ 결과분석

구 분	투수계수(cm/s) 연 암	경 암	평균 Lugeon 연 암	경 암
성라터널	3.06X10⁻⁶~4.76X10⁻⁶	1.28X10⁻⁶~2.49X10⁻⁶	0.11~0.14	0.04~0.08

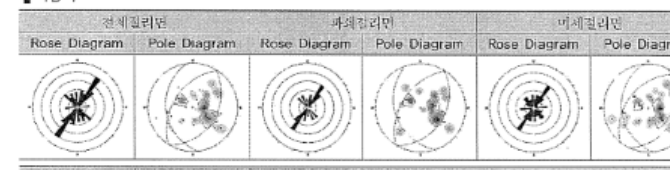
4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

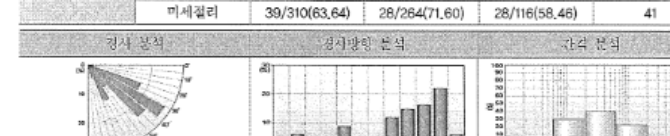
개 요	•암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악 •불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

○시험결과

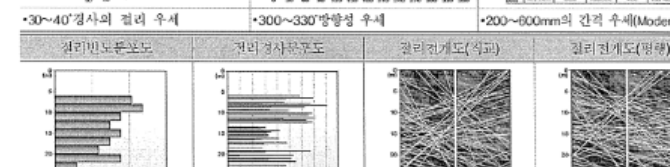
▮ TB-1



공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-1	전체절리	43/303(59.55)	28/263(85.24)	33/121(94.80)	68
	파쇄절리	45/303(61.08)	31/251(39.28)	33/121(53.08)	27
	미세절리	39/310(63.64)	28/264(71.60)	28/116(58.46)	41

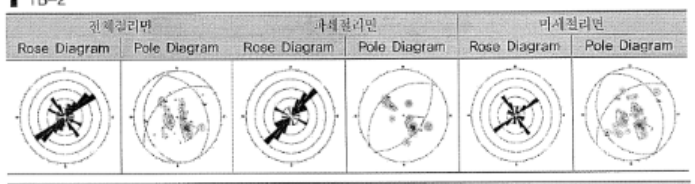


•30~40°경사의 절리 우세 | •300~330°방향성 우세 | •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

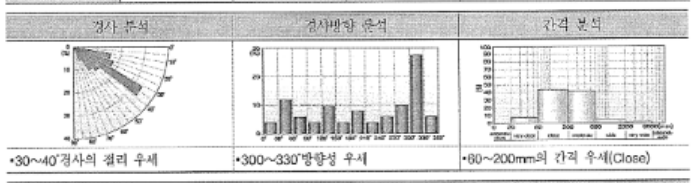


•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 아크릴관 밖에 슬러지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

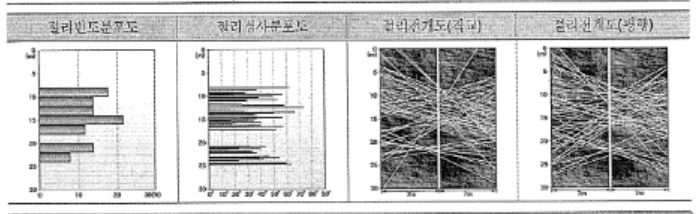
▮ TB-2



공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-2	전체절리	38/321(77.54)	23/63(56.42)	15/266(79.84)	51
	파쇄절리	30/320(38.49)	43/129(38.81)	–	18
	미세절리	38/320(58.01)	22/61(51.90)	20/235(72.36)	33

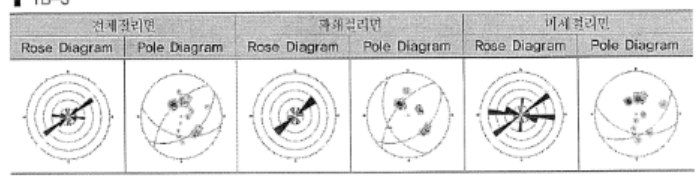


•30~40°경사의 절리 우세 | •300~330°방향성 우세 | •60~200mm의 간격 우세(Close)

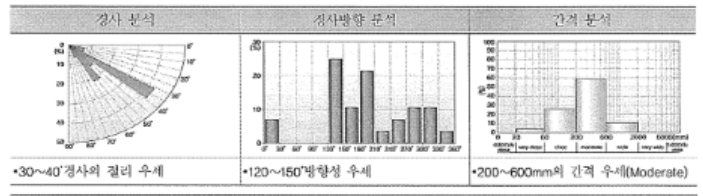


•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

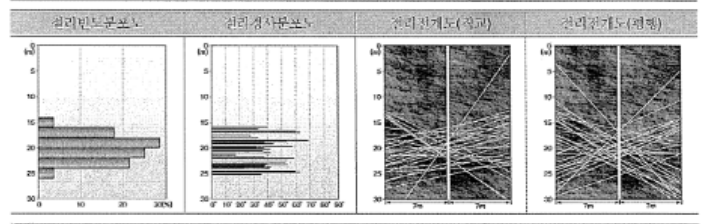
▮ TB-3



공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-3	전체절리	38/145(176.3)	41/193(80.35)	56/313(71.51)	28
	파쇄절리	37/143(119.93)	55/310(55.92)	33/243(173.7)	11
	미세절리	41/193(64.42)	39/148(419.8)	–	17

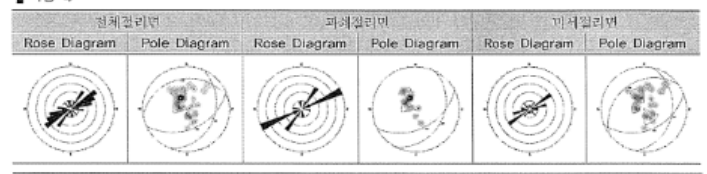


•30~40°경사의 절리 우세 | •120~150°방향성 우세 | •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

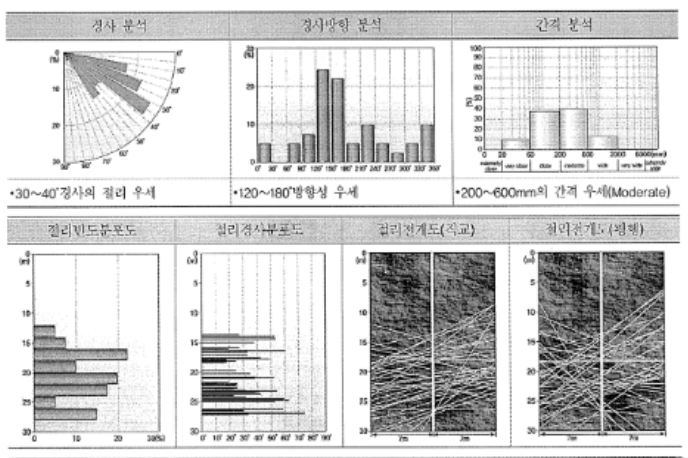


•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

▮ TB-4



공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-4	전체절리	39/156(48.01)	23/111(69.14)	19/349(359.3)	41
	파쇄절리	40/153(50.83)	24/117(52.12)	–	14
	미세절리	37/158(42.76)	23/325(46.83)	23/102(111.7)	27



•30~40°경사의 절리 우세 | •120~180°방향성 우세 | •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요	•기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 점착력과 마찰각 산정 → 불연속체 해석물성치 산정시 기초 자료로 활용

○시험결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과	•터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요	•측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_s, K_d)산정 •동포아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

○시험결과

▮TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 ν	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

▮TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 ν	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	927	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,168	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

○전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 심도 (GL.-m)	EL.(m)	기표하 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (설계적용 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL.-7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL.-30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요	•시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행 •지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널 구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	붕적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타 구간 (휴게소)	BH-1	4.0	붕적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과	•실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 붕적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨 •함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 다짐 및 CBR시험

개 요	•쌓기재료로 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악 •쌓기재료에 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 쌓기재료 유용성 평가시 활용

○실시설계 시험결과

공 번		심 도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널 구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.26	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과	•건조단위중량은 A다짐:17.37~17.45kN/m³, D다짐:17.37~18.40kN/m³로 분석됨 •CBR는 12.0~12.8%(평균 12.4%)의 범위에 해당

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요	•시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정 •지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

○지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과	•연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19 •경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

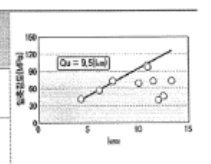
개 요	•암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index I_{s50}값을 산정

○시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널 구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널 구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

○지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
$I_{s(50)}$(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3

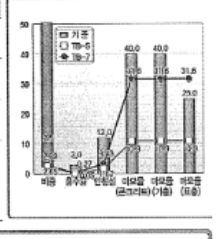


•과업구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.5(I_{s50})의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 본선발생암 유용성 검토

○시험결과 및 적용성 검토

시험종목	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		



•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 서문9교
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 45.000 + 75.000 + 45.070 = 165.070 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 15.910 m
(6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 2.200 m
(7) 사 각(Skew) : 90.000 °
(8) 곡률반경(R) : 선형중심 = ∞ m
(9) 설 계 속 도 : 100.000 km/h
(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

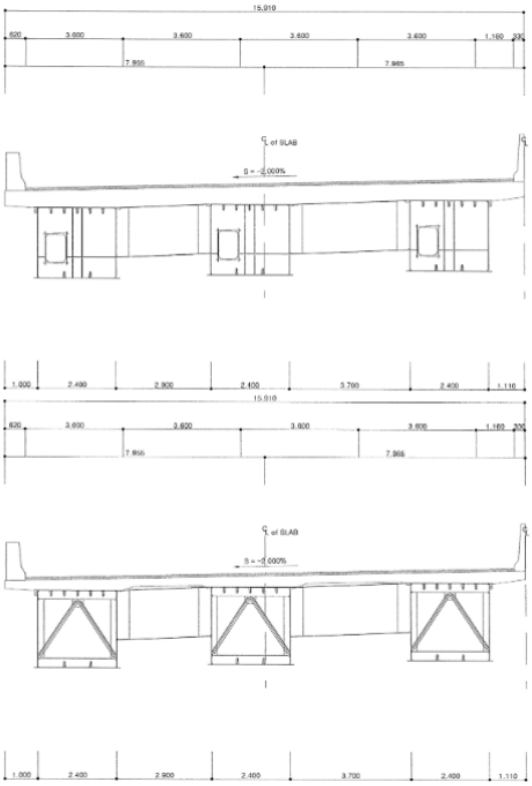
• 사 용 재 료

주 부 재	HSB500(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_{st})	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종	SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	130	175 (190)	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하			200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

2. 단면가정



구조계산 CHECK LIST

4.단면별 응력검토결과

작용응력에 대한 허용응력 검토

< Girder - 1 >

구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	71.014	299.000	24	O.K	-44.749	230.000	19	O.K
단면 2	92.563	299.000	31	O.K	-94.446	230.000	41	O.K
단면 3	76.377	299.000	26	O.K	-73.048	230.000	32	O.K
단면 4	-157.848	230.000	69	O.K	155.453	230.000	68	O.K
단면 5	-205.214	230.000	89	O.K	198.705	230.000	86	O.K
단면 6	89.906	299.000	30	O.K	-103.240	230.000	45	O.K
단면 7	144.010	264.500	54	O.K	-199.140	230.000	87	O.K
단면 8	118.384	171.067	69	O.K	-207.849	230.000	90	O.K
SP 1	87.130	299.000	29	O.K	-80.929	230.000	35	O.K
SP 2	73.648	299.000	25	O.K	-70.521	230.000	31	O.K
SP 3	-95.368	230.000	41	O.K	130.328	225.203	58	O.K
SP 4	-174.401	230.000	76	O.K	169.817	230.000	74	O.K
SP 5	-163.978	230.000	71	O.K	161.883	230.000	70	O.K
SP 6	-34.389	264.500	13	O.K	80.035	246.560	32	O.K
SP 7	106.602	299.000	36	O.K	-127.790	230.000	56	O.K
SP 8	140.664	264.500	53	O.K	-194.443	230.000	85	O.K
SP 9	140.664	264.500	53	O.K	-194.443	230.000	85	O.K
SP 10	106.602	299.000	36	O.K	-127.791	230.000	56	O.K
SP 11	-34.390	264.500	13	O.K	80.037	246.560	32	O.K
SP 12	-163.970	230.000	71	O.K	161.877	230.000	70	O.K
SP 13	-174.418	230.000	76	O.K	169.831	230.000	74	O.K
SP 14	-95.376	230.000	41	O.K	130.335	225.203	58	O.K
SP 15	73.643	299.000	25	O.K	-70.518	230.000	31	O.K
SP 16	87.128	299.000	29	O.K	-80.928	230.000	35	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	44.784	135.000	33	O.K	0.166	14	0.148	12	O.K
단면 2	17.458	135.000	13	O.K	0.113	9	0.185	15	O.K
단면 3	21.389	135.000	16	O.K	0.090	8	0.126	10	O.K
단면 4	65.564	135.000	49	O.K	0.707	59	0.693	58	O.K
단면 5	81.285	135.000	60	O.K	1.159	97	1.109	92	O.K
단면 6	52.200	135.000	39	O.K	0.240	20	0.351	29	O.K
단면 7	22.339	135.000	17	O.K	0.324	27	0.777	65	O.K
단면 8	18.100	135.000	13	O.K	0.497	41	0.835	70	O.K
SP 1	27.667	135.000	20	O.K	0.127	11	0.166	14	O.K
SP 2	22.535	135.000	17	O.K	0.089	7	0.122	10	O.K
SP 3	52.947	135.000	39	O.K	0.326	27	0.489	41	O.K
SP 4	58.880	135.000	44	O.K	0.765	64	0.735	61	O.K
SP 5	71.682	135.000	53	O.K	0.790	66	0.777	65	O.K
SP 6	73.653	135.000	55	O.K	0.315	26	0.403	34	O.K
SP 7	49.095	135.000	36	O.K	0.259	22	0.441	37	O.K
SP 8	25.376	135.000	19	O.K	0.318	27	0.750	63	O.K
SP 9	25.364	135.000	19	O.K	0.318	27	0.750	63	O.K
SP 10	49.083	135.000	36	O.K	0.259	22	0.441	37	O.K
SP 11	73.651	135.000	55	O.K	0.315	26	0.403	34	O.K
SP 12	71.695	135.000	53	O.K	0.790	66	0.777	65	O.K
SP 13	58.896	135.000	44	O.K	0.765	64	0.736	61	O.K
SP 14	52.949	135.000	39	O.K	0.326	27	0.489	41	O.K
SP 15	22.537	135.000	17	O.K	0.089	7	0.122	10	O.K
SP 16	27.674	135.000	20	O.K	0.127	11	0.166	14	O.K

< Girder - 2 >

구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	72.863	299.000	24	O.K	-44.296	230.000	19	O.K
단면 2	90.205	299.000	30	O.K	-92.297	230.000	40	O.K
단면 3	77.128	299.000	26	O.K	-71.834	230.000	31	O.K
단면 4	-153.603	230.000	67	O.K	156.653	230.000	68	O.K
단면 5	-196.624	230.000	85	O.K	194.941	230.000	85	O.K
단면 6	91.171	299.000	30	O.K	-103.133	230.000	45	O.K
단면 7	143.595	264.500	54	O.K	-200.126	230.000	87	O.K
단면 8	118.939	171.067	70	O.K	-208.901	230.000	91	O.K
SP 1	87.913	299.000	29	O.K	-78.148	230.000	34	O.K
SP 2	74.432	299.000	25	O.K	-69.322	230.000	30	O.K
SP 3	-96.557	230.000	42	O.K	138.235	225.203	61	O.K
SP 4	-168.818	230.000	73	O.K	170.430	230.000	74	O.K
SP 5	-158.942	230.000	69	O.K	162.550	230.000	71	O.K
SP 6	-36.102	264.500	14	O.K	87.441	246.560	35	O.K
SP 7	107.774	299.000	36	O.K	-127.989	230.000	56	O.K
SP 8	140.287	264.500	53	O.K	-195.391	230.000	85	O.K
SP 9	140.286	264.500	53	O.K	-195.390	230.000	85	O.K
SP 10	107.772	299.000	36	O.K	-127.985	230.000	56	O.K
SP 11	-36.105	264.500	14	O.K	87.443	246.560	35	O.K
SP 12	-158.951	230.000	69	O.K	162.557	230.000	71	O.K
SP 13	-168.819	230.000	73	O.K	170.432	230.000	74	O.K
SP 14	-96.563	230.000	42	O.K	138.240	225.203	61	O.K
SP 15	74.430	299.000	25	O.K	-69.318	230.000	30	O.K
SP 16	87.912	299.000	29	O.K	-78.147	230.000	34	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	43.116	135.000	32	O.K	0.161	13	0.139	12	O.K
단면 2	25.827	135.000	19	O.K	0.128	11	0.198	16	O.K
단면 3	23.112	135.000	17	O.K	0.096	8	0.127	11	O.K
단면 4	62.375	135.000	46	O.K	0.659	55	0.677	56	O.K
단면 5	76.657	135.000	57	O.K	1.053	88	1.041	87	O.K
단면 6	53.712	135.000	40	O.K	0.251	21	0.359	30	O.K
단면 7	24.249	135.000	18	O.K	0.327	27	0.789	66	O.K
단면 8	21.386	135.000	16	O.K	0.509	42	0.850	71	O.K
SP 1	29.577	135.000	22	O.K	0.134	11	0.163	14	O.K
SP 2	24.148	135.000	18	O.K	0.094	8	0.123	10	O.K
SP 3	52.888	135.000	39	O.K	0.330	27	0.530	44	O.K
SP 4	56.075	135.000	42	O.K	0.711	59	0.722	60	O.K
SP 5	67.209	135.000	50	O.K	0.725	60	0.747	62	O.K
SP 6	73.931	135.000	55	O.K	0.319	27	0.426	35	O.K
SP 7	50.910	135.000	38	O.K	0.272	23	0.452	38	O.K
SP 8	27.263	135.000	20	O.K	0.322	27	0.762	64	O.K
SP 9	27.242	135.000	20	O.K	0.322	27	0.762	64	O.K
SP 10	50.891	135.000	38	O.K	0.272	23	0.452	38	O.K
SP 11	73.928	135.000	55	O.K	0.319	27	0.426	35	O.K
SP 12	67.235	135.000	50	O.K	0.726	60	0.748	62	O.K
SP 13	56.092	135.000	42	O.K	0.711	59	0.722	60	O.K
SP 14	52.889	135.000	39	O.K	0.330	27	0.530	44	O.K
SP 15	24.153	135.000	18	O.K	0.094	8	0.123	10	O.K
SP 16	29.584	135.000	22	O.K	0.134	11	0.163	14	O.K

< Girder - 3 >

구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	72.317	299.000	24	O.K	-45.330	230.000	20	O.K
단면 2	90.506	299.000	30	O.K	-94.722	230.000	41	O.K
단면 3	77.308	299.000	26	O.K	-73.450	230.000	32	O.K
단면 4	-155.687	230.000	68	O.K	157.924	230.000	69	O.K
단면 5	-201.906	230.000	88	O.K	198.447	230.000	86	O.K
단면 6	90.969	299.000	30	O.K	-103.829	230.000	45	O.K
단면 7	143.818	264.500	54	O.K	-199.312	230.000	87	O.K
단면 8	119.750	171.067	70	O.K	-208.112	230.000	90	O.K
SP 1	88.186	299.000	29	O.K	-81.718	230.000	36	O.K
SP 2	74.597	299.000	25	O.K	-70.893	230.000	31	O.K
SP 3	-95.789	230.000	42	O.K	135.464	225.203	60	O.K
SP 4	-171.821	230.000	75	O.K	172.376	230.000	75	O.K
SP 5	-161.725	230.000	70	O.K	164.719	230.000	72	O.K
SP 6	-35.554	264.500	13	O.K	85.326	246.560	35	O.K
SP 7	107.570	299.000	36	O.K	-128.267	230.000	56	O.K
SP 8	140.506	264.500	53	O.K	-194.619	230.000	85	O.K
SP 9	140.505	264.500	53	O.K	-194.618	230.000	85	O.K
SP 10	107.568	299.000	36	O.K	-128.266	230.000	56	O.K
SP 11	-35.560	264.500	13	O.K	85.331	246.560	35	O.K
SP 12	-161.725	230.000	70	O.K	164.717	230.000	72	O.K
SP 13	-171.828	230.000	75	O.K	172.384	230.000	75	O.K
SP 14	-95.795	230.000	42	O.K	135.472	225.203	60	O.K
SP 15	74.596	299.000	25	O.K	-70.893	230.000	31	O.K
SP 16	88.185	299.000	29	O.K	-81.718	230.000	36	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	38.784	135.000	29	O.K	0.141	12	0.121	10	O.K
단면 2	20.327	135.000	15	O.K	0.114	10	0.192	16	O.K
단면 3	22.007	135.000	16	O.K	0.093	8	0.129	11	O.K
단면 4	62.171	135.000	46	O.K	0.670	56	0.684	57	O.K
단면 5	72.845	135.000	54	O.K	1.062	88	1.036	86	O.K
단면 6	47.114	135.000	35	O.K	0.214	18	0.326	27	O.K
단면 7	21.942	135.000	16	O.K	0.322	27	0.777	65	O.K
단면 8	17.822	135.000	13	O.K	0.507	42	0.836	70	O.K
SP 1	23.891	135.000	18	O.K	0.118	10	0.158	13	O.K
SP 2	23.289	135.000	17	O.K	0.092	8	0.125	10	O.K
SP 3	49.293	135.000	37	O.K	0.307	26	0.495	41	O.K
SP 4	55.582	135.000	41	O.K	0.728	61	0.731	61	O.K
SP 5	64.826	135.000	48	O.K	0.725	60	0.743	62	O.K
SP 6	66.071	135.000	49	O.K	0.258	21	0.359	30	O.K
SP 7	44.791	135.000	33	O.K	0.240	20	0.421	35	O.K
SP 8	24.298	135.000	18	O.K	0.315	26	0.748	62	O.K
SP 9	24.284	135.000	18	O.K	0.315	26	0.748	62	O.K
SP 10	44.779	135.000	33	O.K	0.239	20	0.421	35	O.K
SP 11	66.067	135.000	49	O.K	0.258	21	0.359	30	O.K
SP 12	64.833	135.000	48	O.K	0.725	60	0.744	62	O.K
SP 13	55.617	135.000	41	O.K	0.728	61	0.731	61	O.K
SP 14	49.295	135.000	37	O.K	0.307	26	0.495	41	O.K
SP 15	23.288	135.000	17	O.K	0.092	8	0.125	10	O.K
SP 16	23.897	135.000	18	O.K	0.118	10	0.158	13	O.K

1. 설 계 조 건

1.1 교량 형식 : INCREMENTALLY POST TENSIONING TYPE I.P.C GIRDER교
1.2 경 간 : 45,000 mm + 45,000 mm
1.3 폭 원 : 15,910 mm
1.4 교량 등급 : DB - 24, DL - 24 (1등급교)
1.5 거더 길이 : 44,800 mm + 44,800 mm
1.6 지간 길이 : 43,950 mm + 43,950 mm
1.7 단위 중량 : 콘크리트(철근) .... 2,500 kgf/m³
콘크리트(무근) .... 2,350 kgf/m³
아스콘 포장.... 2,300 kgf/m³

1.8 재료의 물리상수 및 허용 응력

1) 슬래브
(1) 콘 크 리 트 : fck = 27 MPa
Ec2 = 0.077× $m_c^{1.5}$×$\sqrt[3]{fcu}$ = 29,000 MPa
(2) 철 근 (SD400) : fy = 400 MPa
Es = 200,000 MPa

2) I.P.C GIRDER
(1) 콘 크 리 트 : fck = 40 MPa
Ec1 = 0.077× $m_c^{1.5}$×$\sqrt[3]{fcu}$ = 32,000 MPa
(2) 철 근 (SD300) : fy = 300 MPa
Es = 200,000 MPa

(3) 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전 함복응력
① 허용 휨 압축응력 (fci' = 0.8 x fck = 32 Mpa)
- fci = 0.6 x fci = 19.2 MPa
② 허용 휨 인장 응력
- 부착된 철근이 없는 인장 구역 : 0.25 x √fci' = 1.41 MPa

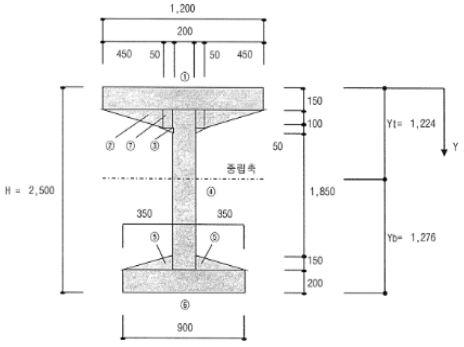
(4) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용응력
① 허용 휨 압축응력
- fcag = 0.45 x fck = 18.0 MPa
- 압축연단응력(유효프리스레스+전체하중)
fcag = 0.60 x fck = 24.0 MPa

3. 주 BEAM 설계(Incrementally Prestressed Concrete Beam)

3.1 단면제원

3.1.1 총 단면

<중앙부 단면>



지간 중앙 단면 (단위:mm)

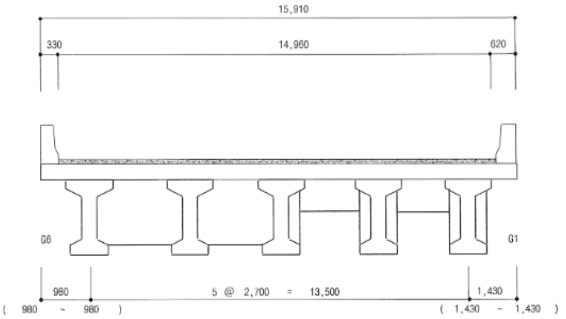
단면	단면적(A)	거더상연-도심까지의 거리(Y)	AY	AY²	단면2차모멘트(Ico)
①	180,000	75	13,500,000	1,012,500,000	337,500,000
②	45,000	183	8,235,000	1,507,005,000	25,000,000
③	2,500	267	667,500	178,222,500	347,222
④	430,000	1,225	526,750,000	645,268,750,000	165,639,583,333
⑤	52,500	2,250	118,125,000	265,781,250,000	65,625,000
⑥	180,000	2,400	432,000,000	1,036,800,000,000	600,000,000
⑦	10,000	200	2,000,000	400,000,000	8,333,333
합계	900,000		1,101,277,500	1,950,947,727,500	166,676,388,888

- 프리캐스트 거더 상단에서 도심까지의 거리 : Yt = 1,224 mm
- 프리캐스트 거더 하단에서 도심까지의 거리 : Yb = 1,276 mm
- 거더상면에 대한 단면 2차 모멘트(Itc) : It = ΣIco + ΣA·Y² = 2,117,624,116,388 mm⁴
- 도심축에 대한 단면 2차 모멘트 : I = ΣIt - ΣA·Yt² = 769,265,716,388 mm⁴

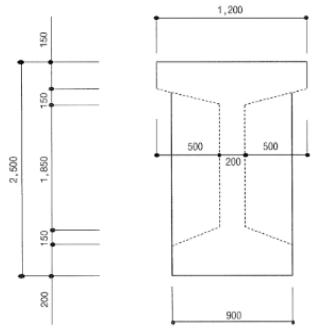
2. 바닥판 슬래브의 설계

2.1 설계 가정단면

1) 상부 슬래브



2) I.P.C GIRDER



OUTPUT 결과 요약 및 설계의견

◈ 결과 요약

○ 원흥1교-서울방향

■ 단면 휨 설계

단 면 위 치	Req.A_s (mm^2)	폭 b(mm)	깊이 d(mm)	피 복 d' (mm)	사용철근량 (Use A_s) (mm^2)	M_u (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	비 고
캔틸레버 (방음벽 G1측)	2,429	1,000	180	60	H19 @ 200 = 1,433 H19 @ 200 = 1,433	131.18	163.16	O.K
캔틸레버 (중분대 G6측)	715	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993	42.25	57.90	O.K
중간슬래브 (상면)	720	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
중간슬래브 (하면)	960	1,000	200	40	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
슬래브단부	540	1,000	290	60	H16 @ 250 = 794	39.50	76.46	O.K
캔틸레버단부 (방음벽 G1측)	4,858	1,000	180	60	H19 @ 100 = 2,865 H19 @ 100 = 2,865	98.64	301.97	O.K
캔틸레버단부 (중분대 G6측)	1,430	1,000	180	60	H16 @ 100 = 1,986	6.21	109.73	O.K

■ 배력철근량(온도철근량) 산정

단 면 위 치		필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (Use A_s) [mm^2]	비 고
캔틸레버	방음벽(G1측)	1,627	H19 @ 125 = 2,292	O.K
	중분대(G6측)	480	H16 @ 250 = 794	O.K
중 간 슬 래 브		720	H16 @ 250 = 794	O.K
캔틸레버단부(방음벽G1측)		3,255	H19 @ 125 = 2,292 H19 @ 125 = 2,292	O.K
캔틸레버단부(중분대G6측)		958	H16 @ 125 = 1,589	O.K

■ 사용성 검토 요약표

구 분		인장응력(f_s)	철근간격 (S)	허용간격 (Sa)	비 고
캔 틸 레 버	방음벽(G1측)	116	100.000	544.041	O.K
	중분대(G6측)	34	200.000	1842.105	O.K
슬 래 브 단 부		86	250.000	734.266	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식	:	역T형 교대
(2) 상 부 형 식	:	STEEL BOX
(3) 교 량 등 급	:	1 등교
(4) 교 대 총 폭	:	B = 16.510 M
(5) 교 대 총높이	:	H = 7.000 M
(6) 기 초 형 식	:	말뚝기초
(7) SKEW	:	90.000 °

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량	: γc =	25.000 kN/m³	[도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량	: γs1 =	20.000 kN/m³ (토사)	[도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량	: γs2 =	20.000 kN/m³	
(4) 과 재 하 중	: q1 =	10.000 kN/m	
(5) 상부 고정하중 반력	: Rd =	159.768 kN/m	
(6) 상부 활하중 반력	: Rl =	94.894 kN/m	
(7) 교량받침 마찰계수	: fs =	0.050	

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각	: Φ1 =	35.000 °
(2) 기초지반의 N치	: N =	30.000
(3) 기초지반의 내부마찰각	: Φ2 =	36.213 ° {Φ2 = 15 + √15N}
(4) 기초지반의 점착력	: C =	0.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수	: μ =	0.448 ; TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수	: A =	0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수

- 내진 등급 : Ⅰ 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : Ⅰ 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도	: fck =	24.000 MPa
- 탄성계수	: Ec =	27849.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300)	: fy =	300.000 MPa
- 탄성계수	: Es =	200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

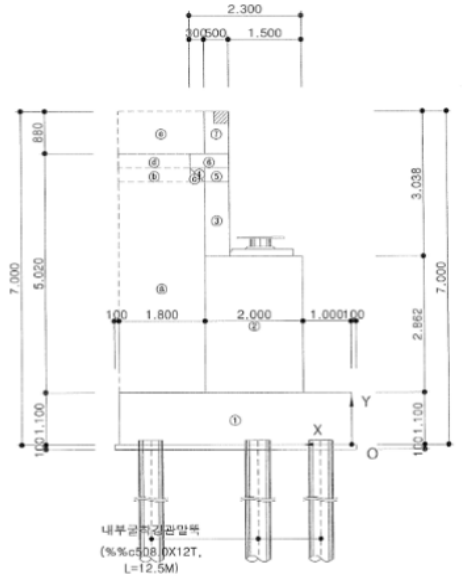
5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토	: 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계	: 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	계
고정하중	1008.391	719.304	910.072	2637.766
활하중	326.872	692.280	547.540	1566.693

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	계
교축방향	142.640	136.240	144.286	423.166
직각방향	167.440	167.609	167.563	502.612

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1196.989	693.785	O.K
	허용인발력(kN/EA)	448.473	-	O.K
	휨응력(MPa)	140	99.922	O.K
	전단응력(MPa)	80	14.158	O.K
	수평변위(mm)	15	7.032	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1795.48	740.686	O.K
	허용인발력(kN/EA)	672.709	-	O.K
	휨응력(MPa)	210	89.903	O.K
	전단응력(MPa)	120	17.935	O.K
	수평변위(mm)	15	5.019	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비 고
전면지판		1100	150	670.438	1940.4	181.571	463.002	2.866	O.K
후면지판		1100	100	832.866	1940.4	211.08	487.742	2.311	O.K
벽체 : H=5.900		2000	100	783.242	1588.8	378.33	765.041	2.022	O.K
흉벽		500	100	1400.38	2202	139.162	223.934	1.609	O.K
좌측날개벽	A(T=400 mm)	400	60	417.919	794.4	35.906	67.691	1.885	O.K
	B(T=400 mm)	400	60	142.483	794.4	12.315	67.691	5.497	O.K
	C(T=400 mm)	400	60	147.642	794.4	12.76	67.691	5.305	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	1165.07	2026.8	157.885	271.388	1.719	O.K
	A(T=800 mm)	800	80	2322.09	3096.8	416.226	550.591	1.323	O.K
	화부(T=620	620	80	1519.13	3096.8	204.857	408.448	1.994	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	832.44	1588.8	151.537	286.971	1.894	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	1746.14	3096.8	314.874	550.591	1.749	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면지판		59.45	150	125	973.383	O.K
후면지판		63.952	150	125	985.119	O.K
벽체 : H=5.900		81.332	150	125	738.259	O.K
흉벽		118.794	150	125	436.662	O.K
좌측날개벽	A(T=400 mm)	75.258	150	250	837.115	O.K
	B(T=400 mm)	27.641	150	250	2279.234	O.K
	C(T=400 mm)	28.678	150	250	2196.834	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	85.926	150	250	733.185	O.K
	A(T=800 mm)	110.714	150	125	538.792	O.K
	화부(T=620	73.246	150	125	860.113	O.K
	B(T=800 mm)	77.888	150	125	808.857	O.K
	C(T=800 mm)	85.138	150	125	739.977	O.K

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1201.78	877.754	O.K
	허용인발력(kN/EA)	288.503	-	O.K
	휨응력(MPa)	133	129.469	O.K
	전단응력(MPa)	76	15.174	O.K
	수평변위(mm)	15	13.375	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1802.67	1097.641	O.K
	허용인발력(kN/EA)	432.755	-50.247	O.K
	휨응력(MPa)	199.5	133.973	O.K
	전단응력(MPa)	114	20.255	O.K
	수평변위(mm)	15	10.06	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면지판		1800	150	2172.37	2694.4	905.176	1120.057	1.237	O.K
후면지판		1800	100	3606.51	4053.6	1539.035	1726.426	1.122	O.K
벽체 : H=10.200		2300	100	3549.56	5746.4	1967.678	3161.816	1.607	O.K
흉벽		800	100	876.955	1940.4	155.094	330.302	2.188	O.K
좌측날개벽	A(T=800 mm)	800	80	1893.28	3096.8	340.886	550.591	1.615	O.K
	화부(T=620	620	80	1002.59	3096.8	136.172	408.448	2.999	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1685.35	2292	304.105	410.961	1.351	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	2294.14	3096.8	411.335	550.591	1.339	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면지판		143.507	150	125	201.256	O.K
후면지판		146.222	150	125	319.816	O.K
벽체 : H=10.200		96.888	150	125	602.792	O.K
흉벽		86.678	150	125	682.284	O.K
좌측날개벽	A(T=800 mm)	94.345	150	125	662.199	O.K
	화부(T=620	49.328	150	125	1277.176	O.K
	B(T=800 mm)	113.156	150	125	519.692	O.K
	C(T=800 mm)	114.554	150	125	514.948	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : 다주식 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.05

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 30
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 36.213 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.448 : TAN(3/4 · Φ2) : 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
   - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
   - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
   거더: 40 MPa
   기초: 27 MPa
   - 탄성계수 : Ec = 두부보: 31879.1 MPa
   거더: 31879.1 MPa
   기초: 28693.4 MPa
   [도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
   거더: 400 MPa
   기초: 400 MPa
   - 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

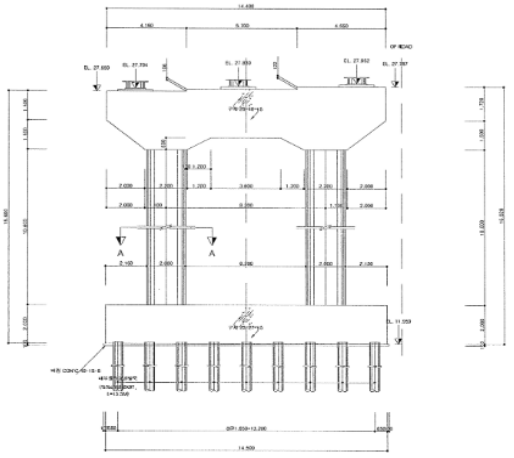
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 (2010)
2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
4) 도로설계 편람 (2008)
5) 도로설계 요령 (2009)
6) 강구조 편람 (1995)
7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1239.550	979.073	O.K
		허용인발력(kN/EA)	438.927	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	100.358	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	4.332	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.606	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1859.330	1422.822	O.K
		허용인발력(kN/EA)	658.390	-38.747	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	180.848	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	13.082	O.K
		수평변위(mm)	15.000	3.655	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1239.550	1002.149	O.K
		허용인발력(kN/EA)	438.927	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	117.239	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	8.444	O.K
		수평변위(mm)	15.000	3.131	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1859.330	871.848	O.K
		허용인발력(kN/EA)	658.390	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	121.559	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	13.834	O.K
		수평변위(mm)	15.000	2.890	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		깊이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3000.0	100.0	28500.000	30179.600	-	-	1.263	O.K
	우측내민보	3000.0	100.0	28500.000	30179.600	-	-	1.269	O.K
	좌측내민보수평	2500.0	100.0	729.711	5247.600	585.089	4263.683	7.165	O.K
	우측내민보수평	2500.0	100.0	795.506	5247.600	648.711	4263.683	6.573	O.K
	내부지간1좌	3000.0	100.0	11725.544	30179.600	11252.061	28515.386	2.534	O.K
	내부지간1중	2506.0	100.0	9993.469	13723.600	8095.162	11075.784	1.368	O.K
	내부지간1우	3228.0	100.0	15773.269	30179.600	16308.005	30854.908	1.892	O.K
	교량받침1	2625.0	100.0	203.708	30179.600	171.387	24667.487	143.929	O.K
	교량받침2	2506.0	100.0	7684.233	13723.600	6238.772	11075.784	1.775	O.K
	교량받침3	2853.0	100.0	209.204	30179.600	192.227	27007.009	140.495	O.K
기초	교축방향	2000.0	150.0	30383.651	45290.700	18922.675	28068.694	1.483	O.K
	교직-지점부	2000.0	150.0	10144.383	21957.900	6333.174	13588.302	2.146	O.K
	교직-중앙부	2000.0	100.0	11663.508	14038.500	7471.646	8977.630	1.202	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.015	18975.568	69162.715	3.645	O.K
	모멘트최대	0.015	13234.124	32445.756	2.452	O.K
	탄성설계	0.015	9686.062	10985.991	1.134	O.K
	편심최대	0.015	9201.759	26648.891	2.896	O.K
교축직각방향	축력최대	0.015	18975.568	69162.715	3.645	O.K
	모멘트최대	0.015	10121.219	29671.563	2.932	O.K
	탄성설계	0.015	9686.062	39991.131	4.129	O.K
	편심최대	0.015	6945.029	18967.223	2.731	O.K
합성부재력	축력최대	0.015	18975.568	69162.715	3.645	O.K
	모멘트최대	0.015	10120.828	19539.953	1.931	O.K
	탄성설계	0.015	9686.062	10097.284	1.042	O.K
	편심최대	0.015	6944.638	12768.164	1.839	O.K
	모멘트최대	0.015	10121.219	22526.550	2.226	O.K
	편심최대	0.015	6945.029	14768.481	2.126	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
두부보	좌측내민보	69.162	180.000	131.579	910.907	O.K
	우측내민보	89.545	180.000	131.579	669.441	O.K
	좌측내민보수평	48.700	180.000	230.769	1293.642	O.K
	우측내민보수평	53.088	180.000	230.769	1186.712	O.K
	내부지간1좌측지점부	94.309	180.000	131.579	625.017	O.K
	내부지간1중앙부	205.690	180.000	131.579	172.858	O.K
	내부지간1우측지점부	144.416	180.000	131.579	335.301	O.K
	교량받침1	19.866	180.000	131.579	3171.305	O.K
	교량받침2	153.118	180.000	131.579	304.310	O.K
	교량받침3	21.819	180.000	131.579	2887.443	O.K
기초	교축방향	159.396	180.000	123.932	146.554	O.K
	교직-지점부	146.333	180.000	130.612	194.406	O.K
	교직-중앙부	210.074	180.000	130.612	148.617	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : 다주식 교각
2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.05

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 10
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 27.247 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.328 : TAN(3/4 · φ2) : 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 31879.1 MPa
기둥: 31879.1 MPa
기초: 28693.4 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

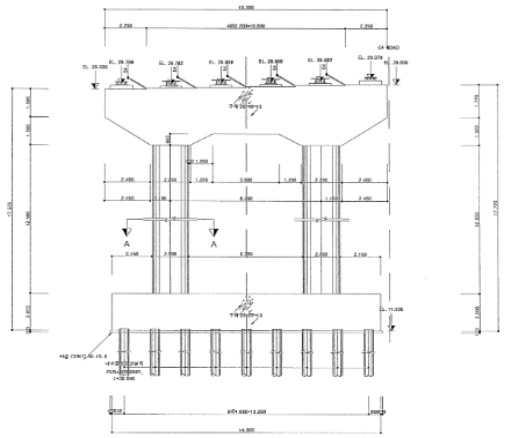
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 (2010)
2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
4) 도로설계 편람 (2008)
5) 도로설계 요령 (2009)
6) 강구조 편람 (1995)
7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1470.500	767.548	O.K
		허용인발력(kN/EA)	372.929	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	73.974	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	1.029	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.273	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2205.750	1213.932	O.K
		허용인발력(kN/EA)	559.394	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	171.291	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	15.801	O.K
		수평변위(mm)	15.000	11.013	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1470.500	919.784	O.K
		허용인발력(kN/EA)	372.929	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	124.798	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	6.630	O.K
		수평변위(mm)	15.000	8.200	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2205.750	882.448	O.K
		허용인발력(kN/EA)	559.394	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	152.628	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	13.864	O.K
		수평변위(mm)	15.000	9.663	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		길이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3000.0	100.0	34200.000	36533.200	-	-	2.553	O.K
	우측내민보	3000.0	100.0	34200.000	36533.200	-	-	2.920	O.K
	좌측내민보수	3000.0	100.0	169.893	5247.600	167.495	5155.775	30.782	O.K
	우측내민보수	3000.0	100.0	169.893	5247.600	167.495	5155.775	30.782	O.K
	내부지간1좌	3054.0	100.0	9098.648	36533.200	8928.451	35181.637	3.940	O.K
	내부지간1중	2508.0	100.0	6522.420	11654.100	5311.674	9450.899	1.779	O.K
	내부지간1우	3216.0	100.0	11610.031	36533.200	12012.899	37193.886	3.096	O.K
	교량받침1	2051.0	100.0	102.872	36533.200	66.484	22723.339	341.788	O.K
	교량받침3	2508.0	100.0	247.974	11654.100	202.980	9450.899	46.561	O.K
	교량받침4	2562.0	100.0	2936.467	36533.200	2402.406	29070.364	12.101	O.K
	교량받침6	2321.0	100.0	104.522	36533.200	77.145	26077.087	338.025	O.K
기초	교축방향	2000.0	150.0	26037.095	33520.500	16238.803	20854.791	1.280	O.K
	교직-지점부	2000.0	150.0	9967.175	18967.900	6223.360	11764.244	1.890	O.K
	교직-중앙부	2000.0	100.0	10477.733	14038.500	6717.790	8977.630	1.336	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	ϕPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.009	17178.473	65740.908	3.827	O.K
	모멘트최대	0.009	11901.727	75132.466	6.313	O.K
	탄성설계	0.009	9155.175	15100.381	1.649	O.K
	편심최대	0.009	8239.657	73157.614	8.879	O.K
교축직각방향	축력최대	0.009	17178.473	65740.908	3.827	O.K
	모멘트최대	0.009	10131.993	31733.454	3.132	O.K
	탄성설계	0.009	9155.175	23813.230	2.601	O.K
	편심최대	0.009	7094.794	19953.211	2.812	O.K
합성부재력	축력최대	0.009	17178.473	65740.908	3.827	O.K
	모멘트최대	0.009	10536.933	36604.849	3.474	O.K
	탄성설계	0.009	9155.175	10561.187	1.154	O.K
	편심최대	0.009	6689.202	23554.742	3.521	O.K
	모멘트최대	0.009	10131.993	30427.783	3.003	O.K
	편심최대	0.009	7094.794	19219.422	2.709	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
두부보	좌측내민보	67.179	180.000	130.435	937.792	O.K
	우측내민보	63.512	180.000	130.435	991.945	O.K
	좌측내민보수평	11.314	180.000	230.769	5568.401	O.K
	우측내민보수평	11.314	180.000	230.769	5568.401	O.K
	내부지간1좌측지점부	60.943	180.000	130.435	1033.745	O.K
	내부지간1중앙부	157.403	180.000	130.435	281.559	O.K
	내부지간1우측지점부	88.258	180.000	130.435	682.270	O.K
	교량받침1	7.910	180.000	130.435	7964.776	O.K
	교량받침3	47.956	180.000	130.435	1313.702	O.K
	교량받침4	22.613	180.000	130.435	2786.020	O.K
	교량받침6	8.400	180.000	130.435	7500.085	O.K
기초	교축방향	160.692	180.000	123.932	138.817	O.K
	교직-지점부	152.936	180.000	130.612	167.423	O.K
	교직-중앙부	187.221	180.000	130.612	194.375	O.K

5. 설계대상 교량제원 및 설계상수

5.1 교량형식 : Var

5.2 해석 대상 교량 총연장 : 45.000 + 60.000 + 45.000 + 4@45.000 = 330.000 m

5.3 교 폭 : Var

5.4 교각형식 : π형 교각

5.5 교각기초형식 : 말뚝기초

5.6 내진설계상수

(1) 내진등급 : 내진 1 등급교
(2) 지진구역계수 : 0.11
(3) 위험도계수 : I = 1.4
(4) 가속도계수 : A = 0.154
(5) 지반계수 : S = 2 (지반종류 3 , 지진격리교량)
(6) 응답수정계수
(7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
(8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
(9) 받침형식 : EQS 면진받침

5.7 해석방법

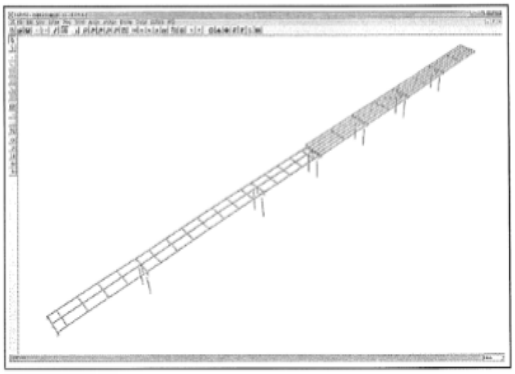
(1) 해석방법 선정
시간이력해석법
(2) 모드조합방법 : CQC방법

5.8 해석모델

(1) 사용프로그램 : SAP 2000
(2) 모델링 : Frame요소사용
(3) 질량산정 : 자동질량 입력 및 추가사하중 질량변환

6. 설계단면 및 모델링

6.1 모델링



6.2 단면특성

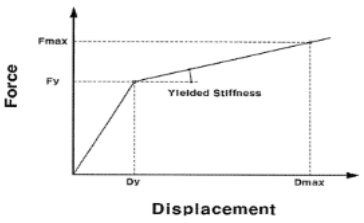
① 상부구조 단면특성 : 완성단계 구조해석 참조

② 하부구조 단면특성 : 완성단계 구조해석 참조

6.3 작용하중(작용질량)

상부구조는 거더의 형상을 통하여 알 수 있는 단면적으로 프로그램에서 자동생성되도록 재하하고 그외의 고정하중반력과 2차고정하중들을 각각의 주형을 모델링한 프레임 요소에 단위길이 당의 하중과 질량으로 재하하여 구조해석을 수행하였다. 하부구조는 콘크리트로 구성된 교각으로 각각의 단면적에 따라 프로그램내에서 자동으로 계산된 질량을 사용한다.

6.4 사용된 면진장치(EQS)의 특성



구 분		1차강성 (K1,kN/m)	2차강성 (K2,kN/m)	유효강성 (Keff,kN/m)	항복강도(kN)
OMEQS 2000	종	163777.0	-	1300.0	130.0
	횡	163777.0	984.0	3584.0	130.0
OMEQS 1750	종	196534.0	-	1560.0	156.0
	횡	196534.0	1181.0	3131.0	156.0
OMEQS 1900	종	212915.0	-	1690.0	169.0
	횡	212915.0	1280.0	3392.0	169.0
OMEQS 2500	종	212915.0	-	1690.0	169.0
	횡	212915.0	1280.0	4660.0	169.0
EQS1750		196534.0	1181.0	3131.0	156.0
EQS1900		212915.0	1280.0	3392.0	169.0
EQS7000		291023.0	3789.0	7089.0	231.0
EQS7500		347717.0	4527.0	8470.0	276.0
EQS8000		629920.0	4921.0	12064.0	500.0
EQS9000		434645.0	5659.0	10588.0	345.0

6.5 받침 배치

일반내진받침의 경우 고정단과 가동단으로 구분되어 받침이 배치 되는 경우가 일반적이다. 교축방향의 경우 상시 온도신축하중에 의해 자유롭기 위해 하나의 고정단과 나머지는 모두 가동단받침으로 배치하게 되는데 이때에 교축방향의 모든 지진하중은 고정단교각에 전달되게 된다. 이러한 경우 고정단 교각의 비대화는 물론이고 소성변형이 발생하여 지진 후 교각를 보수 보강을 하여야 한다.

따라서 면진받침을 적용하면 모든 교각에 지진하중을 분산시켜 구조물의 안정성을 확보하고 동시에 지진하중을 흡수 소산시켜 구조물의 비대화를 방지하여 경제적인 측면도 매우 우수하다.

9. 내진해석결과

9.1 받침 지진력

(UNIT:kN)

구 분		R	교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용 전단력	판정
			교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	0.8	130.0	16.3	42.1	162.5	178.3	81.4	101.4	209.3	230	OK
	B2	0.8	130.0	16.6	20.8	162.6	170.3	81.8	74.7	209.5	230	OK
	B3	0.8	130.0	16.7	47.6	162.6	180.4	81.8	108.3	209.5	230	OK
P1	B1	1.0	671.6	18.3	87.4	505.5	697.8	169.9	288.9	511.0	740	OK
	B2	1.0	764.8	29.8	68.0	640.7	785.2	222.0	297.5	649.7	850	OK
	B3	1.0	749.3	35.6	78.8	640.1	772.9	227.6	303.6	650.7	850	OK
P2	B1	1.0	615.0	27.9	72.2	537.2	636.7	189.1	256.7	545.6	740	OK
	B2	1.0	718.4	32.8	60.3	667.8	736.4	233.2	275.8	677.7	850	OK
	B3	1.0	697.8	34.7	75.7	666.9	720.6	234.7	285.1	677.3	850	OK
P3	B1	0.8	130.0	16.1	37.1	166.2	176.4	82.4	95.2	213.7	230	OK
	B2	0.8	130.0	14.2	21.4	166.3	170.5	80.1	75.5	213.2	230	OK
	B3	0.8	130.0	22.8	43.1	166.2	178.6	90.8	102.6	216.3	230	OK
	B1	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	0.8	169.0	12.3	98.1	218.0	248.0	97.1	186.0	277.1	290	OK
	B3	0.8	156.0	11.3	35.7	201.3	208.4	89.7	103.1	255.9	270	OK
	B4	0.8	156.0	11.4	38.4	201.3	209.4	89.7	106.5	255.9	270	OK
	B5	0.8	156.0	11.3	91.7	201.3	229.4	89.7	173.2	255.8	270	OK
	B6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
P4	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	1.0	220.8	2.7	55.7	221.6	237.5	69.1	121.9	222.4	280	OK
	B3	1.0	203.9	2.5	18.6	204.6	209.5	63.9	79.8	205.3	250	OK
	B4	1.0	203.9	2.5	19.5	204.6	209.8	63.9	80.7	205.3	250	OK
	B5	1.0	204.0	2.5	52.7	204.6	219.8	63.9	113.9	205.3	250	OK
	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	1.0	220.8	2.6	54.9	221.6	237.3	69.0	121.1	222.4	280	OK
	B3	1.0	203.9	2.4	18.4	204.6	209.4	63.7	79.6	205.3	250	OK
	B4	1.0	203.9	2.4	19.8	204.6	209.8	63.7	80.9	205.3	250	OK
	B5	1.0	204.0	2.4	52.2	204.6	219.6	63.7	113.4	205.3	250	OK

P5	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	1.0	223.9	10.1	26.9	221.0	232.0	76.4	94.1	224.0	280	OK
	B3	1.0	206.7	9.3	8.0	204.0	209.1	70.5	70.0	206.8	250	OK
	B4	1.0	206.8	9.3	9.8	204.0	209.7	70.5	71.8	206.8	250	OK
	B5	1.0	206.8	9.3	26.5	204.0	214.8	70.5	88.6	206.8	250	OK
	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
P6	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	1.0	223.9	10.1	27.7	220.9	232.2	76.3	94.9	223.9	280	OK
	B3	1.0	206.7	9.3	8.5	203.9	209.3	70.5	70.5	206.7	250	OK
	B4	1.0	206.8	9.3	10.4	203.9	209.9	70.5	72.4	206.7	250	OK
	B5	1.0	206.8	9.3	27.4	203.9	215.0	70.5	89.5	206.7	250	OK
	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
A2	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	1.0	220.0	6.0	61.1	209.9	238.3	69.0	127.1	211.7	280	OK
	B3	1.0	203.1	5.5	20.4	193.9	209.2	63.7	81.4	195.6	250	OK
	B4	1.0	203.1	5.5	23.2	193.9	210.1	63.7	84.2	195.5	250	OK
	B5	1.0	203.2	5.5	60.8	193.7	221.4	63.6	121.8	195.4	250	OK
	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	1.0	220.0	6.5	64.9	209.7	239.4	69.4	130.9	211.6	280	OK
	B3	1.0	203.1	5.9	21.4	193.7	209.5	64.0	82.3	195.5	250	OK
	B4	1.0	203.1	5.9	24.6	193.7	210.5	64.0	85.6	195.4	250	OK
	B5	1.0	203.2	5.9	64.4	193.5	222.5	64.0	125.3	195.3	250	OK
	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK

A2	B1	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	0.8	169.0	6.3	99.9	204.2	248.7	84.4	188.3	257.6	290	OK
	B3	0.8	156.0	5.8	33.7	188.6	207.7	77.9	100.7	237.9	270	OK
	B4	0.8	156.0	5.8	38.3	188.6	209.3	77.9	106.3	237.9	270	OK
	B5	0.8	156.0	5.8	95.1	188.6	230.7	77.9	177.3	237.9	270	OK
	B6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK

9.2 발점 변위

(UNIT:mm)

구 분		교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용변위	판정
		교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	103.5	1.3	1.0	30.7	103.8	10.5	32.0	31.0	150	OK
	B2	100.5	1.3	0.2	30.7	100.5	10.5	30.4	31.1	150	OK
	B3	99.6	1.3	0.7	30.7	99.8	10.5	30.6	31.0	150	OK
P1	B1	29.8	0.1	0.9	40.3	30.1	12.2	9.9	40.3	90	OK
	B2	26.6	0.1	0.2	40.4	26.7	12.3	8.1	40.5	90	OK
	B3	24.4	0.1	0.6	40.2	24.5	12.2	7.9	40.3	90	OK
P2	B1	9.8	0.1	0.7	52.2	10.0	15.7	3.6	52.2	90	OK
	B2	6.4	0.1	0.2	52.4	6.4	15.8	2.1	52.4	90	OK
	B3	3.7	0.1	0.5	52.1	3.8	15.7	1.6	52.1	90	OK
P3	B1	90.2	1.4	0.8	35.5	90.5	12.0	27.9	35.9	150	OK
	B2	87.3	1.4	0.3	35.6	87.4	12.0	26.5	36.0	150	OK
	B3	85.3	1.4	0.8	35.4	85.5	12.0	26.3	35.9	150	OK
	B1	37.7	0.1	2.5	64.9	38.5	19.6	13.8	64.9	150	OK
	B2	37.8	0.1	1.5	64.8	38.2	19.5	12.8	64.8	150	OK
	B3	37.8	0.1	0.5	64.8	38.0	19.6	11.8	64.9	150	OK
	B4	37.9	0.1	0.6	64.8	38.0	19.6	11.9	64.9	150	OK
	B5	37.9	0.1	1.6	64.8	38.3	19.5	12.9	64.8	150	OK
	B6	37.9	0.1	2.6	64.9	38.7	19.6	13.9	64.9	150	OK
P4	B1	67.5	0.1	1.8	54.7	68.0	16.5	22.0	54.7	150	OK
	B2	67.5	0.1	1.0	54.0	67.8	16.3	21.3	54.0	120	OK
	B3	67.6	0.1	0.3	54.1	67.7	16.3	20.6	54.1	120	OK
	B4	67.7	0.1	0.4	54.1	67.8	16.3	20.7	54.1	120	OK
	B5	67.8	0.1	1.1	54.1	68.1	16.3	21.5	54.1	120	OK
	B6	67.8	0.1	1.9	54.7	68.4	16.5	22.2	54.7	150	OK
	B1	67.5	0.0	1.8	54.6	68.0	16.4	22.0	54.6	150	OK
	B2	67.5	0.0	1.0	53.9	67.8	16.2	21.3	53.9	120	OK
	B3	67.6	0.0	0.3	53.9	67.7	16.2	20.6	54.0	120	OK
	B4	67.7	0.0	0.4	53.9	67.8	16.2	20.7	54.0	120	OK
	B5	67.7	0.0	1.1	53.9	68.1	16.2	21.5	54.0	120	OK
	B6	67.8	0.0	1.9	54.6	68.4	16.4	22.2	54.6	150	OK

P5	B1	65.4	0.0	1.6	48.5	65.8	14.6	21.2	48.5	150	OK
	B2	65.4	0.0	0.9	47.9	65.7	14.4	20.6	47.9	120	OK
	B3	65.5	0.0	0.3	47.9	65.6	14.4	19.9	47.9	120	OK
	B4	65.6	0.0	0.4	47.9	65.7	14.4	20.0	47.9	120	OK
	B5	65.7	0.0	1.0	47.9	66.0	14.4	20.7	47.9	120	OK
	B6	65.7	0.0	1.7	48.5	66.3	14.6	21.4	48.5	150	OK
P6	B1	65.4	0.0	1.6	48.3	65.8	14.5	21.2	48.3	150	OK
	B2	65.4	0.0	0.9	47.7	65.7	14.3	20.6	47.7	120	OK
	B3	65.5	0.0	0.3	47.7	65.6	14.4	20.0	47.8	120	OK
	B4	65.6	0.0	0.4	47.7	65.7	14.4	20.1	47.8	120	OK
	B5	65.7	0.0	1.0	47.7	66.0	14.4	20.7	47.8	120	OK
	B6	65.8	0.0	1.7	48.3	66.3	14.5	21.4	48.3	150	OK
A2	B1	67.4	0.0	2.5	42.1	68.2	12.7	22.8	42.1	150	OK
	B2	67.5	0.0	1.5	41.5	67.9	12.5	21.7	41.5	120	OK
	B3	67.6	0.0	0.4	41.6	67.7	12.5	20.7	41.6	120	OK
	B4	67.6	0.0	0.6	41.6	67.8	12.5	20.9	41.6	120	OK
	B5	67.7	0.0	1.6	41.6	68.2	12.5	21.9	41.6	120	OK
	B6	67.8	0.0	2.7	42.1	68.6	12.7	23.0	42.1	150	OK
	B1	67.4	0.1	2.5	41.9	68.2	12.6	22.8	41.9	150	OK
	B2	67.5	0.1	1.5	41.3	67.9	12.5	21.7	41.4	120	OK
	B3	67.5	0.1	0.4	41.4	67.7	12.5	20.7	41.4	120	OK
	B4	67.6	0.1	0.6	41.4	67.8	12.5	20.9	41.4	120	OK
	B5	67.7	0.1	1.6	41.4	68.2	12.5	21.9	41.4	120	OK
	B6	67.8	0.1	2.7	41.9	68.6	12.6	23.0	41.9	150	OK

A2	B1	84.5	0.1	2.9	49.9	85.4	15.1	28.3	49.9	150	OK
	B2	84.5	0.1	1.7	49.8	85.0	15.1	27.1	49.8	150	OK
	B3	84.5	0.1	0.5	49.8	84.6	15.1	25.9	49.9	150	OK
	B4	84.5	0.1	0.7	49.8	84.7	15.1	26.0	49.9	150	OK
	B5	84.5	0.1	1.9	49.8	85.1	15.1	27.2	49.9	150	OK
	B6	84.5	0.1	3.1	49.9	85.5	15.1	28.5	49.9	150	OK

9.3 교각 코핑부 변위

(UNIT:mm)

구 분	교축방향		교직방향		COM1		COM2		비고
	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	85.2	0.2	0.2	15.8	85.2	4.9	25.7	15.9	
P2	96.9	0.2	0.2	23.8	97.0	7.3	29.2	23.9	
P3	65.5	0.1	0.1	18.2	65.5	5.6	19.8	18.2	
P4	25.6	0.1	0.1	22.5	25.7	6.8	7.8	22.5	
P5	27.9	0.1	0.0	29.2	28.0	8.8	8.4	29.2	
P6	23.1	0.0	0.1	18.9	23.2	5.7	7.0	19.0	

9.6 교각상단 단면력

(Unit : Kn.m)

구분		교축방향			교직방향		
		교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교축전단력	교직모멘트	교축모멘트
P1	L	1120.58	24.37	7161.12	17.33	1140.86	127.59	6214.67
	R	1167.30	24.37	7048.28	16.81	1140.86	119.24	6214.67
P2	L	1219.46	27.73	7833.65	13.60	1239.81	113.18	7731.89
	R	1220.32	27.73	7812.67	16.04	1239.81	106.70	7731.89
P3	L	845.34	16.91	5501.58	18.75	1128.03	120.17	6442.21
	R	846.86	16.91	5496.14	19.50	1128.03	122.53	6442.21
P4	L	1325.30	13.89	6705.68	19.90	1217.74	58.13	7027.27
	R	1318.04	13.89	6719.56	16.06	1217.74	57.02	7027.27
P5	L	1422.60	6.19	8499.52	11.78	1284.44	38.46	7954.78
	R	1422.36	6.19	8502.94	11.78	1284.44	37.72	7954.78
P6	L	1297.25	7.72	6475.78	30.03	1153.17	71.88	6430.27
	R	1289.94	7.72	6477.43	31.69	1153.17	75.43	6430.27

9.4 교각하단 단면력

(Unit : Kn.m)

구분		교축방향			교직방향		
		교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교축전단력	교직모멘트	교축모멘트
P1	L	1236.43	67.80	15838.53	161.95	49.29	1340.55	236.34	7015.74
	R	1803.05	67.80	16139.83	161.95	68.03	1340.55	242.41	7015.74
P2	L	1201.96	22.21	17608.03	123.61	35.18	1280.88	167.24	8248.48
	R	1207.79	22.21	17635.76	123.61	44.04	1280.88	223.12	8248.48
P3	L	932.49	22.76	12271.96	115.46	26.37	1198.02	142.22	6963.79
	R	934.76	22.76	12284.57	115.46	25.49	1198.02	128.63	6963.79
P4	L	1383.20	35.52	8533.04	82.18	23.24	1333.74	90.34	7702.02
	R	1357.61	35.52	8498.45	82.18	22.72	1333.74	89.13	7702.02
P5	L	1526.66	29.67	9542.52	88.87	7.13	1333.56	37.25	8484.34
	R	1527.56	29.67	9547.44	88.87	6.38	1333.56	38.55	8484.34
P6	L	1378.25	10.92	8313.81	38.00	37.76	1310.63	101.81	7163.09
	R	1373.85	10.92	8286.31	38.00	39.94	1310.63	122.19	7163.09

9.5 교각하단 하중조합

(Unit : Kn.m)

구분		Combo1			Combo2		
		교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교축전단력	교직모멘트	교축모멘트
P1	L	1,251	470	15,909	2,267	420	1,361	4,988	7,064
	R	1,323	470	16,213	2,267	459	1,361	5,084	7,064
P2	L	1,213	406	17,658	2,598	396	1,288	5,450	8,286
	R	1,221	406	17,703	2,598	406	1,288	5,514	8,286
P3	L	940	382	12,315	2,205	306	1,205	3,824	6,998
	R	942	382	12,323	2,205	306	1,205	3,814	6,998
P4	L	1,370	436	8,560	2,393	432	1,344	2,650	7,727
	R	1,364	436	8,525	2,393	430	1,344	2,639	7,727
P5	L	1,529	430	9,554	2,634	465	1,342	2,900	8,511
	R	1,530	430	9,559	2,634	467	1,342	2,903	8,511
P6	L	1,390	404	8,344	2,187	451	1,314	2,596	7,174
	R	1,386	404	8,323	2,187	452	1,314	2,608	7,174

9.7 교각상단 하중조합

(Unit : Kn.m)

구분		Combo1			Combo2		
		교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교축전단력	교직모멘트	교축모멘트
P1	L	1,126	367	7,199	2,006	354	1,148	2,276	6,257
	R	1,172	367	7,084	2,006	367	1,148	2,234	6,257
P2	L	1,224	400	7,868	2,432	379	1,248	2,463	7,766
	R	1,225	400	7,845	2,432	382	1,248	2,450	7,766
P3	L	851	355	5,538	2,029	272	1,133	1,771	6,471
	R	853	355	5,533	2,029	274	1,133	1,771	6,471
P4	L	1,331	379	6,723	2,166	417	1,222	2,070	7,045
	R	1,323	379	6,737	2,166	411	1,222	2,073	7,045
P5	L	1,426	392	8,511	2,430	439	1,286	2,588	7,968
	R	1,426	392	8,514	2,430	438	1,286	2,599	7,968
P6	L	1,306	354	6,497	1,959	419	1,155	2,015	6,439
	R	1,299	354	6,500	1,959	419	1,155	2,019	6,439

9.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 9.2.1】 서문9교(서울방향) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	상태 양호	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	상태 양호	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	상태 양호	양호

9.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

9.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

9.2.5 시설물 보수 이력

【표 9.2.2】 서문9교(서울방향) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

9.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 9.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

9.3 현장조사

9.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S7	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



작업전경



비파괴시험

【사진 9.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

9.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문9교(서울방향)는 총 7경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=345.0m 폭 16.4m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경



바닥판 하면 전경

【사진 9.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 손상이 폭 0.3㎜미만 균열, 균열부 백태, 백태 등의 손상이 확인되었다.

【표 9.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)		균열부 백태 (㎡/개소)	
S1	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	-	-
S3	72.00	4	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	1.15	2	0.50	2
S6	-	-	-	-	-	-
S7	75.00	5	-	-	-	-
합계	147.00	9	1.15	2	0.50	2

	
S1 망상균열(3.0m×10.0m×2EA)	S5 균열부백태(0.2m×1.0m)
	
S5 균열부백태(0.2m×1.0m)	S5 균열부백태(0.2m×1.5m)
	
S5 균열부백태(0.2m×1.5m)	S5 백태(0.3m×0.5m)

【사진 9.3.3】 바닥판하면 손상현황

	
S5 백태(1.0m×1.0m)	S6 망상균열(15.0m×10.0m×4EA)
	-
S6 망상균열(15.0m×10.0m×4EA)	-

【사진 9.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 망상균열은 폭 0.3㎜미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 균열부백 및 백태의 경우 외부 우수유입에 의한 손상으로 습식 균열보수, 백태 보수 등의 표면처리가 필요할 것으로 사료되며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인, 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

나. STEEL BOX Girder + IPC Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 3열, IPC는 6열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다

	
STEEL BOX 거더외부 전경	STEEL BOX 거더내부 전경
	
IPC 거더 전경	IPC 거더 전경

【사진 9.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았다.

【표 9.3.2】 거더외부 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
합계		-	-

【표 9.3.3】 거더내부 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
거더 내부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
합계		-	-

【표 9.3.4】 거더 현장조사 결과(IPC)

구분		상태양호	
거더	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
합계		-	-

	
거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
	
거더외부 상태양호	거더내부 상태양호
	
거더내부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 9.3.5】 거더 손상현황

	
거더 상태양호	거더 상태양호
	
거더 상태양호	거더 상태양호

【사진 9.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- S.T.B 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- S.T.B 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- IPC 거더는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 강재 및 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보(S.T.B) 전경	가로보(IPC) 전경

【사진 9.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 콘크리트 가로보 일부 구간에서 타설불량이 조사되었다

【표 9.3.5】 가로보 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
합계		-	-

【표 9.3.6】 가로보 현장조사 결과(IPC)

구분		타설불량 (㎥/개소)	
가로보	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	0.01	1
	S7	-	-
합계		0.01	1

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
가로보 상태양호	S6 타설불량(0.2m×0.4m)

【사진 9.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 가로보(S.T.B)는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 가로보(IPC)는 일부 구간에서 시공 미흡에 의한 타설불량이 확인되었고, 경미한 손상이나 하자보수 만료전 단면보수 등의 조치가 필요하며 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 서문9교(서울방향) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 9.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜ 미만 균열 및 망상균열 균열부 백태, 접속부 단차 등의 손상이 조사되었다.

【표 9.3.7】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열부백태 (㎡/개소)		망상균열 (㎡/개소)		접속부 단차 (m/개소)	
A1	-	-	0.30	1	2.00	1	-	-
A2	8.50	2	-	-	-	-	1.00	1
합계	8.50	2	0.30	1	2.00	1	1.00	1

	
A1 균열부백태(0.2m×1.5m)	A1 균열부백태(0.2m×1.5m)
	
A1 망상균열(1.0m×2.0m)	A2 균열(0.2㎜/3.0m)
	
A2 균열(0.2㎜/5.5m)	A2 균열(0.2㎜/3.0m)

【사진 9.3.9】 교대 손상현황

	
A2 날개벽 침하(1.0m)	A2 접속부 단차(1.0m)

【사진 9.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 교대에 발생한 균열 및 망상균열은 폭 0.3㎜미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 균열부백태의 경우 외부 우수유입에 의한 손상으로 습식 균열보수, 백태 보수 등의 표면처리가 필요할 것으로 사료되며, 침하의 경우 주기적인 점검을 통한 침하의 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 서문9교(서울방향)의 교각은 π형으로 구성되어 있으며, P1 강관말뚝기초, P2~P6 복합말뚝기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
교각 전경	교각 전경

【사진 9.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열이 확인되었다.

【표 9.3.8】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
P4	-	-
P5	12.00	8
P6	10.00	1
합계	22.00	9

	
P5 코핑부 균열(0.2㎜/1.0m×4EA)	P5 코핑부 균열(0.2㎜/2.0m×4EA)
	
P6 코핑부 균열(0.2㎜/10.0m)	P6 코핑부 균열(0.2㎜/10.0m)

【사진 9.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

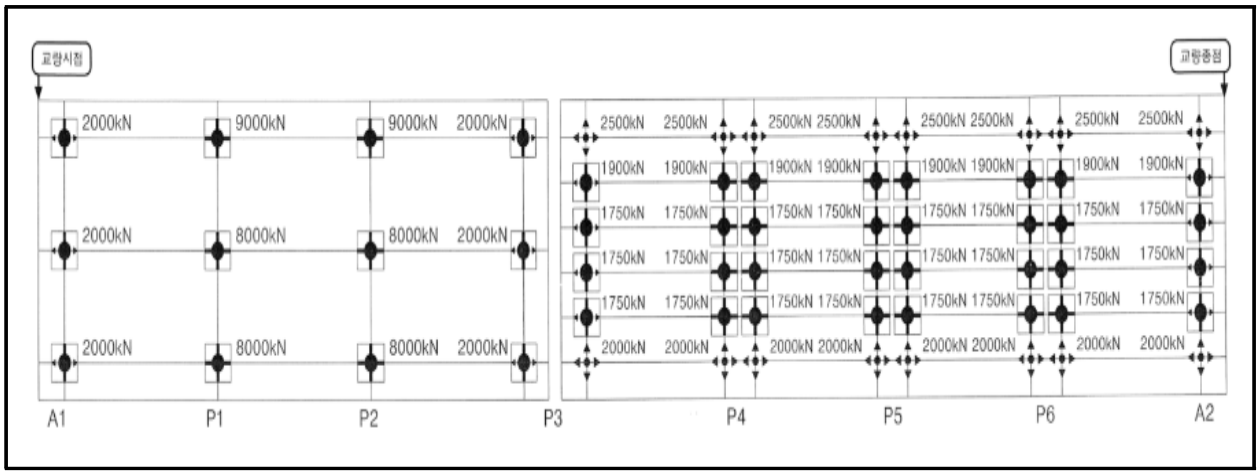
4) 검토의견

■ 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문9교(서울방향)의 받침은 면진받침으로 총 60기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 9.3.1】 교량받침 배치도



양방향 DISK 받침장치 전경



EQS 받침장치 전경



OMEQS 받침장치 전경

【사진 9.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 폭 0.3㎜미만 받침몰탈 균열, 파손, 플레이트 부식, 고정핀 미제거 등의 손상이 확인되었다.

【표 9.3.9】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 균열 (m/개소)		받침몰탈 파손 (㎡/개소)		플레이트 부식 (m/개소)		고정핀 미제거 (개소/개소)	
A1	-	-	-	-	-	-	-	-
P1	4.80	12	-	-	-	-	-	-
P2	-	-	0.01	1	-	-	-	-
P3	0.40	2	-	-	1.00	1	-	-
P4	0.40	2	-	-	-	-	-	-
P5	4.40	22	0.01	1	-	-	-	-
P6	4.50	15	-	-	-	-	8.00	8
A2	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	14.50	53	0.02	2	1.00	1	8.00	8



P1-Sh1 받침몰탈 균열(0.2㎜/0.4m×5EA)



P1-Sh2 받침몰탈 균열(0.2㎜/0.4m×3EA)

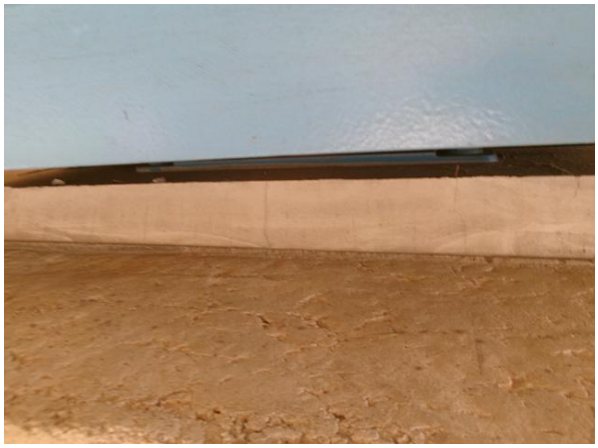


P1-Sh3 받침몰탈 균열(0.2㎜/0.4m×4EA)

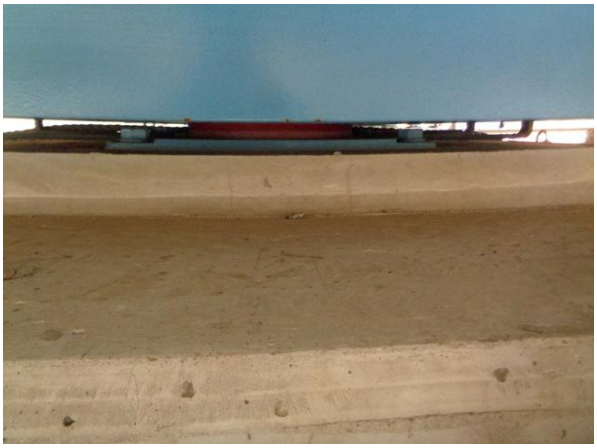


P2-Sh1 받침몰탈 파손(0.1m×0.1m)

【사진 9.3.13】 교량받침 손상현황

	
P3-Sh5 플레이트 부식(1EA)	P3-Sh8 받침몰탈 균열(0.2㎜/0.2m×2EA)
	
P4-Sh8 받침몰탈 균열(0.2㎜/0.2m×2EA)	P5-Sh1 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×2EA)
	
P5-Sh10 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×2EA)	P5-Sh11 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×2EA)

【사진 9.3.13】 교량받침 손상현황

	
P5-Sh12 받침몰탈 파손(0.1m×0.1m)	P5-Sh2 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×2EA)
	
P5-Sh3 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×2EA)	P5-Sh4 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×2EA)
	
P5-Sh5 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×2EA)	P5-Sh6 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×2EA)

【사진 9.3.13】 교량받침 손상현황

	
P5-Sh7 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×2EA)	P5-Sh8 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×2EA)
	-
P5-Sh9 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×2EA)	-

【사진 9.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

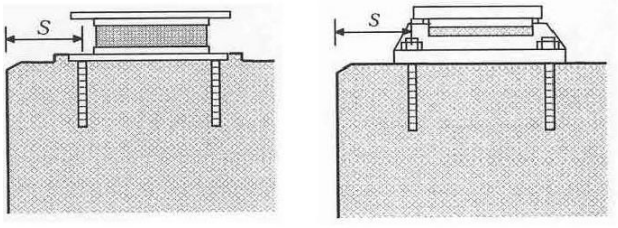
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

■ 받침본체에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 추정되며, 몰탈 파손의 경우, 시공시 외부 충격에 의한 손상으로 현재 경미한 상태이다. 플레이트 부식의 경우 외부 우수유입에 의한 손상이며, 고정핀 미제거의 경우 시공 마무리 미흡에 의한 손상으로 확인되었다. 받침에 발생한 손상은 하자 보수 만료전 표면처리, 단면보수, 재도장, 정비 등의 보수가 필요한 상태이며 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 및 신규 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 9.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 9.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : 200+5×45.0 = 575(㎜)
- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×75.0 = 425(㎜)

【표 9.3.10】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)						검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	
A1		425.0	660	660	660				O.K
P1	A1측	425.0	900	900	900				O.K
	A2측	575.0	900	900	900				O.K
P2	A1측	575.0	900	900	900				O.K
	A2측	425.0	900	900	900				O.K
P3	A1측	425.0	590	590	590				O.K
	A2측	425.0	590	590	590	590	590	590	O.K
P4	A1측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
	A2측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
P5	A1측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
	A2측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
P6	A1측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
	A2측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
A2		425.0	640	640	640	640	640	640	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 9.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 9.3.11】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	30.5	29.5	0.000012	82.5	31.1	30.1	
P1	30.5	29.5	0.000012	37.5	13.7	13.3	
P2	30.5	29.5	0.000012	37.5	13.7	13.3	
P3(A1)	30.5	29.5	0.000012	82.5	31.1	30.1	
P3(A2)	25.5	24.5	0.00001	90.0	23.0	22.1	
P4	25.5	24.5	0.00001	45.0	11.5	11.0	
P5	고정단						
P6	25.5	24.5	0.00001	45.0	11.5	11.0	
A2	25.5	24.5	0.00001	90.0	23.0	22.1	

1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)

【표 9.3.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	10	160	140	31.1	30.1	±150	O.K
	SH2	10	160	140			±150	O.K
	SH3	10	160	140			±150	O.K
P1	SH1	-4	86	94	13.7	13.3	±90	O.K
	SH2	-4	86	94			±90	O.K
	SH3	-4	86	94			±90	O.K
P2	SH1	10	100	80	13.7	13.3	±90	O.K
	SH2	10	100	80			±90	O.K
	SH3	10	100	80			±90	O.K
P3 (A1측)	SH1	15	165	135	31.1	30.1	±150	O.K
	SH2	15	165	135			±150	O.K
	SH3	15	165	135			±150	O.K
P3 (A2측)	SH1	-10	140	160	23.0	22.1	±150	O.K
	SH2	-10	140	160			±150	O.K
	SH3	-10	140	160			±150	O.K
	SH4	-10	140	160			±150	O.K
	SH5	-10	140	160			±150	O.K
	SH6	-10	140	160			±150	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

【표 9.3.13】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P4	SH1	-10	110	130	11.5	11.0	±120	O.K
	SH2	-10	110	130			±120	O.K
	SH3	-10	110	130			±120	O.K
	SH4	-10	110	130			±120	O.K
	SH5	-10	110	130			±120	O.K
	SH6	-10	110	130			±120	O.K
	SH7	-10	110	130			±120	O.K
	SH8	-10	110	130			±120	O.K
	SH9	-10	110	130			±120	O.K
	SH10	-10	110	130			±120	O.K
	SH11	-10	110	130			±120	O.K
	SH12	-10	110	130			±120	O.K
P5								
P6	SH1	-20	100	140	11.5	11.0	±120	O.K
	SH2	-20	100	140			±120	O.K
	SH3	-20	100	140			±120	O.K
	SH4	-20	100	140			±120	O.K
	SH5	-20	100	140			±120	O.K
	SH6	-20	100	140			±120	O.K
	SH7	0	120	120			±120	O.K
	SH8	0	120	120			±120	O.K
	SH9	0	120	120			±120	O.K
	SH10	0	120	120			±120	O.K
	SH11	0	120	120			±120	O.K
	SH12	0	120	120			±120	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

【표 9.3.14】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A2	SH1	0	150	150	23.0	22.1	±150	O.K
	SH2	0	150	150			±150	O.K
	SH3	0	150	150			±150	O.K
	SH4	0	150	150			±150	O.K
	SH5	0	150	150			±150	O.K
	SH6	0	150	150			±150	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

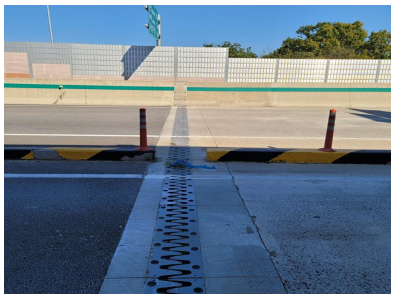
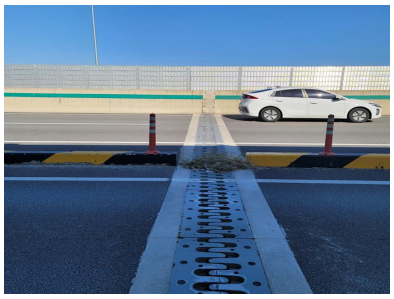
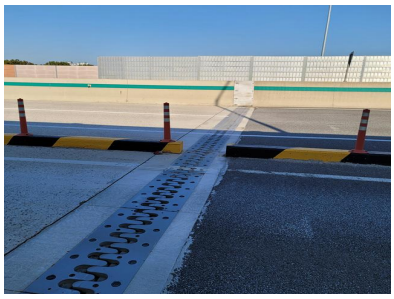
② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

■ 본 교량의 신축이음장치는 A1, P3, A2 모두 강핑거조인트로 시공된 상태이다.

		
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J1(P3) 전경	EXP.J3(A2) 전경

【사진 9.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

■ 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 후타재 균열(0.3㎜미만), 차수판 앵커탈락 등의 손상이 확인되었다.

【표 9.3.15】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		차수판 앵커탈락 (개소/개소)		이동량 부족 (개소/개소)	
A1 (EXP J1)	16.00	40	1.00	1	-	-
P3 (EXP J2)	-	-	2.00	2	-	-
A2 (EXP J3)	-	-	-	-	1.00	1
합계	16.00	40	3.00	3	1.00	1

	
A1 차수판 앵커탈락(1EA)	A1 후타재 균열(0.2㎜/0.3m×20EA)
	
A1 후타재 균열(0.2㎜/0.3m×20EA)	A1 후타재 균열(0.2㎜/0.5m×20EA)
	
A1 후타재 균열(0.2㎜/0.5m×20EA)	P3 차수판 앵커탈락(2EA)

【사진 9.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

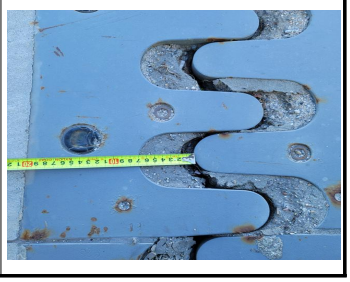
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

■ 신축이음에 발생한 후타재 균열, 차수판 앵커탈락의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나 하자보수 만료전 표면처리, 정비 등의 보수가 필요할 것으로 판단되며, 신축이음부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 19. 기온 적용: 10.5℃(일평균)
강교 △T(신장시) : 40.0℃−10.5℃ = 29.5℃
△T(수축시) : −20.0℃−(10.5℃) = 30.5℃
RC교 △T(신장시) : 35.0℃−10.5℃ = 24.5℃
△T(수축시) : −15.0℃−(10.5℃) = 25.5℃
△lt(최소필요유간) : △T× α ×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α (/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 9.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 9.3.16】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	30.5	29.5	0.000012	82.5	30.2	29.2	58.0	70.0	110.0	
P3	30.5	29.5	0.000012	82.5	30.2	29.2	95.0	180.0	300.0	
	25.5	24.5	0.00001	90.0	23.0	22.1				
A2	25.5	24.5	0.00001	90.0	23.0	22.1	70.0	80.0	180.0	
1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 9.3.17】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③−②)	
A1	신축이음	30.2	29.2	58.0	80	−8.2	28.8	N.G
	바닥판			70.0	−	−	40.8	O.K
	거더			110.0	−	−	80.8	O.K
P3	신축이음	55.7	53.7	90.0	150	4.3	36.3	O.K
	바닥판			180.0	−	−	126.3	O.K
	거더			300.0	−	−	246.3	O.K
A2	신축이음	25.5	24.5	70.0	100	7.1	48.0	O.K
	바닥판			80.0	−	−	58.0	O.K
	거더			180.0	−	−	158.0	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A1 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 서문9교(서울방향)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.

	
교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

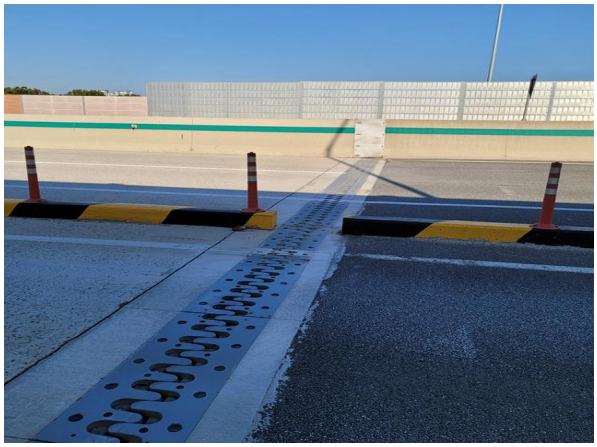
【사진 9.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 접속부 이격이 확인되었다.

【표 9.3.18】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속부 이격 (m/개소)	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	12.00	1
합계	12.00	1

	
S7 접속부 이격(12.0m)	S7 접속부 이격(12.0m)
	-
S7 접속부 이격(12.0m)	-

【사진 9.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

■ 교면포장은 접속부 이격이 조사되었고, 손상부는 접속부 침하, 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으며, 주행에 문제는 없으나, 부재의 사용성 확보차원의 단면보수 등의 조치가가 필요할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문9교(서울방향)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 9.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 9.3.19】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태 양호	배수구 상태 양호
	
배수구 상태 양호 – 금회	배수구 상태 양호 - 22년 상반기

【사진 9.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽 전경



중분대 전경

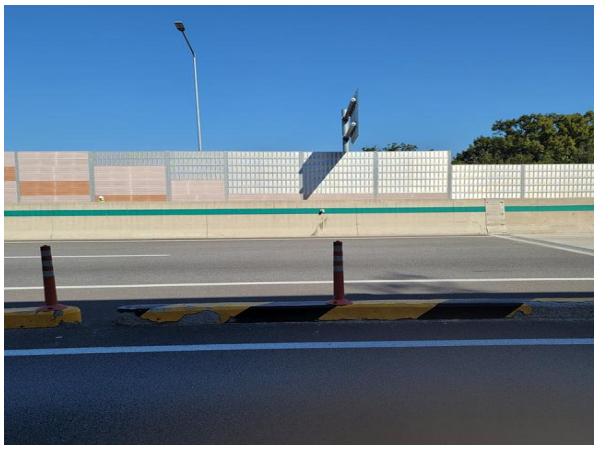
【사진 9.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

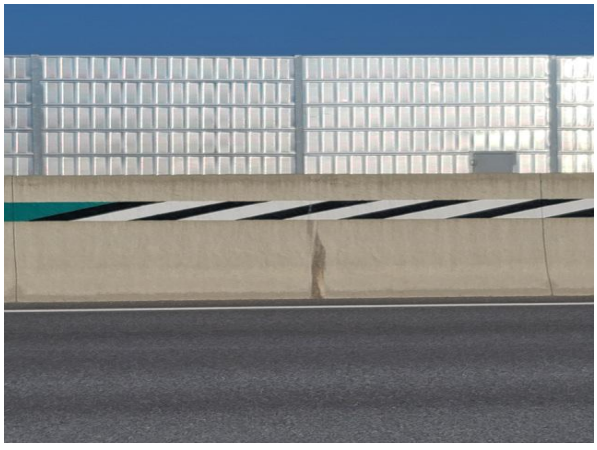
■ 방호벽에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열 및 균열부 백태, 접속부 단차 및 이격 등의 손상이 확인되었다.

【표 9.3.20】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열부 백태 (㎡/개소)		접속부 단차 (m/개소)		접속부 이격 (m/개소)	
S1	14.50	10	0.10	1	-	-	-	-
S2	36.00	24	-	-	-	-	-	-
S3	24.00	16	-	-	-	-	-	-
S4	40.50	27	-	-	-	-	-	-
S5	55.50	37	-	-	-	-	-	-
S6	19.50	13	0.30	1	-	-	-	-
S7	9.00	6	-	-	1.50	1	5.00	1
합계	199.0	133	0.40	2	1.50	1	5.00	1

	
S1 균열(0.2㎜/1.0m)	S1 균열(0.2㎜/1.5m×8EA)
	
S1 균열부 백태(0.1m×1.0m)	S1 균열(0.2㎜/1.5m)
	
S2 균열(0.2㎜/1.5m×14EA)	S2 균열(0.2㎜/1.5m×10EA)

【사진 9.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

	
S3 균열(0.2㎜/1.5m×16EA)	S4 균열(0.2㎜/1.5m×17EA)
	
S5 균열(0.2㎜/1.5m×24EA)	S5 균열(0.2㎜/1.5m×13EA)
	
S6 균열(0.2㎜/1.5m×12EA)	S6 균열(0.2㎜/1.5m)

【사진 9.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>S6 균열부백태(0.2m×1.5m)</td><td>S7 균열(0.2㎜/1.5m×6EA)</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>  </td></tr>
<tr><td>S7 접속부 단차(1.5m)</td><td>S7 접속부 단차(1.5m)</td></tr>
</table>

【사진 9.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열 및 균열부 백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 백태보수 등의 조치가 필요하며, 접속부 단차 및 이격의 경우, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 서문9교(서울방향)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

【사진 9.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되으나, 일부 구간에서 폐자재 적치가 확인되었다.

【표 9.3.21】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	점검로 폐자재 적치 (㎡/개소)	
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
P4	30.00	2
P5	-	-
P6	-	-
합계	30.00	2

	
P4 점검로 폐자재 적치(15.0m×1.0m)	P4 점검로 폐자재 적치(15.0m×1.0m)

【사진 9.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으나, 일부 구간에 폐자재 적치가 확인 되었으며, 정비가 필요한 상태이다. 점검로의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

9.3.3 현장조사 총괄표

【표 9.3.22】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		망상균열	㎡	147.00	9	
		백태	㎡	1.15	2	
		균열부백태	㎡	0.50	2	
S.T.B	거더외부	상태양호	-	-	-	
	거더내부	상태양호	-	-	-	
	가로보	상태양호	-	-	-	
IPC	거더	상태양호	-	-	-	
	가로보	타설불량	㎡	0.01	1	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	8.50	2	
		균열부 백태	㎡	0.30	1	
		망상균열	㎡	2.00	1	
		접속부 단차	㎡	1.00	1	
교각		균열(0.3㎜미만)	m	22.00	9	
교량받침		받침몰탈 균열	m	14.50	53	
		받침몰탈 파손	㎡	0.02	2	
		플레이트 부식	m	1.00	1	
		고정핀 미제거	EA	8.00	8	
신축이음		후타재 균열	m	16.00	40	
		차수판 앵커탈락	EA	3.00	3	
교면포장		접속부 이격	m	12.00	1	
배수시설		상태양호	-	-	-	
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	199.0	133	
		균열부 백태	㎡	0.40	2	
		접속부 단차	m	1.50	1	
		접속부 이격	m	5.00	1	
점검시설		폐자재 적치	㎡	30.00	2	

9.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

9.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

9.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 9.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	7	7	7	7	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		2	4	2	4	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



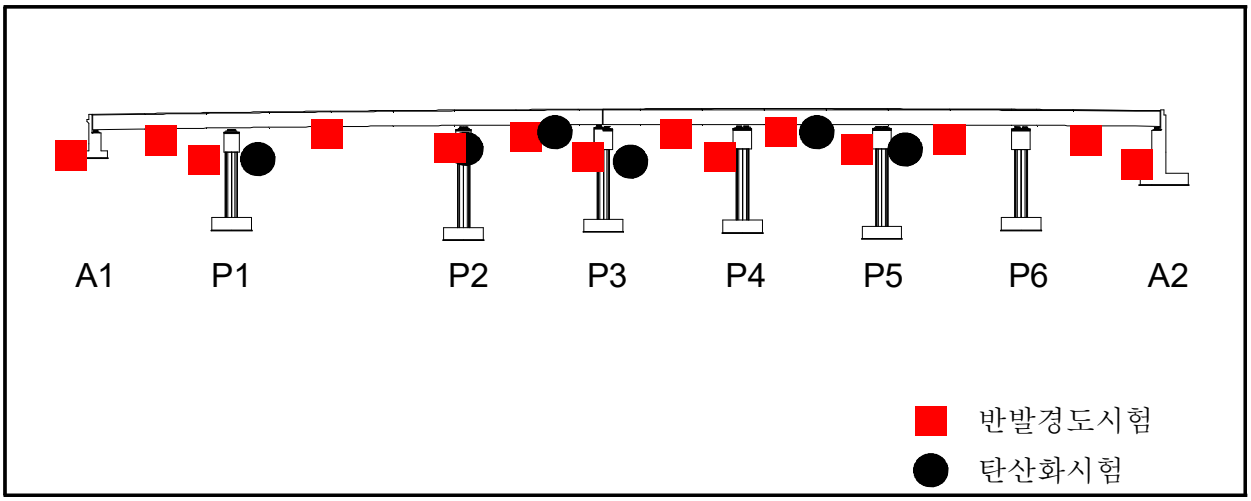
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 9.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 9.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

9.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 14개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 9.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	46.0	27.1	28.6	0.67	27.0	
	S2	바닥판	46.1	27.2	28.7			
	S3	바닥판	46.1	27.2	28.7			
	S4	바닥판	47.1	28.0	29.1			
	S5	바닥판	46.0	27.1	28.6			
	S6	바닥판	46.3	27.3	28.7			
	S7	바닥판	45.9	27.0	28.6			

【표 9.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	교대	42.6	24.1	27.0	0.67	24.0	
	A2	교대	43.2	24.7	27.2			

【표 9.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
하부구조	P1	교각	48.5	40.9	48.8	0.67	40.0	
	P2	교각	48.6	41.1	49.0			
	P3	교각	47.9	40.4	47.9			
	P4	교각	48.0	40.5	48.1			
	P5	교각	47.5	40.0	47.3			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~29.1㎫, 하부구조(교대) 24.1~27.2㎫, 하부구조(교각) 40.0~49.0㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 9.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.0~29.1	27.0	100.0 ~ 107.8
하부구조	교대	24.1~27.2	24.0	100.4 ~ 113.3
	교각	40.0~49.0	40.0	100.0 ~ 122.5

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 9.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S3 바닥판	1.0	40.0	39.0	0.71	100년이상	a
	S5 바닥판	4.0	40.0	36.0	2.83	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	P1 코핑부	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	P3 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	P5 코핑부	1.0	100.0	99.0	0.71	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0~4.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 9.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.0~4.0	36.0~39.0	
하부구조	1.0~3.0	97.0~99.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 9.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~29.1	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.1~27.2	24.0	
		교각	40.0~49.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0~39.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~99.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

9.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

9.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급'으로 산정되었다.

【표 9.5.1】 상태평가 결과표(STB)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	a	a	a	a	a	b	b	a	b	q	–	a
S2	P1	STB	a	a	a	a	a	b	–	b	a	q	–	a
S3	P2	STB	b	a	a	a	a	b	–	b	a		a	–
평균			0.133	0.100	0.100	0.100	0.100	0.200	0.200	0.167	0.133	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.024	0.020	0.005	0.007	0.003	0.004	0.018	0.015	0.027	–	0.004	0.003
													0.130	
													A	

■ 결함도 범위 : 0.100 ≤ 결함도지수(0.130) < 0.130

【표 9.5.2】 상태평가 결과표(Bicon)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S4	P3	IPC	a	a	a	a	a	b	a	b	a	q	–	a
S5	P4	IPC	b	a	a	a	a	b	–	b	a	q	a	a
S6	P5	IPC	a	a	b	a	a	b	–	b	b	q	–	–
S7	P6	IPC	b	a	a	a	a	b	–	b	b	q	–	–
	A2								c	a	b	q	–	–
평균			0.150	0.100	0.125	0.100	0.100	0.200	0.250	0.180	0.160	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.027	0.020	0.006	0.007	0.003	0.004	0.023	0.016	0.032	–	0.004	0.003
													0.145	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.145) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 9.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문9교 서울방향(STB)	0.130	A	165.0	3	495	0.478	0.062
서문9교 서울방향(Bicon)	0.145	B	180.0	3	540	0.522	0.076
합계(Σ)			345.0	6	1,035	1.000	0.138
1. 평가지수 =							0.138
2. 상태평가결과 =							B

9.5.2 기 점검 결과와의 비교

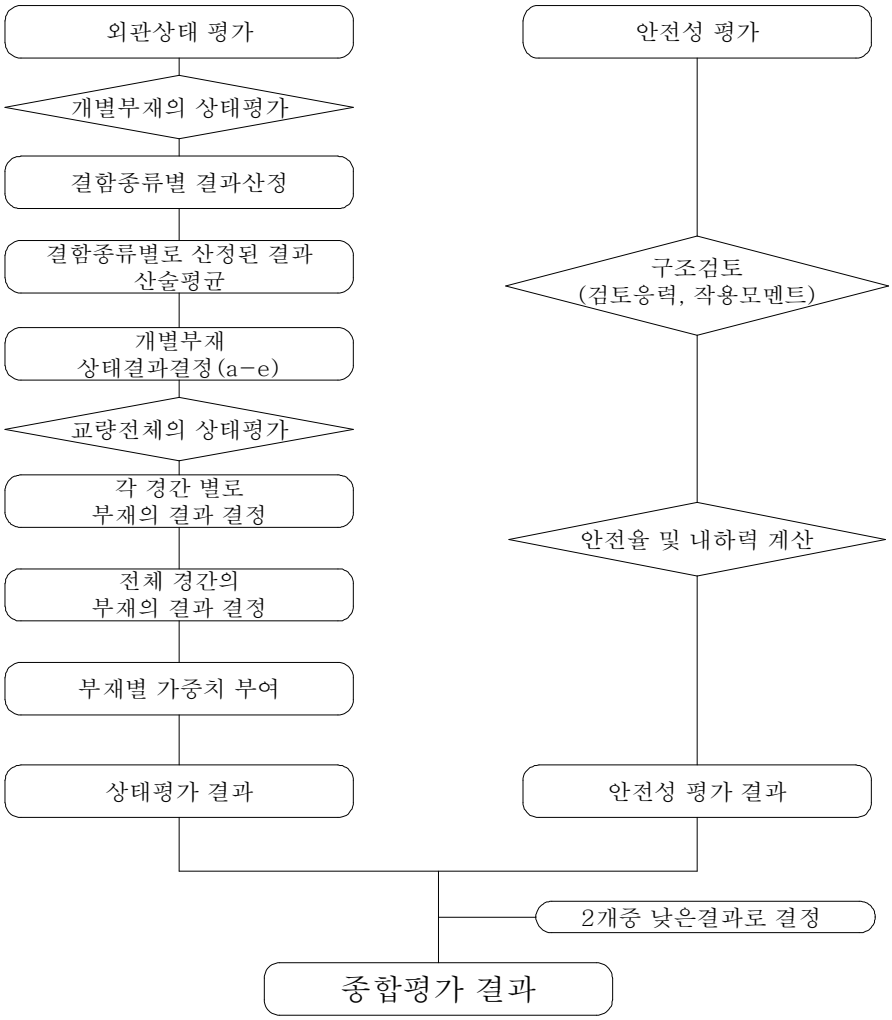
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

9.6 종합평가 및 안전등급 지정

9.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 9.6.1】종합평가 결과 산정절차

9.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 9.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문9교(서울방향)	0.138	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

9.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 9.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

9.7 보수·보강 및 유지관리방안

9.7.1 보수·보강 방안

【표 9.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		망상균열	㎡	147.00	9	표면처리	하자
		백태	㎡	1.15	2	표면처리	하자
		균열부백태	㎡	0.50	2	표면처리	하자
S.T.B	거더외부	상태양호	-	-	-	-	-
	거더내부	상태양호	-	-	-	-	-
	가로보	상태양호	-	-	-	-	-
IPC	거더	상태양호	-	-	-	-	-
	가로보	타설불량	㎡	0.01	1	단면보수	하자
교대		균열(0.3㎜미만)	m	8.50	2	표면처리	하자
		균열부 백태	㎡	0.30	1	표면처리	하자
		망상균열	㎡	2.00	1	표면처리	하자
		접속부 단차	㎡	1.00	1	실란트충전	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	m	22.00	9	표면처리	하자
교량받침		받침몰탈 균열	m	14.50	53	표면처리	하자
		받침몰탈 파손	㎡	0.02	2	단면보수	하자
		플레이트 부식	m	1.00	1	재도장	하자
		고정핀 미제거	EA	8.00	8	정비	하자
신축이음		후타재 균열	m	16.00	40	표면처리	하자
		차수판 앵커탈락	EA	3.00	3	정비	하자
교면포장		접속부 이격	m	12.00	1	실란트충전	하자
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	199.0	133	표면처리	하자
		균열부 백태	㎡	0.40	2	표면처리	하자
		접속부 단차	m	1.50	1	유지관리	-
		접속부 이격	m	5.00	1	실란트충전	하자
점검시설		폐자재 적치	㎡	30.00	2	정비	하자

9.7.2 개략공사비

【표 9.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	망상균열	표면처리	147.00	220.50	㎡	-	-	하자
	백태	표면처리	1.15	1.73	㎡	-	-	하자
	균열부백태	표면처리	0.50	0.75	㎡	-	-	하자
PC 가로보	타설불량	단면보수	0.01	0.02	㎡	-	-	하자
교대	균열(0.3㎜미만)	표면처리	8.50	3.19	m	-	-	하자
	균열부 백태	표면처리	0.30	0.45	㎡	-	-	하자
	망상균열	표면처리	2.00	3.00	㎡	-	-	하자
	접속부 단차	실란트충전	1.00	1.50	㎡	-	-	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	표면처리	22.00	8.25	m	-	-	하자
교량받침	받침몰탈 균열	표면처리	14.50	5.44	m	-	-	하자
	받침몰탈 파손	단면보수	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
	플레이트 부식	재도장	1.00	1.50	m	-	-	하자
	고정핀 미제거	정비	8.00	12.00	EA	-	-	하자
신축이음	후타재 균열	표면처리	16.00	24.00	m	-	-	하자
	차수판 앵커탈락	정비	3.00	4.50	EA	-	-	하자
교면포장	접속부 이격	실란트충전	12.00	18.00	m	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	199.0	74.63	m	-	-	하자
	균열부 백태	표면처리	0.40	0.60	㎡	-	-	하자
	접속부 단차	유지관리	1.50	2.25	m	-	-	-
	접속부 이격	실란트충전	5.00	7.50	m	-	-	하자
점검시설	폐자재 적치	정비	30.00	45.00	㎡	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

9.7.3 유지관리방안

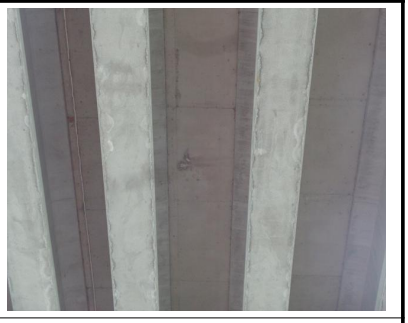
본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 9.7.3】 중점유지관리 항목

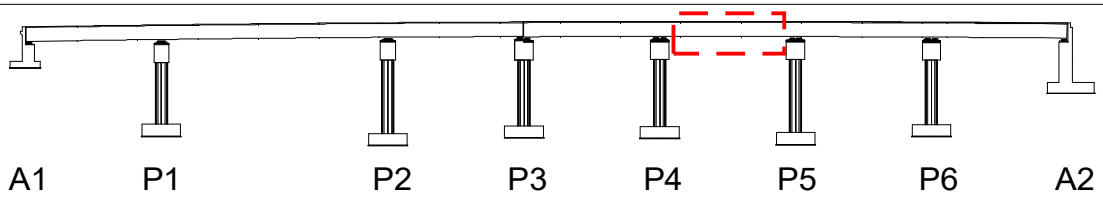
부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상





① 바닥판하면 균열부 백태 및 백태 등 – 진전 여부확인



9.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77 (도내동)에 위치한 교량으로 총 연장 345.0m, 폭 16.4m의 Steel Box + IPC Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

9.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 발생한 망상균열은 폭 0.3㎜미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 균열부백 및 백태의 경우 외부 우수유입에 의한 손상으로 습식 균열보수, 백태 보수 등의 표면처리가 필요할 것으로 사료되며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인, 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

2) Steel Box Girder + IPC Girder

- S.T.B 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- S.T.B 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- IPC 거더는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

3) 가로보

- 가로보(S.T.B)는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 가로보(IPC)는 일부 구간에서 시공 미흡에 의한 타설불량이 확인되었고, 경미한 손상이나 하자보수 만료전 단면보수 등의 조치가 필요하며 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

■ 교대에 발생한 균열 및 망상균열은 폭 0.3㎜미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 균열부백태의 경우 외부 우수유입에 의한 손상으로 습식 균열보수, 백태 보수 등의 표면처리가 필요할 것으로 사료되며, 침하의 경우 주기적인 점검을 통한 침하의 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

5) 교각

■ 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 교각부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규 손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요하다.

6) 교량받침

■ 받침본체에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 추정되며, 몰탈 파손의 경우, 시공시 외부 충격에 의한 손상으로 현재 경미한 상태이다. 플레이트 부식의 경우 외부 우수유입에 의한 손상이며, 고정핀 미제거의 경우 시공 마무리 미흡에 의한 손상으로 확인되었다. 받침에 발생한 손상은 하자 보수 만료전 표면처리, 단면보수, 재도장, 정비 등의 보수가 필요한 상태이며 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 및 신규 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

■ 신축이음에 발생한 후타재 균열, 차수판 앵커탈락의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 등으로 인한 손상으로 판단되며, 경미한 손상이나 하자보수 만료전 표면처리, 정비 등의 보수가 필요할 것으로 판단되며, 신축이음부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A1 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며,

이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

8) 교면포장

■ 교면포장은 접속부 이격이 조사되었고, 손상부는 접속부 침하, 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으며, 주행에 문제는 없으나, 부재의 사용성 확보차원의 단면보수 등의 조치가가 필요할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

9) 배수시설

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

■ 방호벽에 발생한 균열 및 균열부 백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 백태보수 등의 조치가 필요하며, 접속부 단차 및 이격의 경우, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으나, 일부 구간에 폐자재 적치가 확인 되었으며, 정비가 필요한 상태이다. 점검로의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~29.1㎫, 하부구조(교대) 24.1~27.2㎫, 하부구조(교각) 40.0~49.0㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0~4.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 서문9교(서울방향)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문9교(서울방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

9.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

9.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

10. 서문9교(문산방향)

10.1 시설물 개요
10.2 자료수집 및 분석
10.3 현장조사
10.4 콘크리트 내구성조사
10.5 상태평가
10.6 종합평가 및 안전등급 지정
10.7 보수·보강 및 유지관리 방안
10.8 종합결론

10. 서문9교(문산방향)

10.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77에 위치한 교량으로 총 연장 330.0m, 폭 15.6m로 시공되어 있다.

10.1.1 일반사항

【표 10.1.1】 서문9교(문산방향) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000231	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77 (도내동)	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		본선구간 1.890km	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=330.0m(45+60+45+4@45=330.0m)			
	폭	B=16.4m, 3차로			
구조형식	상부	IPC거더 + Steel Box	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교 각	P1 : 강관말뚝기초 P2~P6 : 복합말뚝기초
교량받침		면진받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물		-	통과높이		5.0m
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		지에스건설㈜	관리주체		㈜다산컨설턴트
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체		서울문산고속도로주식회사

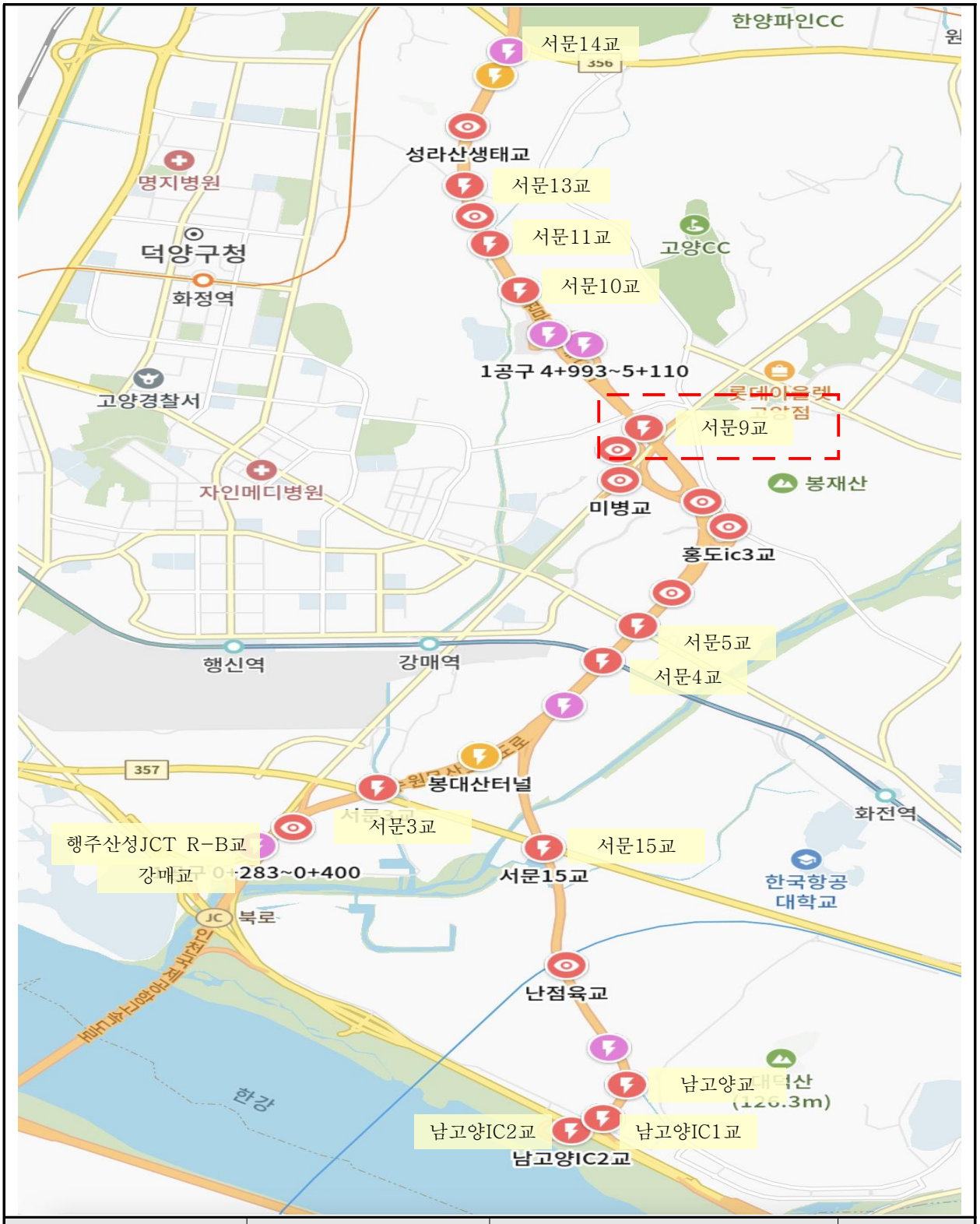


측면 전경



상부 전경

10.1.2 위치도 및 전경사진



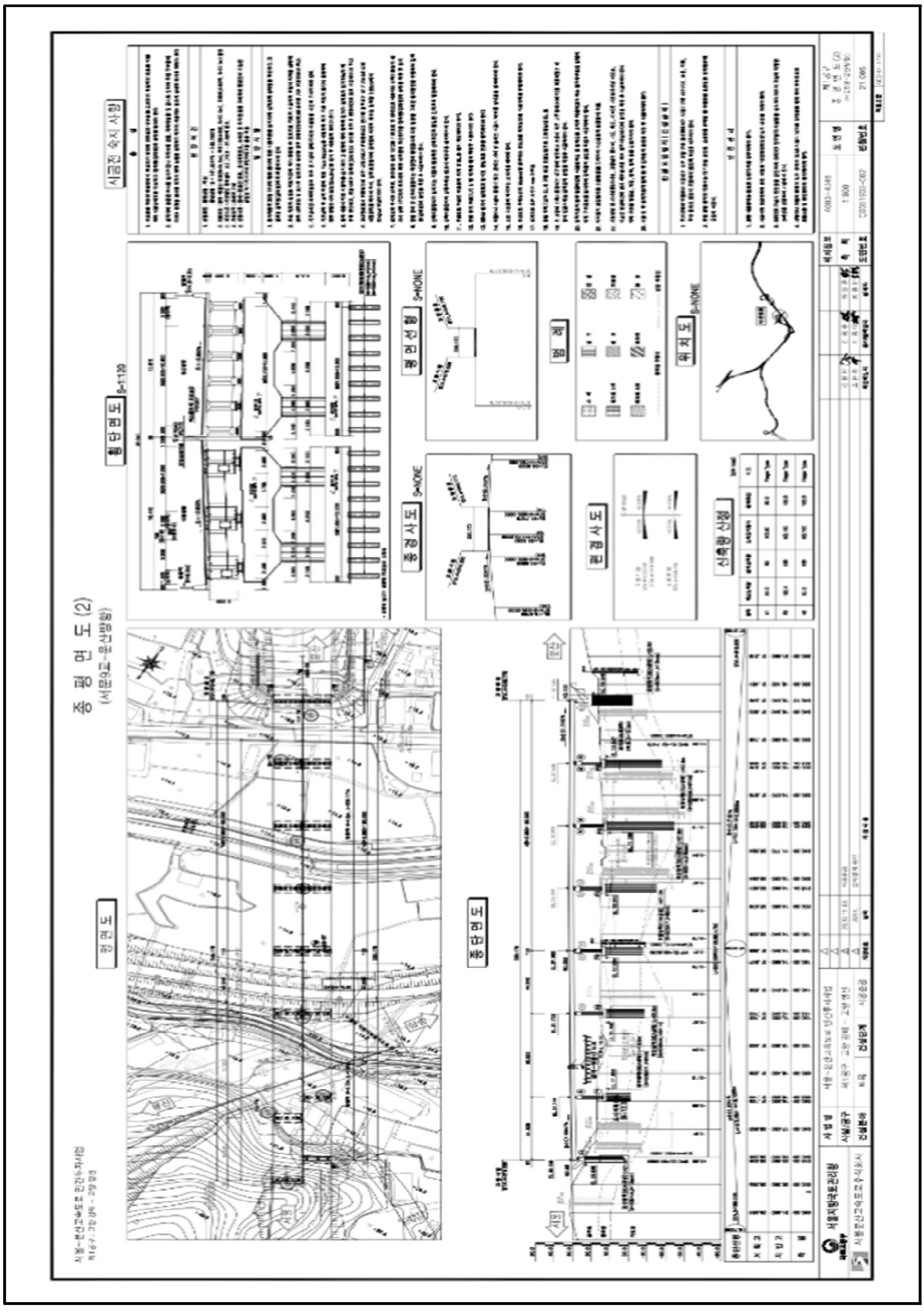
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S7	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 10.1.1】 위치도

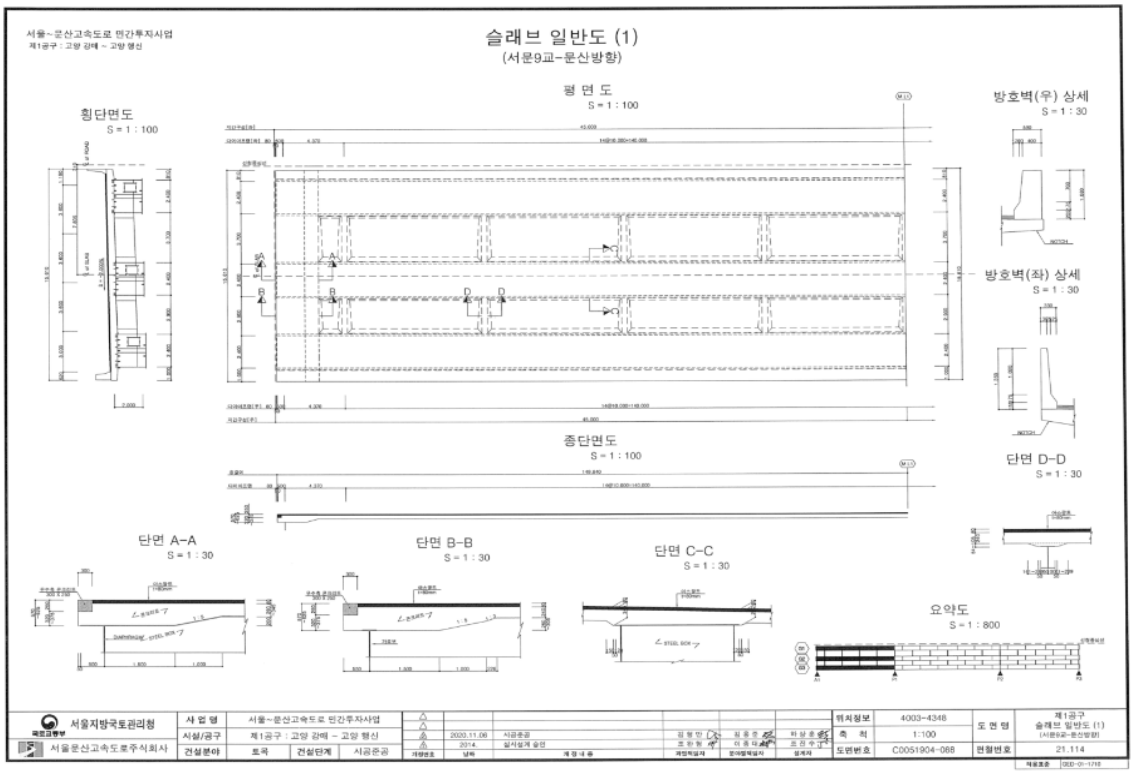
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

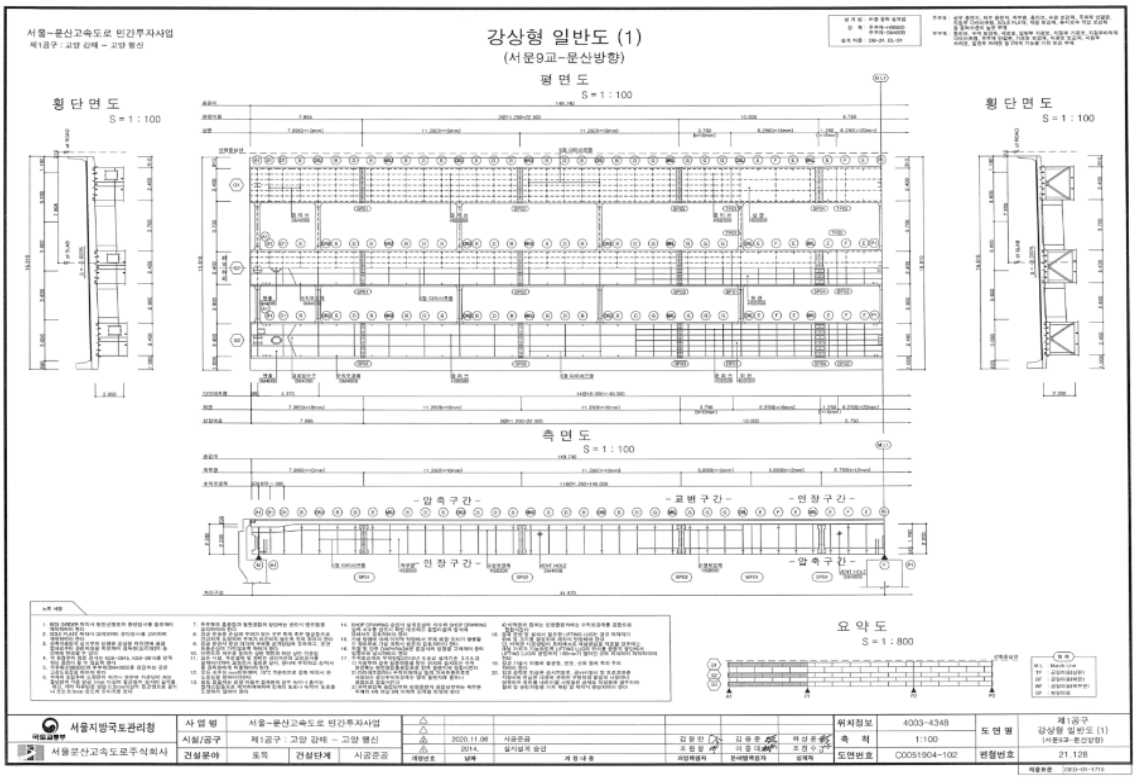
【그림 10.1.2】 부재별 현황

10.1.3 시설물 일반도

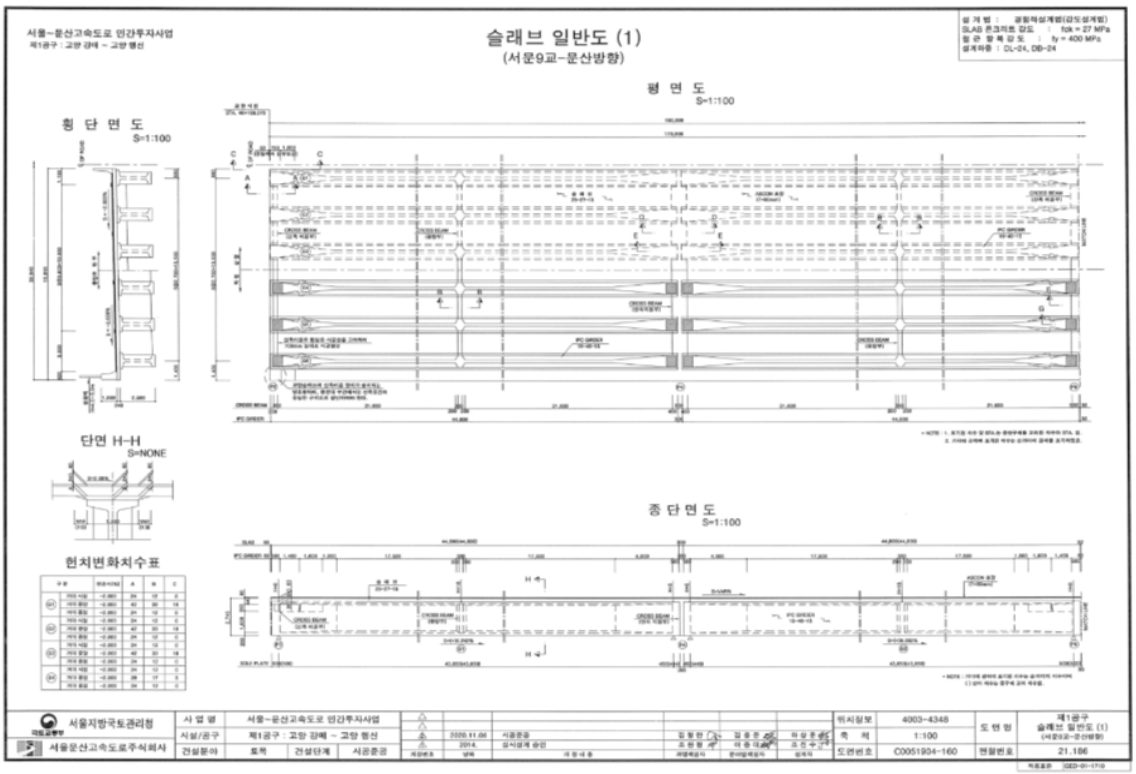


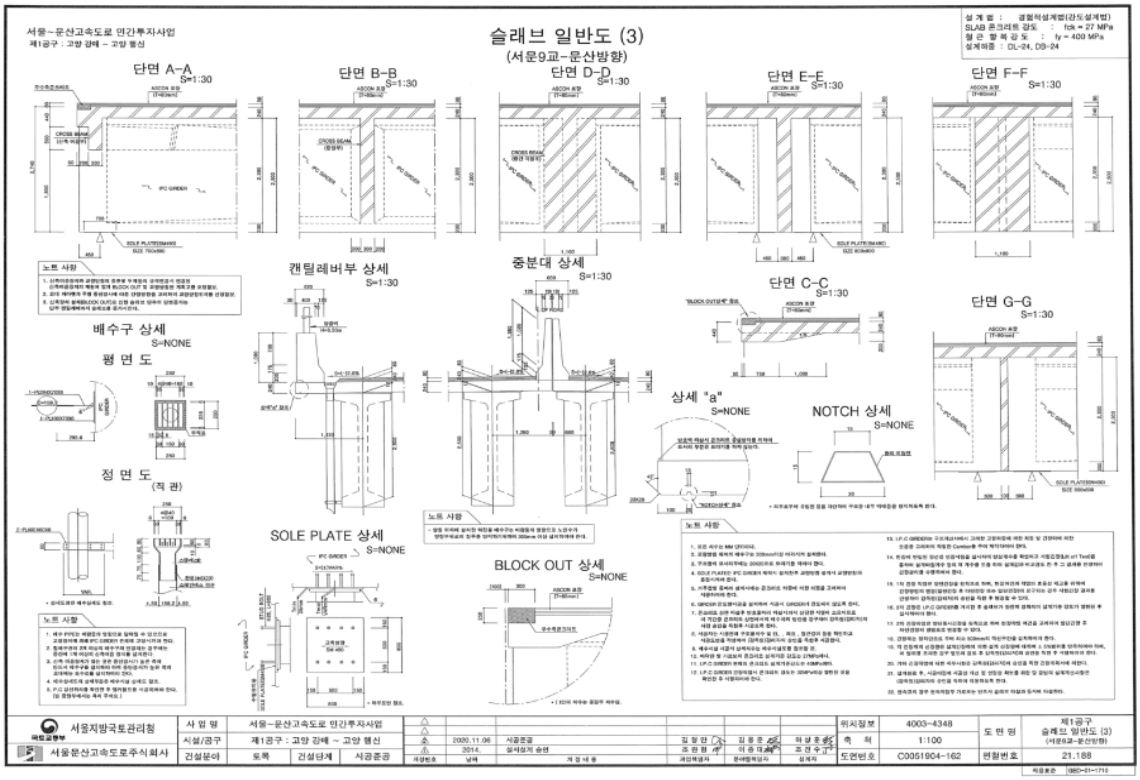
【그림 10.1.3】 평면 및 종단면도



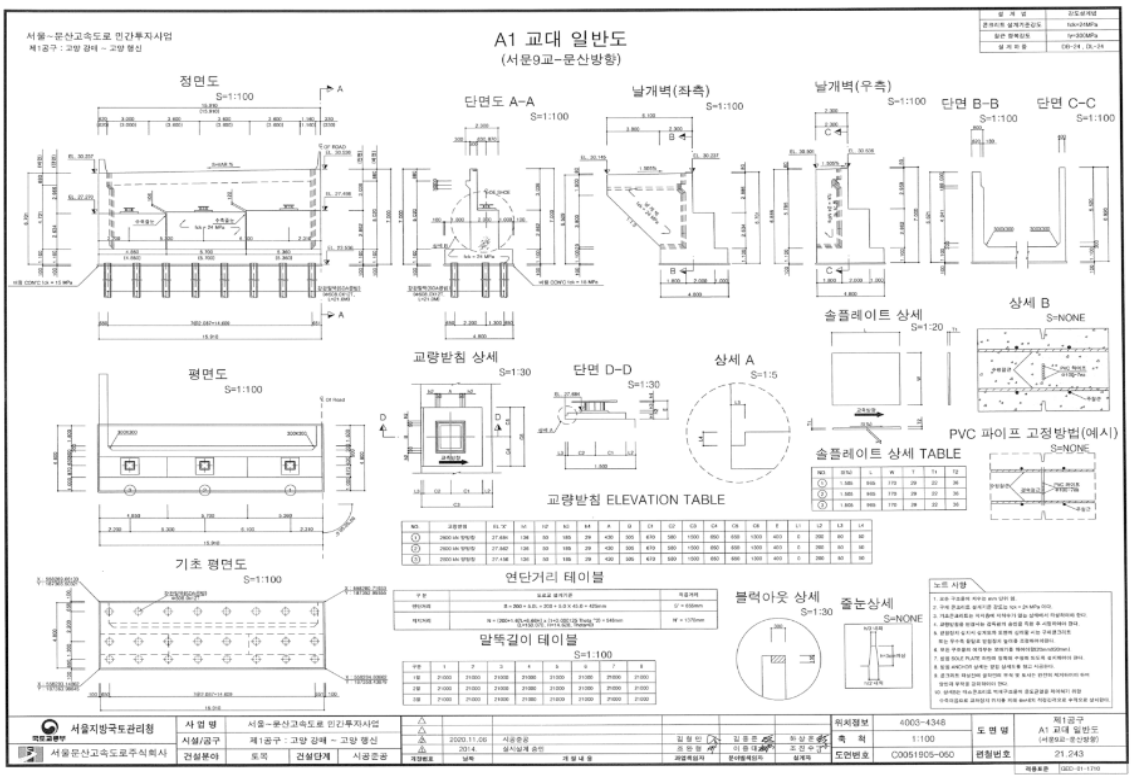


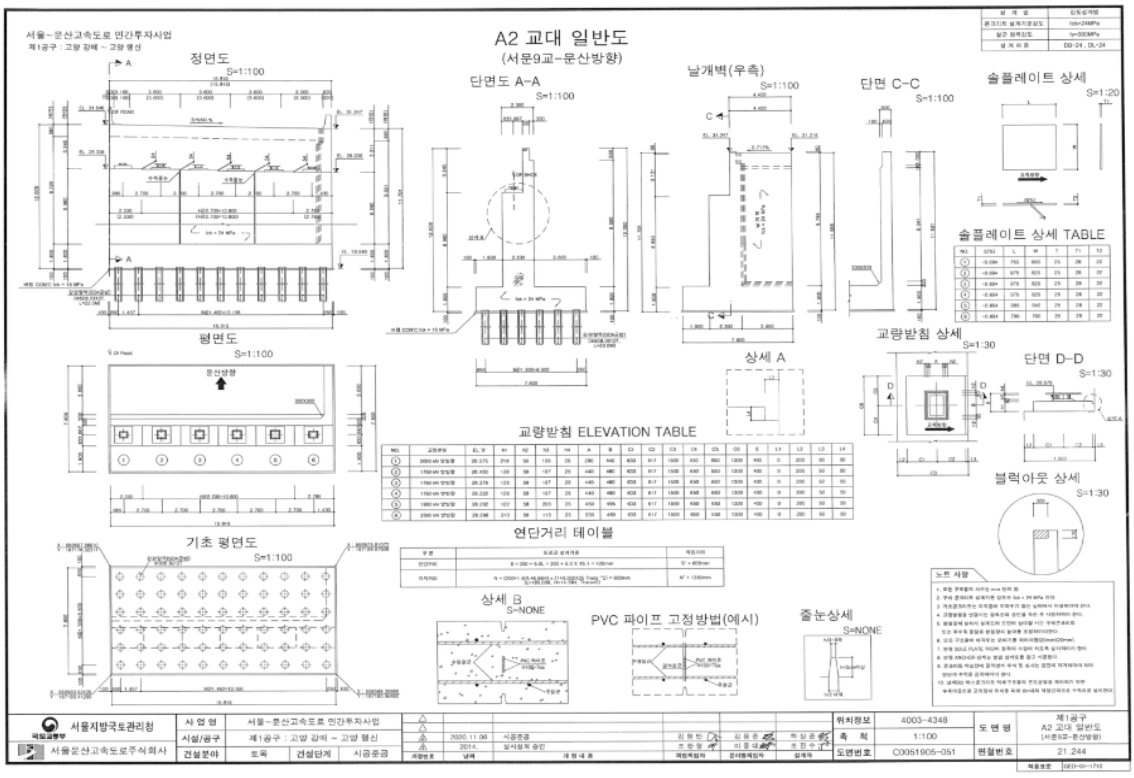
【그림 10.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도



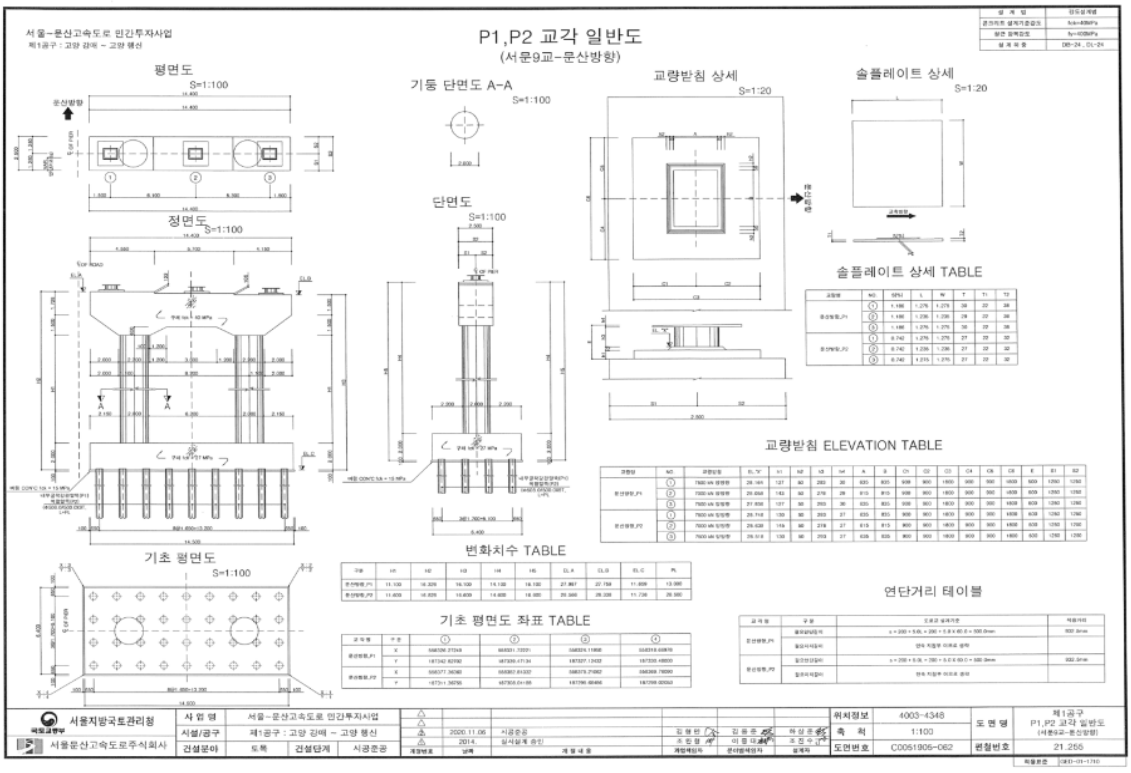


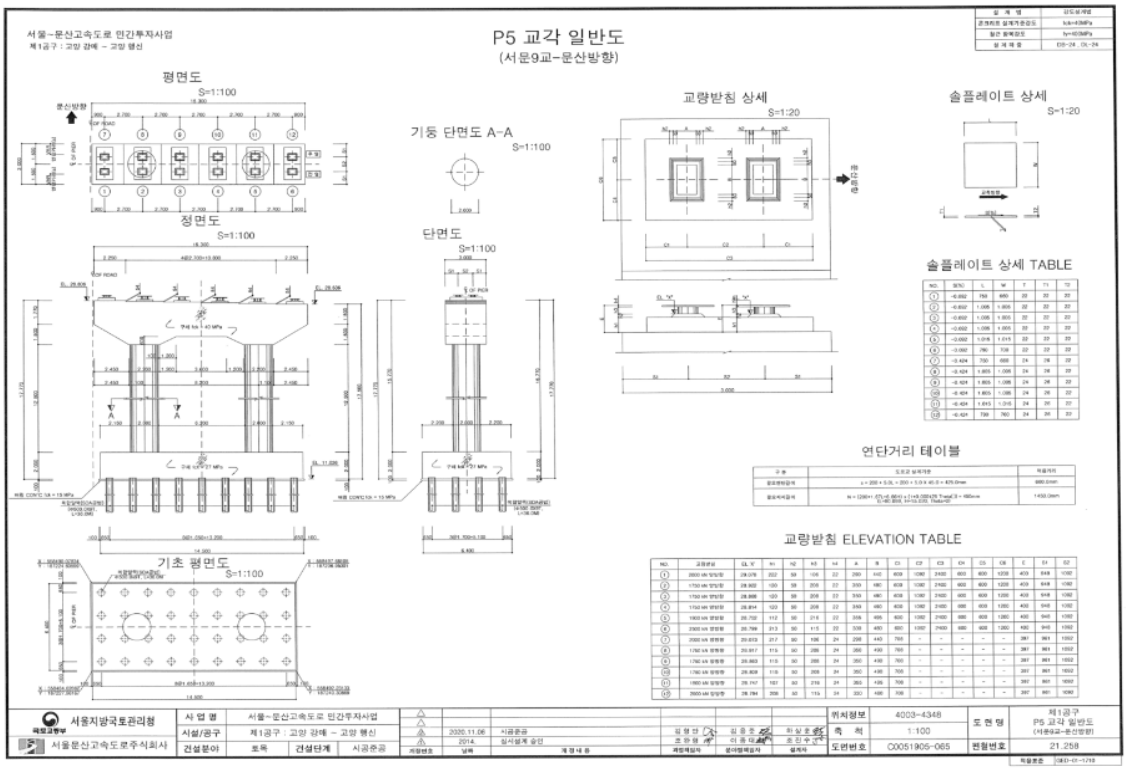
【그림 10.1.5】 바닥판하면 일반도



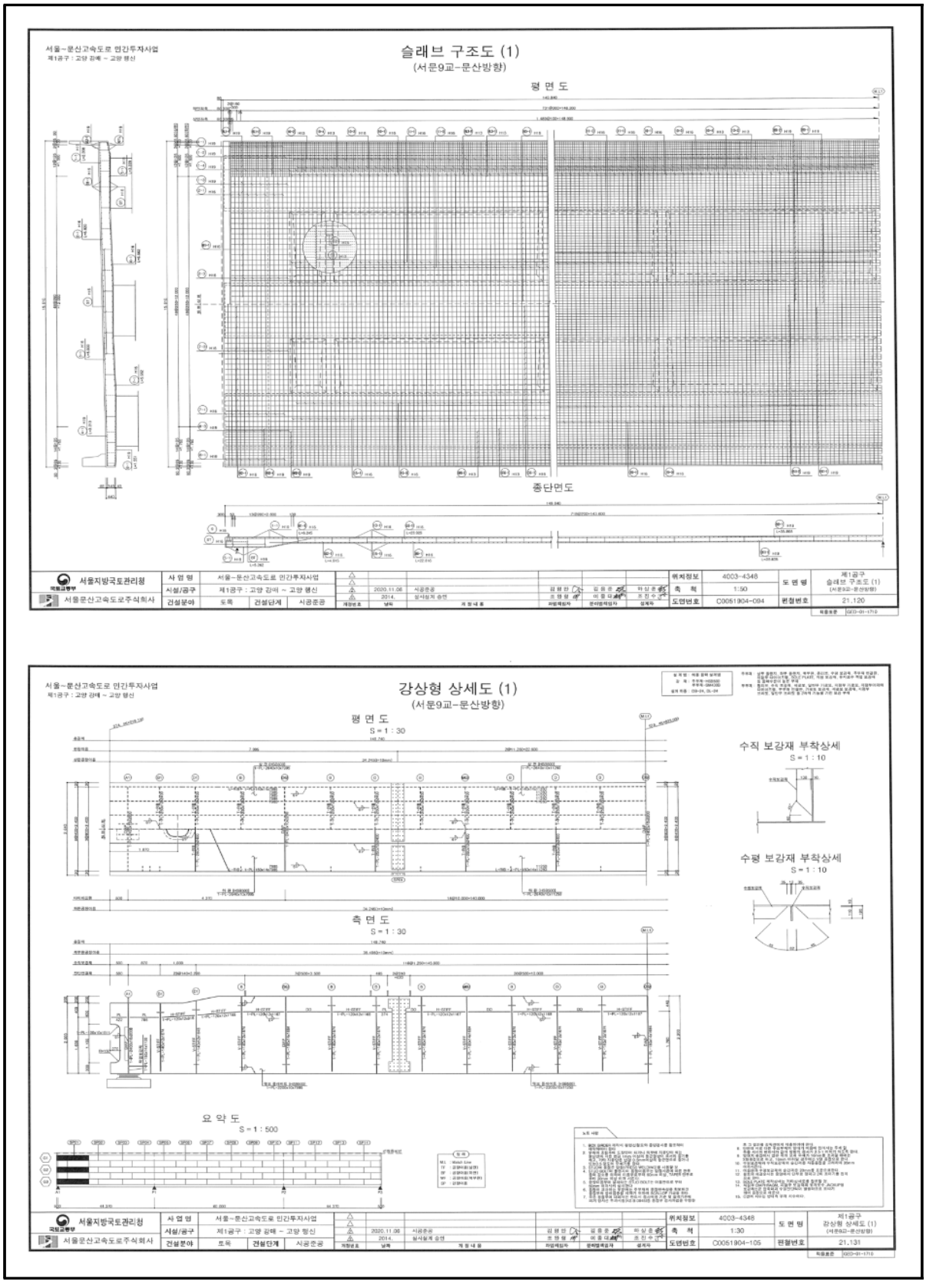


【그림 10.1.6】 교대 일반도

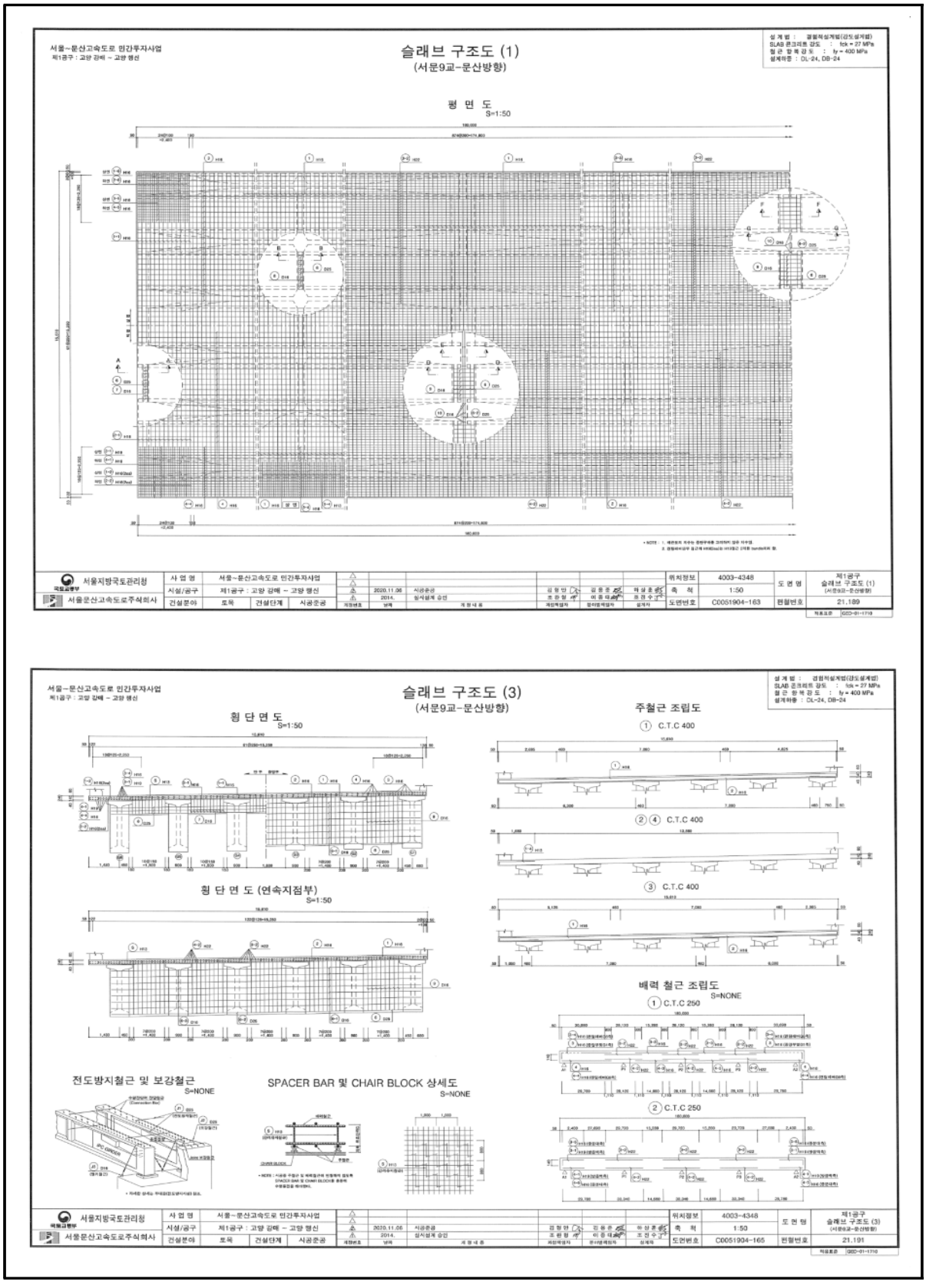




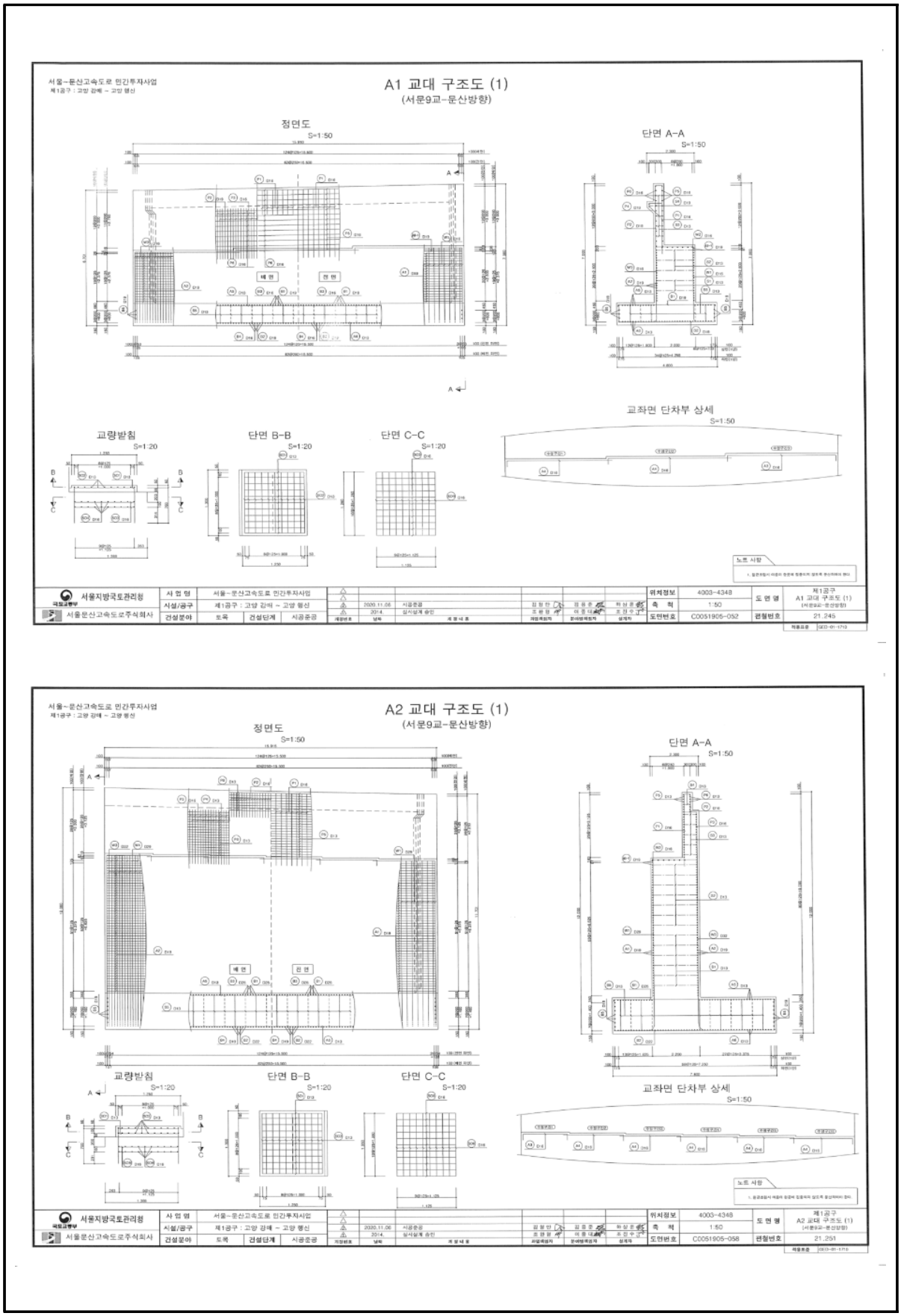
【그림 10.1.7】 교각 일반도



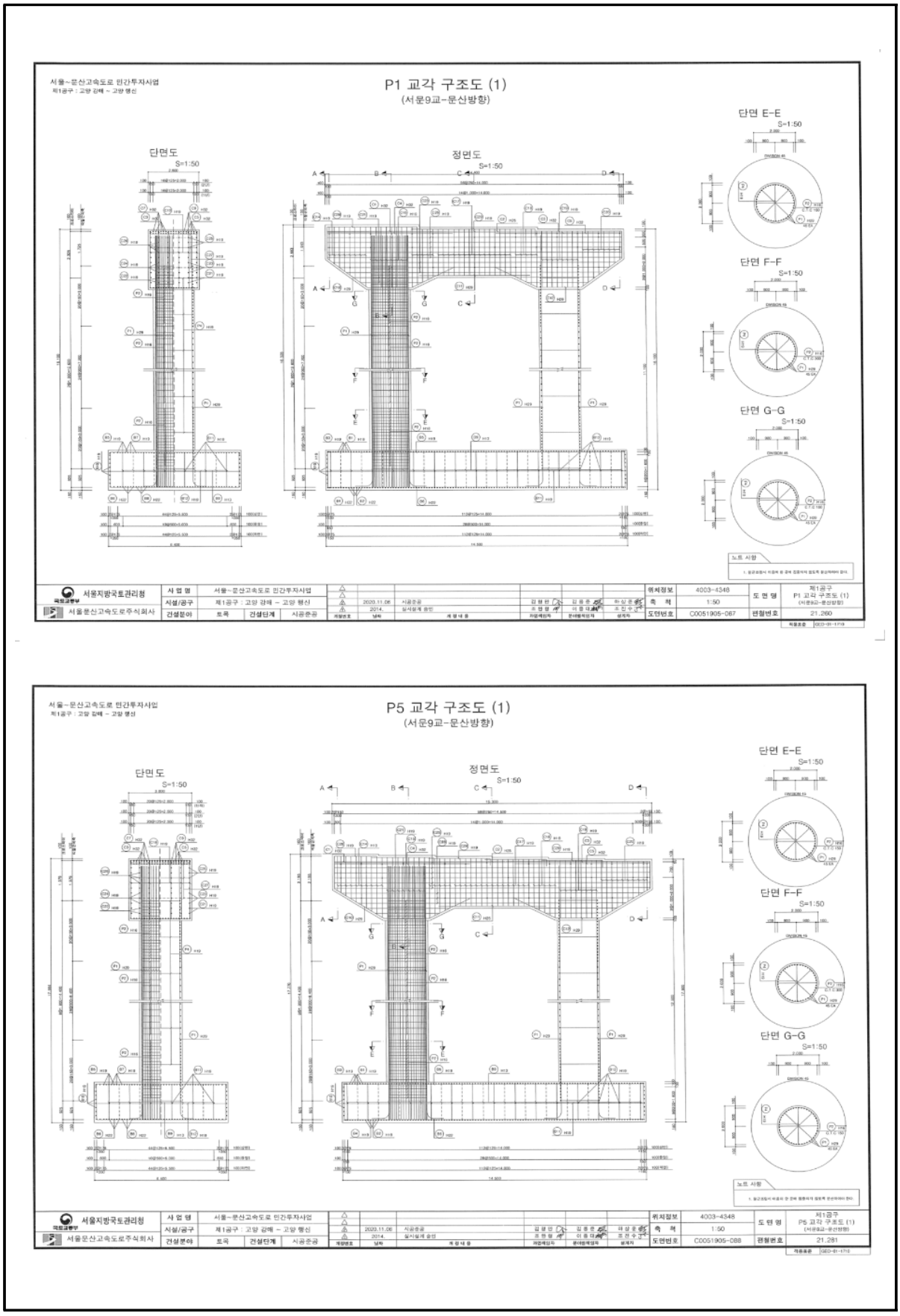
【그림 10.1.8】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도



【그림 10.1.8】 바닥판하면 구조도



【그림 10.1.9】 교대 구조도



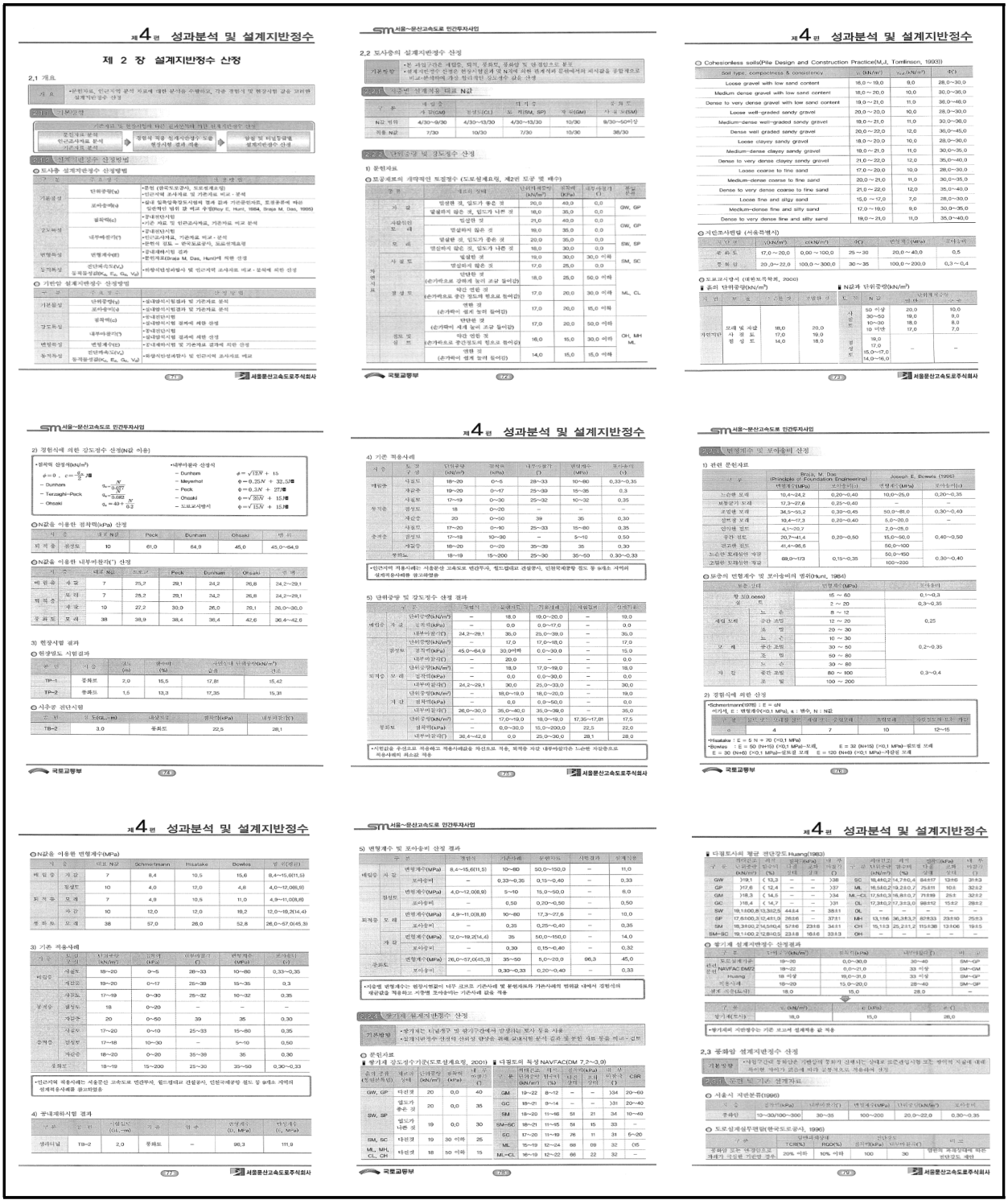
【그림 10.1.10】 교각 구조도

10.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

10.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	-
	2001	20	30	35	-
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범위		19.5~21	10~30	30~36	-

○ 기존 적용사례

구분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0.30~0.31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공번	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31.1	31.4	156.1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	-	19.5~22.0	20.0~22.0	-	20.0
포아송비(v)	-	0.20~0.45	0.30~0.31	-	0.30

○ 전단강도 및 변형계수

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	-	10.0~300	20~50	31.1	30.0
내부마찰각(°)	) 39.5	30.0~36.0	30~33	31.4	31.0
변형계수(MPa)	-	200	50.0~350.0	156.1	150.0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 선정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○ 도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암석종류(강도)	암반과 쇄상태 (NX 규격 시추조사시)		암반의 강도정수	
	T.C.R(%)	R.Q.D(%)	φ (°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~30%	10~25%	33°	130
	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○ 서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반명	단위중량 γt (kN/m³)	내부마찰각 φ (°)	변형계수 E_s (MPa)	포아송비 υ
연암	23~25	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0.25
경암	25~27	35~45	1,000~4,000	0.20

2) 기존 적용사례

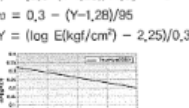
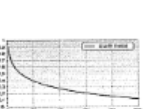
구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	I등급	27	4,200	44~45	18,000	0.21
	II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0.22
	III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0.24
	IV등급	24	800~900	34	1,000	0.25
	V등급	23	400	33	500	0.26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

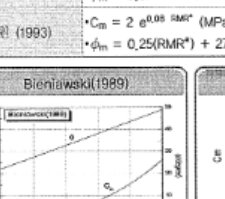
○ 제안자별 경험식

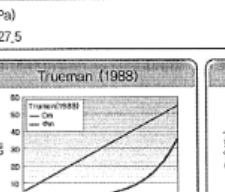
▮ 단위중량 및 포아송비

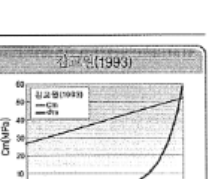
구분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산정식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y-1.28)/14.3] × 10 υ = 0.3 − (Y-1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35 	υ = −0.17 Ln(RMR')+0.9 

▮ 점착력 및 내부마찰각

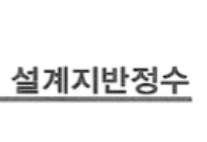
점착력 경험식	관계경험식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346 \times 10^{-5}RMR^2$ •$\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031\ RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0.25\ e^{0.05\ RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2\ e^{0.08\ RMR^*}$ (MPa) •$\phi_m = 0.25(RMR^*) + 27.5$







▮ 변형계수

변형계수 경험식	관계경험식	적용내용
•Bieniawski (1978)	E_m = 2RMR−100(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\ e^{0.07RMR^*}$(GPa) − RMR* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\ RMR^{3.54}$ (MPa)	
•Mohammad (1997)	E_m = 0.562 RMR + 0.183 (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	단위중량(kN/m³) 김교원 (1993)	포아송비(v) Tsuchiya (1984)	포아송비(v) 김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	26.3	-	0.21	0.15
	II등급	64	25.5	-	0.22	0.19
	III등급	53	24.8	-	0.23	0.22
	IV등급	36	23.8	-	0.24	0.29
	V등급	10	22.1	-	0.27	0.49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	V등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Sarafim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,800	13,100	12,300
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	-

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구분	공번	시험심도 (GL.−m)	지층	암종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11.0	연암	화강암질 편마암	IV	980.3	1,166.2
	TB-3	17.0	연암	화강암질 편마암	IV	598.9	908.3

○ 실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	탄성파속도(m/s) S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	IV	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	III	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	III	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	III	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	III	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	III	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	IV	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	III	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구분	지층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적용	포아송비(v) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	27	26.3	-	27.0	0.21	0.15~0.21	-	0.21
	II등급	26	25.5	-	26.0	0.22	0.19~0.22	-	0.22
	III등급	25	24.8	26.65~26.90	25.0	0.24	0.22~0.23	0.16~0.19	0.24
	IV등급	24	23.8	27.08~28.93	24.0	0.25	0.24~0.29	0.16~0.21	0.25
	V등급	23	22.1	-	23.0	0.26	0.27~0.49	-	0.26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구분	지층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구분	지층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	-	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	-	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	-	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	-	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암석명	기본마찰각(ϕ_b)	암석명	기본마찰각(ϕ_b)
각섬암	32	화강암 (조립질)	31~35
현무암	31~38	석회암	33~40
역암	35	편암	31
백악	30	사암	25~35
백운암	27~31	셰일	27
편마암 (편암질)	23~29	미사암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점판암	25~30

주) 좌측 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암석명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비고
점착력이 없는 물질	발파 / 과쇄 암석	현무암 백악 화강암 석회암 사암 셰일	40.0 ~ 50.0 30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0 35.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 35.0	-	-
점착력이 있는 물질	암석	견고한 화성암 변성암 견고한 퇴적암 연약한 퇴적암	35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 25.0 ~ 35.0	35.7 ~ 56.1 20.4 ~ 40.8 10.2 ~ 30.6 1.0 ~ 20.4	(화강암, 현무암, 반암) (규암, 편마암, 점판암) (석회암, 백운석, 사암) (사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암석명	설명	최대강도 c'(kPa)	최대강도 φ (°)	잔류강도 c'(kPa)	잔류강도 φ (°)	시험자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240.0	42.0	-	-	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15.0 90.0~120.0 60.0~100.0	7.5 12.0~17.0 9.0~13.0	-	-	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0.0~270.0	8.5~29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0.0~180.0	12.0~18.5	0.0~3.0	10.5~16.0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60.0	32.0	-	-	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	-	-	0.0	19.0~25.0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
협탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0~13.0	16.0	0.0	11.0~11.5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화상 섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0.0	26.5	-	-	Brawner[116]
화강암 /편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 약화됨, 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0.0~100.0 50.0~242.0	24.0~25.0 40.0~42.0	-	-	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	-	-	0.0	21.0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0~200.0	13.0~14.0 17.0~21.0	0.0	13.0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80.0 100.0	38.0 10.0	-	-	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0~24.0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14.0~30.0	15.0~17.5	-	-	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360.0 16.0~20.0	14.0 7.5~11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30.0~80.0 610.0~740.0 380.0	32.0 41.0 31.0	-	-	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50.0	33.0	-	-	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42.0~90.0	36.0~38.0	-	-	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구분	현무암	역암	편마암	화강암	사암	셰일
마찰각(°)	31.0 ~ 38.0	35.0	23.0 ~ 29.0	29.0 ~ 35.0	25.0 ~ 35.0	27.0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C. Wyllie, 1992)

구분	암종	내부마찰각(°)	비고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20.0 ~ 27.0	-
Medium-friction Rocks	27.0 ~ 34.0	-	-
사암, 백악, 편마암, 슬레이트	-	-	-

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구분	공번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	-	47.0~59.0	47.0	-	34.7~39.1	34.0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음
•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76 \times N^{0.33}$ • Imai(1982) $V_s = 97.0 \times N^{0.314}$
•Okamoto(1989) $V_s = 125 \times N^{0.3}$ • Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84 \times N^{0.31}$
− 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$
− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$
− 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1 - 2\nu_d)$ 여기서, ρ= γt/g , γt=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구분		하향식탄성파 V_p(m/s)	하향식탄성파 V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비고
매립층		-	-	144.4~224.1	180	-
퇴적층	점토	-	-	162.5~249.4	200	-
	모래	-	-	144.4~224.1	170	-
	자갈	-	-	162.5~249.4	190	-
풍화토		919~984	375~408	252.4~372.3	392	-
풍화암		1,103~1,185	511~577	276.4~404.2	544	-
연암		1,786~1,881	927~980	-	954	4등급
경암		2,168~2,323	1,192~1,277	-	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

분석결과	•내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용



제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
	일반	
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
	일반	
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
	일반	
균열 간격이 없을때	불투수성	1.0×10^{-9} 이상
	일반	

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

89 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
쌓기재	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

2.7.3 물안속체 설계지반정수

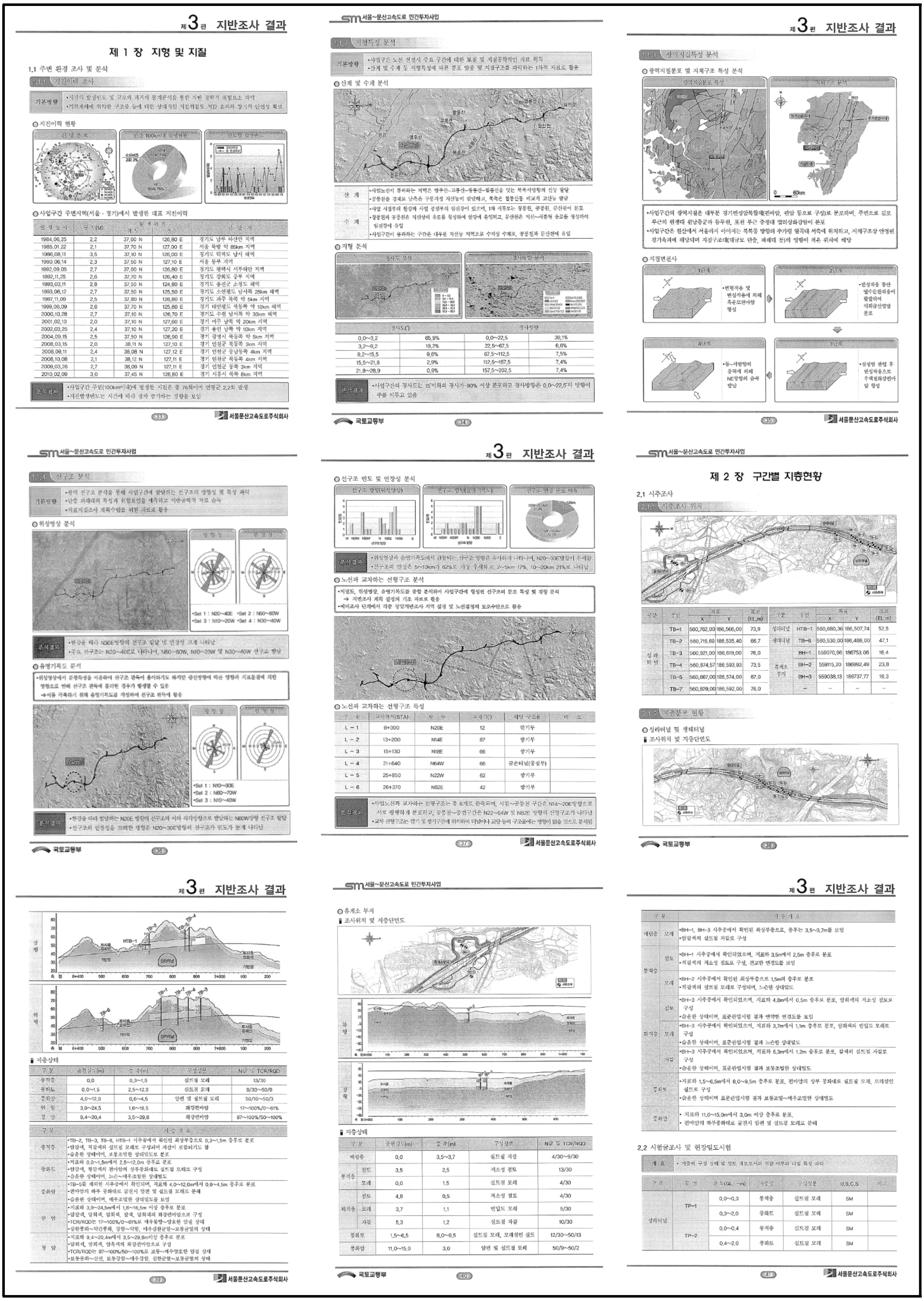
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	v_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부 90

나. 지반 및 지질 조사보고서



제3편 지반조사 결과

제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

○지진이력 현황

진앙분포 / 반경 100km내 발생현황 / 연도별 발생빈도

○사업구간 주변지역(서울 · 경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

33 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석

산계	•사업노선이 통과하는 지역은 영주산-고봉산-왕룡산-월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 저산상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 저산~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석

경사도 분석 / 경사방향 분석

경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부 34

제3편 지반조사 결과

1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석

광역지질분포 특성 / 지체구조 분석

•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 염리상화강암이 분포
•사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사

1단계: •변형작용 및 변성작용에 의해 흑운모편마암 형성
2단계: •변성작용 동안 열수순환작용이 활발하여 석회규산염암 분포
3단계: •심성암 관입 후 변성작용으로 우백질화강편마암 형성
4단계: •동-서방향의 응력에 의해 NE방향의 습곡 발달

35 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

○위성영상 분석

방향성 / 연장성

•Set 1 : N20~40E •Set 2 : N50~60W
•Set 3 : N10~20W •Set 4 : N30~40W

분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

방향성 / 연장성

•Set 1 : N10~30E
•Set 2 : N60~70W
•Set 3 : N10~40W

분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부 36

제3편 지반조사 결과

○선구조 빈도 및 연장성 분석

선구조 방향(위성영상) / 선구조 방향(음영기복도) / 선구조 연장 분포 비율

분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용

○노선과 교차하는 선형구조 특성

구분	교차위치(STA)	방향	교차각(°)	해당 구조물	비고
L－1	6+300	N20E	12	깎기부	
L－2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L－3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L－4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L－5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L－6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 관측되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

37 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
성라터널	TB－1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB－1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB－2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB－6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB－3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소 부지	BH－1	559070.96	186753.06	16.4
	TB－4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH－2	559115.20	186992.49	23.8
	TB－5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH－3	559038.13	186737.77	16.3
	TB－7	560,829.00	186,592.00	76.0		－	－	－	－

2.1.2 지층분포 현황

○성라터널 및 생태터널

▮조사위치 및 지층단면도

국토교통부 38

제3편 지반조사 결과

상행 / 하행 (지층단면도: 토사층, 풍화암, 기반암, 성라터널)

▮지층상태

구분	출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

구분	지층개요
붕적층	•TB－2, TB－3, TB－6, HTB－1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB－5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▮조사위치 및 지층단면도

하행 / 상행

▮지층상태

구분		출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부 40

제3편 지반조사 결과

구분		지층개요
매립층	모래	•BH－1, BH－3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH－1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
	모래	•BH－2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH－3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
	모래	•BH－3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
	자갈	•BH－3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포. • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구분	공번	심도(GL. －m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP－1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
	TP－2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41 서울문산고속도로주식회사

◎ 현장밀도시험 결과

구 분	공 번	심 도 (GL, -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
성라터널	TP-1	2.0	풍화토	17.81	15.42	14.18	12.28	1.256
	TP-2	1.5	풍화토	17.35	15.31	13.62	12.02	1.274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17.35~17.81kN/m³, 건조단위중량 : 15.31~15.42kN/m³ •L값 : 1.256~1.274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

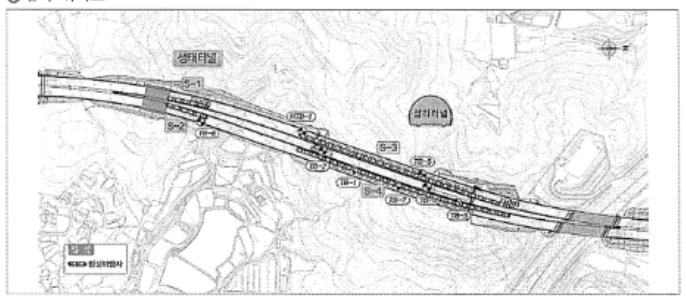
구 분	지 층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	-
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토사구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

제 3 장 물리탐사

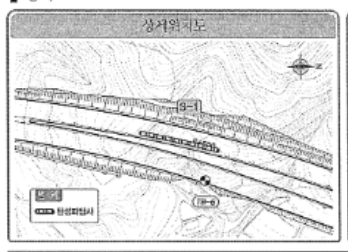
3.1 굴절법탄성파탐사

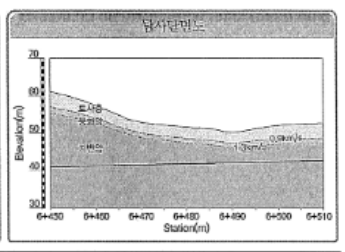
◎ 탐사 위치도



◎ 탐사 결과

▮ S-1

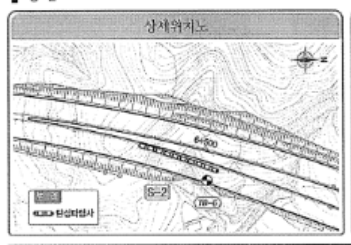


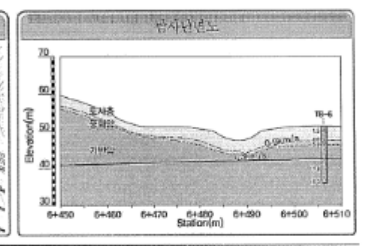


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL.-4.71 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 풍화암층의 두께는 1.13~1.68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.03~5.61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 풍화암층의 평균 두께는 1.36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.71m로 분석되었음

▮ S-2

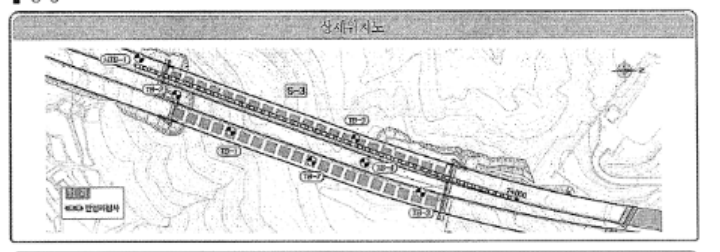


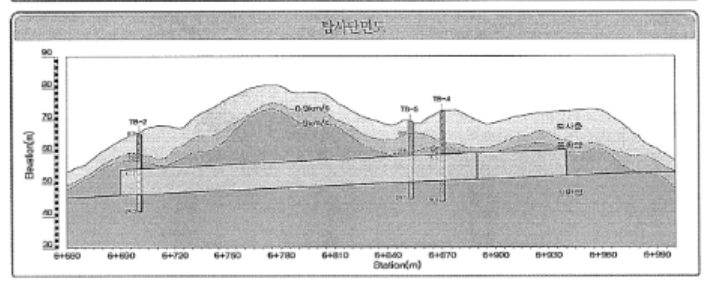


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.16	0.92	GL.-4.09 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.29~4.03m, 풍화암층의 두께는 0.52~1.20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2.81~5.21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3.16m, 풍화암층의 평균 두께는 0.92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.09m로 분석되었음

▮ S-3

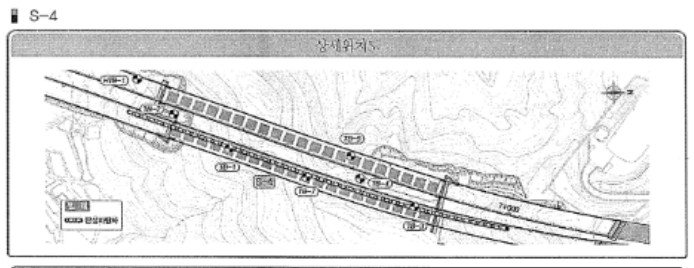


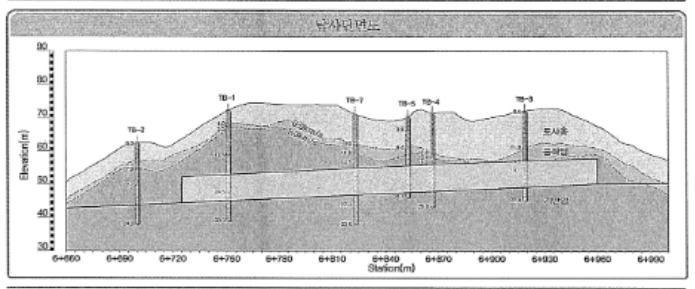


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6.67	2.93	GL.-9.60 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.78~10.86m, 풍화암층의 두께는 0.95~5.92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.45~13.60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6.67m, 풍화암층의 평균 두께는 2.93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9.60m로 분석되었음

▮ S-4





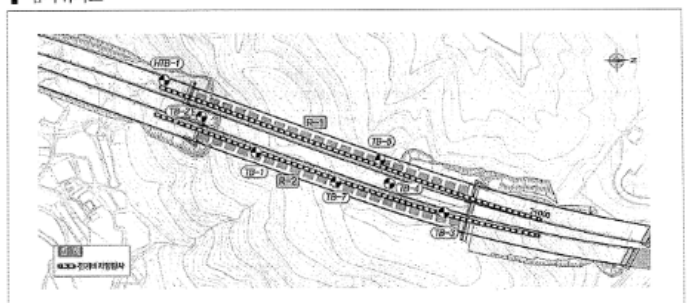
구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7.80	2.32	GL.-10.11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.98~13.49m, 풍화암층의 두께는 0.61~5.28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5.64~15.54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7.80m, 풍화암층의 평균 두께는 2.32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10.11m로 분석되었음

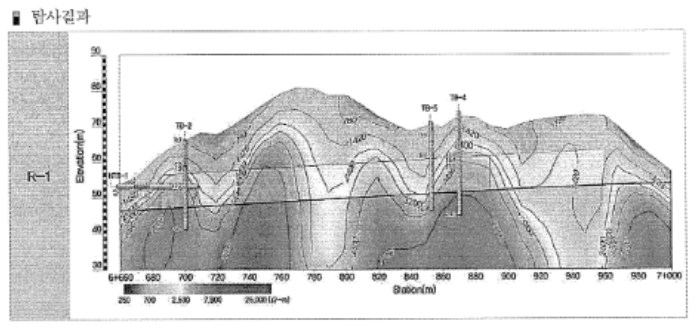
3.2 전기비저항탐사

◎ 성라터널 서울방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과

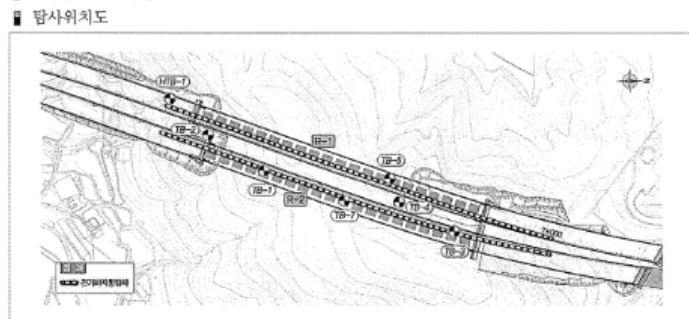


▮ 분석결과

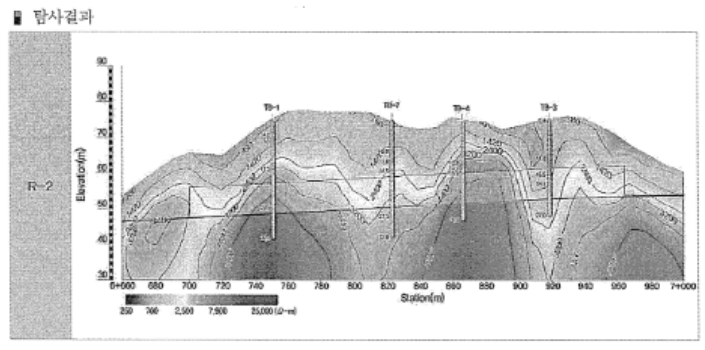
•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

◎ 성라터널 문산방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과



▮ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-Ⅱ, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

◎ 시험결과

구분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2.0	풍화토	-	96.3	111.9
	TB-2	11.0	연 암	화강편마암	980.3	1,166.2
	TB-3	13.0	풍화암	-	156.1	231.1
	TB-3	17.0	연 암	화강편마암	598.9	908.3

◎ 결과분석

구분	변형계수(D,MPa) 풍화토	변형계수(D,MPa) 풍화암	변형계수(D,MPa) 연 암	탄성계수(E,MPa) 풍화토	탄성계수(E,MPa) 풍화암	탄성계수(E,MPa) 연 암
성라터널	96.3	156.1	598.9~980.3	111.9	231.1	908.3~1,166.2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96.3MPa, 풍화암은 156.1MPa,연암은 598.9~980.3MPa에 해당하나 영암상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 원지반 점착력(C)과 내부마찰각(∅) 측정

◎ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3.0	풍화토	22.5	28.1
	TB-3	12.0	풍화암	31.1	31.4

◎ 결과분석

구분	점착력(c, kPa) 풍화토	점착력(c, kPa) 풍화암	마찰각(∅, °) 풍화토	마찰각(∅, °) 풍화암
성라터널	22.5	31.1	28.1	31.4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22.5kPa, 풍화암 31.1kPa로 산정되며, 마찰각(∅)은 풍화토 28.1°, 풍화암 31.4°로 나타남

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

◎ 터널구간

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
TB-1	7.4	66.5	TB-4	15.5	58.0	TB-7	17.6	58.4
TB-2	6.1	60.6	TB-5	6.8	60.2	-	-	-
TB-3	17.0	59.0	TB-6	3.6	43.5	-	-	-

◎ 기타구간(휴게소 부지)

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
BH-1	3.2	13.2	BH-2	6.6	17.2	BH-3	3.5	12.8

◎ 결과분석

구 분	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
터널구간	3.6~17.6	43.5~66.5
기타구간 (휴게소 부지)	3.2~6.6	12.8~17.2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3.6~17.6m, 기타구간 : GL.- 3.2~6.6m 범위로 분포

4.2.2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

◎ 시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL.-m)	지 층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	1.95×10^{-4}	7.4
	TB-2	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	3.08×10^{-4}	6.1
	TB-3	12.0 ~ 13.0	풍화암	-	4.53×10^{-5}	17.0
	TB-4	8.0 ~ 9.0	풍화토	SM	2.07×10^{-4}	15.5

◎ 결과분석

구 분	풍 화 토	풍 화 암
성라터널	1.96×10^{-4} ~ 3.08×10^{-4}cm/s	4.53×10^{-5}cm/s

4.2.3 수압시험

개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 계수를 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

◎ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7.0 ~ 12.0	연 암	3.06×10^{-6}	0.11	Dilation
	TB - 2	16.0 ~ 21.0	경 암	1.28×10^{-6}	0.08	Dilation
	TB - 3	20.0 ~ 25.0	경 암	2.49×10^{-6}	0.04	Dilation
	TB - 6	6.0 ~ 11.0	연 암	4.76×10^{-6}	0.14	Dilation

◎ 결과분석

구 분	투수계수(cm/s) 연 암	투수계수(cm/s) 경 암	평균 Lugeon 연 암	평균 Lugeon 경 암
성라터널	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	0.11~0.14	0.04~0.08

4.3 불연속면특성 분석

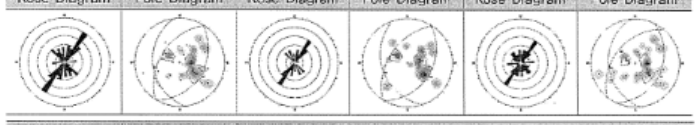
4.3.1 공내영상촬영

개 요	•암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악 •불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

○ 시험결과

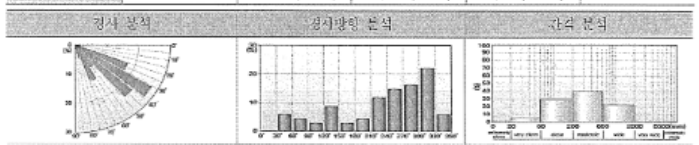
TB-1

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



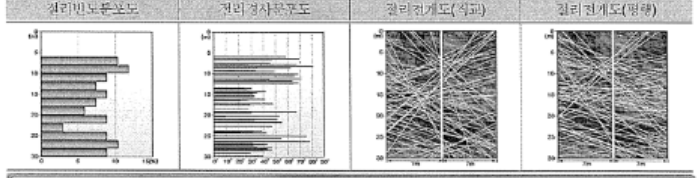
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-1	전체절리	43/303(59.55)	28/263(85.24)	33/121(94.80)	68
	파쇄절리	45/303(61.08)	31/251(39.28)	33/121(53.08)	27
	미세절리	39/310(63.64)	28/264(71.60)	28/116(58.46)	41

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세 / •300~330°방향성 우세 / •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

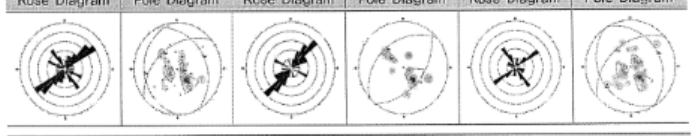
절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(직교) / 절리전개도(평행)



•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 아크릴관 밖에 슬러지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

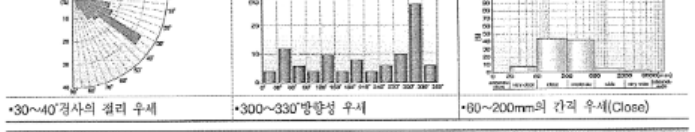
TB-2

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



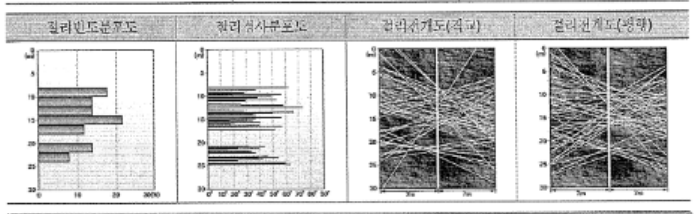
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-2	전체절리	38/321(77.54)	23/63(56.42)	15/266(79.84)	51
	파쇄절리	30/320(38.49)	43/129(38.81)	–	18
	미세절리	38/320(58.01)	22/61(51.90)	20/235(72.36)	33

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세 / •300~330°방향성 우세 / •60~200mm의 간격 우세(Close)

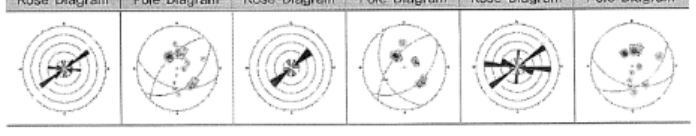
절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(직교) / 절리전개도(평행)



•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

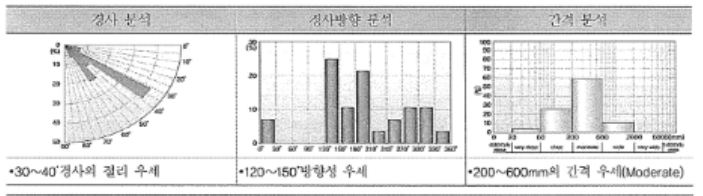
TB-3

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



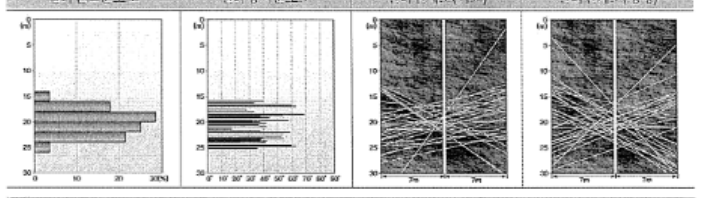
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-3	전체절리	38/145(176.3)	41/193(80.35)	56/313(71.51)	28
	파쇄절리	37/143(119.93)	55/310(55.92)	33/243(173.7)	11
	미세절리	41/193(64.42)	39/148(419.8)	–	17

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세 / •120~150°방향성 우세 / •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

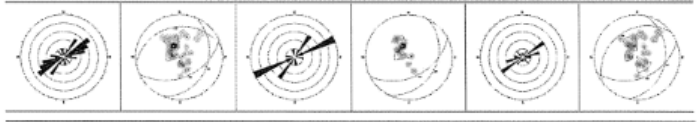
절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(직교) / 절리전개도(평행)



•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

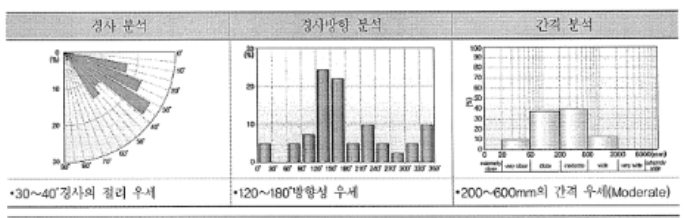
TB-4

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



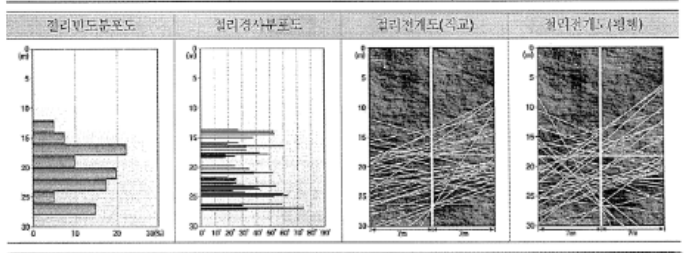
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-4	전체절리	39/156(48.01)	23/111(69.14)	19/349(359.3)	41
	파쇄절리	40/153(50.83)	24/117(52.12)	–	14
	미세절리	37/158(42.76)	23/325(46.83)	23/102(111.7)	27

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세 / •120~180°방향성 우세 / •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(직교) / 절리전개도(평행)



•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요	•기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 점착력과 마찰각 산정 → 불연속체 해석물성치 산정시 기초 자료로 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과	•터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요	•측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_d, K_d)산정 •동포아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

○ 시험결과

TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	927	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,168	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

○ 전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 심도 (GL.–m)	EL.(m)	기표하 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (설계적용 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL.–7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL.–30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요	•시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행 •지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널 구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	붕적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타 구간 (휴게소)	BH-1	4.0	붕적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과	•실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 붕적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨 •함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 다짐 및 CBR시험

개 요	•쌓기재료로 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악 •쌓기재료에 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 쌓기재료 유용성 평가시 활용

○ 실시설계 시험결과

공 번		심 도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널 구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.26	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과	•건조단위중량은 A다짐:17.37~17.45kN/m³, D다짐:17.37~18.40kN/m³로 분석됨 •CBR는 12.0~12.8%(평균 12.4%)의 범위에 해당

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요	•시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정 •지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 시험결과

구분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

○ 지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과	•연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19 •경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

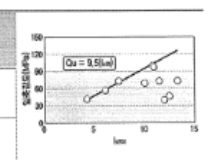
개 요	•암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index Is_{50}값을 산정

○ 시험결과

구분	공 번	심 도 (m)	지 층	$Is_{(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구분	공 번	심 도 (m)	지 층	$Is_{(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널 구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널 구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

○ 지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
$Is_{(50)}$(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3



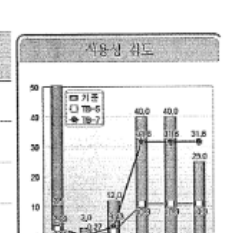
•관입구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.5(Is_{50})의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 본선발생암 유용성 검토

○ 시험결과 및 적용성 검토

시험종목	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

사용성 검토



•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 서문9교

(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)

(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교

(4) 교 량 연 장 : 45.000 + 60.000 + 45.070 = 150.070 m

(5) 교 량 폭 원 : B = 15.910 m

(6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 2.200 m

(7) 사 각(Skew) : 90.000 °

(8) 곡률반경(R) :

(9) 설 계 속 도 : 100.000 km/h

(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

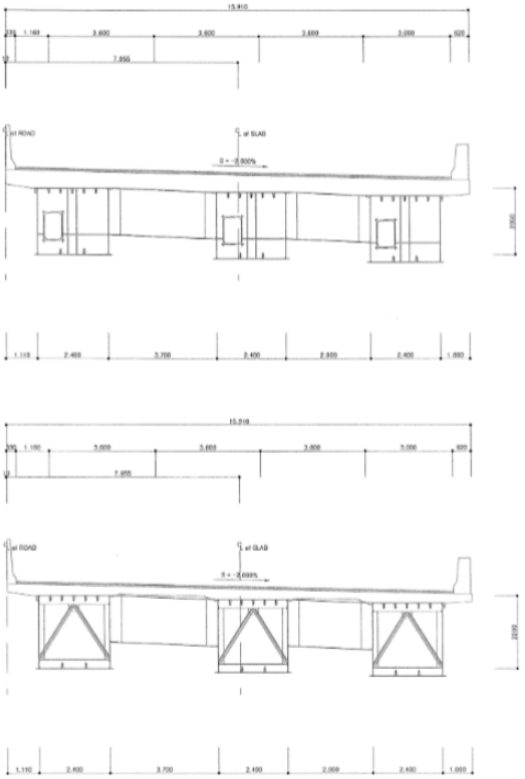
• 사 용 재 료

주 부 재	HSB500(상판, 하판, 복부판, 상부플리브, 하부플리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 슬플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부의 다이아프램, 수직보강재, 힘리브, 세로보, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_s)	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도,설,해 3.3.2.1)

응력 종류, 강 종 / 판두께(mm)		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM400Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

2. 단면가정



구조계산 CHECK LIST

4.단면별 응력검토결과

작용응력에 대한 허용응력 검토

< Girder - 1 >

구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	78.702	299.000	26	O.K	-53.349	230.000	23	O.K
단면 2	78.340	136.400	57	O.K	-158.563	230.000	69	O.K
단면 3	-69.223	230.000	30	O.K	112.698	246.560	46	O.K
단면 4	-210.145	230.000	91	O.K	212.733	230.000	92	O.K
SP 1	105.981	299.000	35	O.K	-103.383	230.000	45	O.K
SP 2	61.287	136.400	45	O.K	-133.376	230.000	58	O.K
SP 3	46.848	299.000	16	O.K	-38.762	230.000	17	O.K
SP 4	-148.783	230.000	65	O.K	185.187	246.560	75	O.K
SP 5	-146.147	230.000	64	O.K	186.560	246.560	76	O.K
SP 6	47.543	299.000	16	O.K	-43.549	230.000	19	O.K
SP 7	69.135	136.400	51	O.K	-144.640	230.000	63	O.K
SP 8	69.134	136.400	51	O.K	-144.642	230.000	63	O.K
SP 9	47.543	299.000	16	O.K	-43.555	230.000	19	O.K
SP 10	-146.146	230.000	64	O.K	186.558	246.560	76	O.K
SP 11	-148.786	230.000	65	O.K	185.191	246.560	75	O.K
SP 12	46.850	299.000	16	O.K	-38.771	230.000	17	O.K
SP 13	61.287	136.400	45	O.K	-133.378	230.000	58	O.K
SP 14	105.981	299.000	35	O.K	-103.383	230.000	45	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	45.486	135.000	34	O.K	0.183	15	0.167	14	O.K
단면 2	16.364	135.000	12	O.K	0.345	29	0.490	41	O.K
단면 3	55.346	135.000	41	O.K	0.259	22	0.377	31	O.K
단면 4	68.065	135.000	50	O.K	1.089	91	1.110	92	O.K
SP 1	29.882	135.000	22	O.K	0.175	15	0.251	21	O.K
SP 2	16.781	135.000	12	O.K	0.217	18	0.352	29	O.K
SP 3	41.242	135.000	31	O.K	0.118	10	0.122	10	O.K
SP 4	55.991	135.000	41	O.K	0.500	49	0.736	61	O.K
SP 5	59.050	135.000	44	O.K	0.595	50	0.764	64	O.K
SP 6	46.189	135.000	34	O.K	0.142	12	0.153	13	O.K
SP 7	23.007	135.000	17	O.K	0.286	24	0.425	35	O.K
SP 8	23.003	135.000	17	O.K	0.286	24	0.425	35	O.K
SP 9	46.188	135.000	34	O.K	0.142	12	0.153	13	O.K
SP 10	59.058	135.000	44	O.K	0.595	50	0.764	64	O.K
SP 11	56.003	135.000	41	O.K	0.591	49	0.736	61	O.K
SP 12	41.248	135.000	31	O.K	0.118	10	0.122	10	O.K
SP 13	16.785	135.000	12	O.K	0.217	18	0.352	29	O.K
SP 14	29.890	135.000	22	O.K	0.175	15	0.251	21	O.K

< Girder - 2 >

구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	79.211	299.000	26	O.K	-52.280	230.000	23	O.K
단면 2	77.447	136.400	57	O.K	-158.292	230.000	69	O.K
단면 3	-69.456	230.000	30	O.K	114.540	246.560	46	O.K
단면 4	-202.352	230.000	88	O.K	207.674	230.000	90	O.K
SP 1	48.270	136.400	35	O.K	-99.715	230.000	43	O.K
SP 2	60.625	136.400	44	O.K	-131.320	230.000	57	O.K
SP 3	47.052	299.000	16	O.K	-36.986	230.000	16	O.K
SP 4	-144.455	230.000	63	O.K	183.673	246.560	74	O.K
SP 5	-141.613	230.000	62	O.K	184.869	246.560	75	O.K
SP 6	47.711	299.000	16	O.K	-40.295	230.000	18	O.K
SP 7	68.494	136.400	50	O.K	-143.529	230.000	62	O.K
SP 8	68.494	136.400	50	O.K	-143.528	230.000	62	O.K
SP 9	47.711	299.000	16	O.K	-40.294	230.000	18	O.K
SP 10	-141.618	230.000	62	O.K	184.874	246.560	75	O.K
SP 11	-144.455	230.000	63	O.K	183.675	246.560	74	O.K
SP 12	47.051	299.000	16	O.K	-36.985	230.000	16	O.K
SP 13	60.625	136.400	44	O.K	-131.318	230.000	57	O.K
SP 14	48.269	136.400	35	O.K	-99.715	230.000	43	O.K

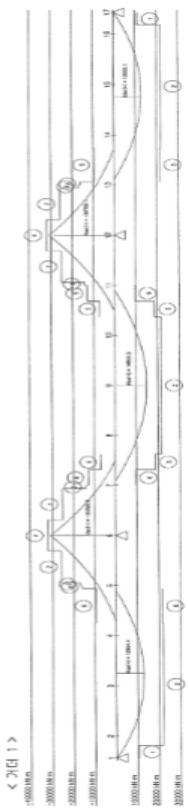
구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	49.534	135.000	37	O.K	0.205	17	0.186	16	O.K
단면 2	19.783	135.000	15	O.K	0.344	29	0.495	41	O.K
단면 3	54.563	135.000	40	O.K	0.255	21	0.379	32	O.K
단면 4	71.910	135.000	53	O.K	1.058	88	1.099	92	O.K
SP 1	35.595	135.000	26	O.K	0.195	16	0.257	21	O.K
SP 2	17.359	135.000	13	O.K	0.214	18	0.343	29	O.K
SP 3	44.545	135.000	33	O.K	0.134	11	0.135	11	O.K
SP 4	57.202	135.000	42	O.K	0.574	48	0.734	61	O.K
SP 5	61.855	135.000	46	O.K	0.589	49	0.772	64	O.K
SP 6	50.871	135.000	38	O.K	0.167	14	0.173	14	O.K
SP 7	26.680	135.000	20	O.K	0.291	24	0.428	36	O.K
SP 8	26.667	135.000	20	O.K	0.291	24	0.428	36	O.K
SP 9	50.865	135.000	38	O.K	0.167	14	0.173	14	O.K
SP 10	61.862	135.000	46	O.K	0.589	49	0.772	64	O.K
SP 11	57.218	135.000	42	O.K	0.574	48	0.735	61	O.K
SP 12	44.551	135.000	33	O.K	0.134	11	0.135	11	O.K
SP 13	17.354	135.000	13	O.K	0.214	18	0.343	29	O.K
SP 14	35.593	135.000	26	O.K	0.195	16	0.257	21	O.K

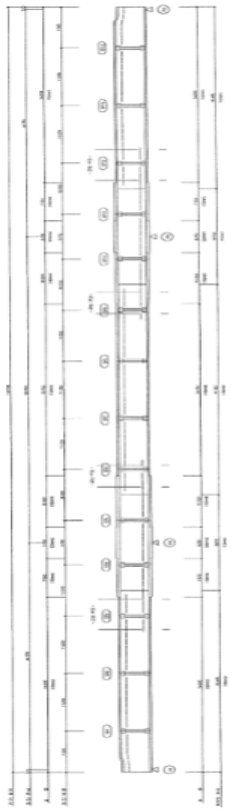
< Girder - 3 >

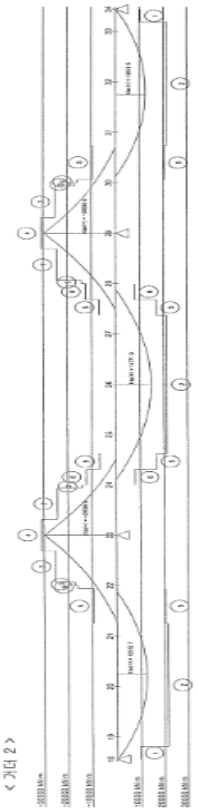
구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	77.373	299.000	26	O.K	-52.517	230.000	23	O.K
단면 2	76.883	136.400	56	O.K	-157.832	230.000	69	O.K
단면 3	-69.576	230.000	30	O.K	107.848	246.560	44	O.K
단면 4	-212.868	230.000	93	O.K	207.747	230.000	90	O.K
SP 1	104.787	299.000	35	O.K	-102.033	230.000	44	O.K
SP 2	59.471	136.400	44	O.K	-132.259	230.000	58	O.K
SP 3	45.142	299.000	15	O.K	-37.239	230.000	16	O.K
SP 4	-150.776	230.000	66	O.K	179.483	246.560	73	O.K
SP 5	-147.859	230.000	64	O.K	180.441	246.560	73	O.K
SP 6	45.646	299.000	15	O.K	-41.713	230.000	18	O.K
SP 7	67.427	136.400	49	O.K	-143.771	230.000	63	O.K
SP 8	67.427	136.400	49	O.K	-143.773	230.000	63	O.K
SP 9	45.647	299.000	15	O.K	-41.719	230.000	18	O.K
SP 10	-147.852	230.000	64	O.K	180.435	246.560	73	O.K
SP 11	-150.785	230.000	66	O.K	179.491	246.560	73	O.K
SP 12	45.142	299.000	15	O.K	-37.242	230.000	16	O.K
SP 13	59.470	136.400	44	O.K	-132.259	230.000	58	O.K
SP 14	104.787	299.000	35	O.K	-102.033	230.000	44	O.K

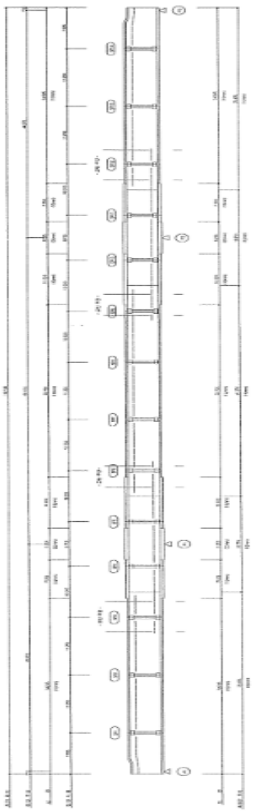
구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 단 면 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	50.302	135.000	37	O.K	0.206	17	0.191	16	O.K
단면 2	16.467	135.000	12	O.K	0.333	28	0.486	40	O.K
단면 3	57.587	135.000	43	O.K	0.273	23	0.373	31	O.K
단면 4	73.294	135.000	54	O.K	1.151	96	1.111	93	O.K
SP 1	33.135	135.000	25	O.K	0.183	15	0.257	21	O.K
SP 2	15.844	135.000	12	O.K	0.204	17	0.344	29	O.K
SP 3	43.517	135.000	32	O.K	0.127	11	0.130	11	O.K
SP 4	58.451	135.000	43	O.K	0.617	51	0.717	60	O.K
SP 5	63.107	135.000	47	O.K	0.632	53	0.754	63	O.K
SP 6	49.975	135.000	37	O.K	0.160	13	0.170	14	O.K
SP 7	23.815	135.000	18	O.K	0.275	23	0.422	35	O.K
SP 8	23.812	135.000	18	O.K	0.275	23	0.422	35	O.K
SP 9	49.973	135.000	37	O.K	0.160	13	0.170	14	O.K
SP 10	63.119	135.000	47	O.K	0.632	53	0.754	63	O.K
SP 11	58.471	135.000	43	O.K	0.617	51	0.718	60	O.K
SP 12	43.521	135.000	32	O.K	0.127	11	0.130	11	O.K
SP 13	15.852	135.000	12	O.K	0.204	17	0.344	29	O.K
SP 14	33.139	135.000	25	O.K	0.183	15	0.257	21	O.K

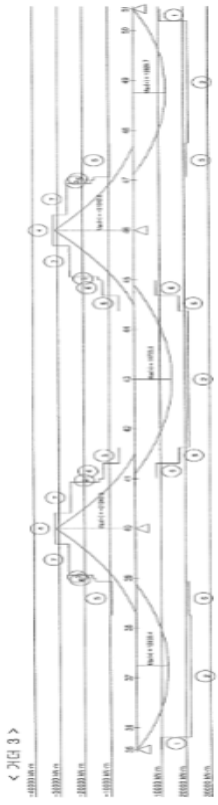
4.6 단면 위치도

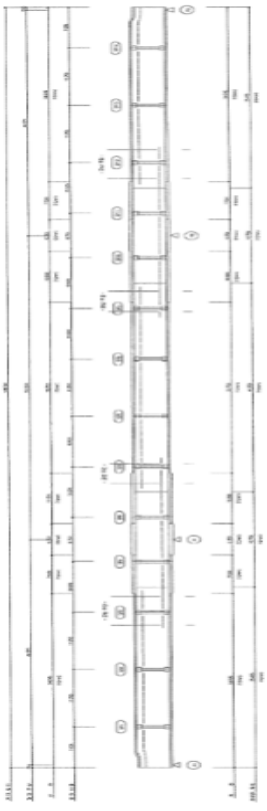












1. 설 계 조 건

1.1 교량 형식 : INCREMENTALLY POST TENSIONING TYPE I.P.C GIRDER교
1.2 경 간 : 45,000 mm + 45,000 mm
1.3 폭 원 : 15,910 mm
1.4 교량 등급 : DB - 24, DL - 24 (1등급교)
1.5 거더 길이 : 44,800 mm + 44,800 mm
1.6 지간 길이 : 43,950 mm + 43,950 mm
1.7 단위 중량 : 콘크리트(철근) .... 2,500 kgf/m³
콘크리트(무근) .... 2,350 kgf/m³
아스콘 포장.... 2,300 kgf/m³

1.8 재료의 물리상수 및 허용 응력

1) 슬래브
(1) 콘 크 리 트 : fck = 27 MPa
Ec2 = 0.077× $m_c^{1.5}$×$\sqrt[3]{fcu}$ = 29,000 MPa
(2) 철 근 (SD400) : fy = 400 MPa
Es = 200,000 MPa

2) I.P.C GIRDER
(1) 콘 크 리 트 : fck = 40 MPa
Ec1 = 0.077× $m_c^{1.5}$×$\sqrt[3]{fcu}$ = 32,000 MPa
(2) 철 근 (SD300) : fy = 300 MPa
Es = 200,000 MPa

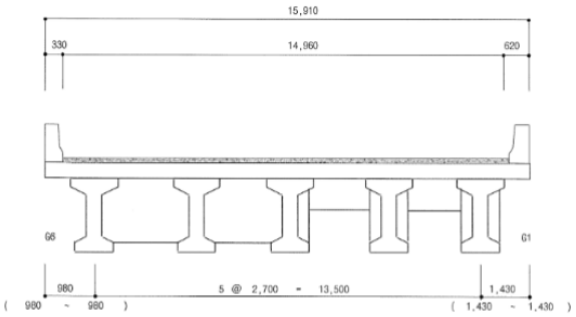
(3) 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전 휨복응력
① 허용 휨 압축응력 (fci' = 0.8 x fck = 32 Mpa)
- fci = 0.6 x fci = 19.2 MPa
② 허용 휨 인장 응력
- 부착된 철근이 없는 인장 구역 : 0.25 x √fci' = 1.41 MPa

(4) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용응력
① 허용 휨 압축응력
- fcag = 0.45 x fck = 18.0 MPa
- 압축연단응력(유효프리스레스+전체하중)
fcag = 0.60 x fck = 24.0 MPa

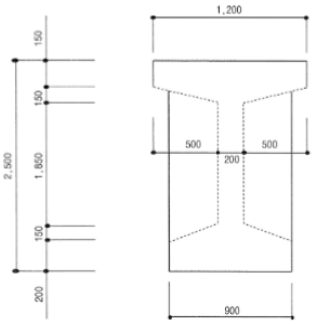
2. 바닥판 슬래브의 설계

2.1 설계 가정단면

1) 상부 슬래브



2) I.P.C GIRDER

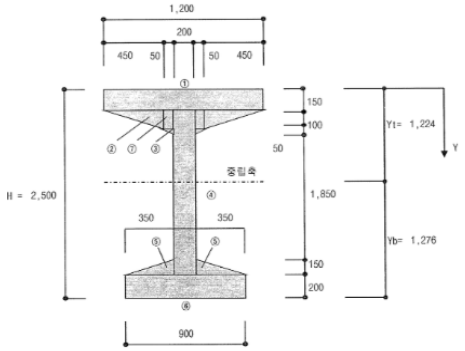


3. 주 BEAM 설계(Incrementally Prestressed Concrete Beam)

3.1 단면제원

3.1.1 총 단면

<중앙부 단면>



지간 중앙 단면 (단위:mm)

단면	단면적(A)	거더상연-도심까지의 거리(Y)	AY	AY²	단면2차모멘트(Ico)
①	180,000	75	13,500,000	1,012,500,000	337,500,000
②	45,000	183	8,235,000	1,507,005,000	25,000,000
③	2,500	267	667,500	178,222,500	347,222
④	430,000	1,225	526,750,000	645,268,750,000	165,639,583,333
⑤	52,500	2,250	118,125,000	265,781,250,000	65,625,000
⑥	180,000	2,400	432,000,000	1,036,800,000,000	600,000,000
⑦	10,000	200	2,000,000	400,000,000	8,333,333
합계	900,000		1,101,277,500	1,950,947,727,500	166,676,388,888

- 프리캐스트 거더 상단에서 도심까지의 거리 : Yt = 1,224 mm
- 프리캐스트 거더 하단에서 도심까지의 거리 : Yb = 1,276 mm
- 거더상면에 대한 단면 2차 모멘트(Itc) : It = ΣIco + ΣA·Y² = 2,117,624,116,388 mm⁴
- 도심축에 대한 단면 2차 모멘트 : I = ΣIt - ΣA·Yt² = 769,265,716,388 mm⁴

OUTPUT 결과 요약 및 설계의견

◈ 결과 요약

○ 서문9교-문산방향

■ 단면 휨 설계

단 면 위 치	Req.A_s (mm^2)	폭 b(mm)	깊이 d(mm)	피 복 d' (mm)	사용철근량 (Use A_s) (mm^2)	M_u (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	비 고
캔틸레버 (방음벽 G1측)	1,434	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993 H13 @ 200 = 634	81.68	94.84	O.K
캔틸레버 (중분대 G6측)	715	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993	42.25	57.90	O.K
중간슬래브 (상면)	720	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
중간슬래브 (하면)	960	1,000	200	40	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
슬래브단부	540	1,000	290	60	H16 @ 250 = 794	39.50	76.46	O.K
캔틸레버단부 (방음벽 G1측)	2,868	1,000	180	60	H16 @ 100 = 1,986 H16 @ 100 = 1,986	96.99	219.45	O.K
캔틸레버단부 (중분대 G6측)	1,430	1,000	180	60	H16 @ 100 = 1,986	6.21	109.73	O.K

■ 배력철근량(온도철근량) 선정

단 면 위 치		필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (Use A_s) [mm^2]	비 고
캔틸레버	방음벽(G1측)	961	H16 @ 125 = 1,589	O.K
	중분대(G6측)	480	H16 @ 250 = 794	O.K
중 간 슬 래 브		720	H16 @ 250 = 794	O.K
캔틸레버단부(방음벽G1측)		1,922	H19 @ 125 = 2,292	O.K
캔틸레버단부(중분대G6측)		958	H16 @ 125 = 1,589	O.K

■ 사용성 검토 요약표

구 분		인장응력(f_s)	철근간격 (S)	허용간격 (Sa)	비 고
캔 틸 레 버	방음벽(G1측)	147	100.000	404.261	O.K
	중분대(G6측)	34	200.000	1842.105	O.K
슬 래 브 단 부		86	250.000	734.266	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식	: 역T형 교대	
(2) 상 부 형 식	: STEEL BOX	
(3) 교 량 등 급	: 1 등교	
(4) 교 대 총 폭	: B = 15.910 M	
(5) 교 대 총높이	: H = 7.000 M	
(6) 기 초 형 식	: 말뚝기초	
(7) SKEW	: 90.000 °	

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량	: γc = 25.000 kN/m³	[도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량	: γs1 = 20.000 kN/m³ (토사)	[도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량	: γs2 = 20.000 kN/m³	
(4) 과 재 하 중	: q1 = 10.000 kN/m	
(5) 상부 고정하중 반력	: Rd = 212.600 kN/m	
(6) 상부 활하중 반력	: Rl = 98.256 kN/m	
(7) 교량받침 마찰계수	: fs = 0.050	

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각	: Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치	: N = 30.000
(3) 기초지반의 내부마찰각	: Φ2 = 36.213 ° (Φ2 = 15 + √15N)
(4) 기초지반의 점착력	: C = 0.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수	: μ = 0.448 : TAN(δ : Φ2) : 콘과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수	: A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급	- 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역	- 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도	: fck = 24.000 MPa
- 탄성계수	: Ec = 27849.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300)	: fy = 300.000 MPa
- 탄성계수	: Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

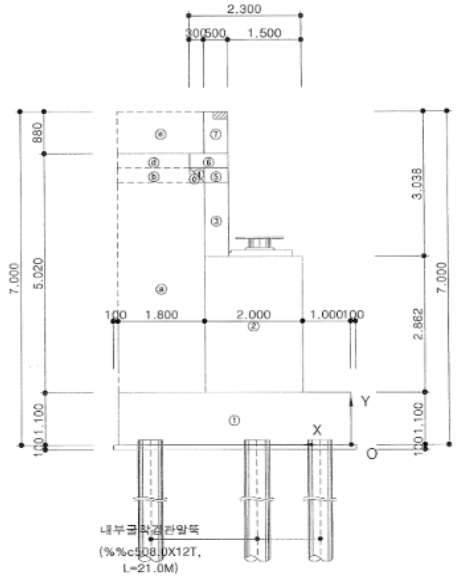
5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토	: 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계	: 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	계
고정하중	1163.275	975.693	1243.502	3382.470
활하중	546.888	693.930	322.429	1563.247

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	계
교축방향	180.743	173.061	181.718	535.522
직각방향	189.290	189.249	189.291	567.830

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1329.983	716.817	O.K
	허용인발력(kN/EA)	0	-	O.K
	휨응력(MPa)	133	95.175	O.K
	전단응력(MPa)	76	13.869	O.K
	수평변위(mm)	15	6.888	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1994.974	752.624	O.K
	허용인발력(kN/EA)	0	-	O.K
	휨응력(MPa)	199.5	90.519	O.K
	전단응력(MPa)	114	17.509	O.K
	수평변위(mm)	15	4.9	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1100	150	710.329	1940.4	171.131	463.002	2.706	O.K
후면저판		1100	100	815.978	1940.4	206.826	487.742	2.358	O.K
벽체 : H=5.900		2000	100	801.142	1588.8	386.95	765.041	1.977	O.K
흉벽		500	100	1400.38	1940.4	139.162	190.861	1.372	O.K
좌측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	1393.13	2026.8	188.195	271.388	1.442	O.K
	A(T=800 mm)	800	80	2592.52	4053.6	463.385	713.432	1.54	O.K
	화부(T=620	620	80	1677.39	4053.6	225.702	527.371	2.337	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1183.97	1588.8	214.749	286.971	1.336	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	2957.45	4053.6	526.587	713.432	1.355	O.K
우측날개벽	A(T=400 mm)	400	80	765.56	1146	61.371	91.051	1.484	O.K
	B(T=400 mm)	400	80	524.447	1588.8	42.279	124.913	2.954	O.K
	C(T=400 mm)	400	80	615.621	1588.8	49.524	124.913	2.522	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		64.308	150	125	873.327	O.K
후면저판		62.961	150	125	1000.613	O.K
벽체 : H=5.900		84.288	150	125	704.298	O.K
흉벽		139.454	150	125	338.454	O.K
좌측날개벽	D(T=620 mm)	102.937	150	250	596.28	O.K
	A(T=800 mm)	95.168	150	125	658.735	O.K
	화부(T=620	62.404	150	125	1009.553	O.K
	B(T=800 mm)	110.907	150	125	530.053	O.K
	C(T=800 mm)	109.858	150	125	548.086	O.K
우측날개벽	A(T=400 mm)	99.303	150	250	616.778	O.K
	B(T=400 mm)	51.25	150	125	1229.266	O.K
	C(T=400 mm)	60.166	150	125	1047.095	O.K

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1054.419	865.59	O.K
	허용인발력(kN/EA)	74.546	-	O.K
	휨응력(MPa)	133	126.42	O.K
	전단응력(MPa)	76	15.116	O.K
	수평변위(mm)	15	13.323	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1581.629	1034.75	O.K
	허용인발력(kN/EA)	111.819	-82.574	O.K
	휨응력(MPa)	199.5	125.584	O.K
	전단응력(MPa)	114	19.165	O.K
	수평변위(mm)	15	9.519	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1800	150	2310.24	2694.4	962.026	1120.057	1.164	O.K
후면저판		1800	100	3713.16	4053.6	1583.802	1726.426	1.09	O.K
벽체 : H=10.200		2300	100	4074.71	5746.4	2254.779	3161.816	1.402	O.K
흉벽		800	100	876.955	1301.2	155.094	229.09	1.477	O.K
우측날개벽	A(T=800 mm)	800	80	1893.28	3096.8	340.886	550.591	1.615	O.K
	화부(T=620	620	80	1002.59	3096.8	136.172	408.448	2.999	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1685.35	2292	304.105	410.961	1.351	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	2294.14	3096.8	411.335	550.591	1.339	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		157.295	150	125	153.152	O.K
후면저판		161.658	150	125	268.39	O.K
벽체 : H=10.200		123.169	150	125	429.365	O.K
흉벽		127.911	150	125	385.664	O.K
우측날개벽	A(T=800 mm)	94.345	150	125	662.199	O.K
	화부(T=620	49.328	150	125	1277.176	O.K
	B(T=800 mm)	113.156	150	125	519.692	O.K
	C(T=800 mm)	114.554	150	125	514.948	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : 다주식 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량방향 마찰계수 : fs = 0.15

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 7
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 25.247 ° ; 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.303 ; TAN(δ1 · Φ2) : 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
거더: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 31879.1 MPa
거더: 31879.1 MPa
기초: 28693.4 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
거더: 400 MPa
기초: 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

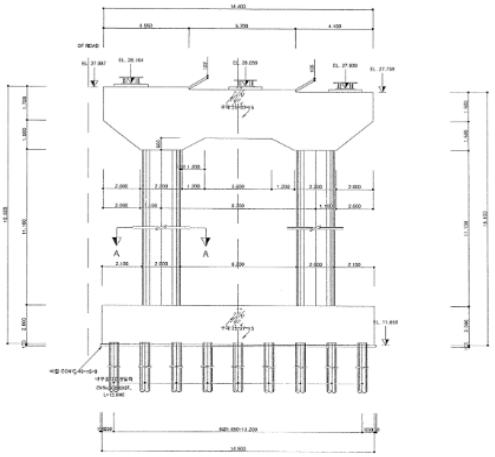
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 (2010)
2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
4) 도로설계 편람 (2008)
5) 도로설계 요령 (2009)
6) 강구조 편람 (1995)
7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1218.268	851.466	O.K
		허용인발력(kN/EA)	489.167	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	87.567	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	3.649	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.892	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1827.402	1149.093	O.K
		허용인발력(kN/EA)	733.750	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	138.080	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	9.570	O.K
		수평변위(mm)	15.000	3.288	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1218.268	941.994	O.K
		허용인발력(kN/EA)	489.167	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	111.876	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	7.452	O.K
		수평변위(mm)	15.000	3.864	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1827.402	798.526	O.K
		허용인발력(kN/EA)	733.750	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	105.537	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	9.911	O.K
		수평변위(mm)	15.000	2.896	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		깊이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3000.0	100.0	28500.000	30179.600	-	-	1.501	O.K
	우측내민보	3000.0	100.0	28500.000	30179.600	-	-	1.512	O.K
	좌측내민보수평	2500.0	100.0	529.921	5534.100	432.229	4495.408	10.401	O.K
	우측내민보수평	2500.0	100.0	540.956	5534.100	441.225	4495.408	10.188	O.K
	내부지간1좌	3228.0	100.0	9739.981	30179.600	10117.191	30854.908	3.050	O.K
	내부지간1중	2506.0	100.0	7695.649	12205.600	6247.970	9865.488	1.579	O.K
	내부지간1우	3000.0	100.0	14104.586	30179.600	13508.192	28515.366	2.111	O.K
	교량받침1	2853.0	100.0	209.204	30179.600	192.227	27007.009	140.495	O.K
	교량받침2	2506.0	100.0	4108.853	12205.600	3347.700	9865.488	2.947	O.K
	교량받침3	2625.0	100.0	203.708	30179.600	171.387	24667.487	143.929	O.K
기초	교축방향	2000.0	150.0	24161.584	45290.700	15078.345	28068.694	1.862	O.K
	교직-지점부	2000.0	150.0	10962.579	18967.900	6839.824	11764.244	1.720	O.K
	교직-중앙부	2000.0	150.0	10788.456	18967.900	6719.674	11764.244	1.751	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	ΦPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.009	16217.696	65740.908	4.054	O.K
	모멘트최대	0.009	11165.759	34401.965	3.081	O.K
	탄성설계	0.009	8289.084	9804.633	1.183	O.K
	편심최대	0.009	7874.630	23519.433	2.987	O.K
교축직각방향	축력최대	0.009	16217.696	65740.908	4.054	O.K
	모멘트최대	0.009	7629.591	19430.516	2.547	O.K
	탄성설계	0.009	8289.084	36345.795	4.385	O.K
	편심최대	0.009	5142.865	10964.777	2.132	O.K
합성부재력	축력최대	0.009	16217.696	65740.908	4.054	O.K
	모멘트최대	0.009	7629.982	13505.826	1.770	O.K
	탄성설계	0.009	8289.084	8607.885	1.038	O.K
	편심최대	0.009	5143.256	7641.011	1.486	O.K
	모멘트최대	0.009	7629.591	15949.043	2.090	O.K
	편심최대	0.009	5142.865	8831.661	1.717	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
두부보	좌측내민보	57.127	180.000	131.579	1102.801	O.K
	우측내민보	77.802	180.000	131.579	802.190	O.K
	좌측내민보수평	33.567	180.000	214.286	1876.841	O.K
	우측내민보수평	34.266	180.000	214.286	1838.573	O.K
	내부지간1좌측지점부	76.387	180.000	131.579	820.934	O.K
	내부지간1중앙부	177.760	180.000	131.579	229.264	O.K
	내부지간1우측지점부	129.505	180.000	131.579	398.085	O.K
	교량받침1	15.442	180.000	131.579	4079.874	O.K
	교량받침2	135.856	180.000	131.579	365.908	O.K
	교량받침3	20.947	180.000	131.579	3007.656	O.K
기초	교축방향	135.451	180.000	123.932	233.891	O.K
	교직-지점부	157.221	180.000	130.612	153.389	O.K
	교직-중앙부	154.459	180.000	130.612	162.345	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : 다주식 교각
2) 상 부 형 식 : PC GIRDER
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.15

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 7
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 25.247 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.303 : TAN(3/4 · φ2) : 콘과 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
거더: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 31879.1 MPa
거더: 31879.1 MPa
기초: 28693.4 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
거더: 400 MPa
기초: 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

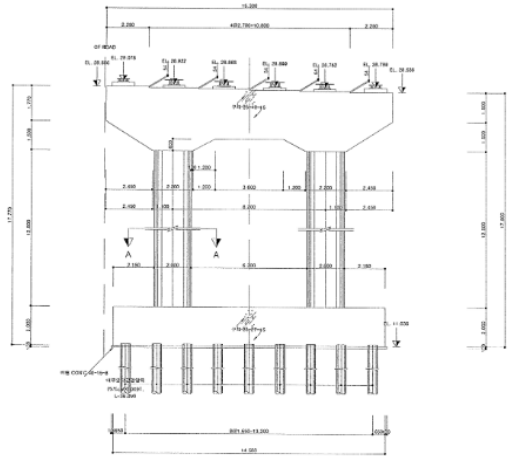
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 (2010)
2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
4) 도로설계 편람 (2008)
5) 도로설계 요령 (2009)
6) 강구조 편람 (1995)
7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1470.500	766.379	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1034.526	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	73.865	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	1.029	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.273	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2205.750	1219.723	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1551.789	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	173.244	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	16.127	O.K
		수평변위(mm)	15.000	11.240	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1470.500	913.543	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1034.526	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	124.378	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	6.642	O.K
		수평변위(mm)	15.000	8.216	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2205.750	879.209	O.K
		허용인발력(kN/EA)	1551.789	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	154.257	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	14.215	O.K
		수평변위(mm)	15.000	9.908	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		깊이(mm)	피복(mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3000.0	100.0	34200.000	36533.200	-	-	2.544	O.K
	우측내민보	3000.0	100.0	34200.000	36533.200	-	-	2.948	O.K
	좌측내민보수	3000.0	100.0	96.166	5534.100	94.813	5436.205	57.336	O.K
	우측내민보수	3000.0	100.0	96.166	5534.100	94.813	5436.205	57.336	O.K
	내부지간1좌	3216.0	100.0	8679.471	36533.200	8997.606	37193.886	4.134	O.K
	내부지간1중	2562.0	100.0	6469.963	11654.100	5387.970	9664.869	1.794	O.K
	내부지간1우	3054.0	100.0	12100.383	36533.200	11849.802	35181.637	2.969	O.K
	교량받침1	2321.0	100.0	104.522	36533.200	77.145	26077.087	338.025	O.K
	교량받침9	2562.0	100.0	196.734	11654.100	164.656	9664.869	58.697	O.K
	교량받침10	2508.0	100.0	2858.258	36533.200	2286.076	28399.614	12.423	O.K
	교량받침6	2051.0	100.0	102.872	36533.200	66.484	22723.339	341.788	O.K
기초	교축방향	2000.0	150.0	26177.358	33520.500	16325.532	20854.791	1.280	O.K
	교직-지점부	2000.0	150.0	10025.941	18967.900	6259.780	11764.244	1.880	O.K
	교직-중앙부	2000.0	100.0	10459.031	14038.500	6705.890	8977.630	1.339	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.009	17239.871	65740.908	3.813	O.K
	모멘트최대	0.009	13221.874	65740.908	4.972	O.K
	합성설계	0.009	9066.247	14715.188	1.623	O.K
	편심최대	0.009	8159.622	73295.887	8.983	O.K
교축직각방향	축력최대	0.009	17239.871	65740.908	3.813	O.K
	모멘트최대	0.009	10186.648	31641.512	3.106	O.K
	합성설계	0.009	9066.247	23151.401	2.554	O.K
	편심최대	0.009	7135.447	19910.307	2.790	O.K
합성부재력	축력최대	0.009	17239.871	65740.908	3.813	O.K
	모멘트최대	0.009	10594.453	36424.109	3.438	O.K
	합성설계	0.009	9066.247	10293.929	1.135	O.K
	편심최대	0.009	6728.294	23401.715	3.478	O.K
	모멘트최대	0.009	10186.648	30314.643	2.976	O.K
	편심최대	0.009	7135.447	19165.745	2.686	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
두부보	좌측내민보	67.400	180.000	130.435	934.723	O.K
	우측내민보	62.933	180.000	130.435	1001.071	O.K
	좌측내민보수평	6.077	180.000	214.286	10366.605	O.K
	우측내민보수평	6.077	180.000	214.286	10366.605	O.K
	내부지간1좌측지점부	58.076	180.000	130.435	1084.780	O.K
	내부지간1중앙부	156.101	180.000	130.435	285.732	O.K
	내부지간1우측지점부	92.074	180.000	130.435	645.294	O.K
	교량받침1	6.780	180.000	130.435	9291.410	O.K
	교량받침9	10.750	180.000	130.435	5860.411	O.K
	교량받침10	9.898	180.000	130.435	6365.111	O.K
	교량받침6	9.511	180.000	130.435	6623.566	O.K
기초	교축방향	160.398	180.000	123.932	139.716	O.K
	교직-지점부	151.732	180.000	130.612	171.509	O.K
	교직-중앙부	185.369	180.000	130.612	198.577	O.K

5. 설계대상 교량제원 및 설계상수

5.1 교량형식 : Var

5.2 해석 대상 교량 총연장 : 45.000 + 60.000 + 45.000 + 4@45.000 = 330.000 m

5.3 교 폭 : Var

5.4 교각형식 : π형 교각

5.5 교각기초형식 : 말뚝기초

5.6 내진설계상수

(1) 내진등급 : 내진 I 등급교
(2) 지진구역계수 : 0.11
(3) 위험도계수 : I = 1.4
(4) 가속도계수 : A = 0.154
(5) 지반계수 : S = 2 (지반종류 3 . 지진격리교량)
(6) 응답수정계수
(7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
(8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
(9) 받침형식 : EQS 면진받침

5.7 해석방법

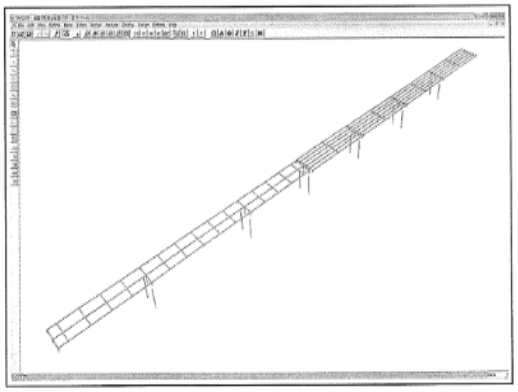
(1) 해석방법 선정
시간이력해석법
(2) 모드조합방법 : CQC방법

5.8 해석모델

(1) 사용프로그램 : SAP 2000
(2) 모델링 : Frame요소사용
(3) 질량산정 : 자동질량 입력 및 추가사하중 질량변환

6. 설계단면 및 모델링

6.1 모델링



6.2 단면특성

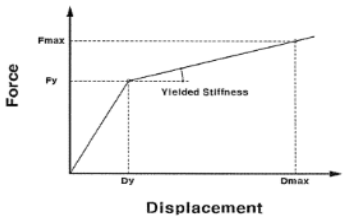
① 상부구조 단면특성 : 완성단계 구조해석 참조

② 하부구조 단면특성 : 완성단계 구조해석 참조

6.3 작용하중(작용질량)

상부구조는 거더의 형상을 통하여 알 수 있는 단면적으로 프로그램에서 자동생성되도록 재하하고 그외의 고정하중반력과 2차고정하중등을 각각의 주형을 모델링한 프레임 요소에 단위길이 당의 하중과 질량으로 재하하여 구조해석을 수행하였다. 하부구조는 콘크리트로 구성된 교각으로 각각의 단면적에 따라 프로그램내에서 자동으로 계산된 질량을 사용한다.

6.4 사용된 면진장치(EQS)의 특성



구 분		1차강성 (K1,kN/m)	2차강성 (K2,kN/m)	유효강성 (Keff,kN/m)	항복강도(kN)
OMEQS 2000	종	163777.0	-	1300.0	130.0
	횡	163777.0	984.0	3584.0	130.0
OMEQS 1750	종	196534.0	-	1560.0	156.0
	횡	196534.0	1181.0	3131.0	156.0
OMEQS 1900	종	212915.0	-	1690.0	169.0
	횡	212915.0	1280.0	3392.0	169.0
OMEQS 2500	종	212915.0	-	1690.0	169.0
	횡	212915.0	1280.0	4660.0	169.0
EQS1750		196534.0	1181.0	3131.0	156.0
EQS1900		212915.0	1280.0	3392.0	169.0
EQS7000		291023.0	3789.0	7089.0	231.0
EQS7500		347717.0	4527.0	8470.0	276.0
EQS8000		629920.0	4921.0	12064.0	500.0
EQS9000		434645.0	5659.0	10588.0	345.0

6.5 받침 배치

일반내진받침의 경우 고정단과 가동단으로 구분되어 받침이 배치 되는 경우가 일반적이다. 교축방향의 경우 상시 온도신축하중에 의해 자유롭기 위해 하나의 고정단과 나머지는 모두 가동단받침으로 배치하게 되는데 이때에 교축방향의 모든 지진하중은 고정단교각에 전달되게 된다. 이러한 경우 고정단 교각의 비대화는 물론이고 소성변형이 발생하여 지진 후 교각을 보수 보강을 하여야 한다.

따라서 면진받침을 적용하면 모든 교각에 지진하중을 분산시켜 구조물의 안정성을 확보하고 동시에 지진하중을 흡수 소산시켜 구조물의 비대화를 방지하여 경제적인 측면도 매우 우수하다.

9. 내진해석결과

9.1 받침 지진력

(UNIT:kN)

구 분		R	교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용 전단력	판정
			교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	0.8	169.0	3.4	39.1	188.3	225.9	74.9	112.3	236.6	260	OK
	B2	0.8	169.0	3.1	13.5	188.3	216.3	74.5	80.3	236.6	260	OK
	B3	0.8	169.0	3.4	42.4	188.3	227.1	74.9	116.4	236.6	260	OK
P1	B1	1.0	521.6	3.4	28.2	470.3	530.0	144.5	184.6	471.3	590	OK
	B2	1.0	445.1	2.2	8.1	394.6	447.6	120.5	141.6	395.2	500	OK
	B3	1.0	533.3	3.7	30.7	470.3	542.6	144.8	190.7	471.4	590	OK
P2	B1	1.0	522.6	3.6	22.1	487.7	529.3	149.9	178.9	488.8	590	OK
	B2	1.0	446.4	2.7	8.7	409.2	449.0	125.4	142.6	410.0	500	OK
	B3	1.0	535.6	3.6	18.3	487.7	541.1	149.9	178.9	488.8	590	OK
P3	B1	0.8	169.0	3.7	31.3	198.3	223.0	78.9	102.5	249.2	260	OK
	B2	0.8	160.0	3.5	11.3	198.5	215.5	78.8	77.5	249.4	260	OK
	B3	0.8	169.0	3.2	38.4	198.3	225.6	78.3	111.4	249.0	260	OK
	B1	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	0.8	156.0	2.8	79.7	201.5	224.9	79.0	158.1	252.9	270	OK
	B3	0.8	156.0	2.8	31.5	201.5	206.8	79.1	97.8	253.0	270	OK
	B4	0.8	156.0	2.8	27.9	201.5	205.5	79.1	93.3	253.0	270	OK
	B5	0.8	169.0	3.0	84.0	218.3	242.8	85.7	168.4	274.0	290	OK
	B6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
P4	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	1.0	207.5	1.9	54.7	204.4	223.9	63.2	116.9	204.9	250	OK
	B3	1.0	207.4	1.9	19.8	204.4	213.4	63.2	82.0	204.9	250	OK
	B4	1.0	207.4	2.0	17.5	204.4	212.6	63.3	79.7	205.0	250	OK
	B5	1.0	224.6	2.1	57.0	221.3	241.7	68.5	124.4	222.0	280	OK
	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	1.0	207.5	1.6	54.0	204.4	223.7	62.9	116.2	204.9	250	OK
	B3	1.0	207.4	1.6	19.6	204.4	213.3	62.9	81.8	204.9	250	OK
	B4	1.0	207.4	1.6	17.2	204.4	212.6	62.9	79.5	204.9	250	OK
	B5	1.0	224.6	1.7	56.3	221.4	241.5	68.2	123.7	221.9	280	OK

P5	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	1.0	210.3	1.1	25.9	203.4	218.1	62.1	89.0	203.7	250	OK
	B3	1.0	210.2	1.1	9.1	203.4	213.0	62.1	72.2	203.7	250	OK
	B4	1.0	210.2	1.1	7.9	203.4	212.5	62.1	70.9	203.7	250	OK
	B5	1.0	227.6	1.2	26.8	220.3	235.7	67.2	95.1	220.6	280	OK
	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	1.0	210.3	1.3	27.1	203.3	218.4	62.3	90.2	203.7	250	OK
	B3	1.0	210.2	1.3	9.5	203.3	213.1	62.3	72.6	203.7	250	OK
	B4	1.0	210.2	1.3	8.3	203.3	212.7	62.3	71.3	203.7	250	OK
	B5	1.0	227.6	1.4	28.1	220.2	236.1	67.5	96.4	220.6	280	OK
	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
P6	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	1.0	207.3	3.1	56.9	193.7	224.4	61.2	119.2	194.6	250	OK
	B3	1.0	207.3	3.1	21.4	193.9	213.7	61.2	83.6	194.8	250	OK
	B4	1.0	207.3	3.1	20.7	193.9	213.5	61.2	82.9	194.8	250	OK
	B5	1.0	224.5	3.3	62.2	209.8	243.2	66.3	129.6	210.8	280	OK
	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	1.0	207.3	2.8	61.3	193.5	225.7	60.8	123.5	194.3	250	OK
	B3	1.0	207.3	2.8	23.0	193.6	214.2	60.8	85.1	194.5	250	OK
	B4	1.0	207.2	2.7	21.8	193.6	213.8	60.8	84.0	194.5	250	OK
	B5	1.0	224.5	2.9	65.8	209.6	244.2	65.8	133.1	210.4	280	OK
	B6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
A2	B1	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK
	B2	0.8	156.0	2.3	102.1	188.9	233.3	73.7	186.1	237.0	270	OK
	B3	0.8	156.0	2.3	39.9	189.0	210.0	73.8	108.4	237.1	270	OK
	B4	0.8	156.0	2.4	38.4	189.0	209.4	73.8	106.5	237.1	270	OK
	B5	0.8	169.0	2.6	108.1	204.7	251.8	80.0	198.5	256.8	290	OK
	B6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	OK

9.2 받침 변위 (UNIT:mm)

구 분		교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용변위	판정
		교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	100.0	0.3	0.8	18.0	100.2	5.7	30.7	18.1	150	OK
	B2	100.8	0.3	0.2	18.0	100.9	5.7	30.4	18.1	150	OK
	B3	100.5	0.3	0.8	18.0	100.8	5.7	31.0	18.1	150	OK
P1	B1	45.8	0.1	0.7	51.3	46.0	15.5	14.4	51.3	90	OK
	B2	47.7	0.1	0.2	51.6	47.8	15.6	14.5	51.6	90	OK
	B3	48.2	0.1	0.7	51.3	48.4	15.5	15.2	51.3	90	OK
P2	B1	42.4	0.1	0.6	66.5	42.6	20.0	13.3	66.5	90	OK
	B2	44.6	0.1	0.2	66.9	44.7	20.1	13.6	66.9	90	OK
	B3	45.0	0.1	0.6	66.5	45.2	20.0	14.1	66.5	90	OK
P3	B1	58.4	0.2	0.6	21.9	58.5	6.8	18.1	22.0	150	OK
	B2	60.6	0.2	0.2	22.0	60.6	6.8	18.3	22.1	150	OK
	B3	61.0	0.2	0.6	21.9	61.2	6.8	18.9	22.0	150	OK
	B1	48.5	0.0	2.8	69.2	49.3	20.8	17.4	69.2	150	OK
	B2	48.4	0.0	1.7	69.1	49.0	20.8	16.2	69.1	150	OK
	B3	48.4	0.0	0.6	69.1	48.6	20.8	15.1	69.1	150	OK
	B4	48.4	0.0	0.6	69.1	48.6	20.8	15.1	69.1	150	OK
	B5	48.4	0.0	1.7	69.1	48.9	20.8	16.2	69.1	150	OK
	B6	48.5	0.0	2.8	69.2	49.3	20.8	17.3	69.2	150	OK
P4	B1	72.2	0.0	2.0	57.9	72.8	17.4	23.7	57.9	150	OK
	B2	72.1	0.0	1.2	57.2	72.5	17.2	22.9	57.2	120	OK
	B3	72.1	0.0	0.4	57.2	72.2	17.2	22.0	57.2	120	OK
	B4	72.0	0.0	0.4	57.2	72.1	17.2	22.0	57.2	120	OK
	B5	71.9	0.0	1.2	57.2	72.3	17.2	22.8	57.2	120	OK
	B6	71.8	0.0	2.0	57.9	72.4	17.4	23.5	57.9	150	OK
	B1	72.2	0.0	2.0	57.8	72.8	17.4	23.7	57.8	150	OK
	B2	72.1	0.0	1.2	57.1	72.5	17.2	22.8	57.1	120	OK
	B3	72.1	0.0	0.4	57.1	72.2	17.2	22.0	57.1	120	OK
	B4	72.0	0.0	0.4	57.1	72.1	17.2	22.0	57.1	120	OK
	B5	71.9	0.0	1.2	57.1	72.3	17.2	22.8	57.1	120	OK
	B6	71.8	0.0	2.0	57.8	72.4	17.4	23.5	57.8	150	OK

P5	B1	70.4	0.0	1.8	52.4	70.9	15.8	23.0	52.4	150	OK
	B2	70.3	0.0	1.1	51.8	70.6	15.6	22.2	51.8	120	OK
	B3	70.2	0.0	0.4	51.8	70.3	15.6	21.4	51.8	120	OK
	B4	70.0	0.0	0.3	51.8	70.2	15.6	21.4	51.8	120	OK
	B5	69.9	0.0	1.1	51.7	70.3	15.6	22.1	51.7	120	OK
	B6	69.8	0.0	1.8	52.4	70.4	15.8	22.8	52.4	150	OK
	B1	70.4	0.0	1.9	52.2	70.9	15.7	23.0	52.3	150	OK
	B2	70.3	0.0	1.1	51.7	70.6	15.5	22.2	51.7	120	OK
	B3	70.2	0.0	0.4	51.7	70.3	15.5	21.4	51.7	120	OK
	B4	70.0	0.0	0.4	51.7	70.2	15.5	21.4	51.7	120	OK
	B5	69.9	0.0	1.1	51.6	70.3	15.5	22.1	51.6	120	OK
	B6	69.8	0.0	1.8	52.2	70.4	15.7	22.8	52.3	150	OK
P6	B1	71.5	0.0	2.9	47.8	72.4	14.4	24.3	47.8	150	OK
	B2	71.4	0.0	1.7	47.2	71.9	14.2	23.2	47.2	120	OK
	B3	71.3	0.0	0.6	47.2	71.5	14.2	22.0	47.2	120	OK
	B4	71.3	0.0	0.5	47.2	71.4	14.2	21.9	47.2	120	OK
	B5	71.2	0.0	1.7	47.2	71.7	14.2	23.0	47.2	120	OK
	B6	71.1	0.0	2.8	47.8	72.0	14.4	24.2	47.8	150	OK
	B1	71.5	0.0	2.9	47.6	72.3	14.3	24.3	47.6	150	OK
	B2	71.4	0.0	1.8	47.1	71.9	14.2	23.2	47.1	120	OK
	B3	71.3	0.0	0.6	47.1	71.5	14.2	22.0	47.1	120	OK
	B4	71.2	0.0	0.6	47.1	71.4	14.2	21.9	47.1	120	OK
	B5	71.2	0.0	1.7	47.0	71.7	14.1	23.1	47.0	120	OK
	B6	71.1	0.0	2.9	47.6	72.0	14.3	24.2	47.6	150	OK
A2	B1	88.5	0.1	3.4	59.9	89.5	18.1	29.9	59.9	150	OK
	B2	88.5	0.1	2.0	59.8	89.1	18.1	28.6	59.9	150	OK
	B3	88.4	0.1	0.7	59.9	88.7	18.1	27.2	59.9	150	OK
	B4	88.4	0.1	0.7	59.9	88.6	18.1	27.2	59.9	150	OK
	B5	88.4	0.1	2.0	59.8	89.0	18.1	28.5	59.9	150	OK
	B6	88.5	0.1	3.3	59.9	89.5	18.1	29.9	59.9	150	OK

9.3 교각 코핑부 변위 (UNIT:mm)

구 분	교축방향		교직방향		COM1		COM2		비고
	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	71.8	0.1	0.0	15.1	71.8	4.6	21.6	15.1	
P2	74.8	0.1	0.0	17.8	74.8	5.4	22.5	17.8	
P3	69.1	0.0	0.1	18.8	69.1	5.7	20.8	18.9	
P4	26.0	0.0	0.0	23.4	26.0	7.1	7.8	23.5	
P5	29.2	0.0	0.0	30.6	29.2	9.2	8.8	30.6	
P6	24.0	0.0	0.0	20.2	24.0	6.1	7.2	20.2	

9.6 교각상단 단면력

(Unit : Kn.m)

구분		교축방향				교직방향			
		교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	L	794.22	5.67	5067.30	27.28	4.72	862.73	59.04	4854.59
	R	772.16	5.67	5165.52	27.28	4.72	862.73	41.48	4854.59
P2	L	863.36	3.48	5346.82	22.98	6.43	928.80	59.21	5361.57
	R	841.12	3.48	5465.49	22.98	6.31	928.80	57.46	5361.57
P3	L	948.15	4.16	5876.07	23.53	18.65	1216.02	113.16	6998.37
	R	943.02	4.16	5896.32	23.53	21.72	1216.02	118.23	6998.37
P4	L	1344.82	4.05	6784.42	15.47	15.36	1222.69	46.57	7075.50
	R	1353.04	4.05	6830.39	15.47	15.20	1222.69	40.75	7075.50
P5	L	1418.49	5.98	8577.52	21.38	9.68	1256.70	26.25	7798.65
	R	1417.85	5.98	8577.42	21.38	11.59	1256.70	31.83	7798.65
P6	L	1270.88	6.95	6332.41	17.78	9.77	1181.34	33.17	6528.01
	R	1279.20	6.95	6375.73	17.78	7.55	1181.34	29.27	6528.01

9.4 교각하단 단면력

(Unit : Kn.m)

구분		교축방향				교직방향			
		교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	L	959.36	6.67	12028.01	25.18	17.14	972.77	81.68	5387.58
	R	969.85	6.67	11782.10	25.18	31.80	972.77	106.72	5387.58
P2	L	988.16	8.56	12597.06	26.31	26.08	996.18	112.27	5833.80
	R	922.73	8.56	12312.41	26.31	25.60	996.18	117.34	5833.80
P3	L	972.35	13.48	13047.67	39.85	32.25	1324.55	131.25	7643.71
	R	962.48	13.48	12992.78	39.85	31.42	1324.55	130.73	7643.71
P4	L	1383.93	9.42	8637.43	23.00	10.84	1345.91	33.25	7778.45
	R	1391.52	9.42	8682.25	23.00	10.69	1345.91	31.25	7778.45
P5	L	1557.98	16.74	9630.14	44.09	13.16	1370.76	36.18	8558.00
	R	1558.31	16.74	9628.96	44.09	6.44	1370.76	23.34	8558.00
P6	L	1403.87	7.40	8411.03	20.97	12.07	1299.90	40.57	7170.92
	R	1410.92	7.40	8451.25	20.97	12.45	1299.90	42.95	7170.92

9.5 교각하단 하중조합

(Unit : Kn.m)

구분		Combo1				Combo2			
		교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	L	964	298	12,053	1,641	305	975	3,690	5,395
	R	919	298	11,814	1,641	305	975	3,641	5,395
P2	L	996	307	12,631	1,776	323	999	3,891	5,842
	R	930	307	12,348	1,776	302	999	3,811	5,842
P3	L	982	411	13,087	2,333	324	1,329	4,046	7,656
	R	972	411	13,032	2,333	320	1,329	4,029	7,656
P4	L	1,397	413	8,647	2,357	426	1,349	2,624	7,785
	R	1,395	413	8,692	2,357	428	1,349	2,636	7,785
P5	L	1,562	428	9,641	2,611	481	1,376	2,925	8,571
	R	1,560	428	9,636	2,611	474	1,376	2,912	8,571
P6	L	1,407	397	8,423	2,172	433	1,302	2,564	7,177
	R	1,415	397	8,464	2,172	436	1,302	2,578	7,177

9.7 교각상단 하중조합

(Unit : Kn.m)

구분		Combo1				Combo2			
		교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	L	796	264	5,095	1,484	243	864	1,579	4,863
	R	774	264	5,178	1,484	236	864	1,591	4,863
P2	L	865	282	5,355	1,631	265	930	1,663	5,368
	R	843	282	5,483	1,631	259	930	1,687	5,368
P3	L	954	369	5,910	2,123	303	1,217	1,876	7,005
	R	950	369	5,932	2,123	305	1,217	1,887	7,005
P4	L	1,349	371	6,798	2,138	419	1,224	2,082	7,080
	R	1,358	371	6,843	2,138	421	1,224	2,090	7,080
P5	L	1,421	383	8,585	2,361	435	1,258	2,600	7,805
	R	1,421	383	8,567	2,361	437	1,258	2,605	7,805
P6	L	1,274	361	6,342	1,976	391	1,183	1,933	6,533
	R	1,281	361	6,385	1,976	391	1,183	1,942	6,533

10.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 10.2.1】 서문9교(문산방향) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	상태 양호	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	상태 양호	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	상태 양호	양호

10.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

10.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

10.2.5 시설물 보수 이력

【표 10.2.2】 서문9교(문산방향) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

10.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 10.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

10.3 현장조사

10.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S7	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



작업전경



비파괴시험

【사진 10.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

10.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문9교(문산방향)는 총 7경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=330.0m 폭 15.6m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

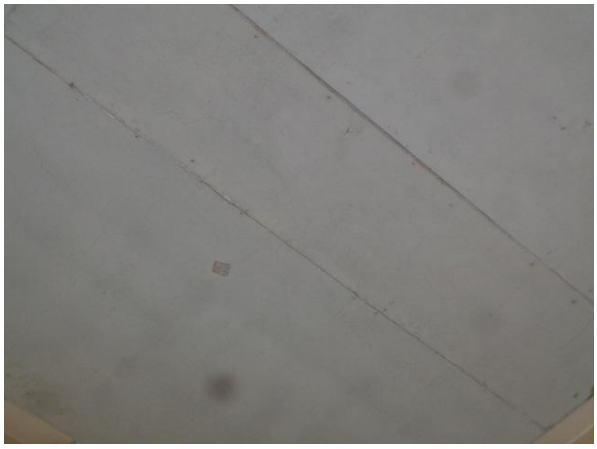
【사진 10.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 폭 0.3㎜미만 망상균열이 조사되었다

【표 10.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)	
S1	24.00	2
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
합계	24.00	2

	
S1 망상균열(3.0m×4.0m)	S1 망상균열(3.0m×4.0m)
	
S1 망상균열(3.0m×4.0m)	S1 망상균열(3.0m×4.0m)

【사진 10.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 망상균열은 폭 0.3㎜미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

나. STEEL BOX Girder + IPC Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 3열, IPC는 6열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다.

	
STEEL BOX 거더외부 전경	STEEL BOX 거더내부 전경
	
IPC 거더 전경	IPC 거더 전경

【사진 10.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았다.

【표 10.3.2】 거더외부 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
S.T.B 거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
합계		-	-

【표 10.3.3】 거더내부 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
S.T.B 거더 내부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
합계		-	-

【표 10.3.4】 거더 현장조사 결과(IPC)

구분		상태양호	
IPC 거더	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
합계		-	-

	
거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
	
거더외부 상태양호 - 22년 상반기	거더내부 상태양호
	
거더내부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 10.3.5】 거더 손상현황

	
거더 상태양호	거더 상태양호
	
거더 상태양호	거더 상태양호 - 22년 상반기

【사진 10.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- S.T.B 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- S.T.B 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- IPC 거더는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 강재 및 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 전경	가로보 전경

【사진 10.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 콘크리트 가로보 일부 구간에서 타설불량이 조사되었다

【표 9.3.5】 가로보 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
S.T.B 가로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
합계		-	-

【표 9.3.6】 가로보 현장조사 결과(IPC)

구분		타설불량 (㎡/개소)	
IPC 가로보	S4	-	-
	S5	0.08	1
	S6	-	-
	S7	-	-
합계		0.08	1

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
S6 타설불량(0.2m×0.4m)	S6 타설불량(0.2m×0.4m)

【사진 10.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 가로보(S.T.B)는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 가로보(IPC)는 일부 구간에서 시공 미흡에 의한 타설불량이 확인되었고, 경미한 손상이나 하자보수 만료전 단면보수 등의 조치가 필요하며 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 서문9교(문산방향) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 10.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜ 미만 균열 법면 토사유실, 시란트 이격 등의 손상이 조사되었다.

【표 10.3.7】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		법면 토사유실 (m/개소)		실란트 이격 (m/개소)	
A1	-	-	25.00	1	-	-
A2	0.50	1	-	-	6.00	1
합계	0.50	1	25.00	1	6.00	1

	
A1 법면 토사유실(25.0m×1.0m) – 금회	A1 법면 토사유실(25.0m×1.0m) – 금회
	
A1 법면 토사유실(25.0m×1.0m) – 금회	A1 법면 토사유실(25.0m×1.0m) – 금회
	
A1 법면토사유실(25.0m×1.0m)–22년 상반기	A1 법면토사유실(25.0m×1.0m)–22년 상반기

【사진 10.3.9】 교대 손상현황

	
A2 균열(폭 0.2㎜/0.5m)	A2 균열(폭 0.2㎜/0.5m)
	-
A2 실란트 이격(6.0m)	-

【사진 10.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 교대에 발생한 균열은 폭 0.3㎜미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 실란트 이격은 공용중 열화로 인하여 발생한 손상으로 실란트 충전이 필요한 상태이며, 법면 토사유실의 경우, 식생공 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 서문9교(문산방향)의 교각은 π형으로 구성되어 있으며, P1 강관말뚝기초, P2~P6 복합말뚝기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
교각 전경	교각 전경

【사진 10.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열 및 망상균열, 폐콘크리트 퇴적 등의 손상이 확인되었다.

【표 10.3.8】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		폐콘크리트 퇴적 (㎡/개소)	
P1	4.00	2	-	-	-	-
P2	-	-	-	-	-	-
P3	-	-	10.00	1	3.00	1
P4	-	-	10.00	1	-	-
P5	1.00	1	-	-	-	-
P6	25.00	1	37.50	1	-	-
합계	30.00	4	57.50	3	3.00	1

	
P1 코핑부 균열(0.2㎜/2.0m)	P1 코핑부 균열(0.2㎜/2.0m)
	
P3 망상균열(10.0m×1.0m)	P3 망상균열(10.0m×1.0m)
	
P3 폐콘크리트 퇴적(1.0m×3.0m)	P4 망상균열(10.0m×1.0m)

【사진 10.3.11】 교각 손상현황

	
P5 코핑부 균열(0.2㎜/1.0m)	P6 코핑부 균열(0.2㎜/25.0m)
	
P6 코핑부 균열(0.2㎜/25.0m)	P6 망상균열(15.0m×2.5m)

【사진 10.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

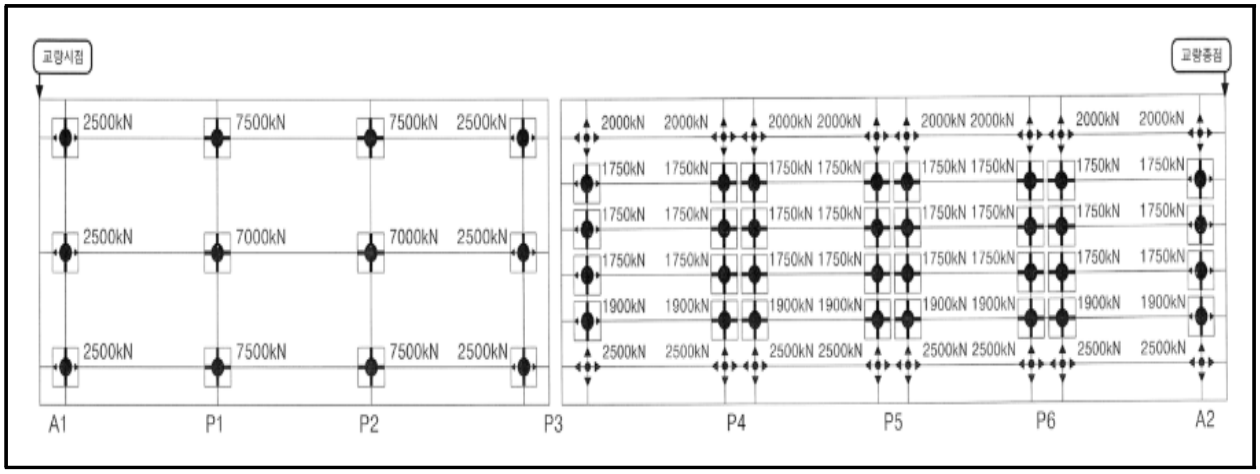
4) 검토의견

■ 교각 코핑부에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 폐콘크리트 퇴적은 시공 후 정리미흡에 의한 손상으로 청소 등의 정비가 필요할 것으로 판단된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문9교(문산방향)의 받침은 면진받침으로 총 60기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



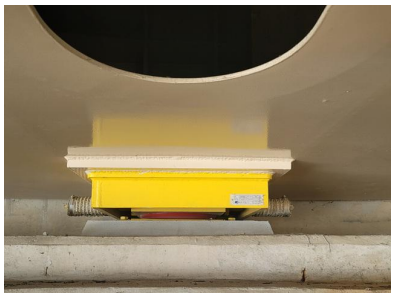
【그림 10.3.1】 교량받침 배치도



양방향 DISK 받침장치 전경



EQS 받침장치 전경



OMEQS 받침장치 전경

【사진 10.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 폭 0.3㎜미만 받침몰탈 균열, 파손, 플레이트 부식, 고정핀 미제거 등의 손상이 확인되었다.

【표 10.3.9】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침축몰탈 균열 (m/개소)		받침몰탈 파손 (㎡/개소)		고정핀 미제거 (개소/개소)	
A1	-	-	-	-	-	-
P1	0.30	3	-	-	-	-
P2	0.20	1	0.01	1	-	-
P3	-	-	-	-	-	-
P4	-	-	-	-	-	-
P5	2.00	10	0.01	1	-	-
P6	5.40	18	-	-	8.00	8
A2	-	-	-	-	-	-
합계	7.90	32	0.02	2	8.00	8



P1-Sh3 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.1m×3EA)



P2-Sh3 받침몰탈 균열(0.2㎜/0.2m)



P2-Sh3 받침몰탈 파손(0.1m×0.1m)



P5-Sh10 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×2EA)

【사진 10.3.13】 교량받침 손상현황

	
P5-Sh11 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×2EA)	P5-Sh4 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×2EA)
	
P5-Sh7 받침몰탈 파손(0.1m×0.1m)	P5-Sh8 받침몰탈 균열(0.1㎜/0.2m×2EA)

【사진 10.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

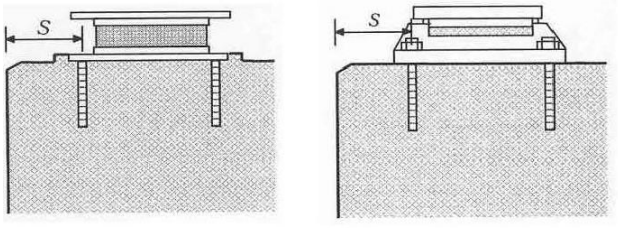
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 받침본체에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 추정되며, 몰탈 파손의 경우, 시공시 외부 충격에 의한 손상으로 현재 경미한 상태이다. 고정핀 미제거의 경우 시공 마무리 미흡에 의한 손상으로 확인되었다. 받침에 발생한 손상은 하자 보수 만료전 표면처리, 단면보수, 정비 등의 보수가 필요한 상태이며 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 및 신규 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 10.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 10.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : 200+5×45.0 = 575(㎜)
- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×75.0 = 425(㎜)

【표 10.3.10】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)						검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	
A1		425.0	655	655	655				O.K
P1	A1측	425.0	930	930	930				O.K
	A2측	575.0	930	930	930				O.K
P2	A1측	575.0	930	930	930				O.K
	A2측	425.0	930	930	930				O.K
P3	A1측	425.0	585	585	585				O.K
	A2측	425.0	585	585	585	585	585	585	O.K
P4	A1측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
	A2측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
P5	A1측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
	A2측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
P6	A1측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
	A2측	425.0	660	660	660	660	660	660	O.K
A2		425.0	610	610	610	610	610	610	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 10.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 10.3.11】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	30.5	29.5	0.000012	82.5	31.1	30.1	
P1	30.5	29.5	0.000012	37.5	13.7	13.3	
P2	30.5	29.5	0.000012	37.5	13.7	13.3	
P3(A1)	30.5	29.5	0.000012	82.5	31.1	30.1	
P3(A2)	25.5	24.5	0.00001	90.0	23.0	22.1	
P4	25.5	24.5	0.00001	45.0	11.5	11.0	
P5	고정단						
P6	25.5	24.5	0.00001	45.0	11.5	11.0	
A2	25.5	24.5	0.00001	90.0	23.0	22.1	

1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)

【표 10.3.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동 여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	0	150	150	31.1	30.1	±150	O.K
	SH2	0	150	150			±150	O.K
	SH3	0	150	150			±150	O.K
P1	SH1	0	90	90	13.7	13.3	±90	O.K
	SH2	0	90	90			±90	O.K
	SH3	0	90	90			±90	O.K
P2	SH1	0	90	90	13.7	13.3	±90	O.K
	SH2	0	90	90			±90	O.K
	SH3	0	90	90			±90	O.K
P3 (A1측)	SH1	10	160	140	31.1	30.1	±150	O.K
	SH2	10	160	140			±150	O.K
	SH3	10	160	140			±150	O.K
P3 (A2측)	SH4	10	160	140	23.0	22.1	±150	O.K
	SH5	10	160	140			±150	O.K
	SH6	10	160	140			±150	O.K
	SH7	10	160	140			±150	O.K
	SH8	10	160	140			±150	O.K
	SH9	10	160	140			±150	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

【표 10.3.13】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동 여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P4	SH1	0	150	150	11.5	11.0	±120	O.K
	SH2	0	150	150			±120	O.K
	SH3	0	150	150			±120	O.K
	SH4	0	150	150			±120	O.K
	SH5	0	150	150			±120	O.K
	SH6	0	150	150			±120	O.K
	SH7	0	150	150			±120	O.K
	SH8	0	150	150			±120	O.K
	SH9	0	150	150			±120	O.K
	SH10	0	150	150			±120	O.K
	SH11	0	150	150			±120	O.K
	SH12	0	150	150			±120	O.K
P5								
P6	SH1	-10	110	130	11.5	11.0	±120	O.K
	SH2	-10	110	130			±120	O.K
	SH3	-10	110	130			±120	O.K
	SH4	-10	110	130			±120	O.K
	SH5	-10	110	130			±120	O.K
	SH6	-10	110	130			±120	O.K
	SH7	-10	110	130			±120	O.K
	SH8	-10	110	130			±120	O.K
	SH9	-10	110	130			±120	O.K
	SH10	-10	110	130			±120	O.K
	SH11	-10	110	130			±120	O.K
	SH12	-10	110	130			±120	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

【표 10.3.14】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동 여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A2	SH1	0	150	150	23.0	22.1	±150	O.K
	SH2	0	150	150			±150	O.K
	SH3	0	150	150			±150	O.K
	SH4	0	150	150			±150	O.K
	SH5	0	150	150			±150	O.K
	SH6	0	150	150			±150	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

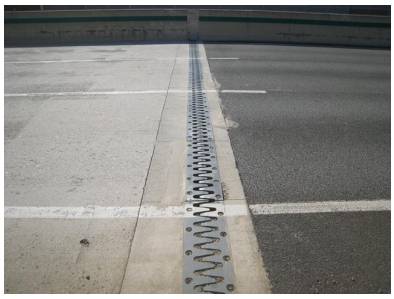
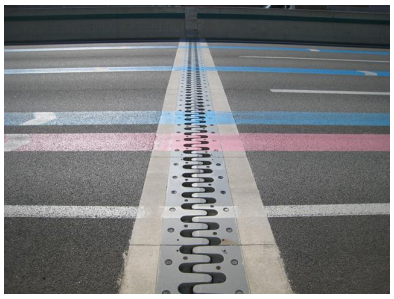
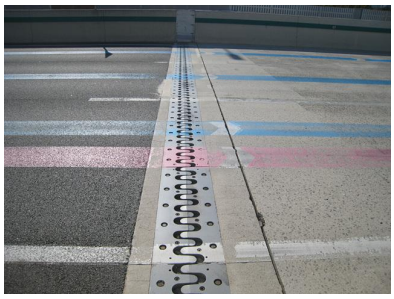
② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

■ 본 교량의 신축이음장치는 A1, P3, A2 모두 강핑거조인트로 시공된 상태이다.

		
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(P3) 전경	EXP.J3(A2) 전경

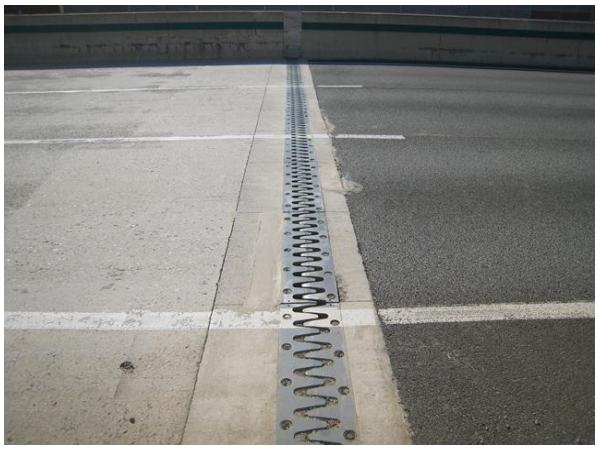
【사진 10.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

■ 신축이음 현장조사 결과 후타재 파손, 본체 및 차수판 볼트 탈락, 하부누수 등의 손상이 확인되었다.

【표 10.3.15】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 파손 (㎡/개소)		본체 볼트탈락 (개소/개소)		차수판 볼트탈락 (개소/개소)		하부 누수 (m/개소)		여유량 부족 (개소/개소)	
A1 (EXP J1)	0.10	1	1.00	1	-	-	5.00	1	-	-
P3 (EXP J2)	-	-	-	-	3.00	3	-	-	-	-
A2 (EXP J3)	0.12	3	-	-	-	-	-	-	1.00	1
합계	0.22	4	1.00	1	3.00	3	5.00	1	1.00	1

	
A1 후타재 파손(0.2m×0.5m) – 금회	A1 후타재 파손(0.2m×0.5m) – 22년 상반기
	
A1 본체 볼트탈락 – 금회	A1 본체 볼트탈락 – 22년 상반기
	
P3 차수판 볼트탈락(3EA)	신축이음 하부 누수

【사진 10.3.17】 신축이음장치 손상현황

	
신축이음 하부 누수	신축이음 하부 누수

【사진 10.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

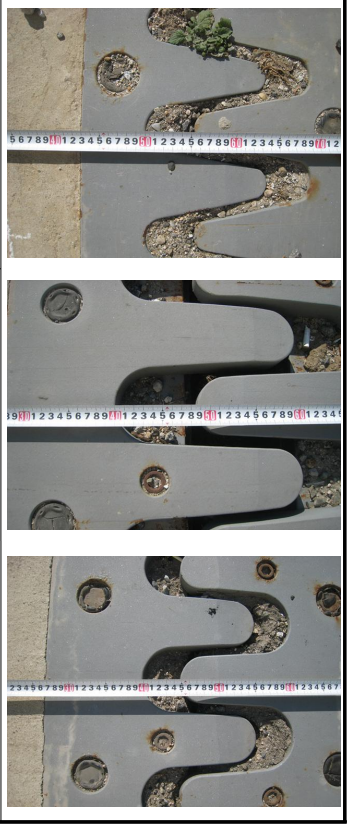
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 파손의 경우, 시공미흡, 다짐미흡, 차량 통행하중 및 충격 등의 복합적인 원인으로 판단되며, 본체 볼트탈락의 경우 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정된다. 후타재 파손 및 볼트 탈락의 경우 신축이음 부분교체 등의 하자보수가 필요한 상태이며, 차수판 볼트 탈락은 재체결 등의 정비가 필요한 상태이다. 하부 누수의 경우 주기적인 점검을 통산 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2">  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 19. 기온 적용: 10.5℃(일평균)
강교 △T(신장시) : 40.0℃−10.5℃ = 29.5℃
△T(수축시) : −20.0℃−(10.5℃) = 30.5℃
RC교 △T(신장시) : 35.0℃−10.5℃ = 24.5℃
△T(수축시) : −15.0℃−(10.5℃) = 25.5℃
△lt(최소필요유간) : △T× α ×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α (/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 10.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 10.3.16】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	30.5	29.5	0.000012	82.5	30.2	29.2	50.0	90.0	93.0	
P3	30.5	29.5	0.000012	82.5	30.2	29.2	85.0	200.0	310.0	
	25.5	24.5	0.00001	90.0	23.0	22.1				
A2	25.5	24.5	0.00001	90.0	23.0	22.1	15.0	80.0	175.0	

1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)

【표 10.3.17】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	30.2	29.2	48.0	80	1.8	18.8	O.K
	바닥판			90.0	-	-	60.8	O.K
	거더			93.0	-	-	63.8	O.K
P3	신축이음	55.7	53.7	85.0	150	9.3	46.3	O.K
	바닥판			200.0	-	-	146.3	O.K
	거더			310.0	-	-	256.3	O.K
A2	신축이음	25.5	24.5	15.0	100	59.5	-9.5	N.G
	바닥판			80.0	-	-	55.5	O.K
	거더			175.0	-	-	150.5	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 신장시 A2 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 신장시(여름철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 서문9교(문산방향)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.

	
교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

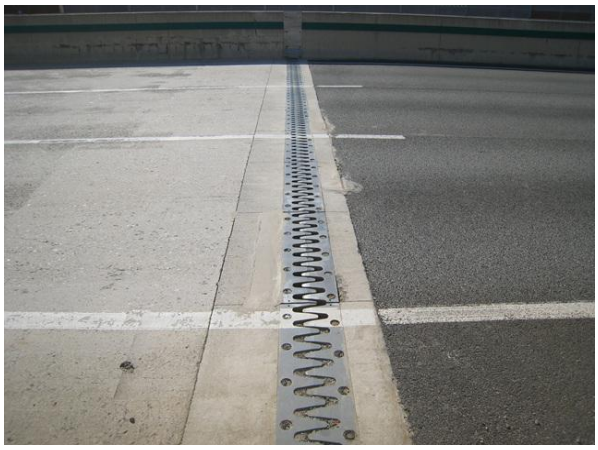
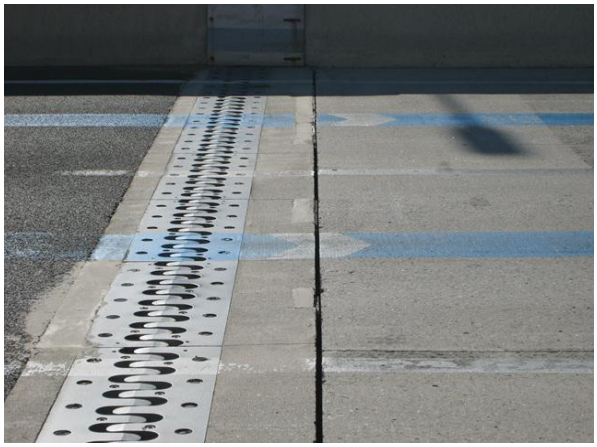
【사진 10.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 접속부 이격이 확인되었다.

【표 10.3.18】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속부 이격 (m/개소)	
S1	13.00	1
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	13.00	1
합계	26.00	2

	
A1 접속부 이격(13.0m)	A1 접속부 이격(13.0m)
	
A2 접속부 이격(13.0m)	A2 접속부 이격(13.0m)

【사진 10.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 교면포장은 접속부 이격이 조사되었고, 손상부는 접속부 침하, 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으며, 주행에 문제는 없으나, 부재의 사용성 확보차원의 단면보수 등의 조치가가 필요할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문9교(문산방향)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 10.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 10.3.19】 배수시설 현장조사 결과

구분	그레이팅 변형 (개소/개소)	
S1	1.00	1
S2	1.00	1
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
합계	2.00	2

	
S1 덮개 변형(1EA)	배수관 상태 양호

【사진 10.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 배수구는 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 구간에서 시공시 발생한 그레이팅 덮개변형이 조사되었고, 교체가 요구된다, 배수시설은 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽 전경



중분대 전경

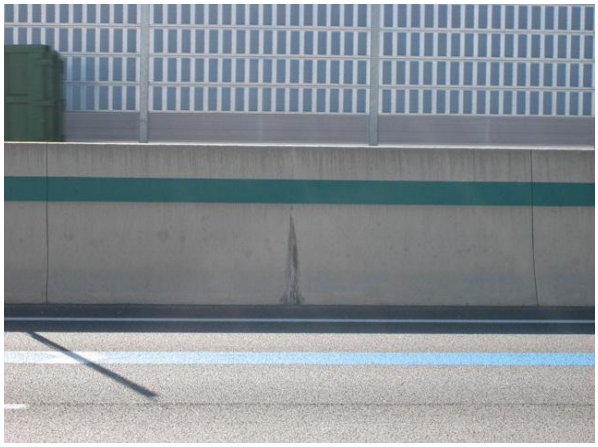
【사진 10.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열 및 균열부 백태, 접속부 단차 등의 손상이 확인되었다.

【표 10.3.20】 난간 및 연석 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열부 백태 (㎡/개소)		접속부 단차 (m/개소)	
S1	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	-	-	-	-
S4	-	-	4.40	3	-	-
S5	1.50	1	-	-	-	-
S6	1.50	1	-	-	-	-
S7	-	-	-	-	1.50	1
합계	3.00	2	4.40	3	1.50	1

	
S4 균열부 백태(0.2m×2.0m)	S4 균열부 백태(0.2m×10.0m)
	
S5 균열(0.2㎜m/1.5m)	S6 균열(0.2㎜m/1.5m)

【사진 10.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열 및 균열부 백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 백태보수 등의 조치가 필요하며, 접속부 단차의 경우, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 서문9교(문산방향)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

【사진 10.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었으나, 일부 구간에서 폐자재 적치가 확인되었다.

【표 10.3.21】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	폐자재 적치 (㎡/개소)	
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
P4	30.00	2
P5	15.00	1
P6	-	-
합계	45.00	3

	
P4 폐자재 적치(15.0m×1.0m)	P5 폐자재 적치(15.0m×1.0m)

【사진 10.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으나, 일부 구간에 폐자재 적치가 확인 되었으며, 정비가 필요한 상태이다. 점검로의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

10.3.3 현장조사 총괄표

【표 10.3.22】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		망상균열	㎡	24.00	2	
S.T.B	거더외부	상태양호	-	-	-	
	거더내부	상태양호	-	-	-	
	가로보	상태양호	-	-	-	
IPC	거더	상태양호	-	-	-	
	가로보	타설불량	㎡	0.08	1	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	0.50	1	
		법면 토사유실	m	25.00	1	
		실란트 이격	m	6.00	1	
교각		균열(0.3㎜미만)	m	30.00	4	
		망상균열	㎡	57.50	3	
		폐콘크리트 퇴적	㎡	3.00	1	
교량받침		받침몰탈 균열	m	7.90	32	
		받침몰탈 파손	㎡	0.02	2	
		고정핀 미제거	EA	8.00	8	
신축이음		후타재 파손	m	0.22	4	
		본체 볼트탈락	EA	1.00	1	
		차수판 볼트 탈락	EA	3.00	3	
		하부누수	m	5.00	1	
교면포장		접속부 이격	m	26.00	2	
배수시설		그레이팅 변형	EA	2.00	2	
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	3.00	2	
		균열부 백태	㎡	4.40	3	
		접속부 단차	m	1.50	1	
점검시설		폐자재 적치	㎡	45.00	3	

10.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

10.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

10.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 10.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	7	7	7	7	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		2	4	2	4	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

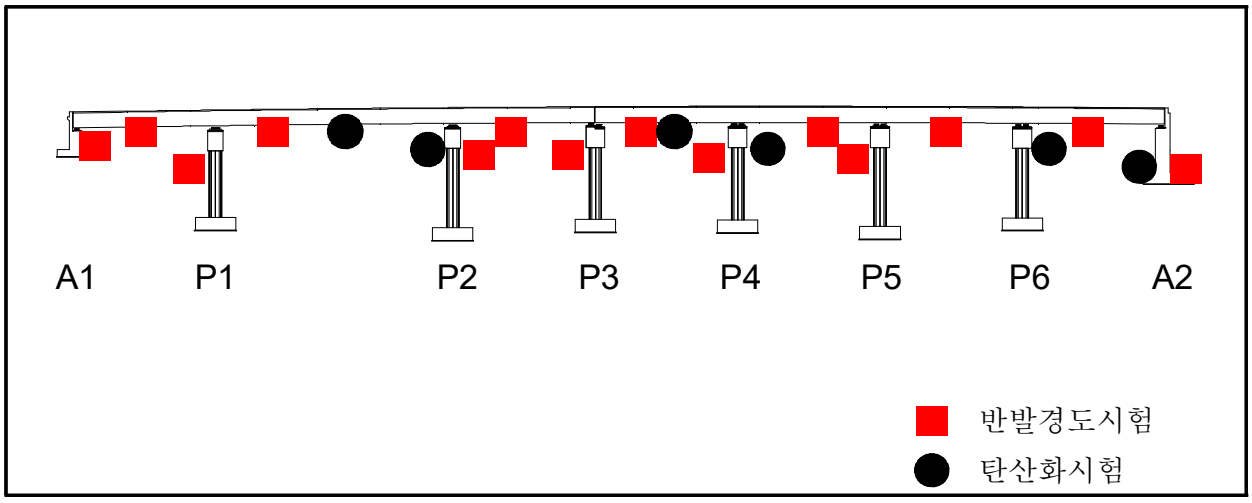
다. 조사 사진



반발경도 시험 현황	탄산화깊이 측정 현황

【사진 10.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 10.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

10.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 5개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 10.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	46.0	27.1	28.6	0.67	27.0	
	S2	바닥판	46.7	27.7	28.9			
	S3	바닥판	46.0	27.1	28.6			
	S4	바닥판	46.1	27.2	28.7			
	S5	바닥판	46.0	27.1	28.6			
	S6	바닥판	47.1	28.0	29.1			
	S7	바닥판	46.6	27.6	28.9			

【표 10.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	교대	42.7	24.3	27.0	0.67	24.0	
	A2	교대	43.7	25.1	27.5			

【표 10.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
하부구조	P1	교각	48.0	40.4	48.0	0.67	40.0	
	P2	교각	47.9	40.3	47.9			
	P3	교각	47.7	40.2	47.6			
	P4	교각	47.5	40.0	47.3			
	P5	교각	48.8	41.2	49.3			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.1~28.9㎫, 하부구조(교대) 24.3~27.5㎫, 하부구조(교각) 40.0~49.3㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 10.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	100.4 ~ 107.0
하부구조	교대	24.3~27.5	24.0	101.3 ~ 114.6
	교각	40.0~49.3	40.0	100.0 ~ 123.3

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 10.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S2 바닥판	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
	S4 바닥판	3.0	40.0	37.0	2.12	100년이상	a
하부구조	A2 흉벽	4.0	100.0	96.0	2.83	100년이상	a
	P2 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	P4 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	P6 코핑부	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~4.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 10.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	2.0~3.0	37.0~38.0	
하부구조	2.0~4.0	96.0~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 10.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.3~27.5	24.0	
		교각	40.0~49.3	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0~38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

10.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

10.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 10.5.1】 상태평가 결과표(STB)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	b	a	a	a	b	a	c	a	a	q	–	–
S2	P1	STB	a	a	a	a	b	a	–	b	b	q	a	–
S3	P2	STB	a	a	a	a	a	a	–	b	a		–	a
평균			0.133	0.100	0.100	0.100	0.167	0.100	0.400	0.167	0.133	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.024	0.020	0.005	0.007	0.005	0.002	0.036	0.015	0.027	–	0.004	0.003
													0.148	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.148) < 0.260

【표 10.5.2】 상태평가 결과표(Bicon)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S4	P3	IPC	a	a	a	a	a	b	a	a	b	q	a	–
S5	P4	IPC	a	a	b	a	a	b	–	a	b	q	–	a
S6	P5	IPC	a	a	a	a	a	b	–	b	b	q	–	–
S7	P6	IPC	a	a	a	a	a	a	–	b	b	q	–	a
	A2								c	a	b	q	–	a
평균			0.100	0.100	0.125	0.100	0.100	0.175	0.250	0.140	0.200	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.020	0.006	0.007	0.003	0.004	0.023	0.013	0.040	–	0.004	0.003
													0.140	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.140) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 10.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문9교 문산방향(STB)	0.148	B	165.0	3	495	0.478	0.071
서문9교 문산방향(Bicon)	0.140	B	180.0	3	540	0.522	0.073
합계(Σ)			345.0	6	1,035	1.000	0.144
1. 평가지수 =							0.144
2. 상태평가결과 =							B

10.5.2 기 점검 결과와의 비교

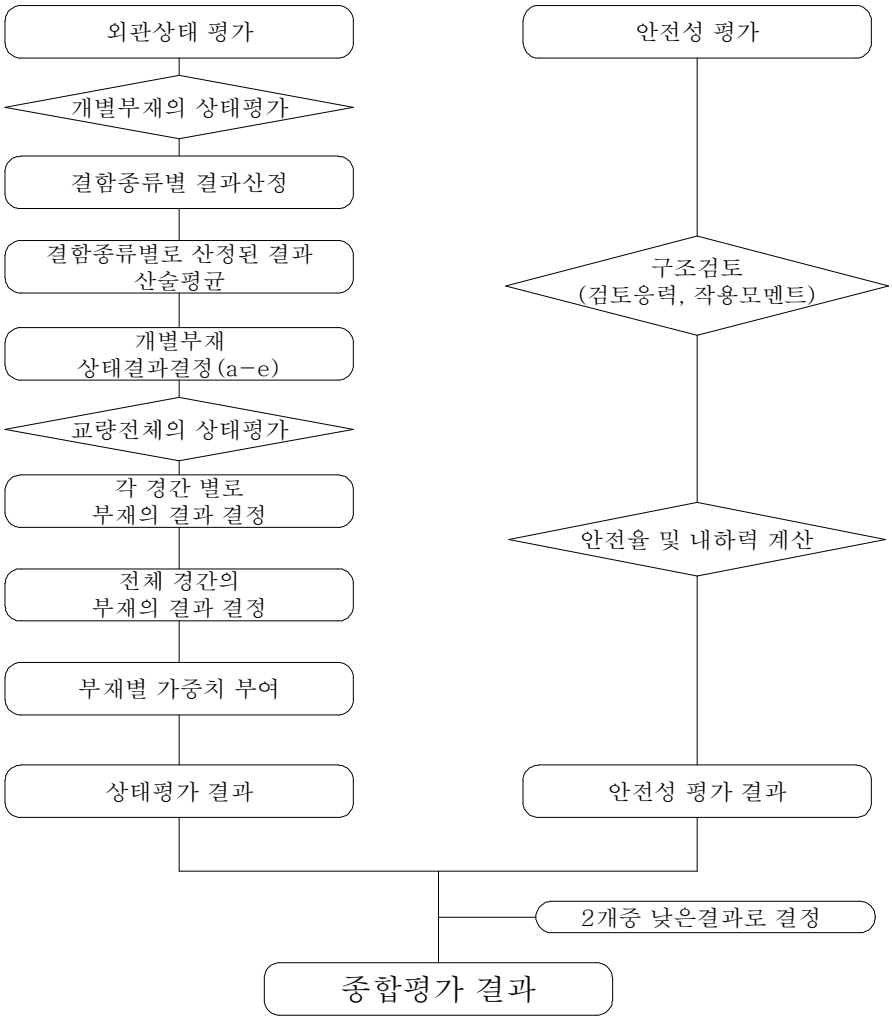
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

10.6 종합평가 및 안전등급 지정

10.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 10.6.1】 종합평가 결과 산정절차

10.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 10.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문9교(문산방향)	0.144	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

10.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 10.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

10.7 보수·보강 및 유지관리방안

10.7.1 보수·보강 방안

【표 10.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		망상균열	㎡	24.00	2	표면처리	하자
S.T.B	거더외부	상태양호	-	-	-	-	-
	거더내부	상태양호	-	-	-	-	-
	가로보	상태양호	-	-	-	-	-
IPC	거더	상태양호	-	-	-	-	-
	가로보	타설불량	㎡	0.08	1	단면보수	하자
교대		균열(0.3㎜미만)	m	0.50	1	표면처리	하자
		법면 토사유실	m	25.00	1	정비	하자
		실란트 이격	m	6.00	1	실란트충전	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	m	30.00	4	표면처리	하자
		망상균열	㎡	57.50	3	표면처리	하자
		폐콘크리트 퇴적	㎡	3.00	1	정비	하자
교량받침		받침몰탈 균열	m	7.90	32	표면처리	하자
		받침몰탈 파손	㎡	0.02	2	단면보수	하자
		고정핀 미제거	EA	8.00	8	정비	하자
신축이음		후타재 파손	m	0.22	4	단면보수	하자
		본체 볼트탈락	EA	1.00	1	정비	하자
		차수판 볼트 탈락	EA	3.00	3	정비	하자
		하부누수	m	5.00	1	교체	하자
교면포장		접속부 이격	m	26.00	2	실란트충전	하자
배수시설		그레이팅 변형	EA	2.00	2	교체	하자
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	3.00	2	표면처리	하자
		균열부 백태	㎡	4.40	3	표면처리	하자
		접속부 단차	m	1.50	1	유지관리	-
점검시설		폐자재 적치	㎡	45.00	3	정비	하자

10.7.2 개략공사비

【표 10.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	망상균열	표면처리	24.00	36.00	㎡	-	-	하자
PC 가로보	타설불량	단면보수	0.08	0.12	㎡	-	-	하자
교대	균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.50	0.19	m	-	-	하자
	법면 토사유실	정비	25.00	37.50	m	-	-	하자
	실란트 이격	실란트충전	6.00	9.00	m	-	-	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	표면처리	30.00	11.25	m	-	-	하자
	망상균열	표면처리	57.50	86.25	㎡	-	-	하자
	폐콘크리트 퇴적	정비	3.00	4.50	㎡	-	-	하자
교량받침	받침몰탈 균열	표면처리	7.90	2.96	m	-	-	하자
	받침몰탈 파손	단면보수	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
	고정핀 미제거	정비	8.00	12.00	EA	-	-	하자
신축이음	후타재 파손	단면보수	0.22	0.33	m	-	-	하자
	본체 볼트탈락	정비	1.00	1.50	EA	-	-	하자
	차수판 볼트 탈락	정비	3.00	4.50	EA	-	-	하자
	하부누수	교체	5.00	7.50	m	-	-	하자
교면포장	접속부 이격	실란트충전	26.00	39.00	m	-	-	하자
배수시설	그레이팅 변형	교체	2.00	3.00	EA	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	3.00	1.13	m	-	-	하자
	균열부 백태	표면처리	4.40	6.60	㎡	-	-	하자
	접속부 단차	유지관리	1.50	2.25	m	-	-	-
점검시설	폐자재 적치	정비	45.00	67.50	㎡	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

10.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 10.7.3】 중점유지관리 항목

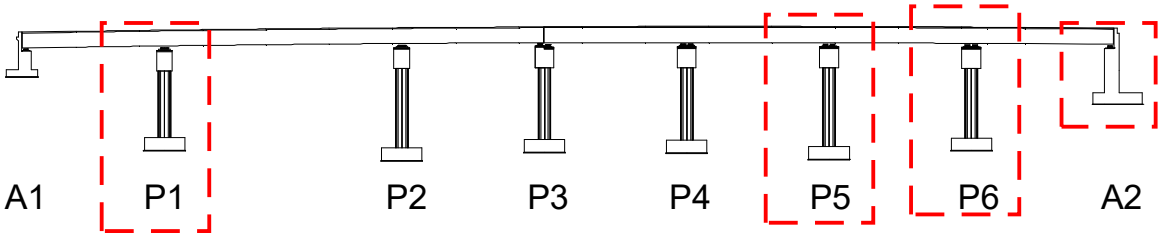
부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상





① 하부구조 균열(0.3㎜ 미만) 등 – 진전 여부확인



10.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 흥도로 197-77에 위치한 교량으로 총 연장 330.0m, 폭 32.0m의 Steel Box + IPC Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

10.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 발생한 망상균열은 폭 0.3㎜미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

2) Steel Box Girder + IPC Girder

- S.T.B 거더외부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- S.T.B 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- IPC 거더는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

3) 가로보

- 가로보(S.T.B)는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 가로보(IPC)는 일부 구간에서 시공 미흡에 의한 타설불량이 확인되었고, 경미한 손상이나 하자보수 만료전 단면보수 등의 조치가 필요하며 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 및 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

■ 교대에 발생한 균열은 폭 0.3㎜미만 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 실란트 이격은 공용중 열화로 인하여 발생한 손상으로 실란트 충전이 필요한 상태이며, 법면 토사유실의 경우, 식생공 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

5) 교각

■ 교각 코핑부에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다. 폐콘크리트 퇴적은 시공 후 정리미흡에 의한 손상으로 청소 등의 정비가 필요할 것으로 판단된다.

6) 교량받침

■ 받침본체에서 발생된 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 추정되며, 몰탈 파손의 경우, 시공시 외부 충격에 의한 손상으로 현재 경미한 상태이다. 고정핀 미제거의 경우 시공 마무리 미흡에 의한 손상으로 확인되었다. 받침에 발생한 손상은 하자 보수 만료전 표면처리, 단면보수, 정비 등의 보수가 필요한 상태이며 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 및 신규 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

■ 신축이음에 발생한 후타재 파손의 경우, 시공미흡, 다짐미흡, 차량 통행하중 및 충격 등의 복합적인 원인으로 판단되며, 본체 볼트탈락의 경우 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정된다. 후타재 파손 및 볼트 탈락의 경우 신축이음 부분교체 등의 하자보수가 필요한 상태이며, 차수판 볼트 탈락은 재체결 등의 정비가 필요한 상태이다. 하부 누수의 경우 주기적인 점검을 통산 손상의 진전여부 확인 후 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 신장시 A2 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며,

이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 신장시(여름철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

8) 교면포장

■ 교면포장은 접속부 이격이 조사되었고, 손상부는 접속부 침하, 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으며, 주행에 문제는 없으나, 부재의 사용성 확보차원의 단면보수 등의 조치가가 필요할 것으로 사료되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 신규손상 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

9) 배수시설

■ 배수구는 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 구간에서 시공시 발생한 그레이팅 덮개변형이 조사되었고, 교체가 요구된다, 배수시설은 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

■ 방호벽에 발생한 균열 및 균열부 백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 백태보수 등의 조치가 필요하며, 접속부 단차의 경우, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으나, 일부 구간에 폐자재 적치가 확인 되었으며, 정비가 필요한 상태이다. 점검로의 경우 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.1~28.9㎫, 하부구조(교대) 24.3~27.5㎫, 하부구조(교각) 40.0~49.3㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~4.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 서문9교(문산방향)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문9교(문산방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

10.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

10.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

11. 서문10교(서울방향)

11.1 시설물 개요
11.2 자료수집 및 분석
11.3 현장조사
11.4 콘크리트 내구성조사
11.5 상태평가
11.6 종합평가 및 안전등급 지정
11.7 보수·보강 및 유지관리 방안
11.8 종합결론

11. 서문10교(서울방향)

11.1 시설물의 개요

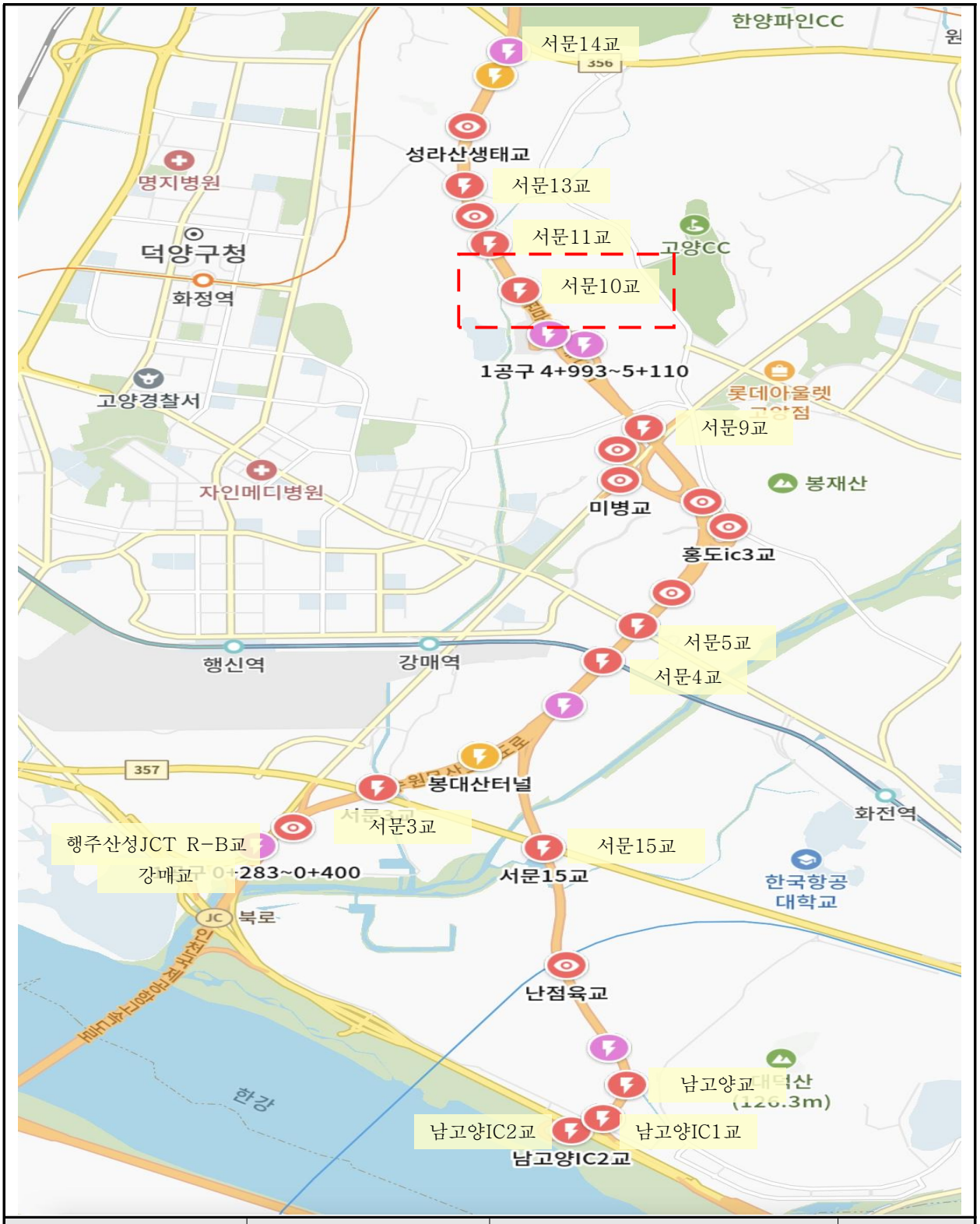
본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 흥도로415번길 61-214 (성사동)에 위치한 교량으로 총 연장 101.0m, 폭 19.5m로 시공되어 있다.

11.1.1 일반사항

【표 11.1.1】 서문10교(서울방향) 일반사항

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000232</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td>경기도 고양시 덕양구
흥도로415번길 61-214 (성사동)</td><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td></tr>
<tr><td colspan="2">시점이정</td><td>-</td><td colspan="2">노 선 명</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=101.0m(45+56=101.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=19.5m, 3차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>Spliced 거더</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교 대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: π형</td><td>교 각</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침, 포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>-</td><td colspan="2">통과높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td>-</td><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td></tr>
<tr><td colspan="2">시 공 자</td><td>지에스건설㈜</td><td colspan="2">설 계 자</td><td>㈜다산컨설턴트</td></tr>
<tr><td colspan="2">감 리 자</td><td>㈜동일기술공사</td><td colspan="2">관리주체</td><td>서울문산고속도로주식회사</td></tr>
<tr><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">측면 전경</td><td colspan="3">상부 전경</td></tr>
</table>

11.1.2 위치도 및 전경사진



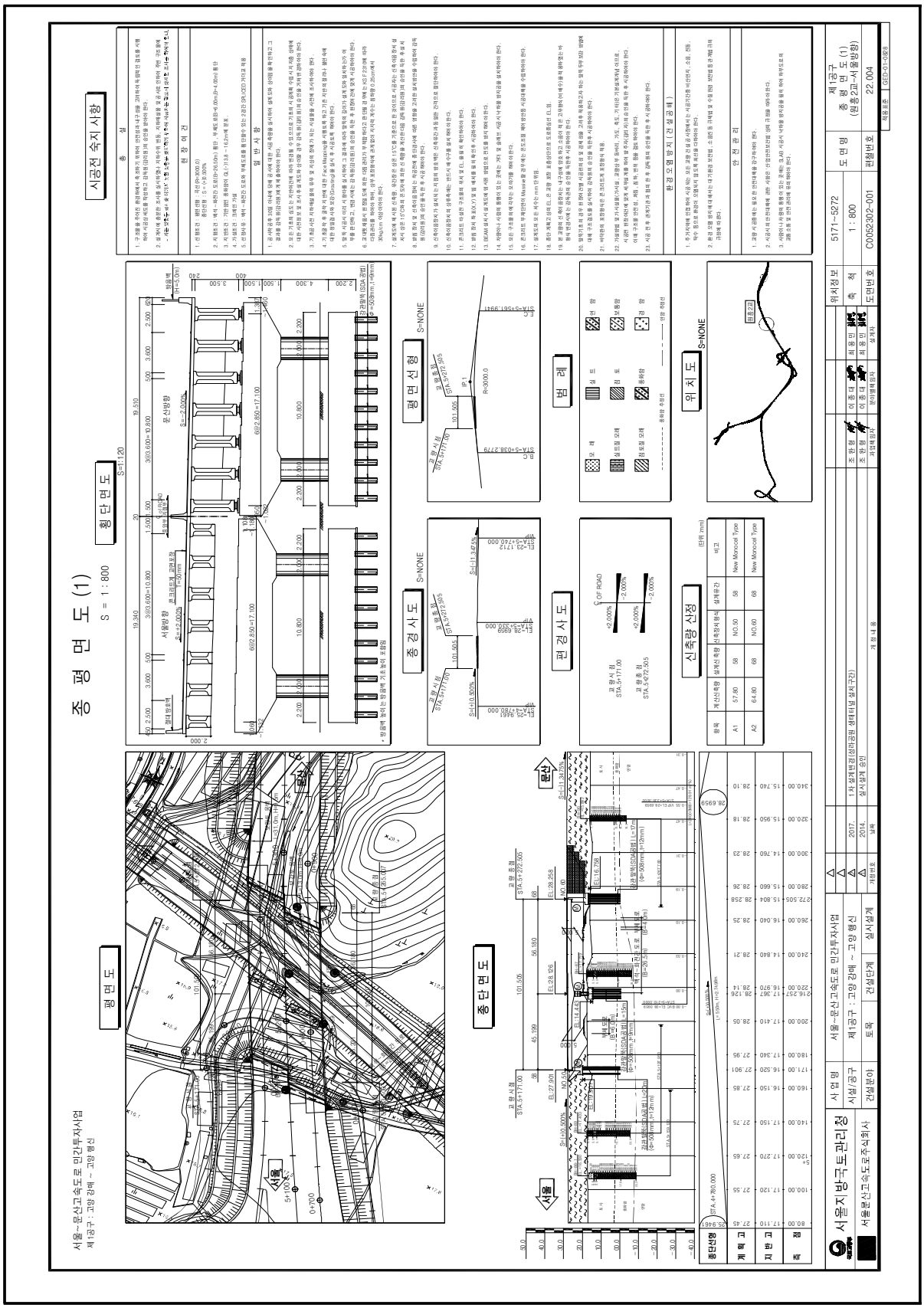
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 11.1.1】 위치도

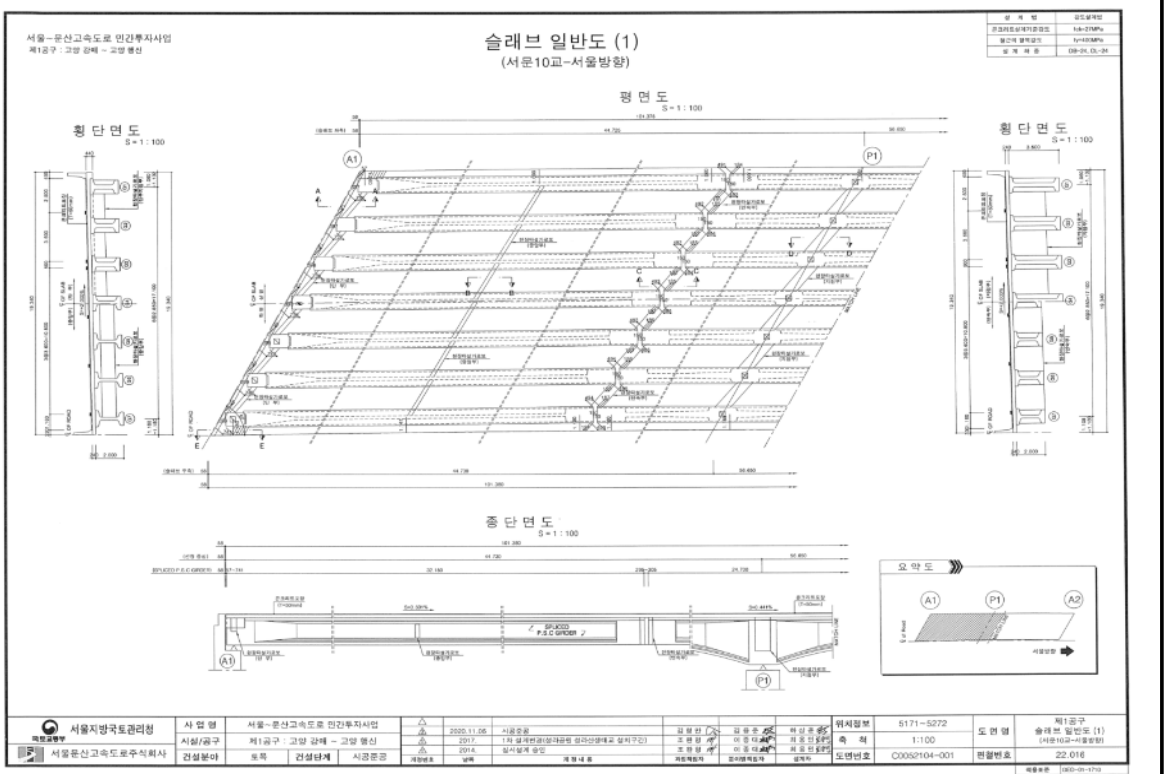
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

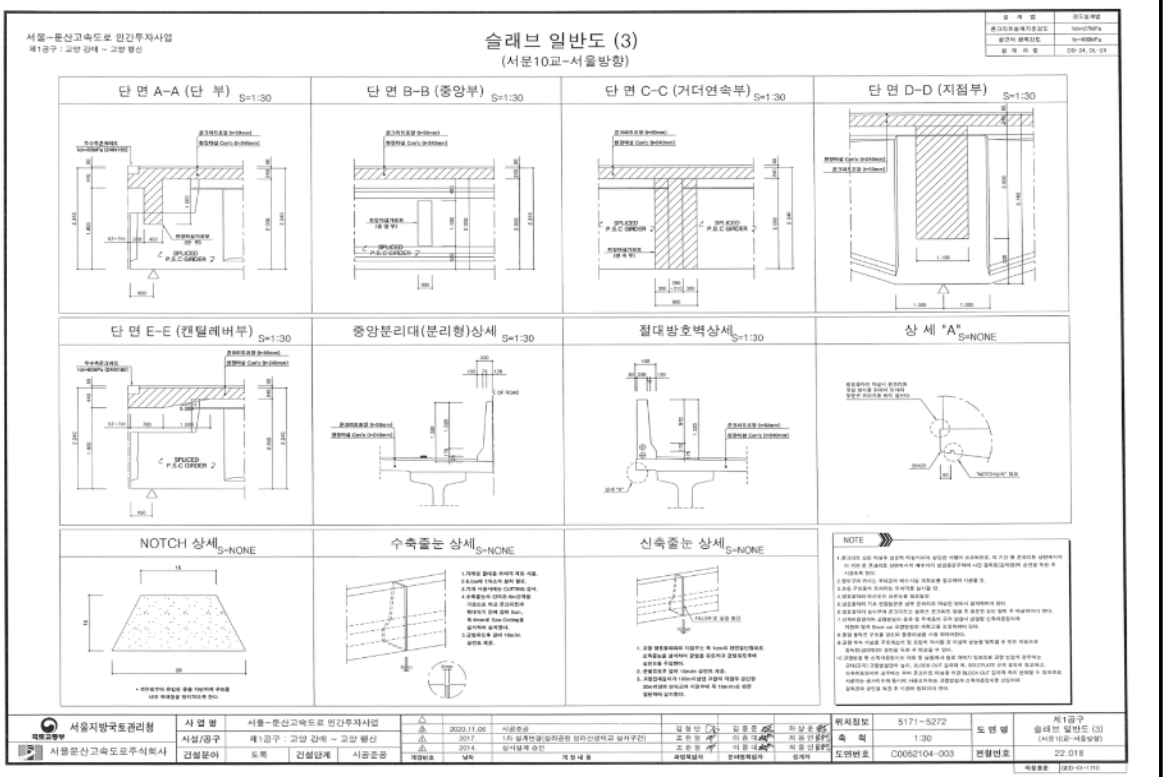
【그림 11.1.2】 부재별 현황

11.1.3 시설물 일반도

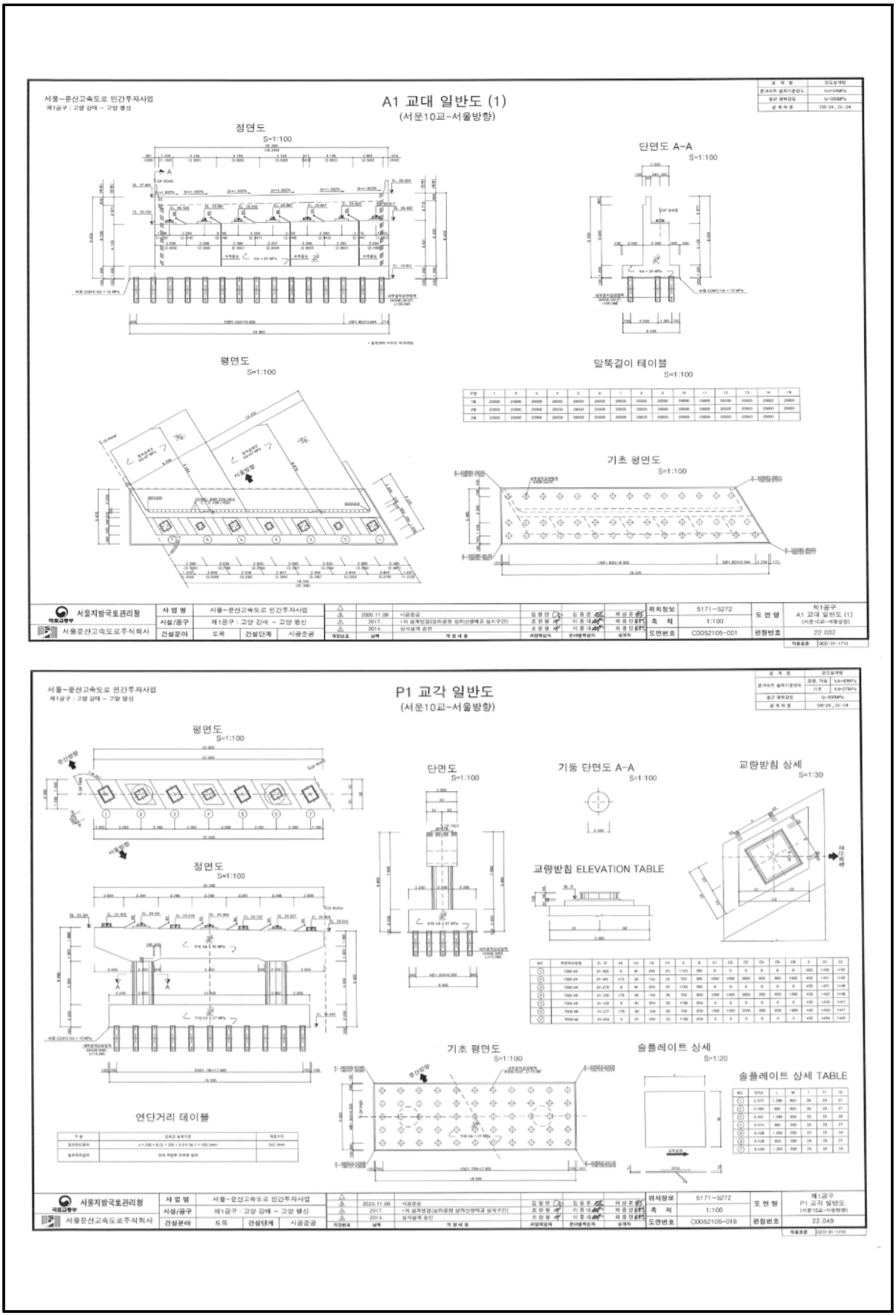


【그림 11.1.3】 평면 및 종단면도

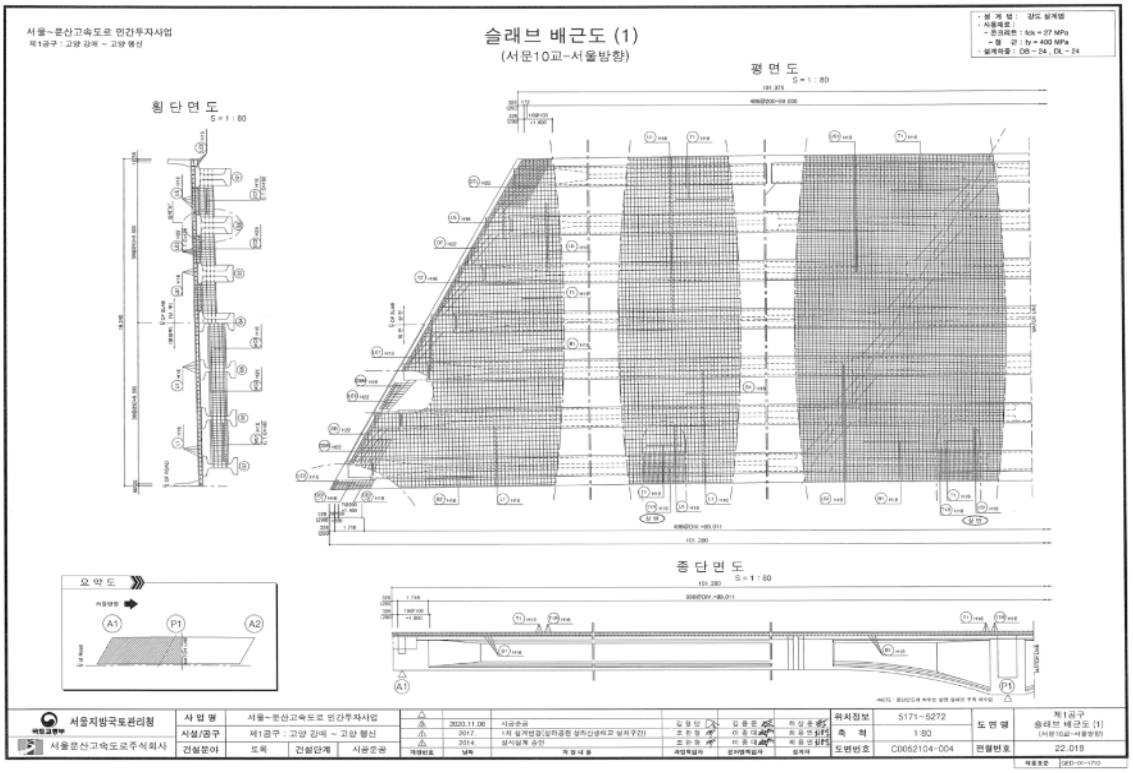


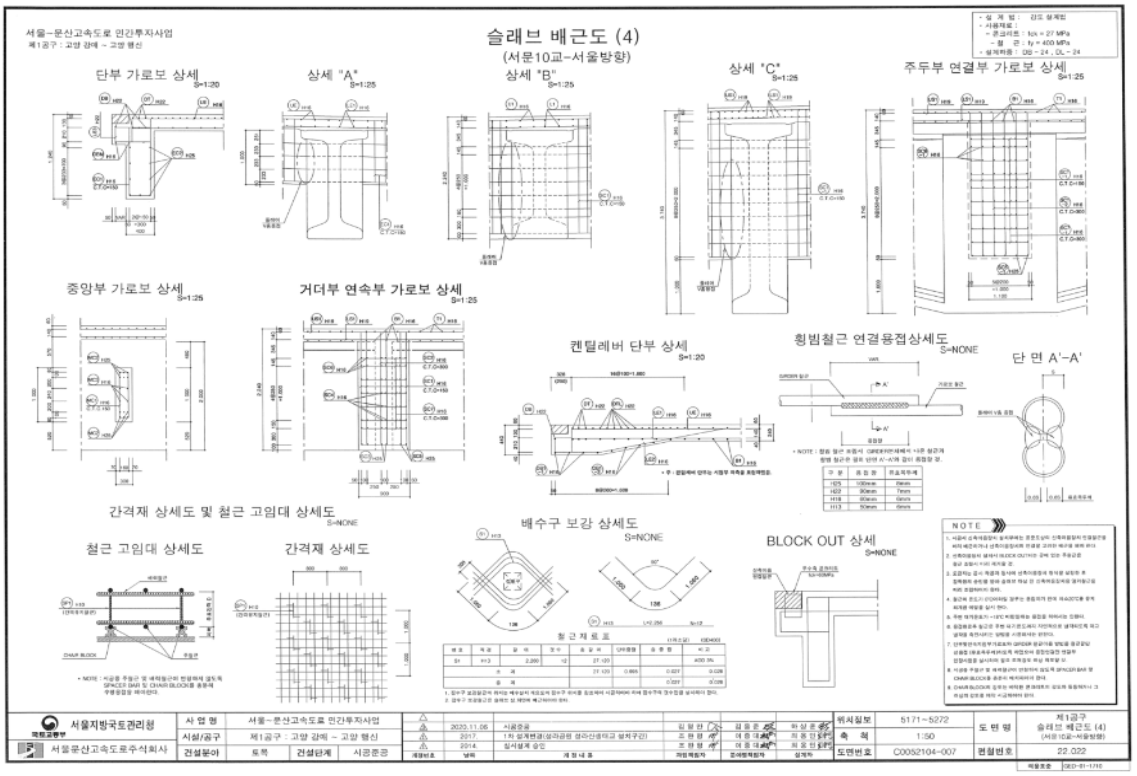


【그림 11.1.4】 바닥판하면 일반도

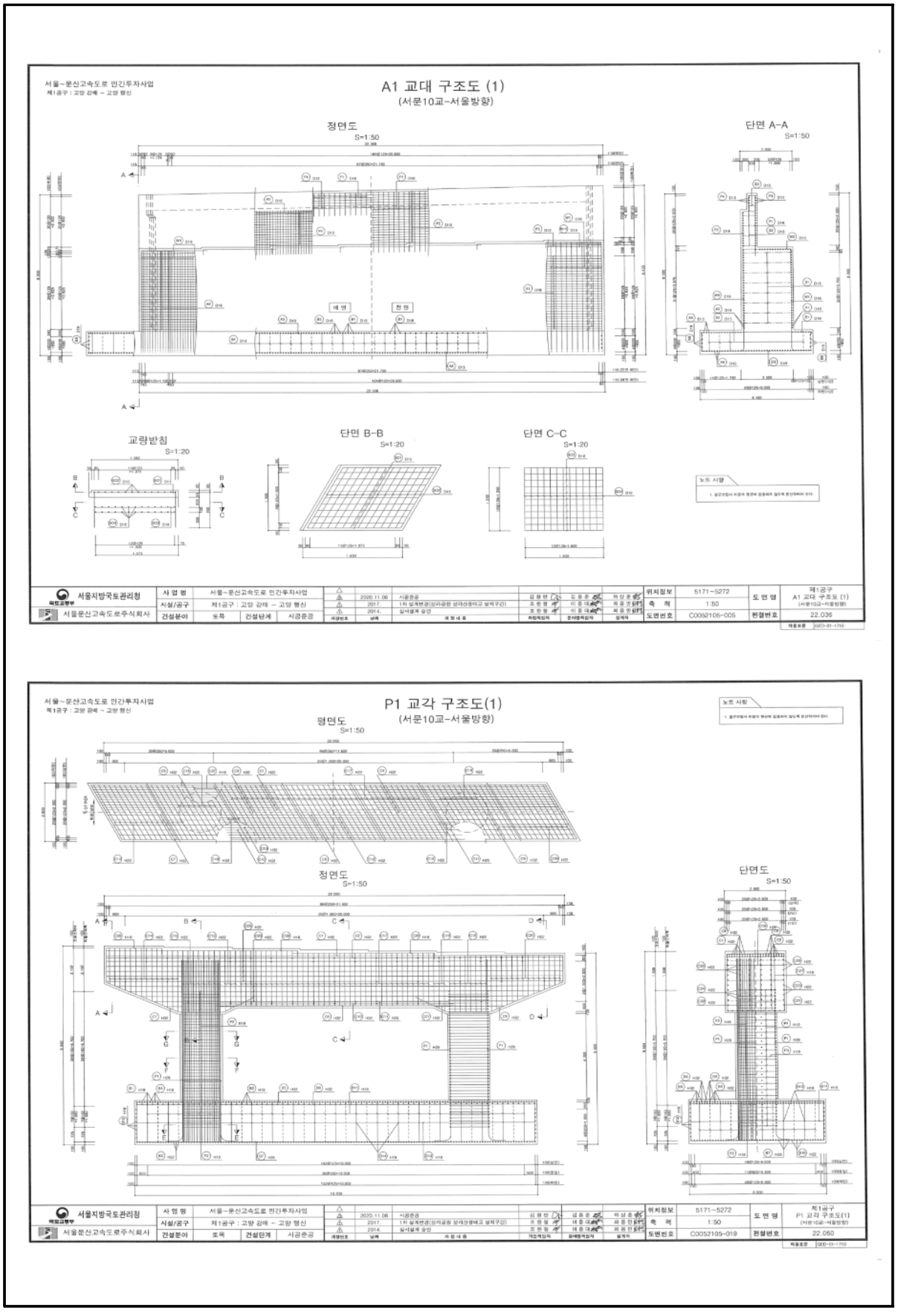


【그림 11.1.5】 교대 및 교각 일반도





【그림 11.1.6】 바닥판하면 배근도



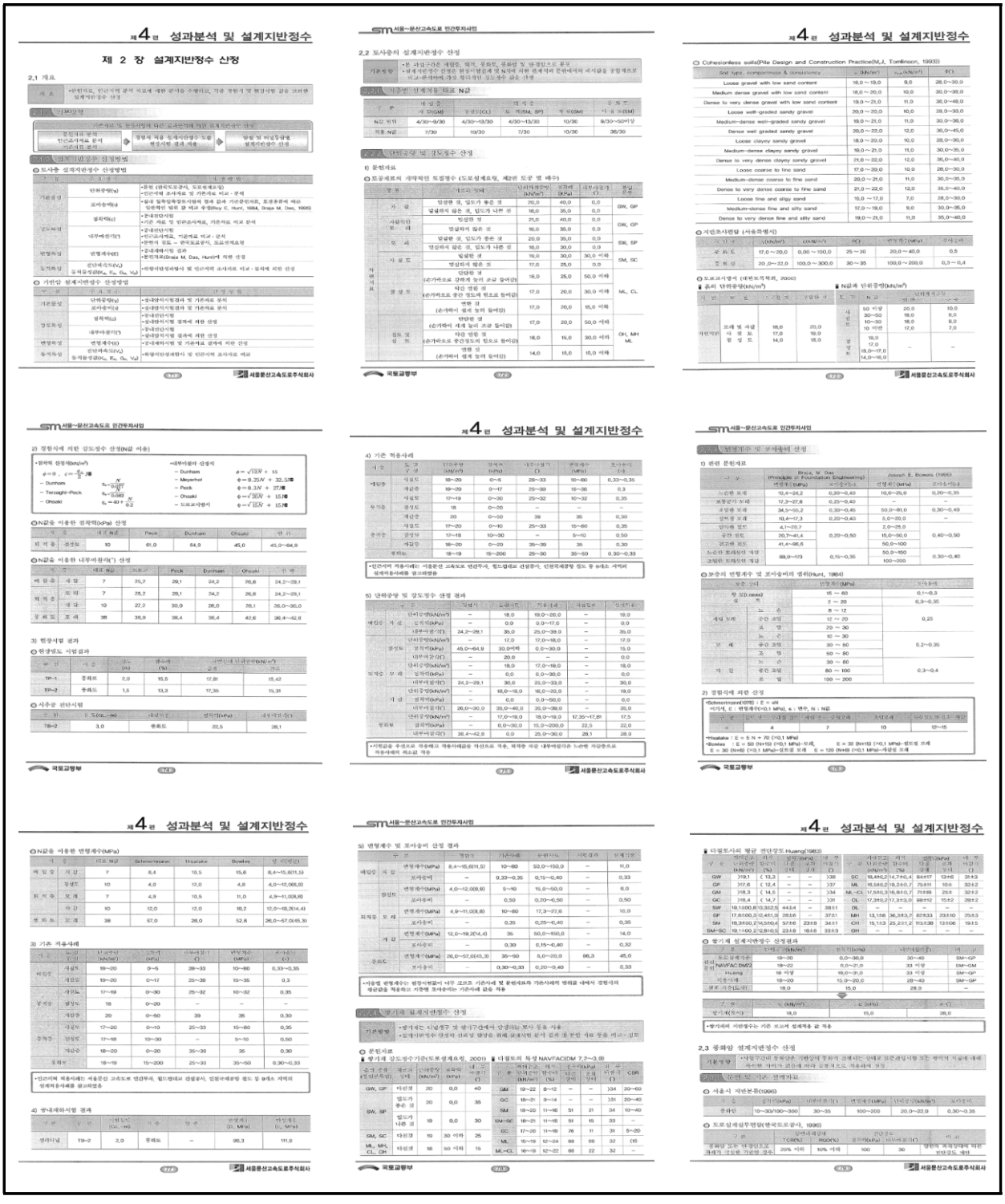
【그림 11.1.7】 교대 및 교각 구조도

11.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

11.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비 고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	-
	2001	20	30	35	-
	2003	19,5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편 암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범 위		19,5~21	10~30	30~36	-

○ 기존 적용사례

구 분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0,30~0,31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공 번	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31,1	31,4	156,1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	-	19,5~22,0	20,0~22,0	-	20,0
포아송비(ν)	-	0,20~0,45	0,30~0,31	-	0,30

○ 전단강도 및 변형계수

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	-	10,0~300	20~50	31,1	30,0
내부마찰각(°)	) 39,5	30,0~36,0	30~33	31,4	31,0
변형계수(MPa)	-	200	50,0~350,0	156,1	150,0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

국토교통부 80

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 산정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암석종류(강도)	암반파쇄상태 (NX 규격 시추조사)		암반의 강도정수	
	T.C.R(%)	R.Q.D(%)	φ(°)	C(kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
	20~30%	10~25%	33°	130
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반명	단위중량 γ(kN/m³)	내부마찰각 φ(°)	변형계수 E(MPa)	포아송비 ν
연 암	23~25	30~40	200~400	0,25~0,30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0,25
경 암	25~27	35~45	1,000~4,000	0,20

2) 기존 적용사례

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	I등급	27	4,200	44~45	18,000	0,21
	II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0,22
	III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0,24
	IV등급	24	800~900	34	1,000	0,25
	V등급	23	400	33	500	0,26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

81 서울문산고속도로주식회사

sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.4.2 경험식에 의한 검토

○ 제안자별 경험식

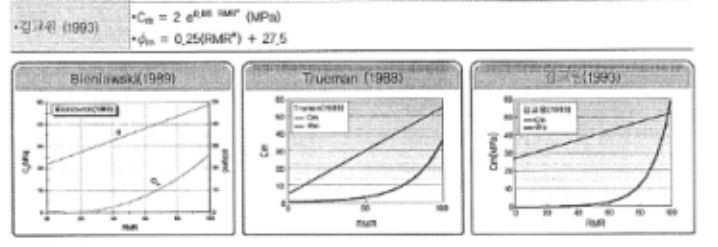
■ 단위중량 및 포아송비

구 분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산정식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y−1.28)/14.3] × 10; ν = 0.3 − (Y−1.28)/95; 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35	ν = −0.17 Ln(RMR')+0.9

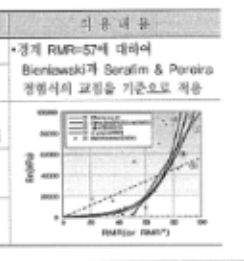


■ 점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	관계경험식
•Bieniawski (1989)	$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346\times10^{-5}RMR^2$; $\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031RMR^2$
•Trueman (1988)	$C_m = 0.25\,e^{0.05\,RMR}$ (Mpa); $\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	$C_m = 2\,e^{0.06\,RMR'}$ (MPa); $\phi_m = 0.25(RMR') + 27.5$



■ 변형계수

변형계수 경험식	관계경험식	적용내용
•Bieniawski (1978)	$E_m = 2RMR - 100$(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\,e^{0.07RMR'}$(GPa) − RMR' : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\,RMR^{3.54}$(MPa)	
•Mohammad (1997)	$E_m = 0.582\,RMR + 0.183$ (GPa)	

국토교통부 82

제4편 성과분석 및 설계지반정수

○ 경험식에 의한 산정결과

■ 단위중량 및 포아송비

구 분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	단위중량 김교원 (1993)	포아송비(ν) Tsuchiya (1984)	포아송비 김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	26,3	-	0,21	0,15
	II등급	64	25,5	-	0,22	0,19
	III등급	53	24,8	-	0,23	0,22
	IV등급	36	23,8	-	0,24	0,29
	V등급	10	22,1	-	0,27	0,49

■ 점착력 및 내부마찰각

구 분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(°) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	V등급	10	26	412	48	7	10	30

■ 변형계수

구 분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Serafim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,800	13,100	12,300
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	-

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11,0	연 암	화강암질 편마암	IV	980,3	1,166,2
	TB-3	17,0	연 암	화강암질 편마암	IV	598,9	908,3

83 서울문산고속도로주식회사

sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

○실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16,3~16,4	연암	IV	26,65	2,832	1,511	47,10	50,759	0,19
	TB-1	23,2~23,4	경암	III	27,32	3,215	1,802	42,24	53,119	0,21
	TB-2	13,1~13,3	경암	III	27,44	3,012	1,495	73,50	70,884	0,18
	TB-3	21,6~21,8	경암	III	28,93	3,067	1,732	73,46	68,416	0,18
	TB-4	20,9~21,1	경암	III	27,08	3,831	1,855	100,39	79,951	0,16
	TB-5	18,8~19,0	경암	III	27,08	2,724	1,256	69,82	63,800	0,19
	TB-6	8,8~9,0	연암	IV	26,90	2,688	1,305	97,85	82,344	0,16
	TB-7	21,2~21,4	경암	III	27,14	3,412	1,631	57,39	52,647	0,21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	지 층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적 용	포아송비(ν) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	I등급	27	26,3	-	27,0	0,21	0,15~0,21	-	0,21
	II등급	26	25,5	-	26,0	0,22	0,19~0,22	-	0,22
	III등급	25	24,8	26,65~26,90	25,0	0,24	0,22~0,23	0,16~0,19	0,24
	IV등급	24	23,8	27,08~28,93	24,0	0,25	0,24~0,29	0,16~0,21	0,25
	V등급	23	22,1	-	23,0	0,26	0,27~0,49	-	0,26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 저대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구 분	지 층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적 용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적 용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

국토교통부 84

제4편 성과분석 및 설계지반정수

○ 변형계수

구 분	지 층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	-	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	-	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	-	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	-	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암석명	기본마찰각(ϕ_b)	암석명	기본마찰각(ϕ_b)
각섬암	32	화강암 (조립질)	31~35
현무암	31~38	석회암	33~40
역암	35	반암	31
백악	30	사암	25~35
백운암	27~31	셰일	27
편마암 (편암질)	23~29	미사암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점판암	25~30

주) 작은 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & J.w.Bray

암석명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비 고
점착력이 없는 물질	암괴/자갈/암석	현무암	40,0 ~ 50,0	-	-
		백악	30,0 ~ 40,0		
		화강암	45,0 ~ 50,0		
		석회암	35,0 ~ 40,0		
		사암	35,0 ~ 45,0		
		셰일	30,0 ~ 35,0		
점착력이 있는 물질	암석	견고한 화성암	35,0 ~ 45,0	35,7 ~ 56,1	(화강암, 현무암, 반암)
		변성암	30,0 ~ 40,0	20,4 ~ 40,8	(규암, 편마암, 점판암)
		견고한 퇴적암	35,0 ~ 45,0	10,2 ~ 30,6	(석회암, 백운석, 사암)
		연약한 퇴적암	25,0 ~ 35,0	1,0 ~ 20,4	(사암, 석탄, 백악, 셰일)

85 서울문산고속도로주식회사

sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암석명	설 명	최대강도 c'(kPa)	최대강도 φ(°)	잔류강도 c'(kPa)	잔류강도 φ(°)	시험자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240,0	42,0	-	-	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 / 얇은 층상 / 삼축시험	15,0 / 90,0~120,0 / 60,0~100,0	7,5 / 12,0~17,0 / 9,0~13,0	-	-	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 / 직접전단시험	0,0~270,0	8,5~29,0	30,0	8,5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0,0~180,0	12,0~18,5	0,0~3,0	10,5~16,0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60,0	32,0	-	-	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	-	-	0,0	19,0~25,0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
청탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1,0~2,5cm	11,0~13,0	16,0	0,0	11,0~11,5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41,0	14,5	22,0	17,0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화상 섬록암 및 편암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0,0	26,5	-	-	Brawner[116]
화강암/편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질점토로 된 단층 충전물과 폭에 익회벽, 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0,0~100,0 / 50,0~242,0	24,0~25,0 / 40,0~42,0	-	-	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면의 1~2mm의 점토	-	-	0,0	21,0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 / 1~2mm의 점토 충전물 / 1mm이하의 점토 충전물	100,0 / 50,0~200,0	13,0~14,0 / 17,0~21,0	0,0	13,0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 / 갈탄~이회암 접촉면	80,0 / 100,0	38,0 / 10,0	-	-	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0,0	25,0	0,0	15,0~24,0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14,0~30,0	15,0~17,5	-	-	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360,0 / 16,0~20,0	14,0 / 7,5~11,5	80,0	11,0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30,0~80,0 / 610,0~740,0 / 380,0	32,0 / 41,0 / 31,0	-	-	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50,0	33,0	-	-	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42,0~90,0	36,0~38,0	-	-	

국토교통부 86

제4편 성과분석 및 설계지반정수

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구 분	현무암	역 암	편마암	화강암	사 암	셰 일
마찰각(°)	31,0 ~ 38,0	35,0	23,0 ~ 29,0	29,0 ~ 35,0	25,0 ~ 35,0	27,0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C. Wyllie, 1992)

구 분	암 종	내부마찰각(°)	비 고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20,0 ~ 27,0	-
Medium-friction Rocks	27,0 ~ 34,0	-	-
사암, 역암, 편마암, 슬레이트	-	-	-

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22,9~23,3	132,0	47,0	44,0	39,1	18~20	92,0	2,824	4,151
	TB-5	14,6~15,0	96,0	59,0	40,3	34,7	14~16	84,0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암 종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	-	47,0~59,0	47,0	-	34,7~39,1	34,0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

87 서울문산고속도로주식회사

sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개 요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음

•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76\times N^{0.33}$ • Imai(1982) $V_s = 97.0\times N^{0.314}$

•Okamoto(1989) $V_s = 125\times N^{0.3}$ • Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84\times N^{0.31}$

− 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$

− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$

− 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1-2\nu_d)$ 여기서, $\rho=\gamma_t/g$, γ_t=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구 분		하향식탄성파 V_p(m/s)	V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비 고
매립층		-	-	144,4~224,1	180	-
퇴적층	점토	-	-	162,5~249,4	200	-
	모래	-	-	144,4~224,1	170	-
	자갈	-	-	162,5~249,4	190	-
풍화토		919~984	375~408	252,4~372,3	392	-
풍화암		1,103~1,185	511~577	276,4~404,2	544	-
연 암		1,786~1,881	927~980	-	954	4등급
경 암		2,168~2,323	1,192~1,277	-	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0,33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0,40
	모래	480	170	52	140	156	0,35
	자갈	514	190	69	181	168	0,32
풍화토		952	392	268	713	699	0,33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0,30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0,26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0,24

분석결과 •내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용

국토교통부 88



제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-5}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-5}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
	일반	
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
	일반	
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
	일반	
균열 간격이 없을때	불투수성	1.0×10^{-9} 이상
	일반	

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

89 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

2.7.3 물안속체 설계지반정수

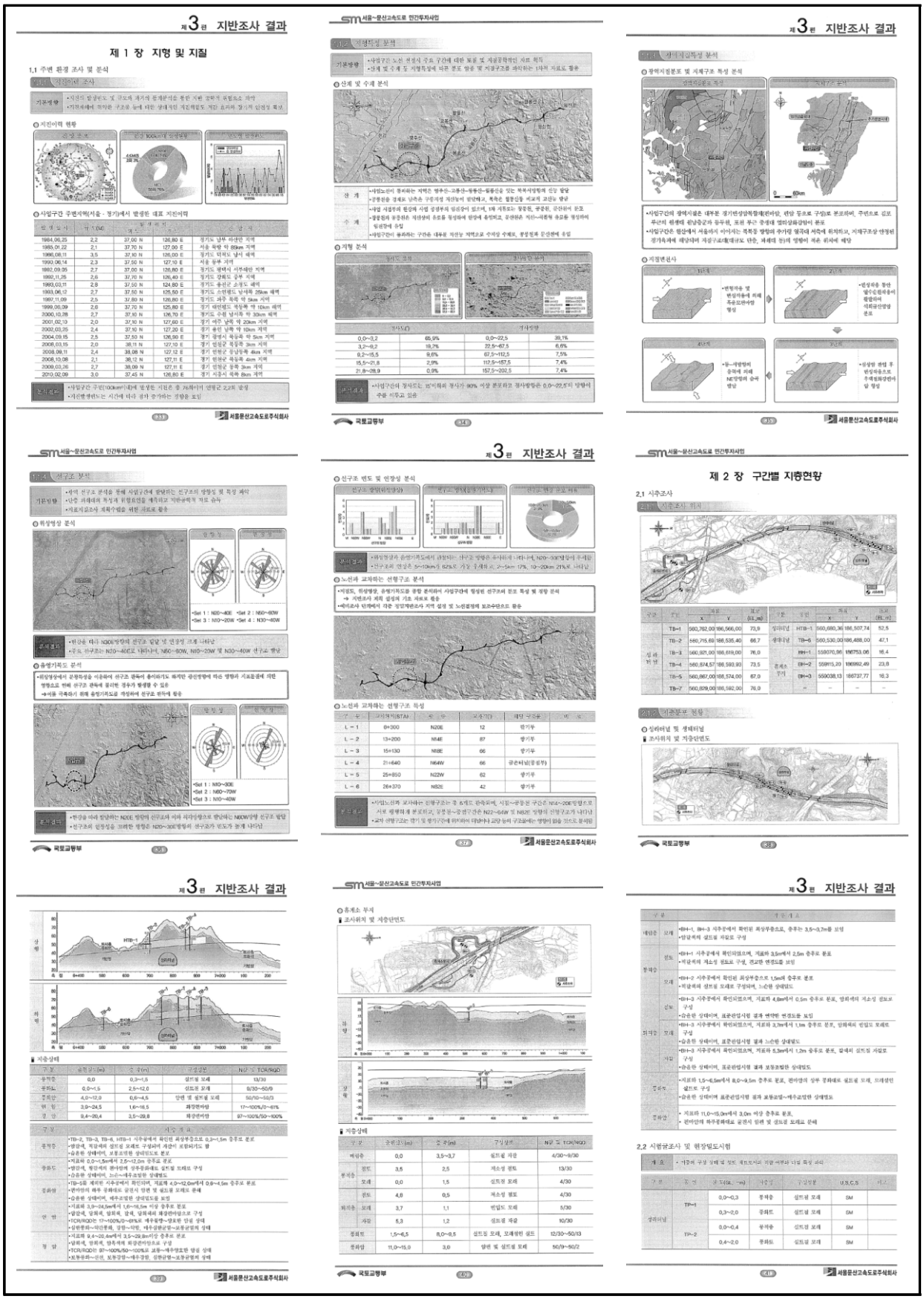
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

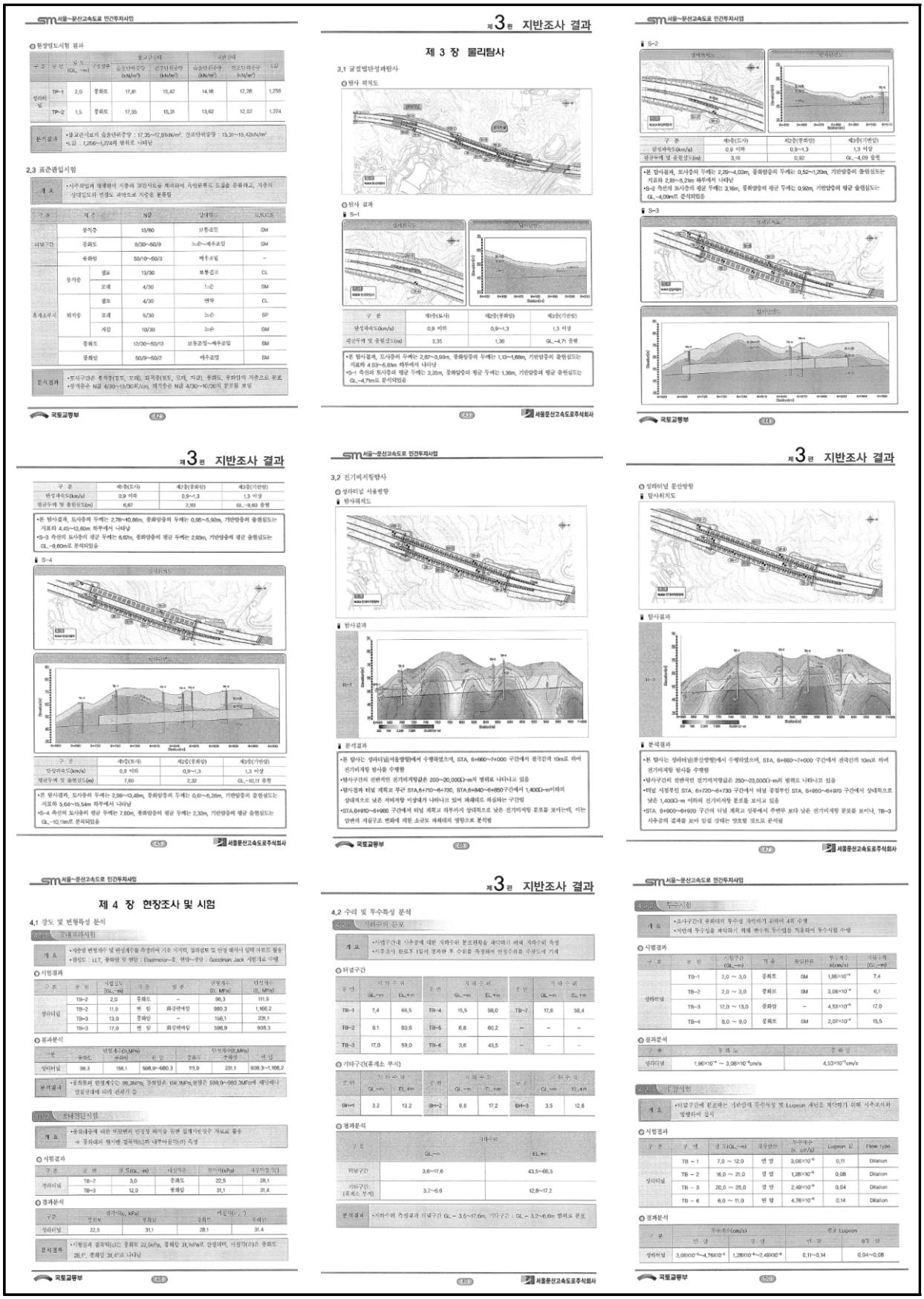
2.7.4 기타 설계지반정수

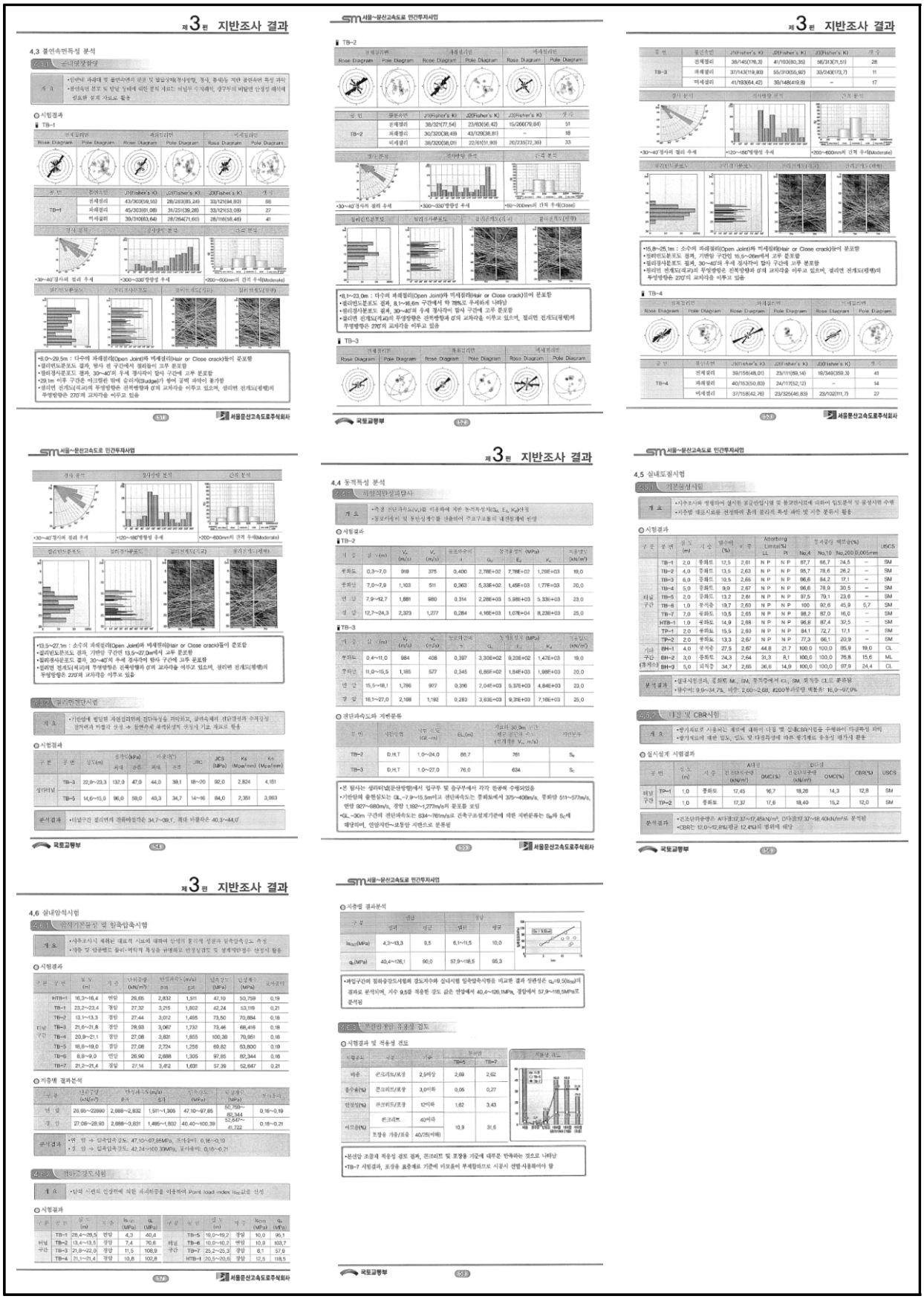
구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	v_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부 90

나. 지반 및 지질 조사보고서







서울문산고속도로 인간투자사업

제3편 지반조사 결과

4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

개 요 •암반의 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 통과)등 지반 불연속면 특성 파악
•불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수직해석, 경구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

시험결과

TB-1

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-1	전체절리	43/303(59,55)	28/263(85,24)	33/121(94,80)	68
	파쇄절리	45/303(81,08)	31/251(39,28)	33/121(53,08)	27
	미세절리	39/310(63,64)	28/264(71,60)	28/116(58,48)	41

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•8.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 이크랙된 밖에 슬리지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-2

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-2	전체절리	38/321(77,54)	23/63(56,42)	15/266(79,84)	51
	파쇄절리	30/320(38,49)	43/129(38,81)	–	18
	미세절리	38/320(58,01)	22/61(51,90)	26/235(72,36)	33

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •60~200mm의 간격 우세(Close)

•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-3

제3편 지반조사 결과

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-3	전체절리	38/145(176,3)	41/193(80,35)	56/313(71,51)	28
	파쇄절리	37/143(119,93)	55/310(55,92)	33/243(173,7)	11
	미세절리	41/193(64,42)	39/148(419,8)	–	17

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-4

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-4	전체절리	39/156(48,01)	23/111(69,14)	19/349(359,3)	41
	파쇄절리	40/153(50,83)	24/117(52,12)	–	14
	미세절리	37/158(42,76)	23/325(46,83)	23/102(111,7)	27

서울문산고속도로 인간투자사업

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요 •기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 절리속에서 전단경성과 수직강성 결정하여 마찰각 산정 → 불연속에 해석분석의 산정시 기초 자료로 활용

시험결과

구 분	공 번	심도(m)	절각(kPa) 최대	절각(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
절리터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과 •터널구간 절리면의 전류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

제3편 지반조사 결과

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요 •측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_o, E_o, K_o)산정
•동모아레이 및 불안성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

시험결과

TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 n	동적물성치 (MPa) G_o	E_o	K_o	지층밀도 (kN/m³)
풍화토	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 n	동적물성치 (MPa) G_o	E_o	K_o	지층밀도 (kN/m³)
풍화토	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.23E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	977	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,188	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 속도 (GL~m)	EL(m)	기초와 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (인계경우 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL~7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL~30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

서울문산고속도로 인간투자사업

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요 •시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
•지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	풍적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타구간 (참조자료)	BH-1	4.0	풍적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과 •실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 풍적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨
•함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 터널 및 CBR시험

개 요 •평가제로부 사용되는 제반에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악
•평가제로의 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 평가제로 유용성 평가시 활용

실시설계 시험결과

구 분	심 도 (m)	지 층	A타입 건조단위중량 (kN/m³)	A타입 OMC(%)	D타입 건조단위중량 (kN/m³)	D타입 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.28	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과 •건조단위중량은 A타입17.37~17.45kN/m³, D타입17.37~18.40kN/m³로 분석됨
•CBR는 12.0~12.8%(평균 12.4%)의 범위에 해당

제3편 지반조사 결과

4.6 실내암석시험

4.6.1 음석기본물성 및 압축압축시험

개 요 •시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 압축압축강도 측정
•지층 및 암분별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계적반영수 산정시 활용

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	압축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,418	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,258	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	압축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과 •연 암 → 압축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19
•경 암 → 압축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

개 요 •암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index Is_{50}값을 산정

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	Is_{50} (MPa)	q_u (MPa)	구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	Is_{50} (MPa)	q_u (MPa)
터널구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

서울문산고속도로 인간투자사업

지층별 결과분석

구 분	연암		경암	
	범위	평균	범위	평균
Is_{50}(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3

•파일구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 압축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.50Is_{50}의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 콘전단계압 유용성 검토

시험결과 및 적용성 검토

시험결과	구분	기준	분석안 TB-5	분석안 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

시험성 검토

•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설 계 조 건

1.1 교량제원

- 형 식 : Spliced Girder교
  주두부, 측경간부, 중앙경간부 등의 Segment로 나누어 제작 후 가설벤트 및 Strong Back등을 이용하여 현장에서 연결하는 공법으로 50m 이상의 장경간에 경제성이 유리한 교량 형식
- 교량등급 : 1등교
- 지간구성 : 44+56=100m
- 폭 원 : 38.700m
- 거더간격 : 2.850 m
- 평면선형 : R =3000 SKEW = 30° (시점기준)

1.2 하 중

- 활 하 중 : DB-24, DL-24
- 충격계수 : 차량하중 i = 15 / (40 +L) ≤ 0.3

1.3 사용재료

1.3.1 콘크리트
1) 바 닥 판 • fck = 27 MPa
2) PSC 거더 • fck = 60 MPa

1.3.2 강 재
1) 바 닥 판 • SD 400
2) PSC 거더 • SD 300
• SWPC7B 15.2mm(0.6") 7연선, 저릴렉세이션 강연선 사용

1.4 허용응력

1.4.1 바닥판 콘크리트
• 허용 휨 압축 응력 : fca = 0.4fck = 10.8 Mpa

1.4.2 프리스트레스 콘크리트
1) 프리스트레스 도입시의 압축강도
• fci = 0.8fck = 48.0 MPa
2) 프리스트레스 도입 직후
• 허용 휨 압축응력 : 0.60×fci = 28.8 MPa
• 허용 휨 인장응력 : 0.50×√fci = 3.5 MPa (단순지지부재 단부)
0.25×√fci = 1.7 MPa (선행압축 인장구역 이외의 구역)
3) 설계하중 작용시
• 허용 휨 압축응력 : 0.45×fck = 27.0 MPa (유효프리스트레스+지속하중)
• 허용 휨 압축응력 : 0.60×fck = 36.0 MPa (유효프리스트레스+전체하중)
• 허용 휨 인장응력 : 0.63×√fck = 4.9 MPa (비균열 등급)

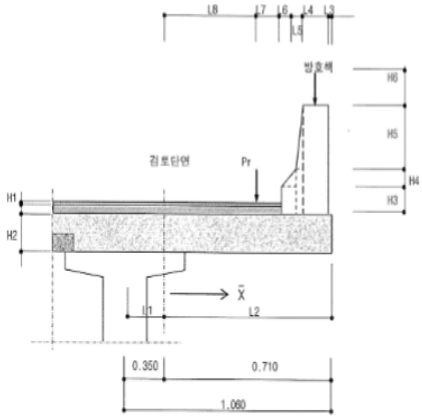
1.4.3 PS 강재 (저 릴렉세이션)
• 극한 강도(f_{pk}) : 1,900 MPa
• 항복 강도(f_{py}) : 1,600 MPa
1) 허용 최대 긴장력
• 0.94 f_{py} = 1,504 MPa
2) 정착 직후 정착부에서의 응력
• 0.7 f_{pu} = 1,330 MPa

3. 바닥판 설계

3.1 캔틸레버부

3.1.1 방호벽부 캔틸레버

1) 설계 단면



구분	치수(m)
H1	0.050
H2	0.240
H3	0.175
H4	0.175
H5	0.970
H6	0.000
L1	0.350
L2	0.710
L3	0.030
L4	0.230
L5	0.070
L6	0.120
L7	0.300
L8	-0.040

(1) 유효지간장 산정

$$\frac{\text{상부플랜지폭}}{\text{바닥판두께}} = \frac{1.200}{0.240} = 5.0 > 4$$

☞ 4 이상이므로 유효경간은 상부플랜지 플출폭 중앙점에서 캔틸레버 끝단까지의 거리로 산정

(2) 캔틸레버바닥판의 최소두께 : L < 0.25

Tmin = 280L + 180 = 280 x -0.04 + 180 = 168.8 ㎜ 또는 220 ㎜

< 슬래브(T) = 240 ㎜ ∴ O.K

Elem	Load	Stage	Cb2(+y+z) (N/m	Cb3(+y-z) (N/m
104007	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
104007	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
104008	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
104008	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
104009	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
104009	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
104007	Summation	02-측경간 가설	-3.19E+00	-4.18E+00
104007	Summation	02-측경간 가설	-3.32E+00	-4.12E+00
104008	Summation	02-측경간 가설	-3.32E+00	-4.12E+00
104008	Summation	02-측경간 가설	-3.25E+00	-4.12E+00
104009	Summation	02-측경간 가설	-3.25E+00	-4.12E+00
104009	Summation	02-측경간 가설	-3.10E+00	-4.20E+00
104007	Summation	04-2차긴장	-3.06E+00	-4.34E+00
104007	Summation	04-2차긴장	-3.14E+00	-4.35E+00
104008	Summation	04-2차긴장	-3.07E+00	-4.26E+00
104008	Summation	04-2차긴장	-2.74E+00	-4.56E+00
104009	Summation	04-2차긴장	-2.74E+00	-4.56E+00
104009	Summation	04-2차긴장	-2.30E+00	-4.93E+00
104007	Summation	05-3차긴장	-2.52E+00	-1.37E+01
104007	Summation	05-3차긴장	-1.76E+00	-1.46E+01
104008	Summation	05-3차긴장	-1.69E+00	-1.44E+01
104008	Summation	05-3차긴장	-1.69E+00	-1.43E+01
104009	Summation	05-3차긴장	-1.69E+00	-1.43E+01
104009	Summation	05-3차긴장	-2.93E+00	-1.30E+01
104007	Summation	06-슬래브및단부가로보	-4.75E+00	-1.09E+01
104007	Summation	06-슬래브및단부가로보	-4.08E+00	-1.18E+01
104008	Summation	06-슬래브및단부가로보	-4.01E+00	-1.16E+01
104008	Summation	06-슬래브및단부가로보	-3.74E+00	-1.20E+01
104009	Summation	06-슬래브및단부가로보	-3.69E+00	-1.19E+01
104009	Summation	06-슬래브및단부가로보	-4.21E+00	-1.15E+01
104007	Summation	07-2차고정하중	-5.23E+00	-1.03E+01
104007	Summation	07-2차고정하중	-4.60E+00	-1.13E+01
104008	Summation	07-2차고정하중	-4.53E+00	-1.11E+01
104008	Summation	07-2차고정하중	-4.20E+00	-1.15E+01
104009	Summation	07-2차고정하중	-4.12E+00	-1.15E+01
104009	Summation	07-2차고정하중	-4.50E+00	-1.13E+01
104007	Summation	12-크리프완료	-6.69E+00	-9.08E+00
104007	Summation	12-크리프완료	-6.10E+00	-9.91E+00
104008	Summation	12-크리프완료	-6.04E+00	-9.79E+00
104008	Summation	12-크리프완료	-5.69E+00	-1.03E+01
104009	Summation	12-크리프완료	-5.54E+00	-1.02E+01
104009	Summation	12-크리프완료	-5.72E+00	-1.02E+01

Cb4(-y-z) (N/mn	상연압축	하연압축	상연인장	하연인장		압축	인장
0.00E+00	-	-	-	-	상연	0.00	0.00
0.00E+00	-	-	-	-	하연	0.00	0.00
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-			
-4.18E+00	3.19	4.18	-	-	상연	3.32	0.00
-4.12E+00	3.32	4.12	-	-	하연	4.20	0.00
-4.12E+00	3.32	4.12	-	-			
-4.12E+00	3.25	4.12	-	-			
-4.12E+00	3.25	4.12	-	-			
-4.20E+00	3.10	4.20	-	-			
-4.25E+00	3.06	4.25	-	-	상연	3.14	0.00
-4.24E+00	3.14	4.24	-	-	하연	4.91	0.00
-4.29E+00	3.07	4.29	-	-			
-4.56E+00	2.74	4.56	-	-			
-4.56E+00	2.74	4.56	-	-			
-4.91E+00	2.30	4.91	-	-			
-1.36E+01	2.52	13.60	-	-	상연	2.93	0.00
-1.44E+01	1.76	14.40	-	-	하연	14.50	0.00
-1.45E+01	1.69	14.50	-	-			
-1.43E+01	1.69	14.30	-	-			
-1.43E+01	1.69	14.30	-	-			
-1.29E+01	2.93	12.90	-	-			
-1.08E+01	4.75	10.80	-	-	상연	4.75	0.00
-1.16E+01	4.08	11.60	-	-	하연	12.00	0.00
-1.17E+01	4.01	11.70	-	-			
-1.19E+01	3.74	11.90	-	-			
-1.20E+01	3.69	12.00	-	-			
-1.15E+01	4.21	11.50	-	-			
-1.03E+01	5.23	10.30	-	-	상연	5.23	0.00
-1.11E+01	4.60	11.10	-	-	하연	11.60	0.00
-1.12E+01	4.53	11.20	-	-			
-1.15E+01	4.20	11.50	-	-			
-1.16E+01	4.12	11.60	-	-			
-1.12E+01	4.50	11.20	-	-			
-9.00E+00	6.69	9.00	-	-	상연	6.69	0.00
-9.84E+00	6.10	9.84	-	-	하연	10.30	0.00
-9.87E+00	6.04	9.87	-	-			
-1.02E+01	5.69	10.20	-	-			
-1.03E+01	5.54	10.30	-	-			
-1.02E+01	5.72	10.20	-	-			

Elem	Load	Cb2(+y+z) (N/m	Cb3(+y-z) (N/m	Cb4(-y-z) (N/mn	상연압축
104007	침하(all)	-0.09	0.21	0.21	0.09
104007	침하(all)	-0.13	0.27	0.28	0.13
104008	침하(all)	-0.13	0.27	0.28	0.13
104008	침하(all)	-0.15	0.34	0.34	0.15
104009	침하(all)	-0.15	0.34	0.34	0.15
104009	침하(all)	-0.18	0.41	0.41	0.18
104007	온도(all)	0.24	0.54	0.54	-
104007	온도(all)	0.32	0.70	0.71	-
104008	온도(all)	0.31	0.70	0.71	-
104008	온도(all)	0.38	0.87	0.87	-
104009	온도(all)	0.38	0.87	0.87	-
104009	온도(all)	0.46	1.03	1.04	-
104007	풍하중(all)	-0.12	-0.13	0.09	0.12
104007	풍하중(all)	0.04	-0.05	-0.04	-
104008	풍하중(all)	0.02	-0.04	-0.03	-
104008	풍하중(all)	0.12	0.11	-0.10	-
104009	풍하중(all)	-0.03	-0.03	0.02	0.03
104009	풍하중(all)	0.05	0.07	-0.03	-
104007	활하중(all)	-1.35	3.01	3.01	1.35
104007	활하중(all)	-1.40	2.99	3.07	1.40
104008	활하중(all)	-1.39	3.00	3.07	1.39
104008	활하중(all)	-1.46	3.44	3.36	1.46
104009	활하중(all)	-1.54	3.38	3.41	1.54
104009	활하중(all)	-1.43	3.28	3.24	1.43
104007	WASD(all)	-8.14	-10.40	-10.30	8.14
104007	WASD(all)	-7.63	-11.60	-11.50	7.63
104008	WASD(all)	-7.56	-11.50	-11.60	7.56
104008	WASD(all)	-7.30	-12.40	-12.30	7.30
104009	WASD(all)	-7.23	-12.30	-12.40	7.23
104009	WASD(all)	-7.33	-12.80	-12.70	7.33

하연압축	상연인장	하연인장		압축	인장
-	-	0.21	상연	0.18	0.00
-	-	0.28	하연	0.00	0.41
-	-	0.28			
-	-	0.34			
-	-	0.34			
-	-	0.41			
-	0.24	0.54	상연	0.00	0.46
-	0.32	0.71	하연	0.00	1.04
-	0.31	0.71			
-	0.38	0.87			
-	0.38	0.87			
-	0.46	1.04			
-	-	0.09	상연	0.12	0.12
0.04	0.04	-	하연	0.10	0.09
0.03	0.02	-			
0.10	0.12	-			
-	-	0.02			
0.03	0.05	-			
-	-	3.01	상연	1.54	0.00
-	-	3.07	하연	0.00	3.41
-	-	3.07			
-	-	3.36			
-	-	3.41			
-	-	3.24			
10.30	-	-	상연	8.14	0.00
11.50	-	-	하연	12.70	0.00
11.60	-	-			
12.30	-	-			
12.40	-	-			
12.70	-	-			

Elem	Load	Stage	Cb2(+y+z) (N/m	Cb3(+y-z) (N/mn
104013	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
104013	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
104014	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
104014	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
104025	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
104025	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
104026	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
104026	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
104013	Summation	02-측경간 가설	0.00E+00	0.00E+00
104013	Summation	02-측경간 가설	0.00E+00	0.00E+00
104014	Summation	02-측경간 가설	0.00E+00	0.00E+00
104014	Summation	02-측경간 가설	0.00E+00	0.00E+00
104025	Summation	02-측경간 가설	0.00E+00	0.00E+00
104025	Summation	02-측경간 가설	0.00E+00	0.00E+00
104026	Summation	02-측경간 가설	0.00E+00	0.00E+00
104026	Summation	02-측경간 가설	0.00E+00	0.00E+00
104013	Summation	04-2차긴장	-4.93E-01	-3.50E+00
104013	Summation	04-2차긴장	-4.77E-01	-3.52E+00
104014	Summation	04-2차긴장	-4.80E-01	-3.49E+00
104014	Summation	04-2차긴장	-4.63E-01	-3.51E+00
104025	Summation	04-2차긴장	-2.98E+00	-9.15E-01
104025	Summation	04-2차긴장	-3.02E+00	-8.74E-01
104026	Summation	04-2차긴장	-3.02E+00	-9.04E-01
104026	Summation	04-2차긴장	-3.06E+00	-8.64E-01
104013	Summation	05-3차긴장	-3.52E+00	-4.08E+00
104013	Summation	05-3차긴장	-3.56E+00	-4.04E+00
104014	Summation	05-3차긴장	-3.50E+00	-4.04E+00
104014	Summation	05-3차긴장	-3.54E+00	-4.00E+00
104025	Summation	05-3차긴장	-6.41E+00	-9.47E-01
104025	Summation	05-3차긴장	-6.40E+00	-9.52E-01
104026	Summation	05-3차긴장	-6.45E+00	-9.19E-01
104026	Summation	05-3차긴장	-6.44E+00	-9.24E-01
104013	Summation	06-슬래브및단부가로보	-1.10E+00	-7.76E+00
104013	Summation	06-슬래브및단부가로보	-1.05E+00	-7.84E+00
104014	Summation	06-슬래브및단부가로보	-9.41E-01	-7.59E+00
104014	Summation	06-슬래브및단부가로보	-8.89E-01	-7.67E+00
104025	Summation	06-슬래브및단부가로보	-5.72E+00	-2.13E+00
104025	Summation	06-슬래브및단부가로보	-5.82E+00	-1.99E+00
104026	Summation	06-슬래브및단부가로보	-5.69E+00	-2.06E+00
104026	Summation	06-슬래브및단부가로보	-5.79E+00	-1.93E+00
104013	Summation	07-2차고정하중	-8.34E-01	-8.10E+00
104013	Summation	07-2차고정하중	-7.71E-01	-8.19E+00
104014	Summation	07-2차고정하중	-6.85E-01	-7.98E+00
104014	Summation	07-2차고정하중	-6.16E-01	-8.09E+00
104025	Summation	07-2차고정하중	-5.81E+00	-2.07E+00
104025	Summation	07-2차고정하중	-5.93E+00	-1.92E+00
104026	Summation	07-2차고정하중	-5.80E+00	-1.95E+00

Cb4(-y-z) (N/mn	상연압축	하연압축	상연인장	하연인장		압축	인장
0.00E+00	-	-	-	-	상연	0.00	0.00
0.00E+00	-	-	-	-	하연	0.00	0.00
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-	상연	0.00	0.00
0.00E+00	-	-	-	-	하연	0.00	0.00
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-			
-3.48E+00	0.49	3.48	-	-	상연	3.06	0.00
-3.50E+00	0.48	3.50	-	-	하연	3.52	0.00
-3.50E+00	0.48	3.50	-	-			
-3.52E+00	0.46	3.52	-	-			
-9.23E-01	2.98	0.92	-	-			
-8.83E-01	3.02	0.88	-	-			
-8.78E-01	3.02	0.88	-	-			
-8.39E-01	3.06	0.84	-	-			
-4.05E+00	3.52	4.05	-	-	상연	6.45	0.00
-4.01E+00	3.56	4.01	-	-	하연	4.07	0.00
-4.07E+00	3.50	4.07	-	-			
-4.03E+00	3.54	4.03	-	-			
-9.33E-01	6.41	0.93	-	-			
-9.38E-01	6.40	0.94	-	-			
-8.94E-01	6.45	0.89	-	-			
-8.99E-01	6.44	0.90	-	-			
-7.60E+00	1.10	7.60	-	-	상연	5.82	0.00
-7.67E+00	1.05	7.67	-	-	하연	7.80	0.00
-7.72E+00	0.94	7.72	-	-			
-7.80E+00	0.89	7.80	-	-			
-2.04E+00	5.72	2.04	-	-			
-1.91E+00	5.82	1.91	-	-			
-2.07E+00	5.69	2.07	-	-			
-1.94E+00	5.79	1.94	-	-			
-7.97E+00	0.83	7.97	-	-	상연	5.93	0.00
-8.06E+00	0.77	8.06	-	-	하연	8.21	0.00
-8.11E+00	0.69	8.11	-	-			
-8.21E+00	0.62	8.21	-	-			
-1.97E+00	5.81	1.97	-	-			
-1.81E+00	5.93	1.81	-	-			
-1.94E+00	5.80	1.94	-	-			

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : PSC SPLICED GIRDER
(3) 교 량 등 급 : 1 등교
(4) 교 대 총 폭 : B = 22.308 m
(5) 교 대 총높이 : H = 12.433 m
(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
(7) SKEW : 60.000 °

2) 하 중
(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 299.628 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 90.780 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

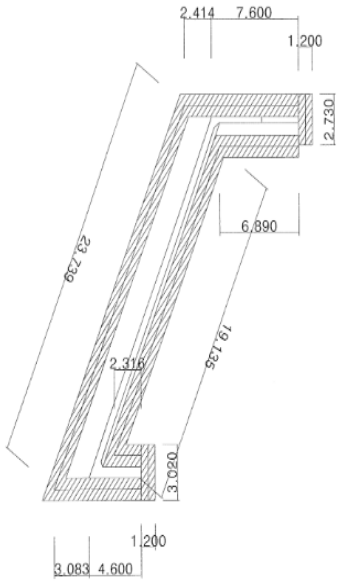
3) 지 반 조 건
(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 8.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 25.954 ° (Φ2 = 15 + √15N)
(4) 기초지반의 점착력 : C = 0.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.312 : TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 28000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 :

구 분	1	2	3	4	5	6	7	계
고정하중	865.822	976.993	974.344	968.706	960.246	1000.297	917.719	6684.1
활하중	170.521	285.553	277.049	176.893	324.183	445.139	345.798	2025.1

※ 지진하중 집계표 (단위 :

구 분	1	2	3	4	5	6	7	계
교축방향	186	187	188	189	189	190	191	1320
직각방향	173	174	175	176	177	177	178	1230

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1421.754	739.858	O.K
	허용인발력(kN/EA)	623.739	-	O.K
	휨응력(MPa)	133.000	119.409	O.K
	전단응력(MPa)	76.000	14.222	O.K
	수평변위(mm)	15.000	12.535	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2132.631	1087.973	O.K
	허용인발력(kN/EA)	935.609	-190.749	O.K
	휨응력(MPa)	199.500	139.479	O.K
	전단응력(MPa)	114.000	21.293	O.K
	수평변위(mm)	15.000	10.575	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1800	150	2165.27	3096.8	902.248	1284.997	1.424	O.K
후면저판		1800	100	3661.38	4596.4	1562.073	1952.926	1.25	O.K
벽체 (H=10.633)		2500	100	4519.04	6353.6	2727.364	3812.713	1.398	O.K
흉벽		800	100	653.035	1146	115.767	202.099	1.746	O.K
좌측날개벽	D(T=1000 mm)	330	80	22291.3	5139.2	594.372	278.103	0.468	N.G
	A(T=1000 mm)	1000	80	5663.37	6353.6	1268.488	1414.864	1.115	O.K
	B(T=1000 mm)	1000	80	3221.54	4584	695.239	977.561	1.406	O.K
	C(T=1000 mm)	1000	80	6025.8	9192.8	1259.669	1867.13	1.482	O.K
우측날개벽	A(T=600 mm)	600	80	3327.57	4053.6	420.475	506.698	1.205	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	3006.64	4053.6	381.731	506.698	1.327	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	4155.96	5139.2	518.696	631.937	1.218	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		119.892	150	125	309.343	O.K
후면저판		131.471	150	125	385.24	O.K
벽체 (H=10.633)		82.66	150	125	742.695	O.K
흉벽		109.878	150	250	490.452	O.K
좌측날개벽	D(T=1000 mm)	306.178	150	125	93.453	N.G
	A(T=1000 mm)	134.156	150	125	427.003	O.K
	B(T=1000 mm)	108.413	150	125	550.138	O.K
	C(T=1000 mm)	101.71	150	125	605.512	O.K
우측날개벽	A(T=600 mm)	126.198	150	125	455.27	O.K
	B(T=600 mm)	115.041	150	125	515.79	O.K
	C(T=600 mm)	124.826	150	125	467.127	O.K

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1541.337	819.004	O.K
	허용인발력(kN/EA)	743.322	-	O.K
	휨응력(MPa)	133.000	110.492	O.K
	전단응력(MPa)	76.000	14.833	O.K
	수평변위(mm)	15.000	8.038	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2312.006	1235.975	O.K
	허용인발력(kN/EA)	1114.983	-288.506	O.K
	휨응력(MPa)	199.500	134.881	O.K
	전단응력(MPa)	114.000	22.488	O.K
	수평변위(mm)	15.000	6.867	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1800	150	2677.69	3575.2	1113.195	1480.299	1.33	O.K
후면저판		1800	100	4166.05	5139.2	1773.441	2178.322	1.228	O.K
벽체 (H=11.576)		2600	100	6001.43	8380.4	3721.37	5159.138	1.386	O.K
흉벽		800	100	654.018	1146	115.94	202.099	1.743	O.K
좌측날개벽	A(T=600 mm)	600	80	3098.03	4053.6	392.803	506.698	1.29	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	2520.66	3096.8	322.326	392.654	1.218	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	3502.97	4053.6	448.647	506.698	1.129	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		127.166	150	125	275.522	O.K
후면저판		134.623	150	125	371.217	O.K
벽체 (H=11.576)		80.203	150	125	771.883	O.K
흉벽		110.034	150	250	489.439	O.K
좌측날개벽	A(T=600 mm)	118.445	150	125	496.114	O.K
	B(T=600 mm)	126.291	150	125	451.058	O.K
	C(T=600 mm)	135.869	150	125	410.854	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : 다주식 교각
2) 상 부 형 식 : PSC SPLICED GIRDER
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γt2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2판 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.15

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 10
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 27.247 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.328 : TAN(3/4 · φ2) : 콘과 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 32000 MPa
기둥: 32000 MPa
기초: 29000 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

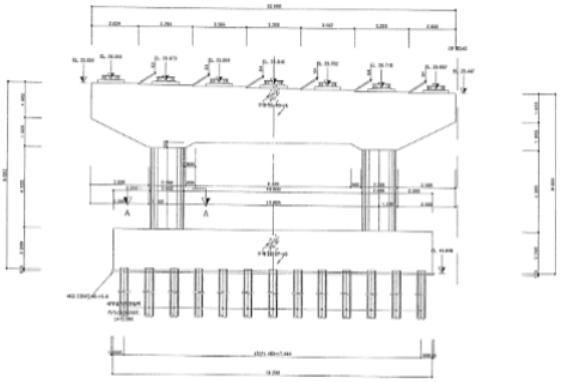
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 (2010)
2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
4) 도로설계 편람 (2008)
5) 도로설계 요령 (2009)
6) 강구조 편람 (1995)
7) 강도로교 상세부 설계지침 (2008)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1424.892	788.484	O.K
		허용인발력(kN/EA)	626.877	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	73.502	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	0.594	O.K
		수평변위(mm)	15.000	0.597	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2137.337	1370.222	O.K
		허용인발력(kN/EA)	940.315	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	184.599	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	19.814	O.K
		수평변위(mm)	15.000	11.211	O.K
교축직각 방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1424.892	856.160	O.K
		허용인발력(kN/EA)	626.877	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	82.016	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	0.925	O.K
		수평변위(mm)	15.000	0.929	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2137.337	902.916	O.K
		허용인발력(kN/EA)	940.315	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	175.723	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	19.738	O.K
		수평변위(mm)	15.000	11.168	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		길이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	2999.8	100.0	33057.296	36533.200	-	-	1.218	O.K
	우측내민보	2999.8	100.0	33057.296	36533.200	-	-	1.180	O.K
	좌측내민보수평	2900.0	100.0	2864.657	6253.600	2721.682	5927.353	2.178	O.K
	우측내민보수평	2900.0	100.0	2900.601	6253.600	2755.763	5927.353	2.151	O.K
	내부지간1좌	3319.0	419.2	24233.001	36533.200	23074.865	34477.310	1.494	O.K
	내부지간1중	2892.2	100.0	33462.781	42613.600	30182.948	38167.924	1.265	O.K
	내부지간1우	3064.1	164.4	24413.413	36533.200	23243.618	34477.310	1.483	O.K
	교량받침1	2397.1	100.0	183.043	36533.200	139.827	26991.943	193.038	O.K
	교량받침3	2955.7	100.0	7718.600	42613.600	7265.896	39088.696	5.380	O.K
	교량받침4	2892.2	100.0	24794.658	42613.600	22512.648	38167.924	1.695	O.K
	교량받침5	2828.3	100.0	9160.581	42613.600	8217.287	37242.401	4.532	O.K
	교량받침7	2014.9	100.0	179.539	36533.200	113.818	22244.116	195.436	O.K
기초	교축방향	2200.0	150.0	48107.646	59226.300	33173.877	40739.411	1.228	O.K
	교직-지점부	2200.0	150.0	13099.585	22971.300	9052.189	15770.458	1.742	O.K
	교직-중앙부	2200.0	100.0	73127.199	81008.400	48532.011	53471.465	1.102	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Pusa	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.009	31431.492	61045.129	1.942	O.K
	모멘트최대	0.009	25570.165	61045.129	2.387	O.K
	단성설계	0.009	19699.358	23732.816	1.207	O.K
	편심최대	0.009	17702.422	61045.129	3.448	O.K
교축직각방향	축력최대	0.009	31431.492	61045.129	1.942	O.K
	모멘트최대	0.009	24244.906	58317.686	2.405	O.K
	단성설계	0.009	19699.358	54800.275	2.781	O.K
	편심최대	0.009	18344.099	50436.529	2.748	O.K
한성부재력	축력최대	0.009	31431.492	61045.129	1.942	O.K
	모멘트최대	0.009	25223.246	61045.129	2.420	O.K
	단성설계	0.009	19699.358	93915.583	4.775	O.K
	편심최대	0.009	17382.189	61045.129	3.512	O.K
	모멘트최대	0.009	24244.906	58074.874	2.395	O.K
	편심최대	0.009	18344.099	50156.863	2.734	O.K

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.009	32095.642	61045.129	1.902	O.K
	모멘트최대	0.009	25358.038	61045.129	2.407	O.K
	단성설계	0.009	19506.183	23451.785	1.202	O.K
	편심최대	0.009	17555.565	61045.129	3.477	O.K
교축직각방향	축력최대	0.009	32095.642	61045.129	1.902	O.K
	모멘트최대	0.009	26260.343	61045.129	2.325	O.K
	단성설계	0.009	19506.183	40809.242	2.092	O.K
	편심최대	0.009	20409.499	55212.139	2.705	O.K
한성부재력	축력최대	0.009	32095.642	61045.129	1.902	O.K
	모멘트최대	0.009	25704.930	61045.129	2.375	O.K
	단성설계	0.009	19506.183	93915.583	4.815	O.K
	편심최대	0.009	17875.773	61045.129	3.415	O.K
	모멘트최대	0.009	26260.343	61045.129	2.325	O.K
	편심최대	0.009	20409.499	55212.139	2.705	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		안정응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
두부보	좌측내민보	144.523	180.000	126.087	334.897	O.K
	우측내민보	147.650	180.000	126.087	323.356	O.K
	좌측내민보수평	160.251	180.000	230.751	281.416	O.K
	우측내민보수평	162.258	180.000	230.751	275.338	O.K
	내부지간1좌측지점부	157.310	180.000	126.087	290.603	O.K
	내부지간1중앙부	210.946	180.000	126.087	298.655	O.K
	내부지간1우측지점부	170.708	180.000	126.087	251.313	O.K
	교량받침1	1.418	180.000	126.087	44432.299	O.K
	교량받침3	51.454	180.000	126.087	1224.386	O.K
	교량받침4	212.947	180.000	126.087	159.811	O.K
	교량받침5	116.367	180.000	126.087	466.738	O.K
	교량받침7	1.400	180.000	126.087	44987.945	O.K
기초	교축방향	162.529	180.000	125.490	137.030	O.K
	교직-지점부	151.948	180.000	127.451	174.519	O.K
	교직-중앙부	229.039	180.000	127.451	133.828	O.K

2. 설계대상 교량

2.1 설계조건

○ 교량 제원

(1) 구조형식

구 조 형 식					
상부형식	구조형식	Splice Girder	하부형식	교각형식	π형교각(Ø=2.0m)
	지간구성	45.20+56.18 = 101.51m		사용재료	콘크리트 f_{ck}=40 MPa
				기초형식	직접기초
	사용재료	콘크리트		사용재료	콘크리트 f_{ck}=27 MPa

(2) 내진등급과 설계지진 수준

내진등급		위험도계수	가속도계수	지반계수
I	0.11	1.4	구역계수 x 위험도계수 = 0.154g	II (내진:1.2,면진:1.5)

(3) 해석 방법

구 분	내진설계	면진설계
입력지진	지반계수에 맞는 응답스펙트럼	4개의 인공지진파
해석방법	다중모드 응답 스펙트럼 해석	시간이력 해석
	5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz Vector 해석법 사용	5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz Vector 해석법 사용
	질량참여율 90% 이상	질량참여율 90% 이상

(4) 적용 받침

구 분	내진설계
적용 받침	탄성받침(PAD)

2.2 참고문헌

① 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2010년)
② 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2007년)
③ 도로설계요령 (한국도로공사, 2009년)

6. 내진해석 결과

6.1 받침 부재력 해석결과

(단위 : kN)

교각	받침		용량	교축방향 해석시		교축직각방향 해석시	
				교축	교직	교축	교직
A1	1	PAD	2,000	186	68	68	173
	2	PAD	2,000	187	69	64	174
	3	PAD	2,000	188	70	60	175
	4	PAD	2,000	189	71	56	176
	5	PAD	2,000	189	72	52	177
	6	PAD	2,000	190	72	48	177
	7	PAD	2,000	191	73	44	178
P1	8	PAD	7,000	737	228	284	749
	9	PAD	7,000	740	229	264	747
	10	PAD	7,000	744	230	245	745
	11	PAD	7,000	749	230	228	743
	12	PAD	7,000	753	231	211	740
	13	PAD	7,000	757	231	196	737
	14	PAD	7,000	761	232	183	734
A2	15	PAD	2,800	248	84	90	291
	16	PAD	2,800	249	83	85	290
	17	PAD	2,800	250	83	79	288
	18	PAD	2,800	252	82	74	286
	19	PAD	2,800	253	81	69	283
	20	PAD	2,800	254	80	64	281
	21	PAD	2,800	255	80	59	278

7. 하부구조 내진해석 결과

7.1 교각하단 부재력

구 분			교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	16,730	7,060	2,681	930	7,338	9,227	1,043	2,715	
	우		16,856	7,131	2,739	939	6,854	9,087	831	2,680	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.2 교각하단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

구 분			하중경우 1				하중경우 2				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	18,931	9,828	2,994	1,745	12,357	11,345	1,847	2,994	
	우		18,912	9,857	2,988	1,743	11,911	11,226	1,653	2,961	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.3 교각상단 부재력

구 분			교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	5,492	6,186	2,677	921	5,751	3,246	1,035	2,707	
	우		5,365	6,117	2,735	930	6,022	3,370	821	2,672	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.4 교각상단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

구 분			하중경우 1				하중경우 2				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	7,217	7,160	2,988	1,733	7,398	5,102	1,838	2,984	
	우		7,172	7,127	2,981	1,731	7,632	5,205	1,641	2,951	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.5 기둥 상단 변위

(단위 : mm)

구 분			교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
교각		높이	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	5.4	2.6	2.6	2.5	
	우		5.4	2.6	2.5	2.4	

7.6 기둥 상단 변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

구 분			하중경우 1		하중경우 2		비 고
교각		높이	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	6.2	3.3	4.3	3.3	
	우		6.2	3.3	4.2	3.2	

7.7 상부변위

(단위 : mm)

구 분		교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
A1	-	88.2	33.9	20.4	82.9	
P1	4.30	88.8	26.1	20.5	78.1	
A2	-	88.4	27.9	20.6	97.3	

7.8 상부변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

구 분		하중경우 1		하중경우 2		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
A1	-	94.3	58.7	46.8	93.1	
P1	4.30	94.9	49.6	47.1	86.0	
A2	-	94.6	57.1	47.1	105.7	

2. 설계대상 교량

2.1 설계조건

○ 교량 제원

(1) 구조형식

구조형식					
상부형식	구조형식	Splice Girder	하부형식	교각형식	π형교각(Φ=2.0m)
	지간구성	45.20+56.18 = 101.51m		사용재료	콘크리트 f_{ck}=40 MPa
				기초형식	직접기초
	사용재료	콘크리트		사용재료	콘크리트 f_{ck}=27 MPa

(2) 내진등급과 설계지진 수준

내진등급	위험도계수	가속도계수	지반계수
I	0.11	1.4	구역계수 x 위험도계수 = 0.154g	II (내진1.2,면진1.5)

(3) 해석 방법

구 분	내진설계	면진설계
입력지진	지반계수에 맞는 응답스펙트럼	4개의 인공지진파
해석방법	다중모드 응답 스펙트럼 해석	시간이력 해석
	5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz Vector 해석법 사용	5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz Vector 해석법 사용
	질량참여율 90% 이상	질량참여율 90% 이상

(4) 적용 받침

구 분	내진설계
적용 받침	탄성받침(PAD)

2.2 참고문헌

① 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2010년)
② 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2007년)
③ 도로설계요령 (한국도로공사, 2009년)

7. 하부구조 내진해석 결과

7.1 교각하단 부재력

구 분			교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	16,730	7,060	2,681	930	7,338	9,227	1,043	2,715	
	우		16,856	7,131	2,739	939	6,854	9,087	831	2,680	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.2 교각하단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

구 분			하중경우 1				하중경우 2				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	18,931	9,828	2,994	1,745	12,357	11,345	1,847	2,994	
	우		18,912	9,857	2,988	1,743	11,911	11,226	1,653	2,961	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.3 교각상단 부재력

구 분			교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	5,492	6,186	2,677	921	5,751	3,246	1,035	2,707	
	우		5,365	6,117	2,735	930	6,022	3,370	821	2,672	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.4 교각상단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

구 분			하중경우 1				하중경우 2				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	7,217	7,160	2,988	1,733	7,398	5,102	1,838	2,984	
	우		7,172	7,127	2,981	1,731	7,632	5,205	1,641	2,951	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.5 기둥 상단 변위

(단위 : mm)

구 분			교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
교각		높이	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	5.4	2.6	2.6	2.5	
	우		5.4	2.6	2.5	2.4	

7.6 기둥 상단 변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

구 분			하중경우 1		하중경우 2		비 고
교각		높이	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	6.2	3.3	4.3	3.3	
	우		6.2	3.3	4.2	3.2	

7.7 상부변위

(단위 : mm)

구 분		교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
A1	-	88.2	33.9	20.4	82.9	
P1	4.30	88.8	26.1	20.5	78.1	
A2	-	88.4	27.9	20.6	97.3	

7.8 상부변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

구 분		하중경우 1		하중경우 2		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
A1	-	94.3	58.7	46.8	93.1	
P1	4.30	94.9	49.6	47.1	86.0	
A2	-	94.6	57.1	47.1	105.7	

구분			교축			교축직각		
			전단력(kN)	모멘트(kN·m)	변위(m)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	변위(m)
P1	상단	하중경우 1	2,988	7,217	0.0062	1,733	7,160	0.0033
		하중경우 2	1,838	7,398	0.0043	2,984	5,102	0.0033
	하단	하중경우 1	2,994	18,931		1,745	9,828	
		하중경우 2	1,847	12,357		2,994	11,345	
	상단	하중경우 1	2,981	7,172		1,731	7,127	
		하중경우 2	1,641	7,632		2,951	5,205	
	하단	하중경우 1	2,988	18,912		1,743	9,857	
		하중경우 2	1,653	11,911		2,961	11,226	

11.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 11.2.1】 서문10교(서울방향) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	서문10교(서울방향)의 주요 손상현황으로는 교면포장 포장부 망상균열, 접속부 망상균열, 방호벽 접속부 파손, 신축이음 후타재 균열, 후타재 파손 등이 조사되었다. 기발생한손상은초기건조수축및시공불량에 의한손상으로주의관찰및내구성확보차원의 보수가필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	서문10교(서울방향)의 주요 손상현황으로는 교면포장 포장부 망상균열, 접속부 망상균열, 접속부 이격, 방호벽 접속부 파손, 균열(0.3mm이상), 신축이음 후타재 균열, 후타재 파손, 교대 신축이음 하부 누수, 체수, 균열(0.3mm이상) 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공불량에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교면포장 망상균열, 접속도로 망상균열, 접속도로 후타재 접속부 이격 방호벽 접속부 파손, 균열(0.3mm이상) 신축이음 후타재 균열(0.3mm미만), 후타재 파손, 신축이음 하부 누수 교대 체수, 균열(0.3mm이상)	양호

11.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

11.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

11.2.5 시설물 보수 이력

【표 11.2.2】 서문10교(서울방향) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

11.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 11.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

11.3 현장조사

11.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



연단거리 측정



비파괴시험

【사진 11.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

11.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문10교(서울방향)는 총 2경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=101.0m 폭 19.3m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 11.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 S2(A2) 단부 들뜸이 1개소 조사되었다.

【표 11.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	들뜸 (㎡/개소)	
S1	-	-
S2	0.15	1
합계	0.15	1

	
S2(A2) 들뜸(0.3×0.5)	바닥판 하면 상태양호

【사진 11.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면은 전반적으로 양호한 상태이나 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 S2(A2) 단부 들뜸이 1개소 조사되었으며, 구조물의 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 PSC Spliced 거더 형식으로 시공되어 있으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다.

	
거더 전경	거더 전경

【사진 11.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 11.3.2】 거더 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
합계	-	-

	
거더 상태양호	거더 상태양호

【사진 11.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통하여 추가 손상의 발생여부 확인에 대한 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 전경	가로보 전경

【사진 11.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 국부적인 재료분리가 조사되었다.

【표 11.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분	재료분리 (㎡/개소)	
S1	0.06	1
S2	4.00	1
합계	4.06	2

	
S1-G6~7 재료분리(0.1×0.6)	S1-G6~7 재료분리(0.1×0.6)

【사진 11.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 국부적인 재료분리가 조사된 상태이며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 서문10교(서울방향) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 11.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 균열(0.3㎜이상), 체수 등의 손상이 국부적으로 조사되었다.

【표 11.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜이상) (m/개소)		체수 (㎡/개소)	
A1	-	-	2.00	2
A2	4.00	2	3.00	3
합계	4.00	2	5.00	5

	
A1 구체 체수(1.0×2.0 ×2EA)	A2 균열(Cw=0.3㎜이상)
	
A2 균열(Cw=0.3㎜이상)	A2 전경

【사진 11.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 체수, 시공시 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 균열이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원의 표면처리, 주입보수 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통하여 손상의 추가 및 진전여부에 대한 주의관찰이 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 서문10교(서울방향)의 교각은 π형, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어 있다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
교각 전경(P1)	교각 전경(P1)

【사진 11.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 11.3.5】 교각 현장조사 결과

구분	상태양호
P1	-
합계	-

	
교각(P1) 상태양호	교각(P1) 상태양호

【사진 11.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

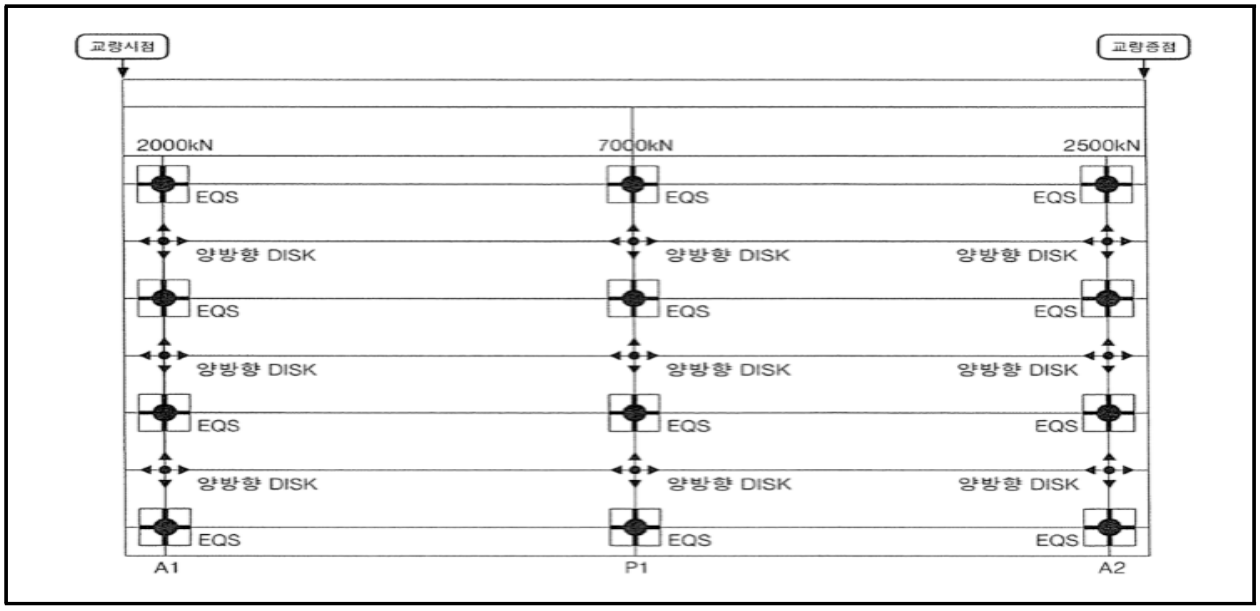
4) 검토의견

- 교각은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추가손상 발생여부에 대한 지속적인 유지관리를 실시하는 것이 요구된다.

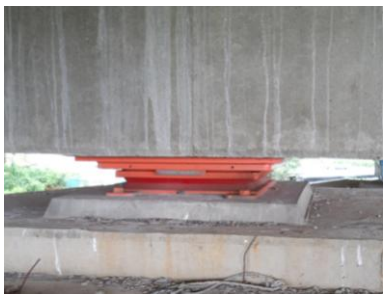
바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 서문10교(서울방향)의 받침은 면진받침 및 포트받침으로 총 21기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 11.3.1】 교량받침 배치도

		
면진받침 전경	면진받침 전경	포트받침 전경

【사진 11.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침에 대한 현장조사 결과 받침몰탈 균열, 플레이트 부식이 국부적으로 조사되었다.

【표 11.3.6】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 균열 (m/개소)		플레이트 부식 (개소)	
A1	0.10	1	2.00	2
P1	-	-	-	-
A2	0.10	1	-	-
합계	0.20	2	2.00	2



A1-Sh7 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)



A1-Sh5 플레이트 부식



A1-Sh7 플레이트 부식



A2-Sh1 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 11.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

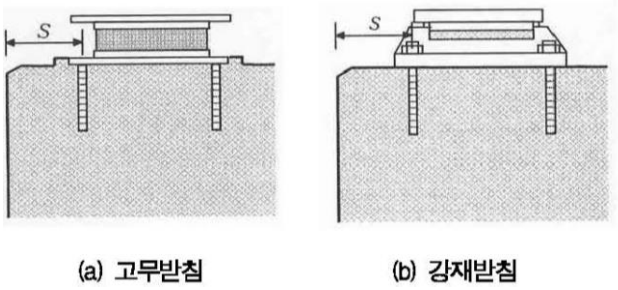
4) 검토의견

■ 교량받침에서 발생된 받침몰탈 균열, 플레이트 부식은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 외기노출, 우수유입 등에 의한 손상으로 구조물의 내구성 확보 차원에서 표면처리, 도장보수 등을 실시하는 것이 필요하다.

5) 연단거리 검토

■ 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.

■ 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 11.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 11.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=45.0m) : 200+5×45.0 = 425(㎜)
- 거더 경간길이(L=56.0m) : 200+5×56.0 = 480(㎜)

【표 11.3.7】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)							검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	Sh7	
A1		425	700	700	710	710	700	700	700	O.K
P1	A1측	425	1100	1080	1090	1090	1090	1100	1100	O.K
	A2측	480	1100	1090	1090	1090	1080	1090	1100	O.K
A2		480	700	710	700	700	710	710	710	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 11.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 11.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	39.8	10.2	0.00001	50.5	20.1	5.2	
P1	39.8	10.2	0.00001	5.5	2.2	0.6	
A2	39.8	10.2	0.00001	50.5	20.1	5.2	

1) 조사당시 온도 : 24.8℃(조사일 : 2022년 08월 24일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방)
* 준공도면상 P1이 고정단으로 되어있으나, 현장조사시 가동단으로 확인되었으며, 이에 고정단을 교량의 중앙부(시점에서 50.5m)로 설정하여 계산에 임하였음

【표 11.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용 변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	15(A2)	35	65	20.1	5.2	±50	O.K
	SH2	15(A2)	35	65			±50	O.K
	SH3	15(A2)	35	65			±50	O.K
	SH4	15(A2)	35	65			±50	O.K
	SH5	15(A2)	35	65			±50	O.K
	SH6	15(A2)	35	65			±50	O.K
	SH7	15(A2)	35	65			±50	O.K
P1	SH1	0	50	50	2.2	0.6	±50	O.K
	SH2	0	50	50			±50	O.K
	SH3	0	50	50			±50	O.K
	SH4	0	50	50			±50	O.K
	SH5	0	50	50			±50	O.K
	SH6	0	50	50			±50	O.K
	SH7	0	50	50			±50	O.K
A2	SH1	5(A1)	45	55	20.1	5.2	±50	O.K
	SH2	5(A1)	45	55			±50	O.K
	SH3	5(A1)	45	55			±50	O.K
	SH4	5(A1)	45	55			±50	O.K
	SH5	5(A1)	45	55			±50	O.K
	SH6	5(A1)	45	55			±50	O.K
	SH7	5(A1)	45	55			±50	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

■ 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 모두 뉴모노셀 조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

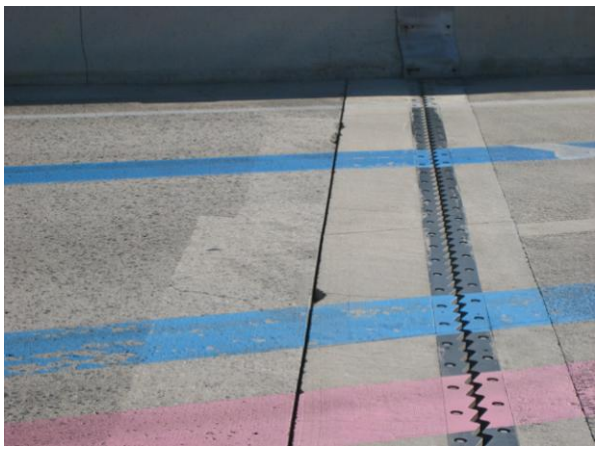
【사진 11.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

■ 신축이음 현장조사 결과 하부 누수, 후타재 균열, 파손, 차수판 볼트탈락이 조사되었다.

【표 11.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	하부 누수 (m/개소)		후타재 균열 (0.3㎜미만) (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		차수판 볼트탈락 (개소)	
A1 (EXP J1)	4.00	4	8.00	20	-	-	-	-
A2 (EXP J2)	2.00	4	8.00	20	0.02	2	2.00	2
합계	6.00	8	16.00	40	0.02	2	2.00	2

	
A2 하부 누수(L=0.5m ×4EA)	A2 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
A2 후타재 파손(0.1×0.1 ×2EA)	A2 차수판 볼트탈락(2EA)

【사진 11.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

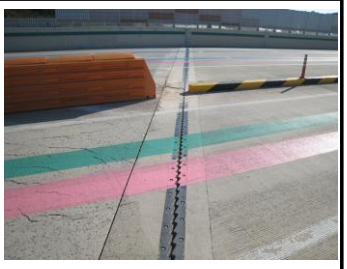
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 하부 누수, 후타재 균열 및 파손, 차수판 볼트탈락은 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10^{-5}, α(콘크리트): 1.0×10^{-5}
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 19. 기온 적용: 10.5℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃−10.5℃ = 24.5℃
△T(수축시) : −15.0℃−(10.5℃) = 25.5℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α (/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 11.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 11.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	25.5	24.5	0.00001	50.5	12.9	12.4	35	70	140	
A2	25.5	24.5	0.00001	50.5	12.9	12.4	30	65	155	
1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방)										

【표 11.3.12】 신축이음 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	12.9	12.4	35	50	2.10	22.60	O.K
	바닥판			70	-	-	57.6	O.K
	거더			140	-	-	127.6	O.K
A2	신축이음	12.4	12.4	30	60	17.60	17.60	O.K
	바닥판			65	-	-	52.6	O.K
	거더			155	-	-	142.6	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 서문10교(서울방향)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

【사진 11.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장의 현장조사 결과 망상균열, 접속도로 망상균열, 접속부 이격이 조사되었다.

【표 11.3.13】 교면포장 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		접속도로 망상균열 (㎡/개소)		접속부 이격 (m/개소)	
S1	157.50	1	-	-	15.00	1
S2	157.50	1	22.00	1	15.00	1
합계	315.00	2	22.00	1	30.00	2

	
S1 접속부 이격(L=15.0m)	S2 접속도로 망상균열(5.5m × 4.0m)
	
S2 망상균열(52.5m × 3.0m)	S2 망상균열(52.5m × 3.0m)

【사진 11.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

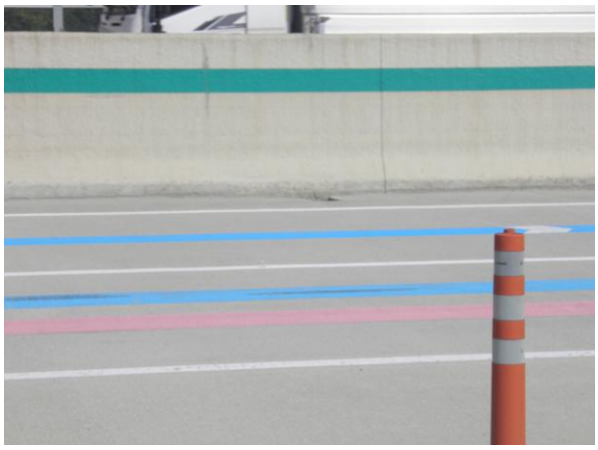
4) 검토의견

■ 교면포장에 발생한 망상균열, 접속도로 망상균열, 접속부 이격은 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중, 다짐불량 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 표면처리, 실링재 충전, 재포장 등의 보수대책을 수립하는 것이 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문10교(서울방향)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

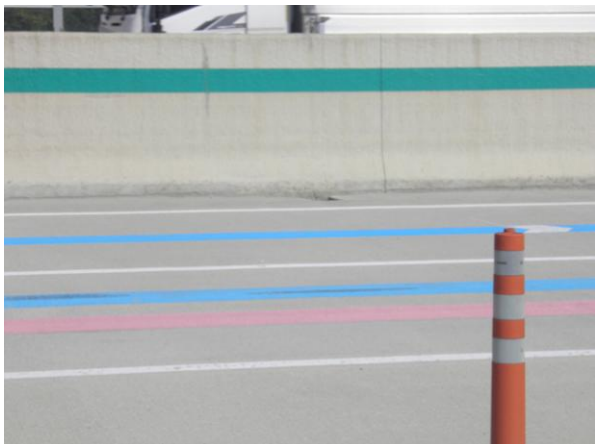
【사진 11.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 11.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호
S1	-
S2	-
합계	-

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 11.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 배수시설은 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽 전경



중앙분리대 전경

【사진 11.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 균열(0.3㎜미만), 접속부 균열(0.3㎜미만) 및 파손이 조사되었다.

【표 11.3.15】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		접속부 파손 (㎡/개소)		접속부 균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
S1	33.00	36	-	-	-	-
S2	30.00	20	0.25	1	4.00	2
합계	63.00	56	0.25	1	4.00	2

	
S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
S2 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	S2 방호벽 접속부 파손(0.5×0.5)

【사진 11.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열, 파손은 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 서문10교(서울방향)의 점검로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1, A2에 강재+알루미늄 재질의 점검로가 설치되어 있다.

	
점검계단 전경	점검로 전경

【사진 11.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대에 설치된 점검로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 점검계단 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적으로 양호한 상태로 확인되었다.

【표 11.3.16】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호
A1	-
A2	-
합계	-

	
점검계단 상태양호	점검로 상태양호

【사진 11.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

11.3.3 현장조사 총괄표

【표 11.3.17】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	들뜸	㎡	0.15	1	
거더외부	상태양호	-	-	-	
가로보	재료분리	㎡	4.06	2	
교대	균열(0.3㎜이상)	m	4.00	2	
	체수	㎡	5.00	5	
교각	상태양호	-	-	-	
교량받침	받침몰탈 균열	m	0.20	2	
	플레이트 부식	EA	2.00	2	
신축이음	하부 누수	m	6.00	8	
	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	16.00	40	
	후타재 파손	㎡	0.02	2	
	차수판 볼트탈락	EA	2.00	2	
교면포장	망상균열	㎡	315.00	2	
	접속도로 망상균열	㎡	22.00	1	
	접속부 이격	m	30.00	2	
배수시설	상태양호	-	-	-	
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	63.00	56	
	접속부 파손	㎡	0.25	1	
	접속부 균열(0.3㎜미만)	m	4.00	2	
점검시설	상태양호	-	-	-	

11.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

11.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

11.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 11.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	3	3	3	3	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		2	1	2	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 고소차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 시험을 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



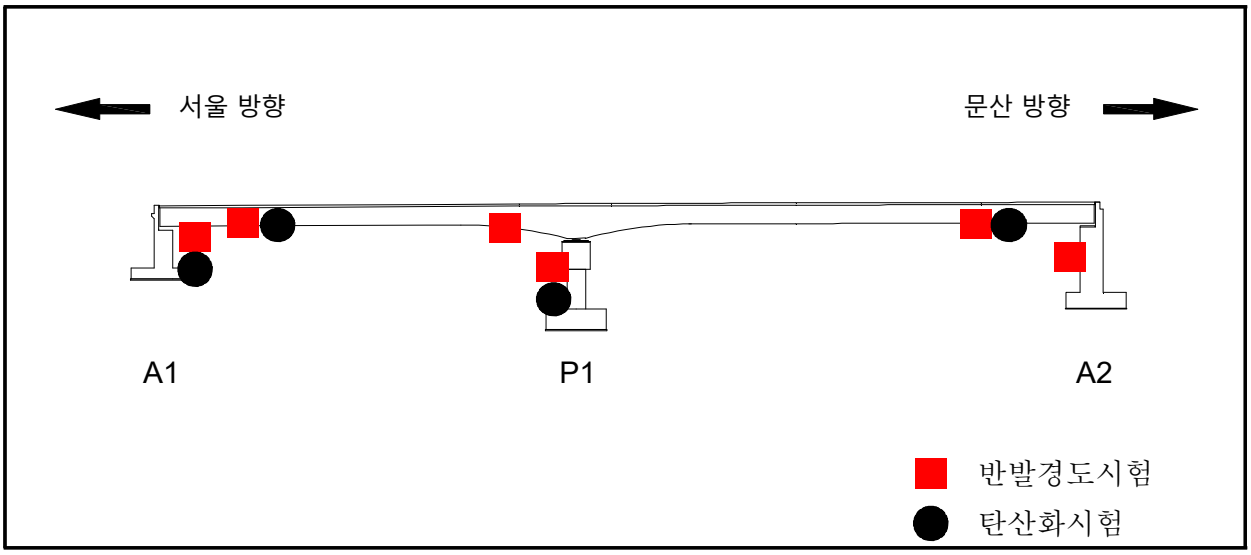
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 11.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 11.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

11.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(각 3개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 11.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(㎫)				설계기준 강도 (㎫)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1(A1)	바닥판	46.2	27.2	28.7	0.67	27.0	
	S1(P1)	바닥판	46.5	27.5	28.9			
	S2	바닥판	46.3	27.3	28.7			

【표 11.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(㎫)				설계기준 강도 (㎫)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	구체	45.4	26.6	28.3	0.67	24.0	
	A2	구체	44.0	25.4	27.7			

【표 11.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(㎫)				설계기준 강도 (㎫)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	코핑부	48.7	41.2	49.2	0.67	40.0	

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.1~28.9㎫, 하부구조 교대 25.4~28.3㎫, 교각 41.2~49.2㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 11.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	100.9~106.9
하부구조	교대	25.4~28.3	24.0	105.7~118.0
	교각	41.2~49.2	40.0	103.0~123.0

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 11.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판하면	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
	S2 바닥판하면	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
하부구조	A1 구체	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	P1 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 11.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	2.0	38.0	
하부구조	2.0~3.0	97.0~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 11.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.4~28.3	24.0	
		교각	41.2~49.2	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

11.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

11.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 11.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	Spliced	a	a	b	b	a	b	c	b	a	q	a	a
S2	P1	Spliced	b	a	b	b	a	c	–	a	a	q	a	a
	A2								c	b	c	q	–	–
평균			0.150	0.100	0.200	0.200	0.100	0.300	0.400	0.167	0.200	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.027	0.020	0.010	0.014	0.003	0.006	0.036	0.015	0.040	–	0.004	0.003
													0.178	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.178) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 11.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문10교(서울방향)	0.178	B	101	3	303	1.000	0.178
합계(∑)			101	3	303	1	0.178
1. 평가지수 =							0.178
2. 상태평가결과 =							B

11.5.2 기 점검 결과와의 비교

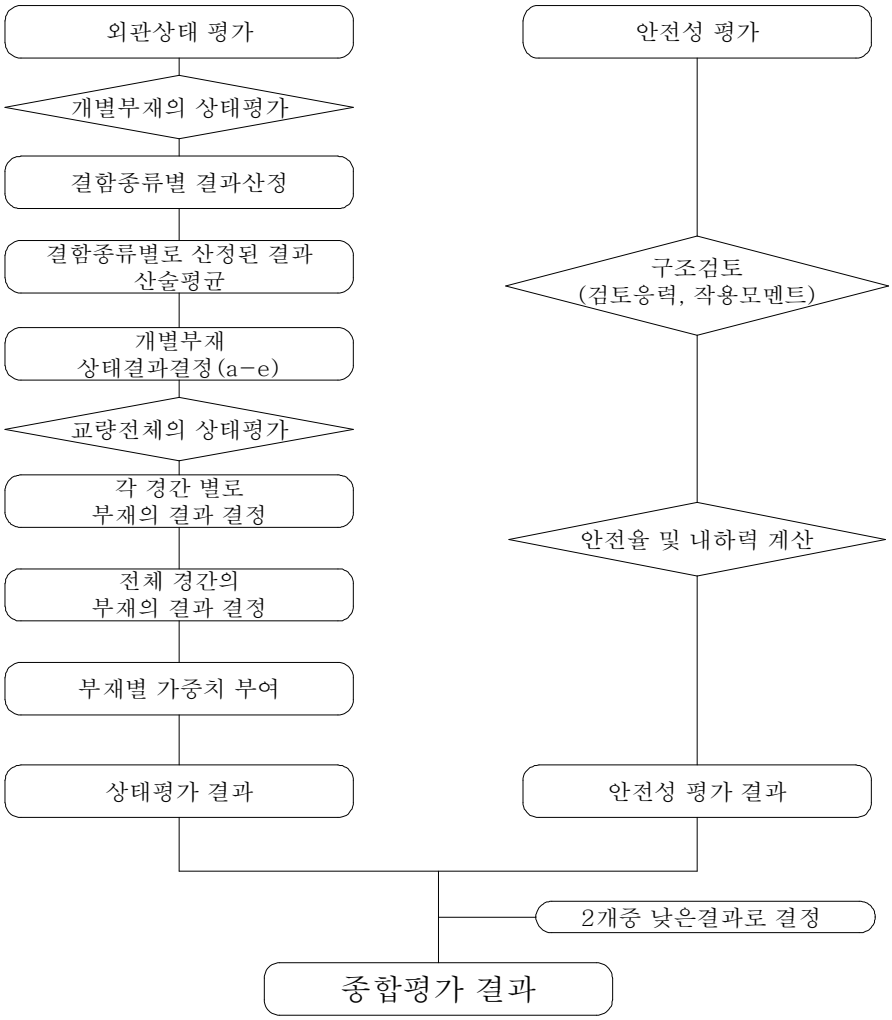
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

11.6 종합평가 및 안전등급 지정

11.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 11.6.1】 종합평가 결과 산정절차

11.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 11.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문10교(서울방향)	0.178	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

11.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 11.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

11.7 보수·보강 및 유지관리방안

11.7.1 보수·보강 방안

【표 11.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	들뜸	㎡	0.15	1	단면보수	하자
거더외부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보	재료분리	㎡	4.06	2	단면보수	하자
교대	균열(0.3㎜이상)	m	4.00	2	주입보수	하자
	체수	㎡	5.00	5	정비	하자
교각	상태양호	-	-	-	-	-
교량받침	받침몰탈 균열	m	0.20	2	표면처리	하자
	플레이트 부식	EA	2.00	2	재도장	하자
신축이음	하부 누수	m	6.00	8	정비, 재설치	하자
	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	16.00	40	표면처리	하자
	후타재 파손	㎡	0.02	2	단면보수	하자
	차수판 볼트탈락	EA	2.00	2	정비	하자
교면포장	망상균열	㎡	315.00	2	표면처리 (재포장)	하자
	접속도로 망상균열	㎡	22.00	1	표면처리 (재포장)	하자
	접속부 이격	m	30.00	2	실링재 충전	하자
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	63.00	56	표면처리	하자
	접속부 파손	㎡	0.25	1	단면보수	하자
	접속부 균열(0.3㎜미만)	m	4.00	2	표면처리	하자
점검시설	상태양호	-	-	-	-	-

11.7.2 개략공사비

【표 11.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	들뜸	단면보수	0.15	0.23	㎡	-	-	하자
가로보	재료분리	단면보수	4.06	6.09	㎡	-	-	하자
교대	균열(0.3㎜이상)	주입보수	4.00	6.00	m	-	-	하자
	체수	정비	5.00	7.50	㎡	-	-	하자
교량받침	받침몰탈 균열	표면처리	0.20	0.05	㎡	-	-	하자
	플레이트 부식	재도장	2	2	EA	-	-	하자
신축이음	하부 누수	정비, 재설치	6.00	9.00	m	-	-	하자
	후타재 균열(0.3㎜미만)	표면처리	16.00	4.00	㎡	-	-	하자
	후타재 파손	단면보수	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
	차수판 볼트탈락	정비	2	2	EA	-	-	하자
교면포장	망상균열	표면처리	315.00	472.50	㎡	-	-	하자
	접속도로 망상균열	표면처리	22.00	33.00	㎡	-	-	하자
	접속부 이격	실링재 충전	30.00	45.00	m	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	63.00	15.75	㎡	-	-	하자
	접속부 파손	단면보수	0.25	0.38	㎡	-	-	하자
	접속부 균열(0.3㎜미만)	표면처리	4.00	1.00	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

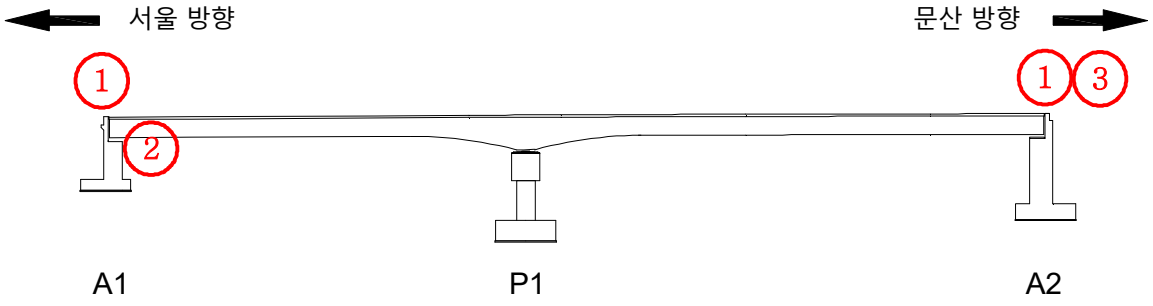
11.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 11.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td> 
</td></tr>
<tr><td>① 신축이음 하부 누수 - 보수 및 진전 여부확인</td><td>② 교량받침 플레이트 부식 - 보수 및 진전 여부확인</td><td>③ 방호벽 접속부 파손 - 보수 및 진전 여부확인</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
</table>

11.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 흥도로415번길 61-214 (성사동)에 위치한 교량으로 총 연장 101.0m, 폭 19.5m의 Spliced Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

11.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면은 전반적으로 양호한 상태이나 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 S2(A2) 단부 들뜸이 1개소 조사되었으며, 구조물의 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- 거더는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통하여 추가 손상의 발생여부 확인에 대한 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보는 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 국부적인 재료분리가 조사된 상태이며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

4) 교대

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 체수, 시공시 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 균열이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원의 표면처리, 주입보수 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통하여 손상의 추가 및 진전여부에 대한 주의관찰이 요구된다.

5) 교각

- 교각은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추가손상 발생여부에 대한 지속적인 유지관리를 실시하는 것이 요구된다.

6) 교량받침

- 교량받침에서 발생된 받침몰탈 균열, 플레이트 부식은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 외기노출, 우수유입 등에 의한 손상으로 구조물의 내구성 확보 차원에서 표면처리, 도장보수 등을 실시하는 것이 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 하부 누수, 후타재 균열 및 파손, 차수판 볼트탈락은 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장에 발생한 망상균열, 접속도로 망상균열, 접속부 이격은 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중, 다짐불량 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 표면처리, 실링재 충전, 재포장 등의 보수대책을 수립하는 것이 요구된다.

9) 배수시설

- 배수시설은 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열, 파손은 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

11) 교량 점검시설

■ 교각에 설치된 점검로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 점검계단 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적으로 양호한 상태로 확인되었다.

12) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.1~28.9㎫, 하부구조 교대 25.4~28.3㎫, 교각 40.7~49.3㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 서문10교(서울방향)의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.178인 “B”로 산정되었다.

다. 결론

■ 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문10교(서울방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.

■ 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

11.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

11.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

12. 서문10교(문산방향)

12.1 시설물 개요

12.2 자료수집 및 분석

12.3 현장조사

12.4 콘크리트 내구성조사

12.5 상태평가

12.6 종합평가 및 안전등급 지정

12.7 보수·보강 및 유지관리 방안

12.8 종합결론

12. 서문10교(문산방향)

12.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4에 위치한 교량으로 총 연장 101.0m, 폭 19.5m로 시공되어 있다.

12.1.1 일반사항

【표 12.1.1】서문10교(문산방향) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000299	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 강매동 354-4	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		-	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=101.0m(45+56=101.0m)			
	폭	B=19.5m, 4차로			
구조형식	상부	Spliced 거더	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교 각	강관말뚝기초
교량받침		면진받침, 포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물		-	통과높이		5.0m
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		지에스건설㈜	설 계 자		㈜다산컨설턴트
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체		서울문산고속도로주식회사

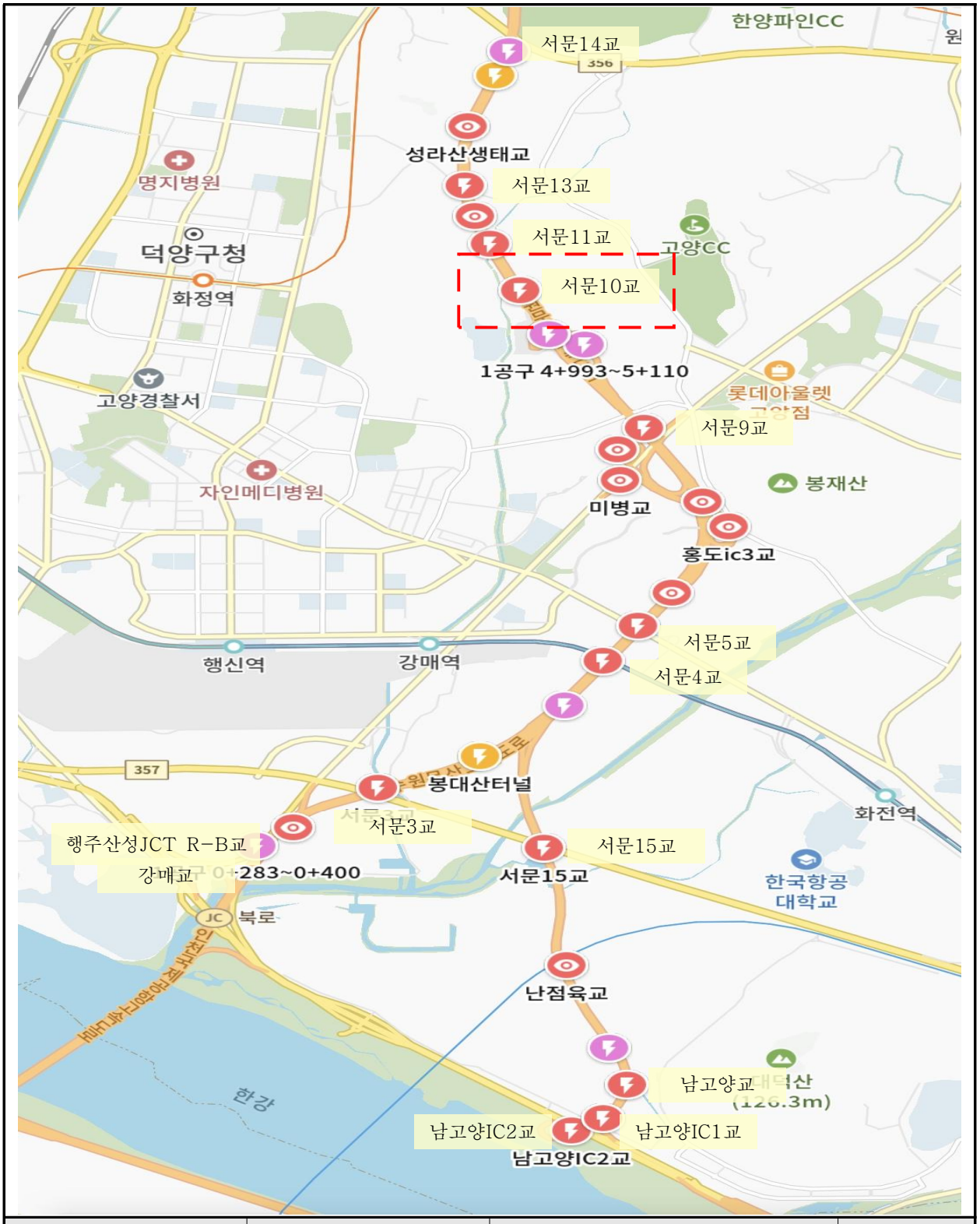


측면 전경



상부 전경

12.1.2 위치도 및 전경사진



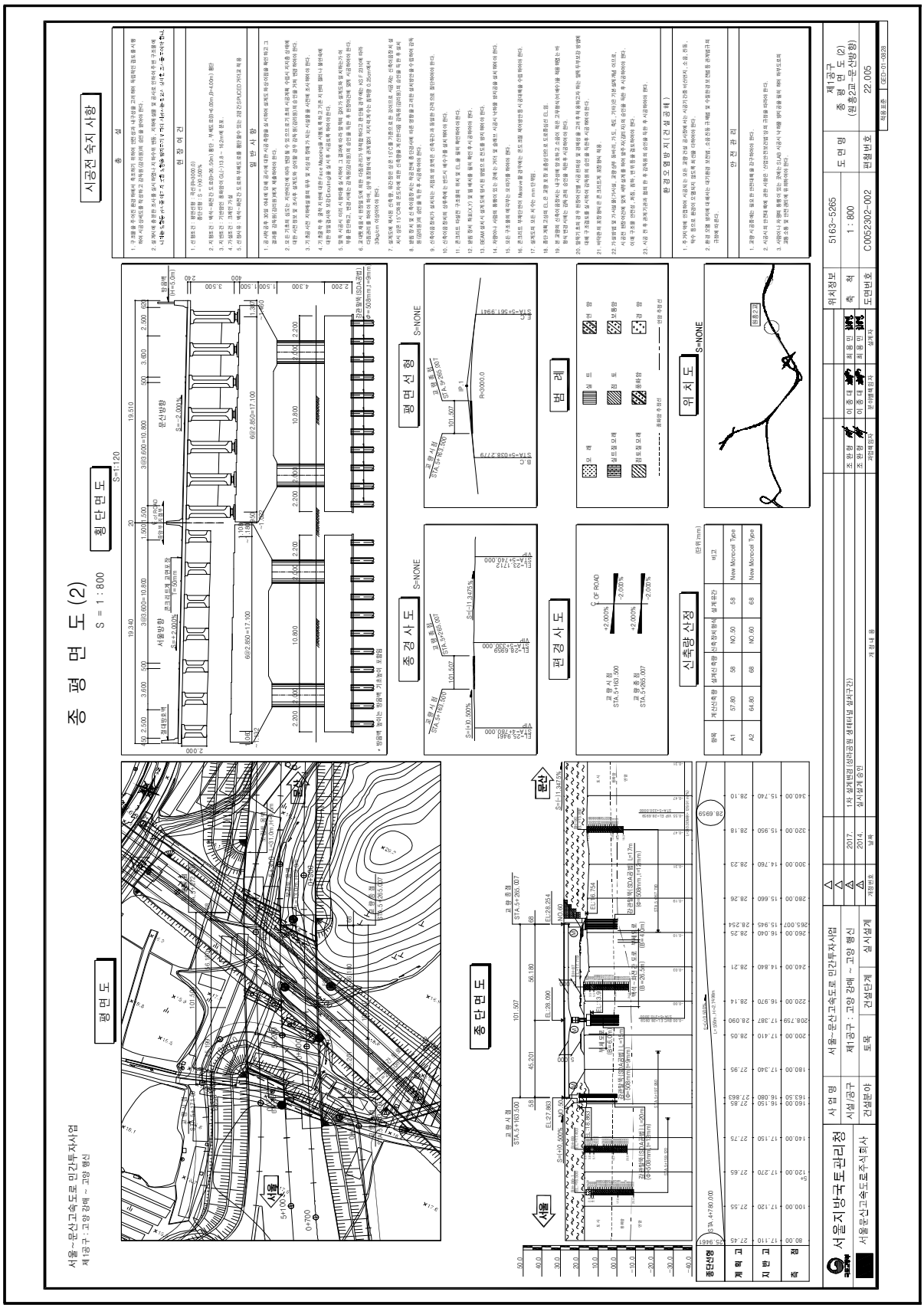
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 12.1.1】 위치도

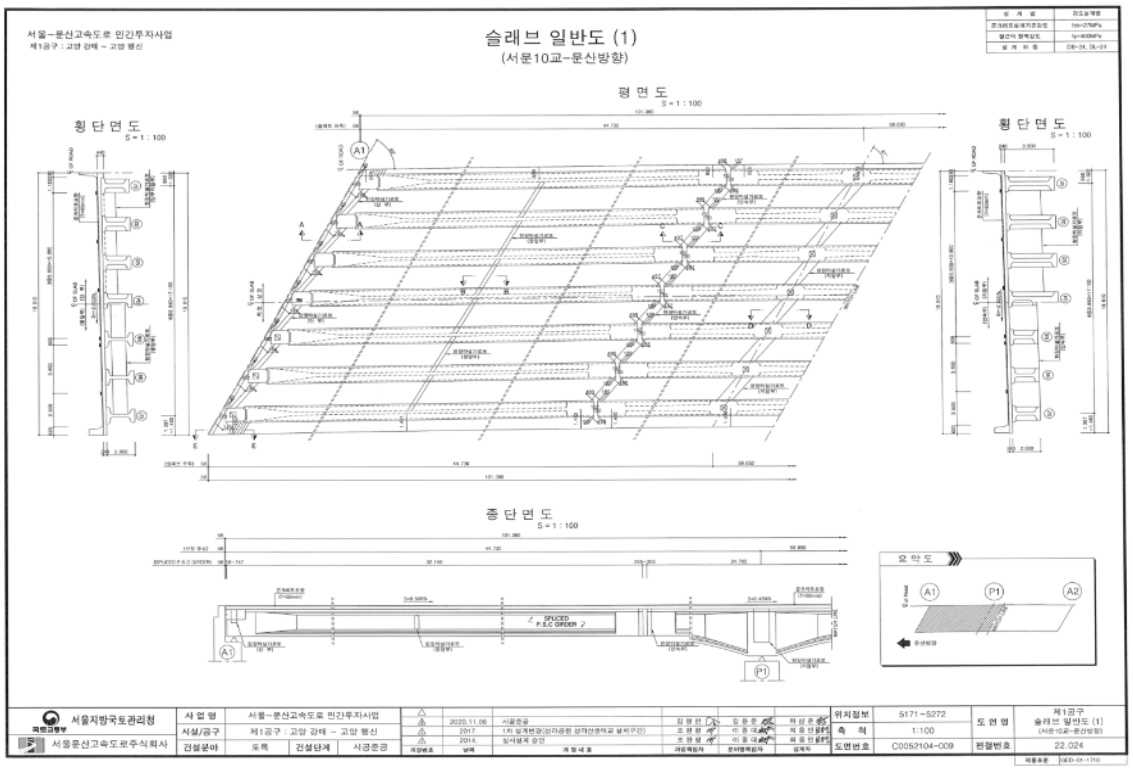
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

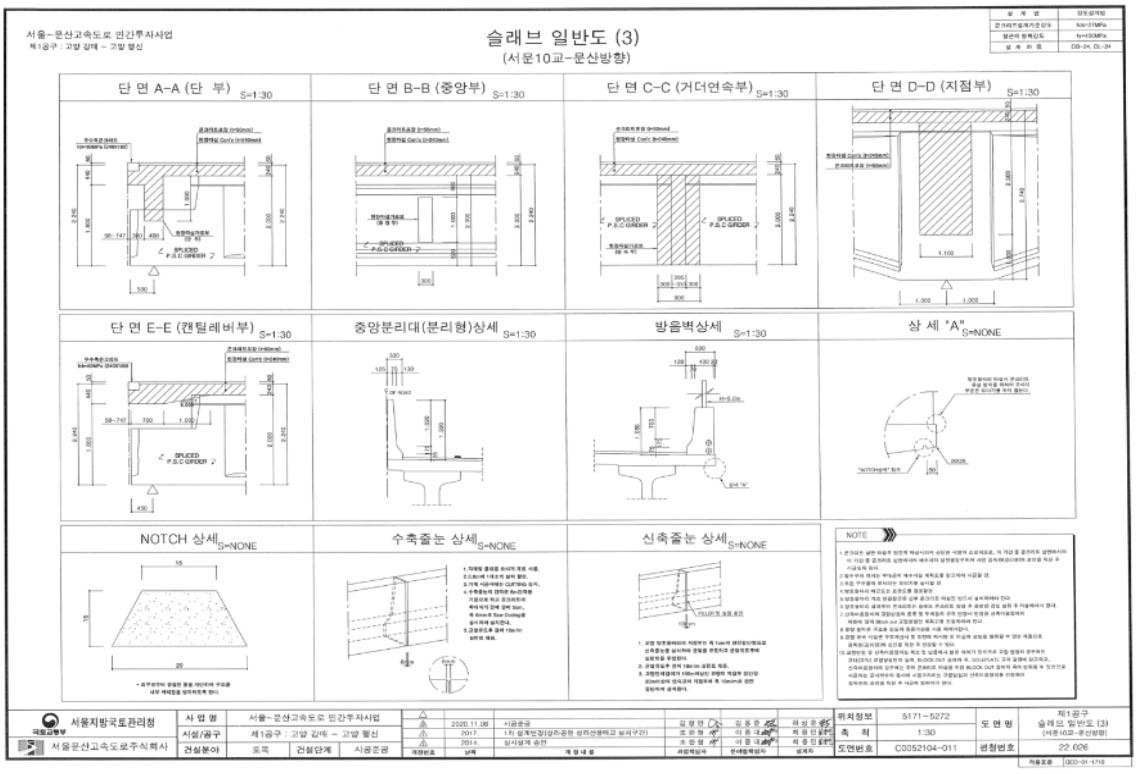
【그림 12.1.2】 부재별 현황

12.1.3 시설물 일반도

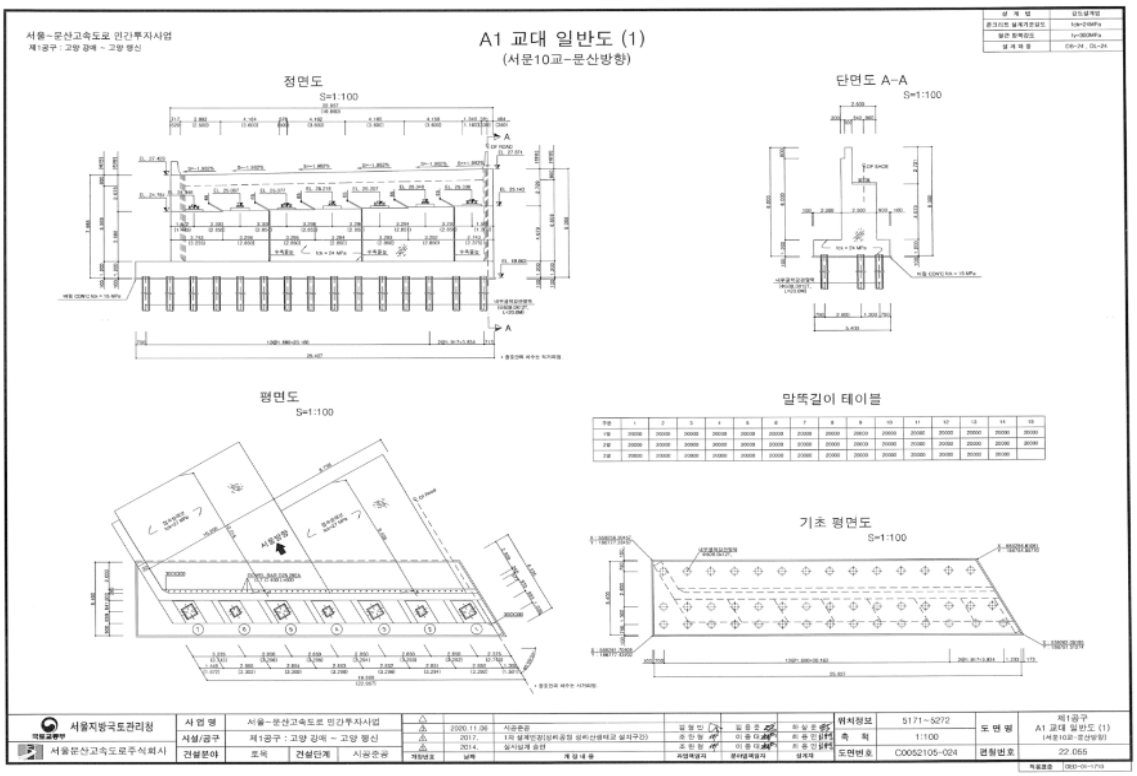


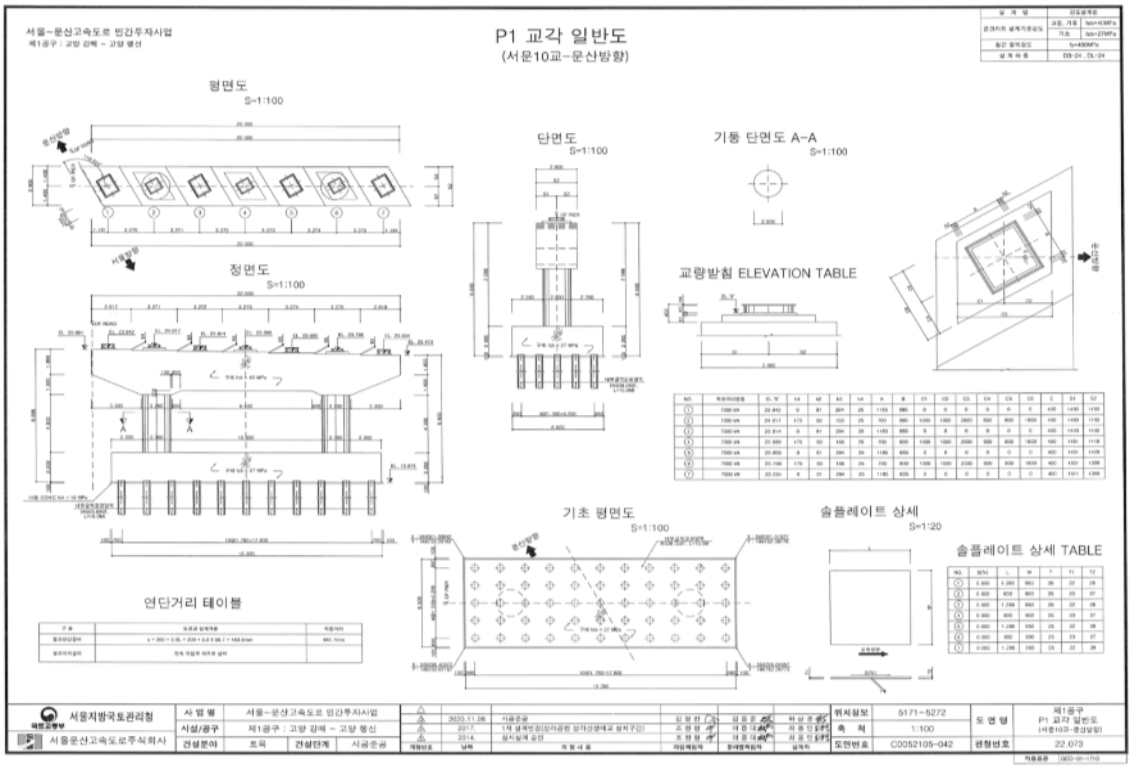
【그림 12.1.3】 평면 및 종단면도



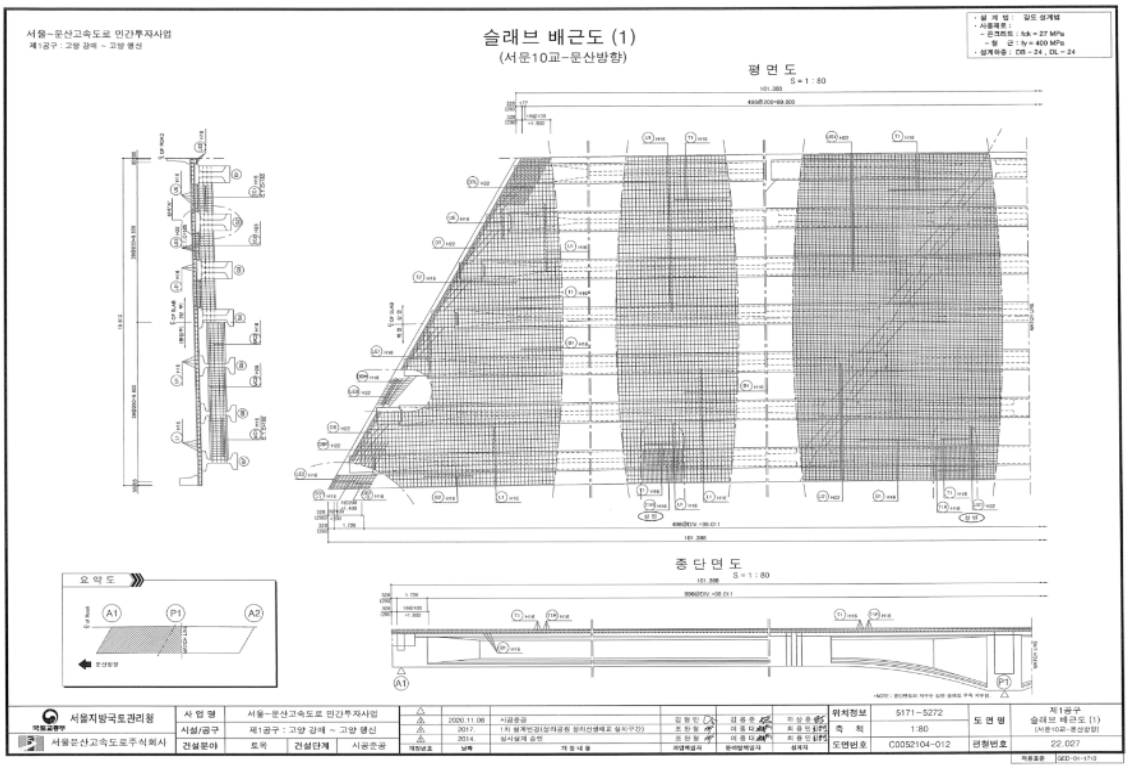


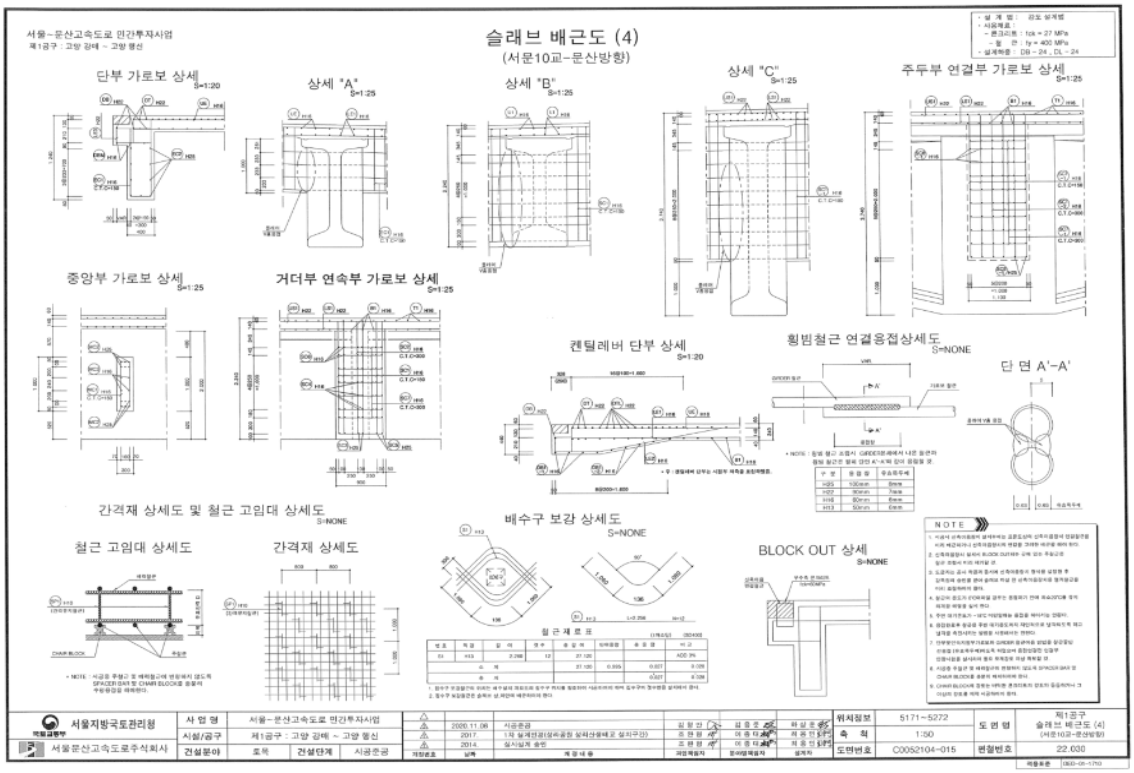
【그림 12.1.4】 바닥판하면 일반도



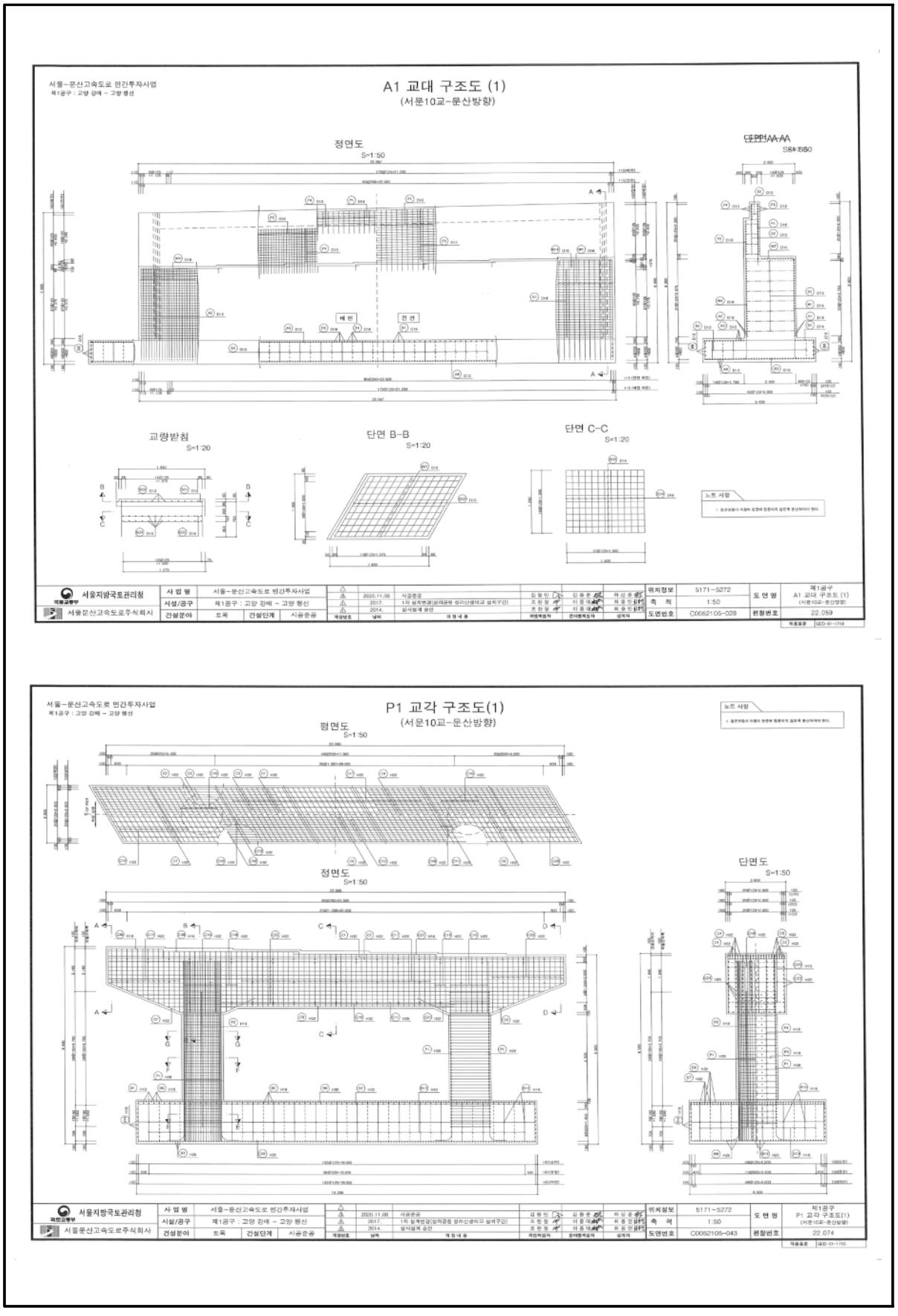


【그림 12.1.5】 교대 및 교각 일반도





【그림 12.1.6】 바닥판하면 배근도



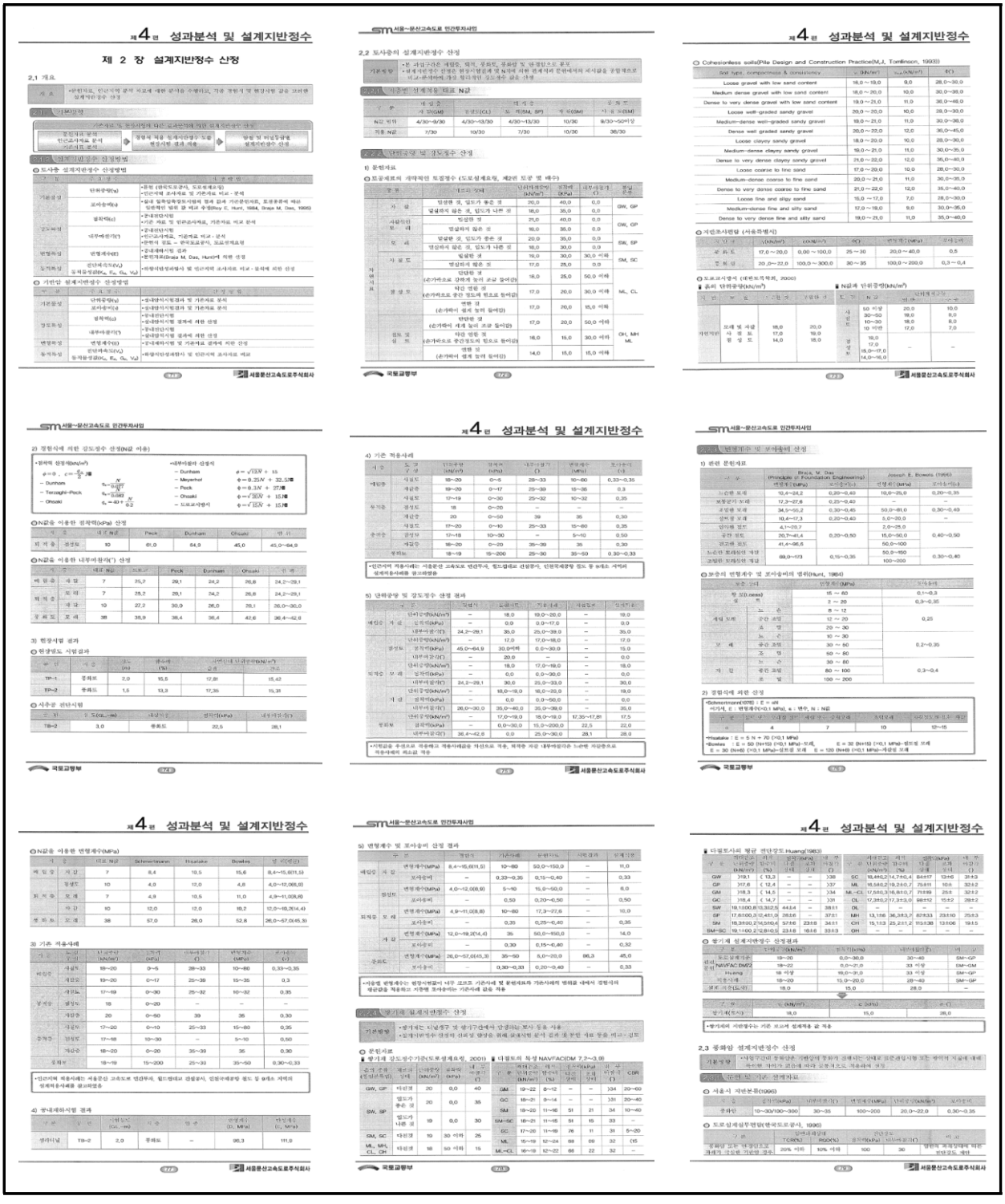
【그림 12.1.7】 교대 및 교각 배근도

12.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

12.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비 고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	-
	2001	20	30	35	-
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편 암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범 위		19.5~21	10~30	30~36	-

○ 기존 적용사례

구 분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0.30~0.31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공 번	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31.1	31.4	156.1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	-	19.5~22.0	20.0~22.0	-	20.0
포아송비(ν)	-	0.20~0.45	0.30~0.31	-	0.30

○ 전단강도 및 변형계수

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	-	10.0~300	20~50	31.1	30.0
내부마찰각(°)	) 39.5	30.0~36.0	30~33	31.4	31.0
변형계수(MPa)	-	200	50.0~350.0	156.1	150.0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 산정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○ 도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암석종류(강도)	암반과쇄상태 (NX 구경 시추조사시) T.C.R(%)	R.Q.D(%)	암반의 강도정수 φ(°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~30%	10~25%	33°	130
	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○ 서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반	단위중량 γ (kN/m³)	내부마찰각 φ (°)	변형계수 E (MPa)	포아송비 ν
연 암	23~25	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0.25
경 암	25~27	35~45	1,000~4,000	0.20

2) 기존 적용사례

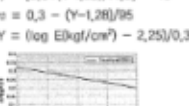
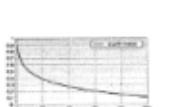
구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	I등급	27	4,200	44~45	18,000	0.21
	II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0.22
	III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0.24
	IV등급	24	800~900	34	1,000	0.25
	V등급	23	400	33	500	0.26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

○ 제안자별 경험식

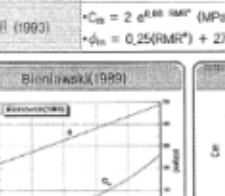
▮ 단위중량 및 포아송비

구 분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산정식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y-1.28)/14.3] × 10 ν = 0.3 - (Y-1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) - 2.25)/0.35 	ν = -0.17 Ln(RMR')+0.9 

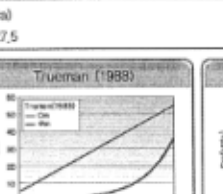
▮ 점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	관계 경험식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346 \times 10^{-5} RMR^2$ •$\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031 RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0.25\, e^{0.05\, RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2\, e^{0.05\, RMR'}$ (MPa) •$\phi_m = 0.25(RMR') + 27.5$

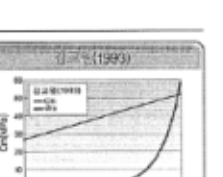
Bieniawski(1989)



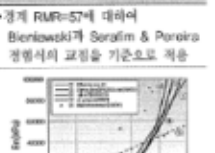
Trueman (1988)



김교원(1993)



▮ 변형계수

변형계수 경험식	관계 경험식	적용 내용
•Bieniawski (1978)	$E_m = 2RMR - 100$(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\, e^{0.07RMR'}$(GPa) - RMR' : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\, RMR^{3.54}$(MPa)	
•Mohammad (1997)	$E_m = 0.582\, RMR + 0.183$ (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구 분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)	포아송비(ν) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	26.3	-	0.21	0.15
	II등급	64	25.5	-	0.22	0.19
	III등급	53	24.8	-	0.23	0.22
	IV등급	36	23.8	-	0.24	0.29
	V등급	10	22.1	-	0.27	0.49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구 분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	V등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구 분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Serafim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,800	13,100	12,300
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	-

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11.0	연 암	화강암질 편마암	IV	980.3	1,166.2
	TB-3	17.0	연 암	화강암질 편마암	IV	598.9	908.3

○ 실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RVR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	IV	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	III	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	III	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	III	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	III	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	III	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	IV	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	III	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	지 층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적 용	포아송비(ν) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	I등급	27	26.3	-	27.0	0.21	0.15~0.21	-	0.21
	II등급	26	25.5	-	26.0	0.22	0.19~0.22	-	0.22
	III등급	25	24.8	26.65~26.90	25.0	0.24	0.22~0.23	0.16~0.19	0.24
	IV등급	24	23.8	27.08~28.93	24.0	0.25	0.24~0.29	0.16~0.21	0.25
	V등급	23	22.1	-	23.0	0.26	0.27~0.49	-	0.26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 저대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구 분	지 층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적 용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적 용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구 분	지 층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	-	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	-	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	-	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	-	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암석명	기본마찰각(ϕ_b)	암석명	기본마찰각(ϕ_b)
각섬암	32	화강암 (조립질)	31~35
현무암	31~38	석회암	33~40
역암	35	편암	31
백악	30	사암	25~35
백운암	27~31	셰일	27
편마암 (편암질)	23~29	미사암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점판암	25~30

주) 작은 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암 석 명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비 고
점착력이 없는 물질	평과/쇄재 암석	현무암 백악 화강암 석회암 사암 셰일	40.0 ~ 50.0 30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0 35.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 35.0	-	-
점착력이 있는 물질	암 석	견고한 화성암 변성암 견고한 퇴적암 연약한 퇴적암	35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 25.0 ~ 35.0	35.7 ~ 56.1 20.4 ~ 40.8 10.2 ~ 30.6 1.0 ~ 20.4	(화강암, 현무암, 반암) (규암, 편마암, 점판암) (석회암, 백운석, 사암) (사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암석명	설 명	최대강도 c'(kPa)	φ(°)	잔류강도 c'(kPa)	φ(°)	시험자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240.0	42.0	-	-	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15.0 90.0~120.0 60.0~100.0	7.5 12.0~17.0 9.0~13.0	-	-	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0.0~270.0	8.5~29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0.0~180.0	12.0~18.5	0.0~3.0	10.5~16.0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60.0	32.0	-	-	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	-	-	0.0	19.0~25.0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
절탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0~13.0	16.0	0.0	11.0~11.5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화성 섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0.0	26.5	-	-	Brawner[116]
화강암 /편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질점토로 된 단층 충전물과 함께 익화된 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0.0~100.0 50.0~242.0	24.0~25.0 40.0~42.0	-	-	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	-	-	0.0	21.0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0~200.0	13.0~14.0 17.0~21.0	0.0	13.0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80.0 100.0	38.0 10.0	-	-	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0~24.0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14.0~30.0	15.0~17.5	-	-	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360.0 16.0~20.0	14.0 7.5~11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30.0~80.0 610.0~740.0 380.0	32.0 41.0 31.0	-	-	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50.0	33.0	-	-	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42.0~90.0	36.0~38.0	-	-	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구 분	현무암	역 암	편마암	화강암	사 암	셰 일
마찰각(°)	31.0 ~ 38.0	35.0	23.0 ~ 29.0	29.0 ~ 35.0	25.0 ~ 35.0	27.0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C, Wyllie, 1992)

구 분	암 종	내부마찰각(°)	비 고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20.0 ~ 27.0	-
Medium-friction Rocks	27.0 ~ 34.0	-	-
사암, 백악, 편마암, 슬레이트	-	-	-

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상하터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암 종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	-	47.0~59.0	47.0	-	34.7~39.1	34.0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개 요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음
•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76 \times N^{0.33}$ •Imai(1982) $V_s = 97.0 \times N^{0.314}$
•Okamoto(1989) $V_s = 125 \times N^{0.3}$ •Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84 \times N^{0.31}$
- 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$
- 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$
- 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1 - 2\nu_d)$ 여기서, $\rho = \gamma_t/g$, γ_t=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구 분		하향식탄성파 V_p(m/s)	V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비 고
매립층		-	-	144.4~224.1	180	-
퇴적층	점토	-	-	162.5~249.4	200	-
	모래	-	-	144.4~224.1	170	-
	자갈	-	-	162.5~249.4	190	-
풍화토		919~984	375~408	252.4~372.3	392	-
풍화암		1,103~1,185	511~577	276.4~404.2	544	-
연 암		1,786~1,881	927~980	-	954	4등급
경 암		2,168~2,323	1,192~1,277	-	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

분석결과 •내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용



제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
	일반	
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
	일반	
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
	일반	
균열 간격이 없을때	불투수성	1.0×10^{-9} 이상
	일반	

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

89 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
쌓기재	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

2.7.3 물안속채 설계지반정수

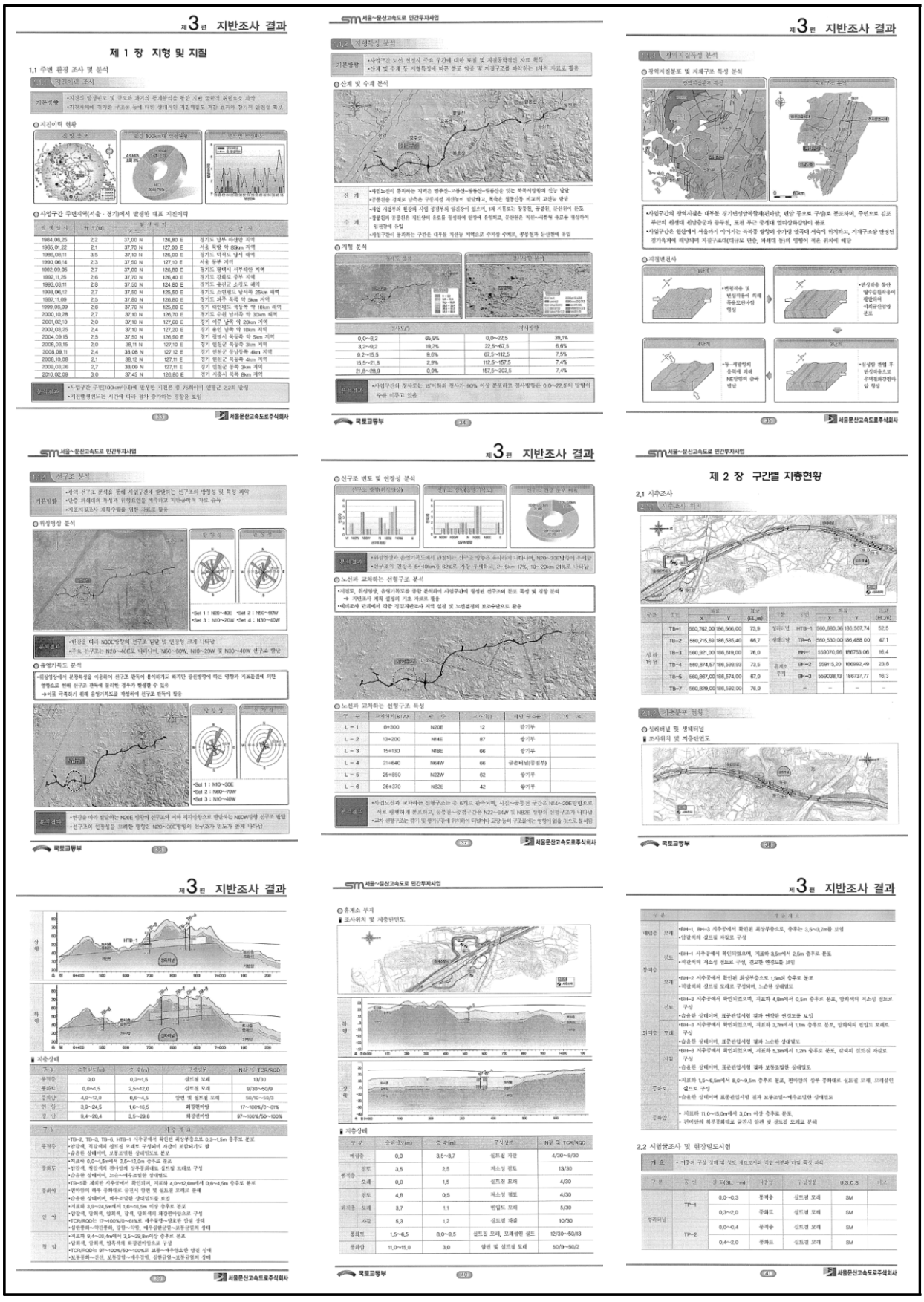
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

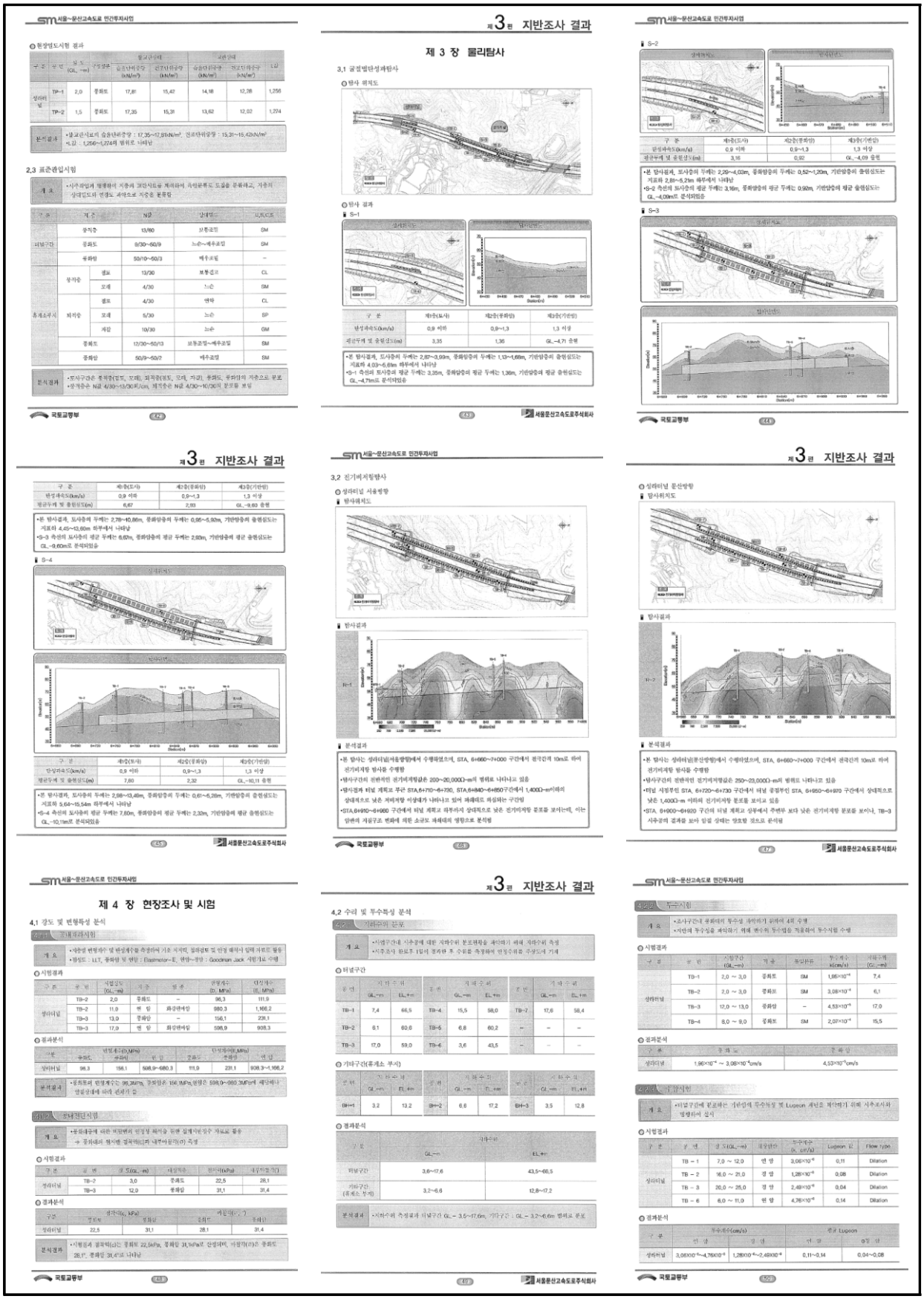
2.7.4 기타 설계지반정수

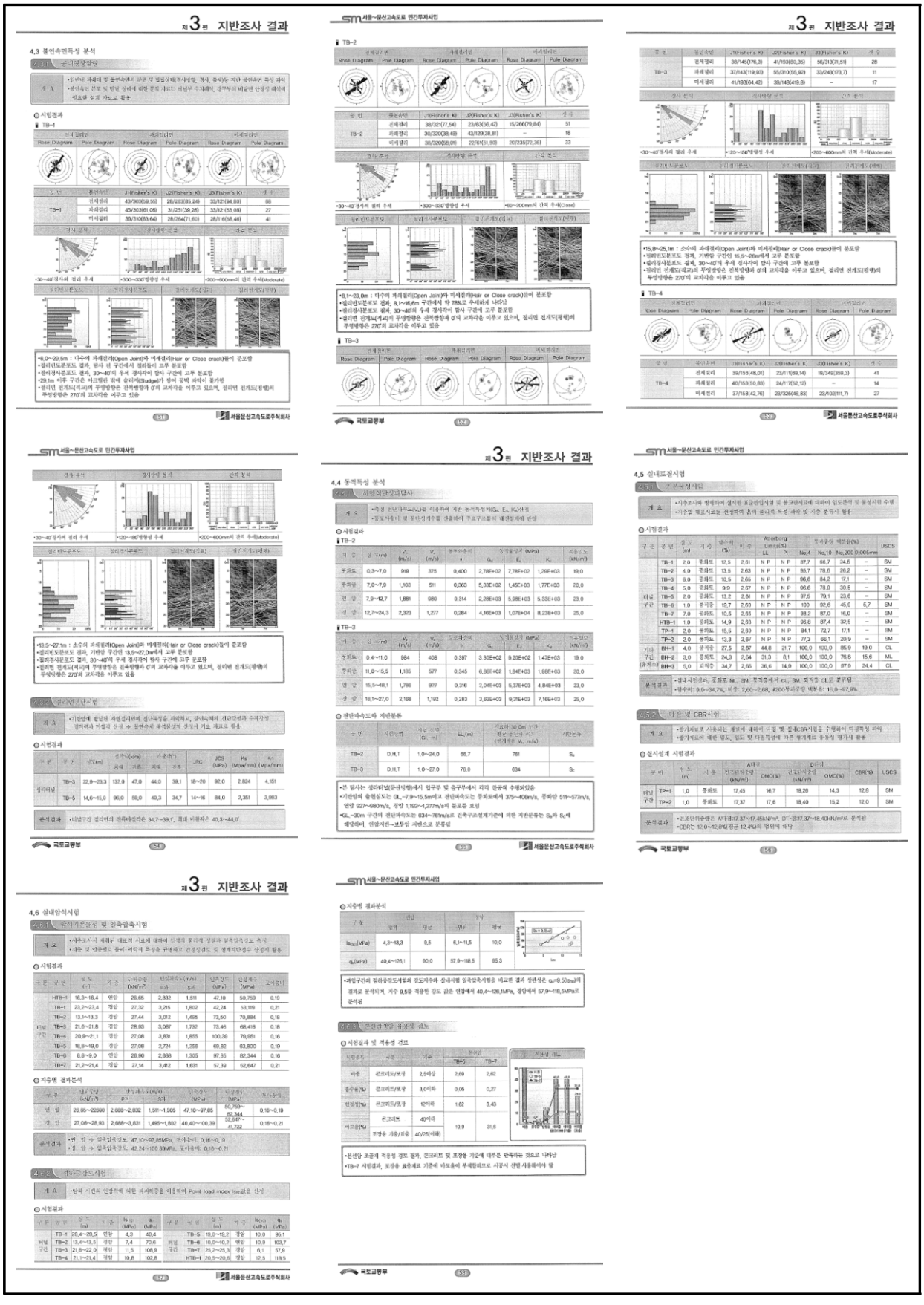
구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	v_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부 90

나. 지반 및 지질 조사보고서







서울문산고속도로 인간투자사업

제3편 지반조사 결과

4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

개 요 •암반의 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 통과)등 지반 불연속면 특성 파악
•불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 경구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

시험결과

TB-1

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-1	전체절리	43/303(59,55)	28/263(85,24)	33/121(94,80)	68
	파쇄절리	45/303(61,08)	31/251(39,28)	33/121(53,08)	27
	미세절리	39/310(63,64)	28/264(71,60)	28/116(58,48)	41

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•8.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 암사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 암사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 이크랙된 밖에 슬리지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

51 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 인간투자사업

TB-2

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-2	전체절리	38/321(77,54)	23/63(56,42)	15/266(79,84)	51
	파쇄절리	30/320(38,49)	43/129(38,81)	–	18
	미세절리	38/320(58,01)	22/61(51,90)	26/235(72,36)	33

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •60~200mm의 간격 우세(Close)

•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 암사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-3

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-3	전체절리	38/145(176,3)	41/193(80,35)	56/313(71,51)	28
	파쇄절리	37/143(119,93)	55/310(55,92)	33/243(173,7)	11
	미세절리	41/193(64,42)	39/148(419,8)	–	17

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 암사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-4

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-4	전체절리	39/156(48,01)	23/111(69,14)	19/349(359,3)	41
	파쇄절리	40/153(50,83)	24/117(52,12)	–	14
	미세절리	37/158(42,76)	23/325(46,83)	23/102(111,7)	27

53 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 인간투자사업

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 암사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요 •기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 설계속에서 전단강성과 수직강성 결정에서 마찰각 산정 → 불연속에 해석분석의 산정시 기초 자료로 활용

시험결과

구 분	불 면	심도(m)	절각(kPa) 최대	절각(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
절리터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과 •터널구간 절리면의 전류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

54 국토교통부

제3편 지반조사 결과

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요 •측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_o, E_o, K_o)산정
•동모아레미 및 불안정계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

시험결과

TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 n	동적물성치 (MPa) G_o	E_o	K_o	지층밀도 (kN/m³)
풍화토	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 n	동적물성치 (MPa) G_o	E_o	K_o	지층밀도 (kN/m³)
풍화토	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.23E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	977	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,188	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 속도 (GL~m)	EL(m)	기초와 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (인계경우 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL~7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL~30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

55 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 인간투자사업

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요 •시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
•지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

시험결과

구 분	불 면	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	풍적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타구간 (참조시험)	BH-1	4.0	풍적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과 •실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 풍적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨
•함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 터널 및 CBR시험

개 요 •평가제로부 사용되는 제반에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악
•평가제로의 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 평가제로 유용성 평가시 활용

실시설계 시험결과

구 분	심 도 (m)	지 층	A타입 건조단위중량 (kN/m³)	A타입 OMC(%)	D타입 건조단위중량 (kN/m³)	D타입 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.28	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과 •건조단위중량은 A타입17.37~17.45kN/m³, D타입17.37~18.40kN/m³로 분석됨
•CBR는 12.0~12.8%(평균 12.4%)의 범위에 해당

56 국토교통부

제3편 지반조사 결과

4.6 실내압석시험

4.6.1 음식기본물성 및 압축압축시험

개 요 •시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 압석의 물리적 성질과 압축압축강도 측정
•지층 및 암분별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계적반영수 산정시 활용

시험결과

구 분	불 면	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	단성파속도(m/s) P파	S파	압축강도 (MPa)	단성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,418	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,258	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	단성파속도(m/s) P파	S파	압축강도 (MPa)	단성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과 •연 암 → 압축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19
•경 암 → 압축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

개 요 •압석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index $I_{S(50)}$값을 산정

시험결과

구 분	불 면	심 도 (m)	지 층	$I_{S(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구 분	불 면	심 도 (m)	지 층	$I_{S(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

57 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 인간투자사업

지층별 결과분석

구 분	연암		경암	
	범위	평균	범위	평균
$I_{S(50)}$(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3

•위압구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 압축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.50$I_{S(50)}$의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 콘전단계압 유용성 검토

시험결과 및 적용성 검토

시험결과	구분	기준	분석안 TB-5	분석안 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

시험성 검토

•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

58 국토교통부

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설 계 조 건

1.1 교량제원

- 형 식 : Spliced Girder교
  주두부, 측경간부, 중앙경간부 등의 Segment로 나누어 제작 후 가설벤트 및 Strong Back등을 이용하여 현장에서 연결하는 공법으로 50m 이상의 장경간에 경제성이 유리한 교량 형식
- 교량등급 : 1등교
- 지간구성 : 44+56+100m
- 폭 원 : 38.700m
- 거더간격 : 2.850 m
- 평면선형 : R =3000 SKEW = 30° (시점기준)

1.2 하 중

- 활 하 중 : DB-24, DL-24
- 충격계수 : 차량하중 i = 15 / (40 +L) ≤ 0.3

1.3 사용재료

1.3.1 콘크리트

1) 바 닥 판 · fck = 27 MPa
2) PSC 거더 · fck = 60 MPa

1.3.2 강 재

1) 바 닥 판 · SD 400
2) PSC 거더 · SD 300
· SWPC7B 15.2mm(0.6") 7연선, 저릴랙세이션 강연선 사용

1.4 허용응력

1.4.1 바닥판 콘크리트

· 허용 휨 압축 응력 : fca = 0.4fck = 10.8 Mpa

1.4.2 프리스트레스 콘크리트

1) 프리스트레스 도입시의 압축강도
· fci = 0.8fck = 48.0 MPa
2) 프리스트레스 도입 직후
· 허용 휨 압축응력 : 0.60×fci = 28.8 MPa
· 허용 휨 인장응력 : 0.50×√fci = 3.5 MPa (단순지지부재 단부)
0.25×√fci = 1.7 MPa (선형압축 인장구역 이외의 구역)
3) 설계하중 작용시
· 허용 휨 압축응력 : 0.45×fck = 27.0 MPa (유효프리스트레스+지속하중)
· 허용 휨 압축응력 : 0.60×fck = 36.0 MPa (유효프리스트레스+전체하중)
· 허용 휨 인장응력 : 0.63×√fck = 4.9 MPa (비균일 등급)

1.4.3 PS 강재 (저 릴랙세이션)

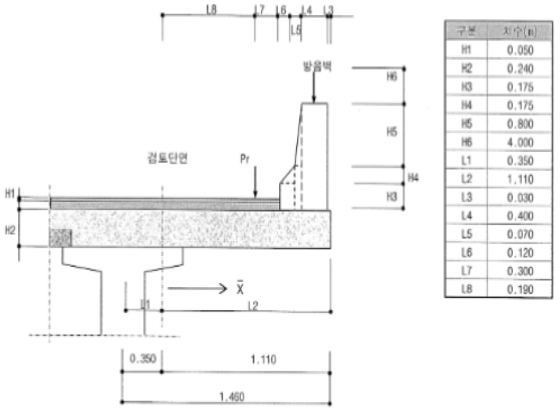
· 극한 강도(f_{pu}) : 1,900 MPa
· 항복 강도(f_{py}) : 1,600 MPa
1) 허용 최대 긴장력
· 0.94 f_{py} = 1,504 MPa
2) 정착 직후 정착부에서의 응력
· 0.7 f_{pu} = 1,330 MPa

3. 바닥판 설계

3.1 캔틸레버부

3.1.1 방음벽부 캔틸레버

1) 설계 단면



구분	치수(m)
H1	0.050
H2	0.240
H3	0.175
H4	0.175
H5	0.800
H6	4.000
L1	0.350
L2	1.110
L3	0.030
L4	0.400
L5	0.070
L6	0.120
L7	0.300
L8	0.190

(1) 유효지간장 산정

상부플랜지폭 / 바닥판두께 = 1.200 / 0.240 = 5.0 > 4

☞ 4 이상이므로 유효경간은 상부플랜지 폴출부 중앙점에서 캔틸레버 끝단까지의 거리로 산정

(2) 캔틸레버바닥판의 최소두께 : L < 0.25

Tmin = 280L + 180 = 280 x 0.19 + 180 = 233.2 mm 또는 220 mm

< 슬래브(T) = 240 mm ∴ O.K

Elem	Load	Stage	Cb2(+y+z) (N/m	Cb3(+y-z) (N/m
107007	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
107007	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
107008	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
107008	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
107009	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
107009	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0.00E+00	0.00E+00
107007	Summation	02-측경간 가설	-3.19E+00	-4.18E+00
107007	Summation	02-측경간 가설	-3.32E+00	-4.12E+00
107008	Summation	02-측경간 가설	-3.32E+00	-4.12E+00
107008	Summation	02-측경간 가설	-3.25E+00	-4.12E+00
107009	Summation	02-측경간 가설	-3.25E+00	-4.12E+00
107009	Summation	02-측경간 가설	-3.10E+00	-4.20E+00
107007	Summation	04-2차긴장	-2.90E+00	-4.44E+00
107007	Summation	04-2차긴장	-2.93E+00	-4.49E+00
107008	Summation	04-2차긴장	-2.90E+00	-4.44E+00
107008	Summation	04-2차긴장	-2.60E+00	-4.70E+00
107009	Summation	04-2차긴장	-2.60E+00	-4.70E+00
107009	Summation	04-2차긴장	-2.20E+00	-5.04E+00
107007	Summation	05-3차긴장	-2.34E+00	-1.38E+01
107007	Summation	05-3차긴장	-1.52E+00	-1.47E+01
107008	Summation	05-3차긴장	-1.50E+00	-1.47E+01
107008	Summation	05-3차긴장	-1.48E+00	-1.45E+01
107009	Summation	05-3차긴장	-1.48E+00	-1.45E+01
107009	Summation	05-3차긴장	-2.70E+00	-1.32E+01
107007	Summation	06-슬래브및단부가로보	-4.50E+00	-1.09E+01
107007	Summation	06-슬래브및단부가로보	-4.24E+00	-1.22E+01
107008	Summation	06-슬래브및단부가로보	-4.12E+00	-1.21E+01
107008	Summation	06-슬래브및단부가로보	-3.38E+00	-1.21E+01
107009	Summation	06-슬래브및단부가로보	-3.60E+00	-1.22E+01
107009	Summation	06-슬래브및단부가로보	-3.92E+00	-1.17E+01
107007	Summation	07-2차고정하중	-5.51E+00	-8.53E+00
107007	Summation	07-2차고정하중	-5.74E+00	-1.05E+01
107008	Summation	07-2차고정하중	-5.50E+00	-1.04E+01
107008	Summation	07-2차고정하중	-4.03E+00	-1.01E+01
107009	Summation	07-2차고정하중	-4.67E+00	-1.04E+01
107009	Summation	07-2차고정하중	-4.46E+00	-1.03E+01
107007	Summation	12-크리프완료	-6.55E+00	-7.37E+00
107007	Summation	12-크리프완료	-7.87E+00	-1.03E+01
107008	Summation	12-크리프완료	-7.43E+00	-1.02E+01
107008	Summation	12-크리프완료	-4.99E+00	-9.13E+00
107009	Summation	12-크리프완료	-6.16E+00	-9.65E+00
107009	Summation	12-크리프완료	-5.46E+00	-9.55E+00

Cb4(-y-z) (N/mn	상연압축	하연압축	상연인장	하연인장		압축	인장
0.00E+00	-	-	-	-	상연	0.00	0.00
0.00E+00	-	-	-	-	하연	0.00	0.00
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-			
0.00E+00	-	-	-	-			
-4.18E+00	3.19	4.18	-	-	상연	3.32	0.00
-4.12E+00	3.32	4.12	-	-	하연	4.20	0.00
-4.12E+00	3.32	4.12	-	-			
-4.12E+00	3.25	4.12	-	-			
-4.12E+00	3.25	4.12	-	-			
-4.20E+00	3.10	4.20	-	-			
-4.40E+00	2.90	4.40	-	-	상연	2.93	0.00
-4.44E+00	2.93	4.44	-	-	하연	5.01	0.00
-4.46E+00	2.90	4.46	-	-			
-4.69E+00	2.60	4.69	-	-			
-4.69E+00	2.60	4.69	-	-			
-5.01E+00	2.20	5.01	-	-			
-1.38E+01	2.34	13.80	-	-	상연	2.70	0.00
-1.47E+01	1.52	14.70	-	-	하연	14.70	0.00
-1.47E+01	1.50	14.70	-	-			
-1.45E+01	1.48	14.50	-	-			
-1.45E+01	1.48	14.50	-	-			
-1.32E+01	2.70	13.20	-	-			
-1.11E+01	4.50	11.10	-	-	상연	4.50	0.00
-1.17E+01	4.24	11.70	-	-	하연	12.30	0.00
-1.17E+01	4.12	11.70	-	-			
-1.23E+01	3.38	12.30	-	-			
-1.22E+01	3.60	12.20	-	-			
-1.18E+01	3.92	11.80	-	-			
-9.22E+00	5.51	9.22	-	-	상연	5.74	0.00
-9.47E+00	5.74	9.47	-	-	하연	10.80	0.00
-9.49E+00	5.50	9.49	-	-			
-1.08E+01	4.03	10.80	-	-			
-1.04E+01	4.67	10.40	-	-			
-1.08E+01	4.46	10.80	-	-			
-8.78E+00	6.55	8.78	-	-	상연	7.87	0.00
-8.20E+00	7.87	8.20	-	-	하연	10.40	0.00
-8.20E+00	7.43	8.20	-	-			
-1.04E+01	4.99	10.40	-	-			
-9.63E+00	6.16	9.63	-	-			
-1.04E+01	5.46	10.40	-	-			

Elem	Load	Cb2(+y+z) (N/m	Cb3(+y-z) (N/m	Cb4(-y-z) (N/mn	상연압축
107007	침하(all)	-0.09	0.20	0.20	0.09
107007	침하(all)	-0.12	0.27	0.27	0.12
107008	침하(all)	-0.12	0.27	0.27	0.12
107008	침하(all)	-0.15	0.33	0.33	0.15
107009	침하(all)	-0.15	0.33	0.33	0.15
107009	침하(all)	-0.17	0.39	0.40	0.17
107007	온도(all)	0.23	0.52	0.52	-
107007	온도(all)	0.30	0.69	0.68	-
107008	온도(all)	0.30	0.68	0.68	-
107008	온도(all)	0.38	0.85	0.85	-
107009	온도(all)	0.37	0.85	0.85	-
107009	온도(all)	0.45	1.02	1.02	-
107007	풍하중(all)	-0.57	-1.16	-0.09	0.57
107007	풍하중(all)	0.65	-0.13	-1.11	-
107008	풍하중(all)	0.58	-0.38	-1.35	-
107008	풍하중(all)	-0.33	-0.81	-0.44	0.33
107009	풍하중(all)	-0.08	-0.77	-0.59	0.08
107009	풍하중(all)	-0.29	-0.54	-0.22	0.29
107007	활하중(all)	-2.06	4.20	4.45	2.06
107007	활하중(all)	-1.68	4.80	4.26	1.68
107008	활하중(all)	-1.75	4.75	4.21	1.75
107008	활하중(all)	-2.34	4.78	4.94	2.34
107009	활하중(all)	-2.19	4.87	4.90	2.19
107009	활하중(all)	-2.10	4.58	4.64	2.10
107007	WASD(all)	-8.70	-8.87	-10.30	8.70
107007	WASD(all)	-9.66	-12.30	-10.20	9.66
107008	WASD(all)	-9.30	-12.20	-10.10	9.30
107008	WASD(all)	-7.47	-11.60	-12.90	7.47
107009	WASD(all)	-8.50	-12.20	-12.10	8.50
107009	WASD(all)	-7.73	-12.60	-13.40	7.73

하연압축	상연인장	하연인장		압축	인장
-	-	0.20	상연	0.17	0.00
-	-	0.27	하연	0.00	0.40
-	-	0.27			
-	-	0.33			
-	-	0.33			
-	-	0.40			
-	0.23	0.52	상연	0.00	0.45
-	0.30	0.68	하연	0.00	1.02
-	0.30	0.68			
-	0.38	0.85			
-	0.37	0.85			
-	0.45	1.02			
0.09	-	-	상연	0.57	0.65
1.11	0.65	-	하연	1.35	0.00
1.35	0.58	-			
0.44	-	-			
0.59	-	-			
0.22	-	-			
-	-	4.45	상연	2.34	0.00
-	-	4.26	하연	0.00	4.94
-	-	4.21			
-	-	4.94			
-	-	4.90			
-	-	4.64			
10.30	-	-	상연	9.66	0.00
10.20	-	-	하연	13.40	0.00
10.10	-	-			
12.90	-	-			
12.10	-	-			
13.40	-	-			

Elem	Load	Stage	Cb2(+y+z) (N/m	Cb3(+y-z) (N/m
107013	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0	0
107013	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0	0
107014	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0	0
107014	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0	0
107025	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0	0
107025	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0	0
107026	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0	0
107026	Summation	01-주두부 긴장 및 가설	0	0
107013	Summation	02-측경간 가설	0	0
107013	Summation	02-측경간 가설	0	0
107014	Summation	02-측경간 가설	0	0
107014	Summation	02-측경간 가설	0	0
107025	Summation	02-측경간 가설	0	0
107025	Summation	02-측경간 가설	0	0
107026	Summation	02-측경간 가설	0	0
107026	Summation	02-측경간 가설	0	0
107013	Summation	04-2차긴장	-1.05	-3.09
107013	Summation	04-2차긴장	-1.05	-3.1
107014	Summation	04-2차긴장	-1.03	-3.09
107014	Summation	04-2차긴장	-1.02	-3.11
107025	Summation	04-2차긴장	-3.43	-0.656
107025	Summation	04-2차긴장	-3.47	-0.62
107026	Summation	04-2차긴장	-3.53	-0.59
107026	Summation	04-2차긴장	-3.55	-0.561
107013	Summation	05-3차긴장	-4.14	-4.03
107013	Summation	05-3차긴장	-4.2	-3.97
107014	Summation	05-3차긴장	-4.1	-4.02
107014	Summation	05-3차긴장	-4.16	-3.96
107025	Summation	05-3차긴장	-7.46	-0.636
107025	Summation	05-3차긴장	-7.45	-0.649
107026	Summation	05-3차긴장	-7.51	-0.595
107026	Summation	05-3차긴장	-7.48	-0.619
107013	Summation	06-슬래브및단부가로보	-1.97	-7.9
107013	Summation	06-슬래브및단부가로보	-1.97	-7.99
107014	Summation	06-슬래브및단부가로보	-1.7	-7.95
107014	Summation	06-슬래브및단부가로보	-1.62	-7.99
107025	Summation	06-슬래브및단부가로보	-6.69	-2.57
107025	Summation	06-슬래브및단부가로보	-6.81	-2.49
107026	Summation	06-슬래브및단부가로보	-6.61	-2.39
107026	Summation	06-슬래브및단부가로보	-6.66	-2.24
107013	Summation	07-2차고정하중	-1.59	-9.87
107013	Summation	07-2차고정하중	-1.57	-10.1
107014	Summation	07-2차고정하중	-1.04	-9.6
107014	Summation	07-2차고정하중	-0.914	-9.63
107025	Summation	07-2차고정하중	-6.19	-3.74
107025	Summation	07-2차고정하중	-6.37	-3.66
107026	Summation	07-2차고정하중	-6.1	-4.42

Cb4(-y-z) (N/mn	상연압축	하연압축	상연인장	하연인장		압축	인장
0	-	-	-	-	상연	0.00	0.00
0	-	-	-	-	하연	0.00	0.00
0	-	-	-	-			
0	-	-	-	-			
0	-	-	-	-			
0	-	-	-	-			
0	-	-	-	-			
0	-	-	-	-			
0	-	-	-	-	상연	0.00	0.00
0	-	-	-	-	하연	0.00	0.00
0	-	-	-	-			
0	-	-	-	-			
0	-	-	-	-			
0	-	-	-	-			
0	-	-	-	-			
-3.07	1.05	3.07	-	-	상연	3.55	0.00
-3.08	1.05	3.08	-	-	하연	3.11	0.00
-3.09	1.03	3.09	-	-			
-3.11	1.02	3.11	-	-			
-0.66	3.43	0.66	-	-			
-0.625	3.47	0.63	-	-			
-0.574	3.53	0.57	-	-			
-0.545	3.55	0.55	-	-			
-4	4.14	4.00	-	-	상연	7.51	0.00
-3.94	4.20	3.94	-	-	하연	4.04	0.00
-4.04	4.10	4.04	-	-			
-3.98	4.16	3.98	-	-			
-0.618	7.46	0.62	-	-			
-0.632	7.45	0.63	-	-			
-0.58	7.51	0.58	-	-			
-0.604	7.48	0.60	-	-			
-7.22	1.97	7.22	-	-	상연	6.81	0.00
-7.25	1.97	7.25	-	-	하연	7.45	0.00
-7.36	1.70	7.36	-	-			
-7.45	1.62	7.45	-	-			
-1.88	6.69	1.88	-	-			
-1.74	6.81	1.74	-	-			
-1.78	6.61	1.78	-	-			
-1.69	6.66	1.69	-	-			
-8.31	1.59	8.31	-	-	상연	6.37	0.00
-8.38	1.57	8.38	-	-	하연	8.58	0.00
-8.43	1.04	8.43	-	-			
-8.58	0.91	8.58	-	-			
-2.79	6.19	2.79	-	-			
-2.6	6.37	2.60	-	-			
-2.94	6.10	2.94	-	-			

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : PSC SPLICED GIRDER
(3) 교 량 등 급 : 1 등교
(4) 교 대 총 폭 : B = 22.553 m
(5) 교 대 총높이 : H = 12.000 m
(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
(7) SKEW : 90.000 °

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3편 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 295.447 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 89.527 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 8.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 25.954 ° (Φ2 = 15 + √15N)
(4) 기초지반의 점착력 : C = 0.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.312 ; TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 28000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

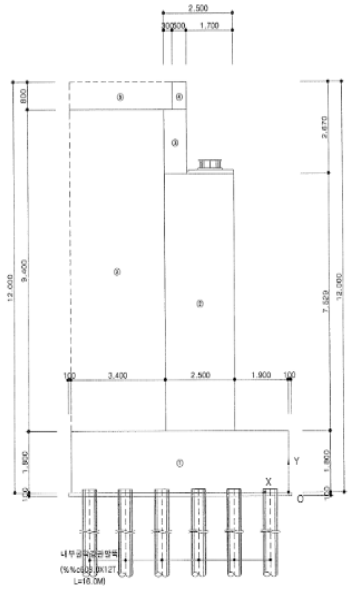
5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 :

구 분	1	2	3	4	5	6	7	계
고정하중	718.844	1002.520	977.725	963.538	986.051	1017.872	996.634	6663.1
활하중	170.595	284.176	275.549	177.752	323.050	443.227	344.749	2019.0

※ 지진하중 집계표 (단위 :

구 분	1	2	3	4	5	6	7	계
교축방향	188	189	190	191	192	193	194	1337
직각방향	174	175	176	176	177	177	177	1232

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1462.058	705.561	O.K
	허용인발력(kN/EA)	664.043	-	O.K
	휨응력(MPa)	133.000	110.874	O.K
	전단응력(MPa)	76.000	13.021	O.K
	수평변위(mm)	15.000	11.477	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2193.087	1024.506	O.K
	허용인발력(kN/EA)	996.064	-149.252	O.K
	휨응력(MPa)	199.500	130.497	O.K
	전단응력(MPa)	114.000	19.713	O.K
	수평변위(mm)	15.000	9.791	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (㎟)	사용철근량 (㎟)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1800	150	2016.24	2694.4	840.709	1120.057	1.332	O.K
후면저판		1800	100	3334.3	4596.4	1424.572	1952.926	1.371	O.K
벽체 (H=10.200)		2500	100	4064.53	5746.4	2456.519	3454.882	1.406	O.K
흉벽		800	100	636.895	1146	112.925	202.099	1.79	O.K
좌측날개벽	A(T=620 mm)	620	80	2292.24	5139.2	304.498	658.147	2.161	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	2056.73	3096.8	275.281	408.448	1.484	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	2774.58	4053.6	367.625	527.371	1.435	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
전면저판		128.473	150	125	265.467	O.K
후면저판		119.635	150	125	444.503	O.K
벽체 (H=10.200)		81.132	150	125	760.639	O.K
흉벽		107.32	150	250	507.534	O.K
좌측날개벽	A(T=620 mm)	70.013	150	125	899.834	O.K
	B(T=620 mm)	103.145	150	125	590.989	O.K
	C(T=620 mm)	106.562	150	125	570.26	O.K

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1551.081	798.462	O.K
	허용인발력(kN/EA)	753.066	-	O.K
	휨응력(MPa)	133.000	112.824	O.K
	전단응력(MPa)	76.000	15.186	O.K
	수평변위(mm)	15.000	8.230	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2326.622	1210.064	O.K
	허용인발력(kN/EA)	1129.599	-258.900	O.K
	휨응력(MPa)	199.500	134.960	O.K
	전단응력(MPa)	114.000	23.250	O.K
	수평변위(mm)	15.000	7.099	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (㎟)	사용철근량 (㎟)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1800	150	2569.02	3096.8	1068.542	1284.997	1.203	O.K
후면저판		1800	100	3805.63	4596.4	1622.586	1952.926	1.204	O.K
벽체 (H=11.200)		2600	100	5553.16	7708.8	3435.12	4737.412	1.379	O.K
흉벽		800	100	638.141	1146	113.145	202.099	1.786	O.K
좌측날개벽	D(T=1000 mm)	1000	80	1698.21	6353.6	392.993	1414.864	3.600	O.K
	A(T=1000 mm)	1000	80	6055.94	6353.6	1351.958	1414.864	1.047	O.K
	B(T=1000 mm)	1000	80	3385.01	4242.8	749.323	932.385	1.244	O.K
	C(T=1000 mm)	1000	80	6181.94	8380.4	1340.502	1782.675	1.330	O.K
우측날개벽	A(T=620 mm)	620	80	2937.23	4053.6	388.281	527.371	1.358	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	2579.28	3096.8	342.693	408.448	1.192	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	3641.83	5139.2	476.612	658.147	1.381	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
전면저판		42.522	150	125	1481.57	O.K
후면저판		137.687	150	125	358.199	O.K
벽체 (H=11.200)		79.636	150	125	775.128	O.K
흉벽		107.518	150	250	506.185	O.K
좌측날개벽	D(T=1000 mm)	165.587	150	125	315.58	O.K
	A(T=1000 mm)	143.471	150	125	388.893	O.K
	B(T=1000 mm)	122.981	150	125	467.842	O.K
	C(T=1000 mm)	114.146	150	125	529.906	O.K
우측날개벽	A(T=620 mm)	112.25	150	125	532.81	O.K
	B(T=620 mm)	128.746	150	125	439.168	O.K
	C(T=620 mm)	110.368	150	125	549.771	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : 다주식 교각
2) 상 부 형 식 : PSC SPLICED GIRDER
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.15

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 8
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 25.954 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.312 ; TAN(⅔ · φ2) : 흙과 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 32000 MPa
기둥: 32000 MPa
기초: 29000 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 (2010)
2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
4) 도로설계 편람 (2008)
5) 도로설계 요령 (2009)
6) 강구조 편람 (1995)
7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

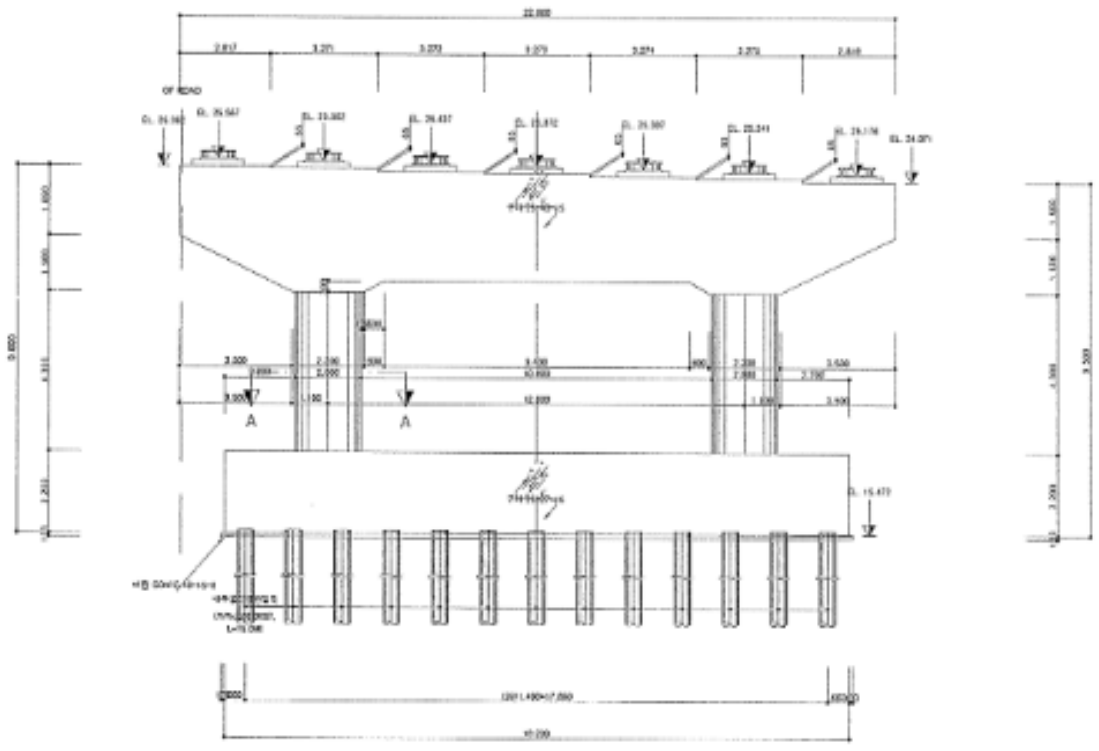
구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1380.330	804.247	O.K
		허용인발력(kN/EA)	582.315	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	74.952	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	0.598	O.K
		수평변위(mm)	15.000	0.600	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2070.495	1394.473	O.K
		허용인발력(kN/EA)	873.473	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	187.344	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	19.983	O.K
		수평변위(mm)	15.000	11.307	O.K
교축직각 방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1380.330	950.152	O.K
		허용인발력(kN/EA)	582.315	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	96.672	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	2.195	O.K
		수평변위(mm)	15.000	2.204	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	2070.495	967.031	O.K
		허용인발력(kN/EA)	873.473	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	182.055	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	20.067	O.K
		수평변위(mm)	15.000	11.355	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.009	31096.121	61045.129	1.963	O.K
	모멘트최대	0.009	25235.184	61045.129	2.419	O.K
	탄성설계	0.009	19411.680	22721.416	1.171	O.K
	편심최대	0.009	17470.512	61045.129	3.494	O.K
교축직각방향	축력최대	0.009	31096.121	61045.129	1.963	O.K
	모멘트최대	0.009	22971.326	52578.138	2.289	O.K
	탄성설계	0.009	19411.680	54163.182	2.790	O.K
	편심최대	0.009	17147.822	42571.702	2.483	O.K
합성부재력	축력최대	0.009	31096.121	61045.129	1.963	O.K
	모멘트최대	0.009	23898.848	61045.129	2.554	O.K
	탄성설계	0.009	19411.680	93915.583	4.838	O.K
	편심최대	0.009	16236.971	61045.129	3.760	O.K
	모멘트최대	0.009	22971.326	52376.320	2.280	O.K
	편심최대	0.009	17147.822	42352.412	2.470	O.K

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.009	33763.542	61045.129	1.808	O.K
	모멘트최대	0.009	27027.464	61045.129	2.259	O.K
	탄성설계	0.009	20790.357	25319.022	1.218	O.K
	편심최대	0.009	18711.321	61045.129	3.262	O.K
교축직각방향	축력최대	0.009	33763.542	61045.129	1.808	O.K
	모멘트최대	0.009	28363.670	60089.496	2.119	O.K
	탄성설계	0.009	20790.357	41225.709	1.983	O.K
	편심최대	0.009	19944.743	58059.295	2.911	O.K
합성부재력	축력최대	0.009	33763.542	61045.129	1.808	O.K
	모멘트최대	0.009	28363.670	59887.536	2.111	O.K
	탄성설계	0.009	20790.357	93915.583	4.517	O.K
	편심최대	0.009	19944.743	57755.392	2.896	O.K

4. 단 면 가 정



▣ 단면 설계

단면위치		깊이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	2999.6	100.0	33054.964	36533.200	-	-	1.333	O.K
	우측내민보	2999.6	100.0	33054.964	36533.200	-	-	1.139	O.K
	좌측내민보수	2900.0	100.0	2922.324	7027.800	2776.358	6657.534	2.398	O.K
	우측내민보수	2900.0	100.0	2972.109	7027.800	2823.558	6657.534	2.358	O.K
	내부지간1좌	3325.0	425.4	23051.136	36533.200	21966.697	34474.813	1.569	O.K
	내부지간1중	2894.9	100.0	35963.649	42613.600	32409.500	38206.828	1.179	O.K
	내부지간1우	3064.7	165.1	26008.267	36533.200	24731.669	34474.813	1.394	O.K
	교량받침1	2396.1	100.0	177.211	36533.200	135.312	26979.522	199.387	O.K
	교량받침3	2959.9	100.0	9722.342	42613.600	9152.545	39149.516	4.277	O.K
	교량받침4	2894.9	100.0	25960.278	42613.600	23573.820	38206.828	1.621	O.K
	교량받침5	2829.8	100.0	9846.455	42613.600	8832.846	37263.909	4.219	O.K
	교량받침7	2005.7	100.0	173.866	36533.200	109.678	22129.828	201.770	O.K
기초	교축방향	2200.0	150.0	49057.953	77525.100	33821.991	53107.504	1.570	O.K
	교직-지점부	2200.0	150.0	15007.448	25841.700	10357.525	17707.258	1.710	O.K
	교직-중앙부	2200.0	100.0	75683.794	94689.300	49582.851	61213.622	1.235	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
두부보	좌측내민보	130.792	180.000	126.087	392.101	O.K
	우측내민보	156.241	180.000	126.087	294.027	O.K
	좌측내민보수평	145.720	180.000	199.971	330.419	O.K
	우측내민보수평	148.197	180.000	199.971	321.386	O.K
	내부지간1좌측지점부	148.810	180.000	126.087	319.199	O.K
	내부지간1중앙부	226.457	180.000	126.087	278.198	O.K
	내부지간1우측지점부	192.738	180.000	126.087	198.585	O.K
	교량받침1	1.373	180.000	126.087	45893.546	O.K
	교량받침3	64.664	180.000	126.087	974.272	O.K
	교량받침4	228.998	180.000	126.087	133.890	O.K
	교량받침5	116.534	180.000	126.087	465.767	O.K
	교량받침7	1.356	180.000	126.087	46446.662	O.K
기초	교축방향	127.835	180.000	125.490	272.280	O.K
	교직-지점부	152.225	180.000	127.451	173.578	O.K
	교직-중앙부	204.023	180.000	127.451	175.986	O.K

2. 설계대상 교량

2.1 설계조건

○ 교량 제원

(1) 구조형식

구 조 형 식					
상부형식	구조형식	Splice Girder	하부형식	교각형식	π형교각(Φ=2.0m)
	지간구성	45.20+56.18 = 101.38m		사용재료	콘크리트 f_{ck}=40 MPa
				기초형식	직접기초
	사용재료	콘크리트		사용재료	콘크리트 f_{ck}=27 MPa

(2) 내진등급과 설계지진 수준

내진등급		위험도계수	가속도계수	지반계수
I	0.11	1.4	구역계수 x 위험도계수 = 0.154g	II (내진:1.2,면진:1.5)

(3) 해석 방법

구 분	내진설계	면진설계
입력지진	지반계수에 맞는 응답스펙트럼	4개의 인공지진파
해석방법	다중모드 응답 스펙트럼 해석	시간이력 해석
	5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz Vector 해석법 사용	5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz Vector 해석법 사용
	질량참여율 90% 이상	질량참여율 90% 이상

(4) 적용 받침

구 분	내진설계
적용 받침	탄성받침(PAD)

2.2 참고문헌

① 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2010년)
② 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2007년)
③ 도로설계요령 (한국도로공사, 2009년)

6. 내진해석 결과

6.1 받침 부재력 해석결과

(단위 : kN)

교각	받침		용량	교축방향 해석시		교축직각방향 해석시	
				교축	교직	교축	교직
A1	1	PAD	2,000	188	83	68	174
	2	PAD	2,000	189	84	64	175
	3	PAD	2,000	190	85	60	176
	4	PAD	2,000	191	86	56	176
	5	PAD	2,000	192	88	52	177
	6	PAD	2,000	193	89	49	177
	7	PAD	2,000	194	90	46	177
P1	8	PAD	7,000	742	228	281	765
	9	PAD	7,000	747	231	263	762
	10	PAD	7,000	752	234	245	760
	11	PAD	7,000	757	238	229	758
	12	PAD	7,000	762	241	214	755
	13	PAD	7,000	767	244	200	752
	14	PAD	7,000	773	247	187	748
A2	15	PAD	2,800	250	67	90	293
	16	PAD	2,800	251	67	85	292
	17	PAD	2,800	253	66	80	290
	18	PAD	2,800	255	66	75	288
	19	PAD	2,800	256	65	70	286
	20	PAD	2,800	258	65	65	284
	21	PAD	2,800	259	64	61	281

7. 하부구조 내진해석 결과

7.1 교각하단 부재력

구 분			교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	16,945	7,210	2,703	938	7,484	9,433	1,040	2,768	
	우		17,117	7,328	2,775	979	7,022	9,291	843	2,729	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.2 교각하단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

구 분			하중경우 1				하중경우 2				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	19,190	10,040	3,015	1,768	12,568	11,596	1,851	3,049	
	우		19,224	10,115	3,027	1,797	12,158	11,490	1,675	3,023	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.3 교각상단 부재력

구 분			교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	5,652	6,240	2,699	929	5,886	3,278	1,032	2,760	
	우		5,452	6,160	2,771	970	6,157	3,384	832	2,722	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.4 교각상단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

구 분			하중경우 1				하중경우 2				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	7,418	7,224	3,008	1,757	7,582	5,150	1,841	3,039	
	우		7,299	7,175	3,020	1,786	7,793	5,232	1,664	3,013	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.5 기둥 상단 변위

(단위 : mm)

구 분			교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
교각		높이	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	5.5	2.7	2.7	2.5	
	우		5.5	2.7	2.6	2.5	

7.6 기둥 상단 변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

구 분			하중경우 1		하중경우 2		비 고
교각		높이	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	6.3	3.4	4.3	3.3	
	우		6.3	3.4	4.3	3.3	

7.7 상부변위

(단위 : mm)

구 분		교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
A1	-	89.6	41.7	21.0	82.7	
P1	4.30	90.2	27.9	21.1	79.7	
A2	-	89.8	22.5	21.2	98.4	

7.8 상부변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

구 분		하중경우 1		하중경우 2		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
A1	-	95.9	66.5	47.8	95.3	
P1	4.30	96.5	51.8	48.1	88.0	
A2	-	96.1	52.0	48.1	105.1	

2. 설계대상 교량

2.1 설계조건

○ 교량 제원

(1) 구조형식

구 조 형 식					
상부형식	구조형식	Splice Girder	하부형식	교각형식	π형교각(Φ=2.0m)
	지간구성	45.20+56.18 = 101.38m		사용재료	콘크리트 f_{ck}=40 MPa
				기초형식	직접기초
	사용재료	콘크리트		사용재료	콘크리트 f_{ck}=27 MPa

(2) 내진등급과 설계지진 수준

내진등급	위험도계수	가속도계수	지반계수
I	0.11	1.4	구역계수 x 위험도계수 = 0.154g	II (내진1.2,면진1.5)

(3) 해석 방법

구 분	내진설계	면진설계
입력지진	지반계수에 맞는 응답스펙트럼	4개의 인공지진파
해석방법	다중모드 응답 스펙트럼 해석	시간이력 해석
	5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz Vector 해석법 사용	5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz Vector 해석법 사용
	질량참여율 90% 이상	질량참여율 90% 이상

(4) 적용 받침

구 분	내진설계
적용 받침	탄성받침(PAD)

2.2 참고문헌

① 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2010년)
② 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2007년)
③ 도로설계요령 (한국도로공사, 2009년)

7. 하부구조 내진해석 결과

7.1 교각하단 부재력

구 분			교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	16,945	7,210	2,703	938	7,484	9,433	1,040	2,768	
	우		17,117	7,328	2,775	979	7,022	9,291	843	2,729	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.2 교각하단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

구 분			하중경우 1				하중경우 2				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	19,190	10,040	3,015	1,768	12,568	11,596	1,851	3,049	
	우		19,224	10,115	3,027	1,797	12,158	11,490	1,675	3,023	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.3 교각상단 부재력

구 분			교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	5,652	6,240	2,699	929	5,886	3,278	1,032	2,760	
	우		5,452	6,160	2,771	970	6,157	3,384	832	2,722	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.4 교각상단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

구 분			하중경우 1				하중경우 2				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	7,418	7,224	3,008	1,757	7,582	5,150	1,841	3,039	
	우		7,299	7,175	3,020	1,786	7,793	5,232	1,797	3,023	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.5 기둥 상단 변위

(단위 : mm)

구 분			교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
교각		높이	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	5.5	2.7	2.7	2.5	
	우		5.5	2.7	2.6	2.5	

7.6 기둥 상단 변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

구 분			하중경우 1		하중경우 2		비 고
교각		높이	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	4.30	6.3	3.4	4.3	3.3	
	우		6.3	3.4	4.3	3.3	

7.7 상부변위

(단위 : mm)

구 분		교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
A1	-	89.6	41.7	21.0	82.7	
P1	4.30	90.2	27.9	21.1	79.7	
A2	-	89.8	22.5	21.2	98.4	

7.8 상부변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

구 분		하중경우 1		하중경우 2		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
A1	-	95.9	66.5	47.8	95.3	
P1	4.30	96.5	51.8	48.1	88.0	
A2	-	96.1	52.0	48.1	105.1	

구분			교축				교축직각		
			전단력(kN)	모멘트(kN·m)	변위(m)		전단력(kN)	모멘트(kN·m)	변위(m)
P1	상단	하중경우 1	3,008	7,418	0.0063	기둥1	1,757	7,224	0.0034
		하중경우 2	1,841	7,582	0.0043	기둥1	3,039	5,150	0.0033
	하단	하중경우 1	3,015	19,190		기둥1	1,768	10,040	
		하중경우 2	1,851	12,568		기둥1	3,049	11,596	
	상단	하중경우 1	3,020	7,299		기둥2	1,786	7,175	
		하중경우 2	1,664	7,793		기둥2	3,013	5,232	
	하단	하중경우 1	3,027	19,224		기둥2	1,797	10,115	
		하중경우 2	1,675	12,158		기둥2	3,023	11,480	

12.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 12.2.1】 서문10교(문산방향) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	서문10교(문산방향)의 주요 손상현황으로는 방호벽 접속부 파손, 신축이음 후타재 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기 건조수축 및 시공미흡에 의한 것으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	서문10교(문산방향)의 주요 손상현황으로는 교면포장 접속도로 후타재 접속부 이격, 방호벽 접속부 파손, 신축이음 후타재 균열, 교대 신축이음 하부 누수, 체수, 폐콘크리트 퇴적 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기 건조수축 및 시공미흡에 의한 것으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	방호벽 접속부 파손 교면포장 접속도로 후타재 접속부 이격 신축이음 후타재 균열(cw=0.3㎜미만),신축이음 하부 누수 교대 체수, 폐콘크리트 퇴적	양호

12.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

12.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

12.2.5 시설물 보수 이력

【표 12.2.2】 서문10교(문산방향) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

12.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 12.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y		
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

12.3 현장조사

12.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



연단거리 측정



비파괴시험

【사진 12.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

12.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문10교(문산방향)는 총 2경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=101.0m 폭 19.3m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 11.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 재료분리, 거푸집 미제거가 조사되었다.

【표 11.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	재료분리 (㎡/개소)		거푸집 미제거 (개소)	
S1	-	-	-	-
S2	0.25	1	3.00	3
합계	0.25	1	3.00	3

	
S2(A2) 재료분리(0.5×0.5)	S2(A2) 거푸집 미제거
	
S2(A2) 거푸집 미제거	바닥판 하면 상태양호

【사진 11.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판 하면은 전반적으로 양호한 상태이나 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 S2(A2) 재료분리, 거푸집 미제거가 조사되었으며, 구조물의 내구성 확보 등을 위해 단면보수, 정비를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 PSC Spliced 거더 형식으로 시공되어 있으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다.



거더 전경



거더 전경

【사진 11.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 11.3.2】 거더 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
합계	-	-

	
거더 상태양호	거더 상태양호

【사진 11.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통하여 추가 손상의 발생여부 확인에 대한 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 전경	가로보 전경

【사진 11.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보에 대한 현장조사 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 국부적인 재료분리가 조사되었다.

【표 11.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분	재료분리 (㎡/개소)	
S1	0.45	1
S2	1.50	2
합계	1.95	3

	
S1-G6~7 재료분리(0.3×1.5)	S1-G6~7 재료분리(0.3×1.5)
	
S2-G1~2 재료분리(2.0×0.5)	가로보 전경

【사진 11.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 국부적인 재료분리가 조사된 상태이며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 서문10교(문산방향) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

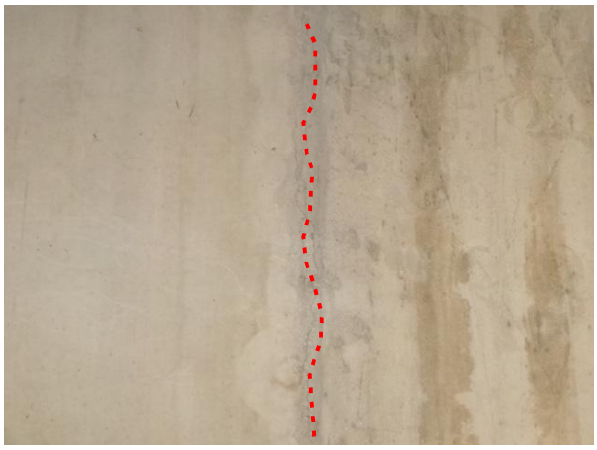
【사진 11.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 균열(0.3㎜미만, 이상), 체수, 폐콘크리트 퇴적 등의 손상이 국부적으로 조사되었다.

【표 11.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)		체수 (㎡/개소)		폐콘크리트 퇴적 (㎡/개소)	
A1	-	-	2.00	1	1.00	1	3.00	3
A2	2.00	1	4.00	2	-	-	28.50	1
합계	2.00	1	6.00	3	1.00	1	31.50	4

	
A1 구체 체수(1.0×1.0)	A1 구체 폐콘크리트 퇴적(1.0×2.0)
	
A1 흉벽 균열(Cw=0.3㎜이상)	A2 흉벽 균열(Cw=0.3㎜이상)

【사진 11.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 시공시 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 신축이음부 우수유입 등에 의한 균열, 체수, 폐콘크리트 퇴적이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 및 미관 확보 차원의 표면처리, 주입보수, 정비 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통하여 손상의 추가 및 진전여부에 대한 주의관찰이 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 서문10교(문산방향)의 교각은 π형, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어 있다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
교각 전경(P1)	교각 전경(P1)

【사진 11.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 기둥부는 양호한 상태로 조사되었으나 코핑부 망상균열이 조사되었다.

【표 11.3.5】 교각 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)	
P1	44.00	1
합계	44.00	1

	
P1 코핑부 망상균열(22.0×2.0)	P1 코핑부 망상균열(22.0×2.0)

【사진 11.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

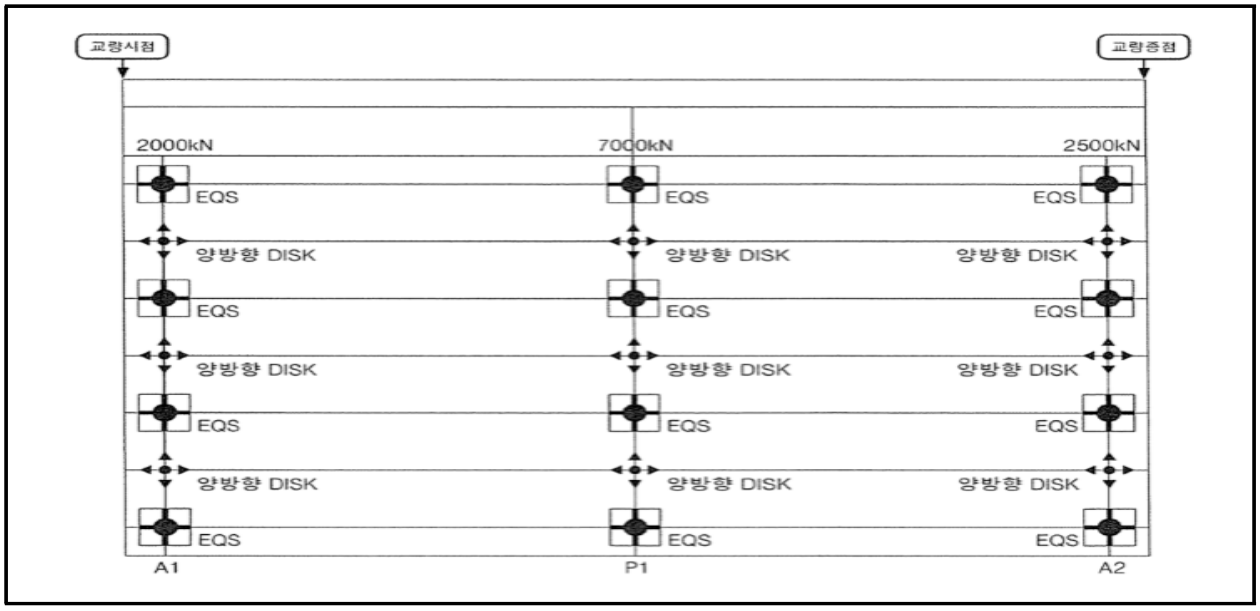
4) 검토의견

- 교각에 시공시 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 망상균열이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 서문10교(문산방향)의 받침은 면진받침 및 포트받침으로 총 21기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 11.3.1】 교량받침 배치도



면진받침 전경	면진받침 전경	포트받침 전경

【사진 11.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침에 대한 현장조사 결과 받침몰탈 균열이 국부적으로 조사되었다.

【표 11.3.6】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 균열 (m/개소)	
A1	0.20	2
P1	-	-
A2	-	-
합계	0.20	2



A1-Sh7 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)



A1-Sh7 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)



P1-Sh1 상태 양호



A1-Sh4 상태 양호

【사진 11.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

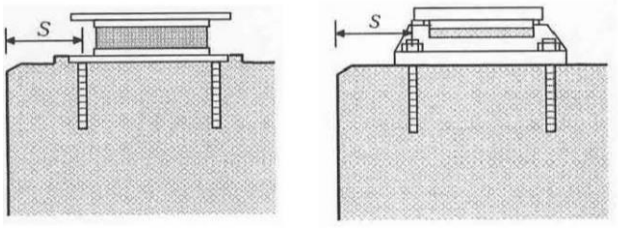
4) 검토의견

■ 교량받침에서 발생된 받침몰탈 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 구조물의 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 연단거리 검토

■ 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.

■ 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 11.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 11.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=45.0m) : 200+5×45.0 = 425(㎜)
- 거더 경간길이(L=56.0m) : 200+5×56.0 = 480(㎜)

【표 11.3.7】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)							검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	Sh7	
A1		425	640	650	640	640	620	640	650	O.K
P1	A1측	425	1090	1080	1100	1100	1090	1090	1090	O.K
	A2측	480	1090	1100	1090	1090	1100	1100	1100	O.K
A2		480	650	660	650	660	650	660	650	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 11.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 11.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	39.8	10.2	0.00001	50.5	20.1	5.2	
P1	39.8	10.2	0.00001	5.5	2.2	0.6	
A2	39.8	10.2	0.00001	50.5	20.1	5.2	

1) 조사당시 온도 : 24.8℃(조사일 : 2022년 08월 24일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방)
* 준공도면상 P1이 고정단으로 되어있으나, 현장조사시 가동단으로 확인되었으며, 이에 고정단을 교량의 중앙부(시점에서 50.5m)로 설정하여 계산에 임하였음

【표 11.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용 변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	20(A2)	30	70	20.1	5.2	±50	O.K
	SH2	20(A2)	30	70			±50	O.K
	SH3	20(A2)	30	70			±50	O.K
	SH4	20(A2)	30	70			±50	O.K
	SH5	20(A2)	30	70			±50	O.K
	SH6	20(A2)	30	70			±50	O.K
	SH7	20(A2)	30	70			±50	O.K
P1	SH1	10(A2)	40	60	2.2	0.6	±50	O.K
	SH2	10(A2)	40	60			±50	O.K
	SH3	10(A2)	40	60			±50	O.K
	SH4	10(A2)	40	60			±50	O.K
	SH5	10(A2)	40	60			±50	O.K
	SH6	10(A2)	40	60			±50	O.K
	SH7	10(A2)	40	60			±50	O.K
A2	SH1	5(A2)	55	45	20.1	5.2	±50	O.K
	SH2	5(A2)	55	45			±50	O.K
	SH3	5(A2)	55	45			±50	O.K
	SH4	5(A2)	55	45			±50	O.K
	SH5	5(A2)	55	45			±50	O.K
	SH6	5(A2)	55	45			±50	O.K
	SH7	5(A2)	55	45			±50	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 모두 뉴모노셀 조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

【사진 11.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 하부 누수, 후타재 균열이 조사되었다.

【표 11.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	하부 누수 (m/개소)		후타재 균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
A1 (EXP J1)	3.00	3	4.00	10
A2 (EXP J2)	2.00	2	12.50	25
합계	5.00	5	16.50	35

	
A1 하부 누수(L=1.0m ×3EA)	A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
A2 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	A2 하부 누수(L=1.0m ×2EA)

【사진 11.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 하부 누수, 후타재 균열은 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10^{-5}, α(콘크리트): 1.0×10^{-5}
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 19. 기온 적용: 10.5℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃−10.5℃ = 24.5℃
△T(수축시) : −15.0℃−(10.5℃) = 25.5℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α (/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 11.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 11.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	25.5	24.5	0.00001	50.5	12.9	12.4	35	65	175	
A2	25.5	24.5	0.00001	50.5	12.9	12.4	34	60	205	
1) 조사당시 온도 : 10.5℃(조사일 : 2022년 10월 19일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방)										

【표 11.3.12】 신축이음 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	12.9	12.4	35	50	2.10	22.60	O.K
	바닥판			65	-	-	52.6	O.K
	거더			175	-	-	162.6	O.K
A2	신축이음	12.9	12.4	34	60	13.10	21.60	O.K
	바닥판			60	-	-	47.6	O.K
	거더			205	-	-	192.6	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

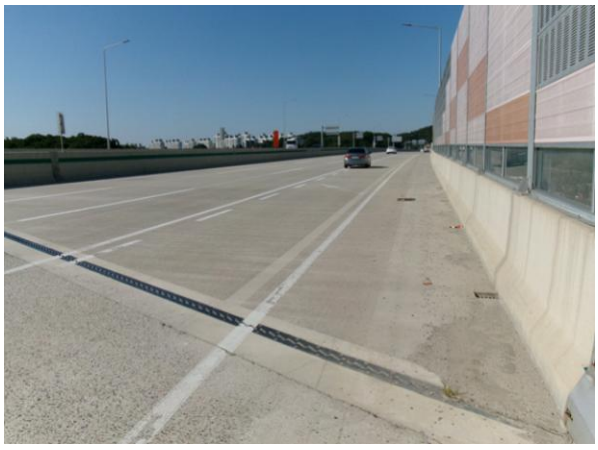
6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 서문10교(문산방향)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.

	
교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

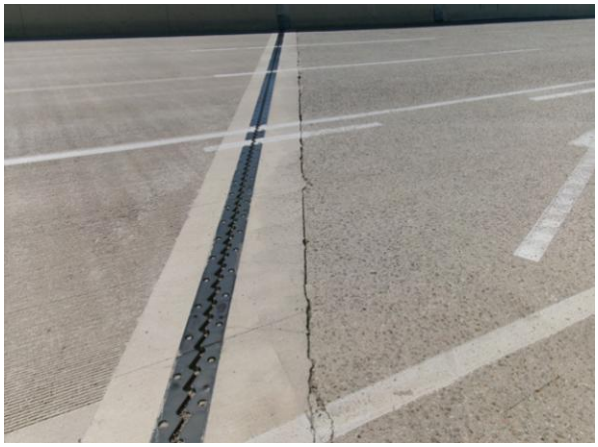
【사진 11.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장의 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 접속도로 접속부 이격이 조사되었다.

【표 11.3.13】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속부 이격 (m/개소)	
S1	15.00	1
S2	15.00	1
합계	30.00	2

	
S1 접속부 이격(L=15.0m, T=1.0cm)	S1 접속부 이격(L=15.0m, T=1.0cm)
	
S2 접속부 이격(L=15.0m, T=0.5cm)	교면포장 본선 상태 양호

【사진 11.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 접속부에 발생한 이격은 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 실링재 충전 등의 보수대책을 수립 및 지속적인 주의관찰이 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문10교(문산방향)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 11.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 11.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호
S1	-
S2	-
합계	-

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 11.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수시설은 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽 전경



중앙분리대 전경

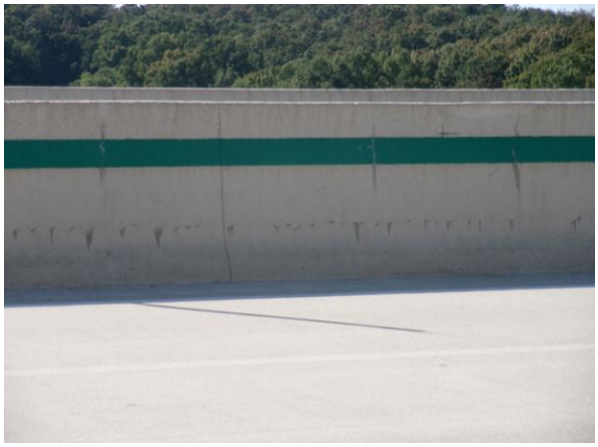
【사진 11.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 균열(0.3㎜미만), 들뜸, 접속부 파손이 조사되었다.

【표 11.3.15】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		들뜸 (㎡/개소)		접속부 파손 (㎡/개소)	
S1	24.00	16	0.15	1	0.25	1
S2	35.00	1	-	-	-	-
합계	59.00	17	0.15	1	0.25	1

	
S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	S1 방호벽 들뜸(0.5×0.3)
	
S2 중분대 균열(Cw=0.3㎜미만)	S2 중분대 접속부 파손(0.5×0.5)

【사진 11.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열, 들뜸, 접속부 파손은 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 서문10교(문산방향)의 점검로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1, A2에 강재+알루미늄 재질의 점검로가 설치되어 있다.

	
점검계단 전경	점검로 전경

【사진 11.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 설치된 점검로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 점검계단 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적으로 양호한 상태로 확인되었으나 A2 점검로 폐콘크리트 퇴적이 확인되었다.

【표 11.3.16】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	점검로 폐콘크리트 퇴적 (㎥/개소)	
A1	-	-
A2	9.50	1
합계	9.50	1

	
점검로 폐콘크리트 퇴적(19.0×0.5)	점검로 폐콘크리트 퇴적(19.0×0.5)

【사진 11.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 전반적으로 양호한 상태로 확인되었으나 시공미흡에 의한 A2 점검로 폐콘크리트 퇴적이 조사되었으며, 정비를 통한 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12.3.3 현장조사 총괄표

【표 11.3.17】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	재료분리	㎡	0.25	1	
	거푸집 미제거	EA	3.00	3	
거더외부	상태양호	-	-	-	
가로보	재료분리	㎡	1.95	3	
교대	균열(0.3㎜미만)	m	2.00	1	
	균열(0.3㎜이상)	m	6.00	3	
	체수	㎡	1.00	1	
	폐콘크리트 퇴적	㎡	31.50	4	
교각	망상균열	㎡	44.00	1	
교량받침	받침몰탈 균열	m	0.20	1	
신축이음	하부 누수	m	5.00	5	
	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	16.50	35	
교면포장	접속부 이격	m	30.00	2	
배수시설	상태양호	-	-	-	
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	59.00	17	
	들뜸	㎡	0.15	1	
	접속부 파손	㎡	0.25	1	
점검시설	점검로 폐콘크리트 퇴적	㎡	9.50	1	

12.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

12.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

12.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 11.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	3	3	3	3	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		2	1	2	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 고소차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 시험을 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



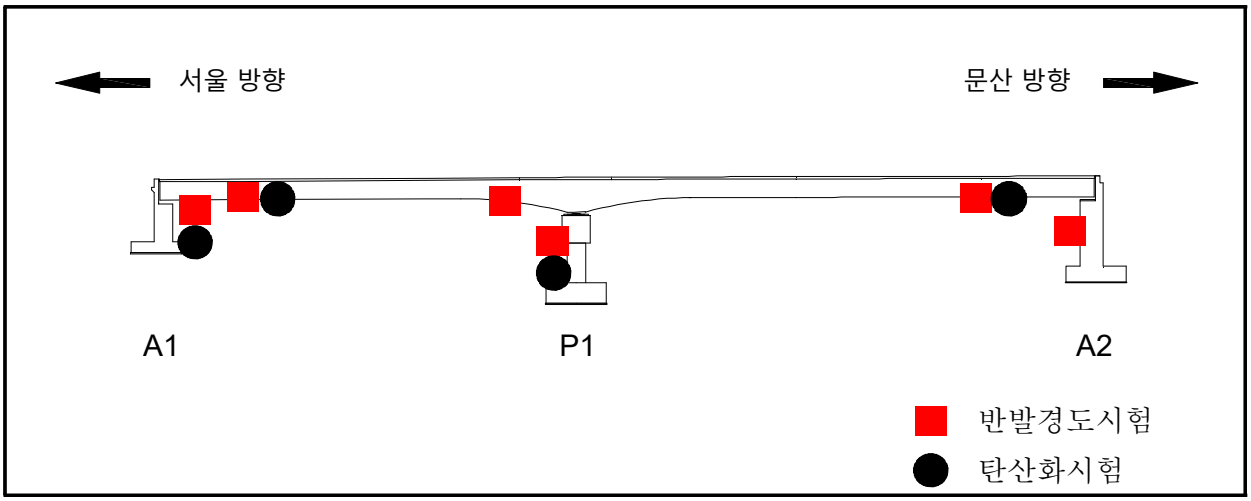
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 11.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 11.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

12.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(각 3개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 11.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1(A1)	바닥판	46.3	27.3	28.8	0.67	27.0	
	S1(P1)	바닥판	46.4	27.4	28.8			
	S2	바닥판	46.3	27.3	28.7			

【표 11.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	구체	43.7	25.1	27.5	0.67	24.0	
	A2	구체	43.3	24.8	27.3			

【표 11.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	코핑부	49.1	41.5	49.7	0.67	40.0	

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.8㎫, 하부구조 교대 24.8~27.5㎫, 교각 41.5~49.7㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 11.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.3~28.8	27.0	101.1~106.6
하부구조	교대	24.8~27.5	24.0	103.3~114.6
	교각	41.5~49.7	40.0	103.9~124.3

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 11.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판하면	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
	S2 바닥판하면	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
하부구조	A1 구체	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	P1 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 11.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	2.0	38.0	
하부구조	2.0~3.0	97.0~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 11.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.8	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.8~27.5	24.0	
		교각	41.5~49.7	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

12.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

12.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 11.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	Spliced	a	a	b	a	a	c	c	b	c	q	a	a
S2	P1	Spliced	b	a	b	a	a	b	–	a	b	q	a	a
	A2								c	a	c	q	–	–
평균			0.150	0.100	0.200	0.100	0.100	0.300	0.400	0.133	0.333	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.027	0.020	0.010	0.007	0.003	0.006	0.036	0.012	0.067	–	0.004	0.003
													0.195	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.195) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 11.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문10교(문산방향)	0.195	B	101	3	303	1.000	0.195
합계(∑)			101	3	303	1	0.195
1. 평가지수 =							0.195
2. 상태평가결과 =							B

12.5.2 기 점검 결과와의 비교

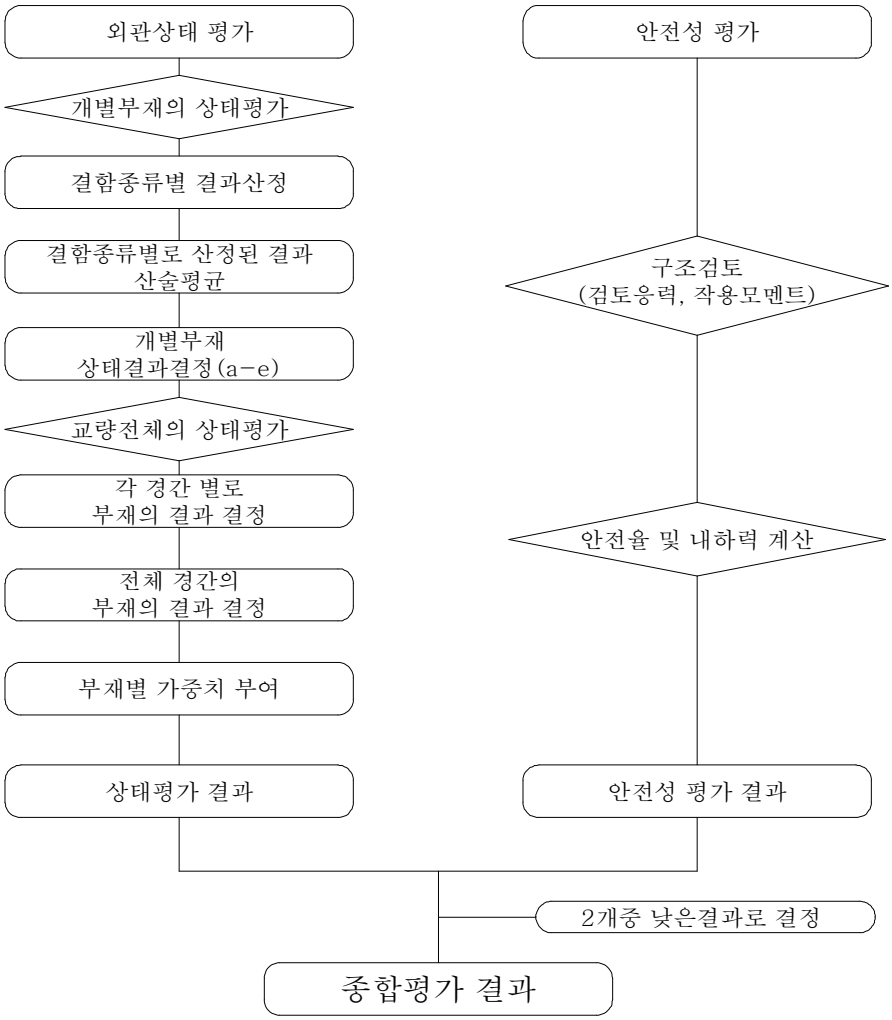
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

12.6 종합평가 및 안전등급 지정

12.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 11.6.1】 종합평가 결과 산정절차

12.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 11.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문10교(문산방향)	0.195	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

12.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 11.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

12.7 보수·보강 및 유지관리방안

12.7.1 보수·보강 방안

【표 11.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	재료분리	㎡	0.25	1	단면보수	하자
	거푸집 미제거	EA	3.00	3	정비	하자
거더외부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보	재료분리	㎡	1.95	3	단면보수	하자
교대	균열(0.3㎜미만)	m	2.00	1	표면처리	하자
	균열(0.3㎜이상)	m	6.00	3	주입보수	하자
	체수	㎡	1.00	1	정비	하자
	폐콘크리트 퇴적	㎡	31.50	4	정비	하자
교각	망상균열	㎡	44.00	1	표면처리	하자
교량받침	받침몰탈 균열	m	0.20	1	표면처리	하자
신축이음	하부 누수	m	5.00	5	정비(재설치)	하자
	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	16.50	35	표면처리	하자
교면포장	접속부 이격	m	30.00	2	실링재 충전	하자
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	59.00	17	표면처리	하자
	들뜸	㎡	0.15	1	단면보수	하자
	접속부 파손	㎡	0.25	1	단면보수	하자
점검시설	점검로 폐콘크리트 퇴적	㎡	9.50	1	정비	하자

12.7.2 개략공사비

【표 11.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	재료분리	단면보수	0.25	0.38	㎡	-	-	하자
	거푸집 미제거	정비	3	3	EA	-	-	하자
가로보	재료분리	단면보수	1.95	2.93	㎡	-	-	하자
교대	균열(0.3㎜미만)	표면처리	2.00	0.50	㎡	-	-	하자
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	6.00	9.00	m	-	-	하자
	체수	정비	1.00	1.50	㎡	-	-	하자
	폐콘크리트 퇴적	정비	31.50	47.25	㎡	-	-	하자
교각	망상균열	표면처리	44.00	66.00	㎡	-	-	하자
교량받침	받침몰탈 균열	표면처리	0.20	0.05	㎡	-	-	하자
신축이음	하부 누수	정비(재설치)	5.00	7.50	m	-	-	하자
	후타재 균열(0.3㎜미만)	표면처리	16.50	4.13	㎡	-	-	하자
교면포장	접속부 이격	실링재 충전	30.00	45.00	m	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	59.00	14.75	㎡	-	-	하자
	들뜸	단면보수	0.15	0.23	㎡	-	-	하자
	접속부 파손	단면보수	0.25	0.38	㎡	-	-	하자
점검시설	점검로 폐콘크리트 퇴적	정비	9.50	14.25	㎡	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

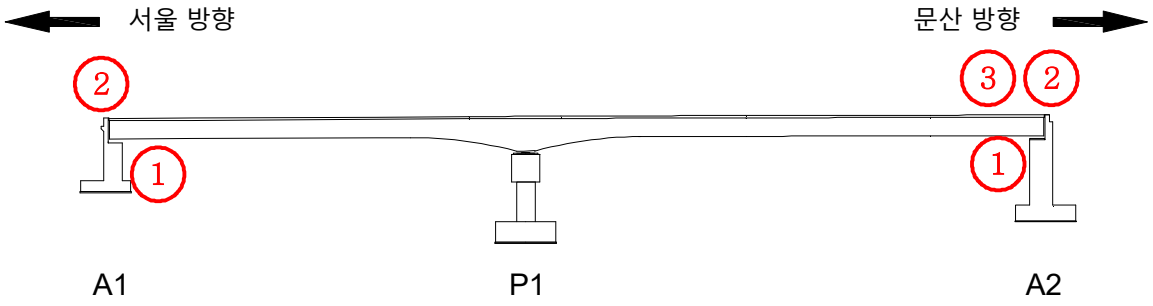
12.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 11.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>① 하부구조 균열(0.3㎜ 이상) – 진전 여부확인 (A1,A2)</td><td>② 신축이음 하부 누수 – 진전 여부확인 (A1,A2)</td><td>③ 중분대 파손 – 진전 여부확인 (A2)</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
</table>

12.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 흥도로415번길 61-214 (성사동)에 위치한 교량으로 총 연장 101.0m, 폭 19.5m의 Spliced Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

12.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면은 전반적으로 양호한 상태이나 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 S2(A2) 재료분리, 거푸집 미제거가 조사되었으며, 구조물의 내구성 확보 등을 위해 단면보수, 정비를 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- 거더는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통하여 추가 손상의 발생여부 확인에 대한 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보는 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 국부적인 재료분리가 조사된 상태이며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

4) 교대

- 교대에 시공시 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 신축이음부 우수유입 등에 의한 균열, 체수, 폐콘크리트 퇴적이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 및 미관 확보 차원의 표면처리, 주입보수, 정비 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통하여 손상의 추가 및 진전여부에 대한 주의관찰이 요구된다.

5) 교각

- 교각에 시공시 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 망상균열이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

6) 교량받침

- 교량받침에서 발생된 받침몰탈 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 구조물의 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 하부 누수, 후타재 균열은 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 접속부에 발생한 이격은 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 실링재 충전 등의 보수대책을 수립 및 지속적인 주의관찰이 요구된다.

9) 배수시설

- 배수시설은 현재 양호한 상태이며, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열, 들뜸, 접속부 파손은 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

11) 교량 점검시설

- 점검시설은 전반적으로 양호한 상태로 확인되었으나 시공미흡에 의한 A2 점검로 폐콘크리트 퇴적이 조사되었으며, 정비를 통한 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.8㎫, 하부구조 교대 24.8~27.5㎫, 교각 41.5~49.7㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 서문10교(문산방향)의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.195인 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문10교(문산방향)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

12.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

12.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

13. 서문11교

13.1 시설물 개요

13.2 자료수집 및 분석

13.3 현장조사

13.4 콘크리트 내구성조사

13.5 상태평가

13.6 종합평가 및 안전등급 지정

13.7 보수·보강 및 유지관리 방안

13.8 종합결론

13. 서문11교

13.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-19 (성사동)에 위치한 교량으로 총 연장 70.0m, 폭 32.0m로 시공되어 있다.

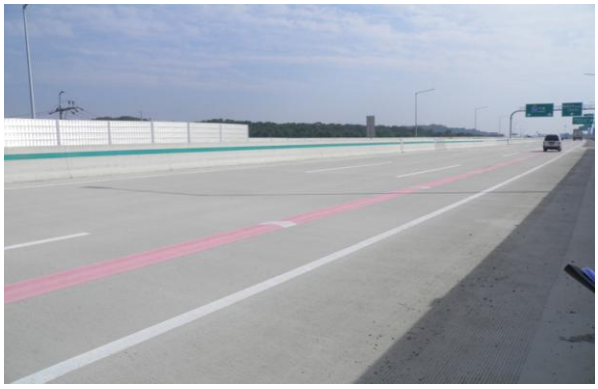
13.1.1 일반사항

【표 13.1.1】 서문11교 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000238	관리번호	-	
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-19 (성사동)	준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		-	노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=70.0m(문산방향 : 70m, 서울방향 55m)			
	폭	B=32.0m, 6차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형			
교량받침		포트받침	신축이음	뉴모노셀조인트	
교차시설물		-	통과높이	-	
부착시설내용		-	설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		지에스건설㈜	설 계 자	㈜다산컨설턴트	
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체	서울문산고속도로주식회사	

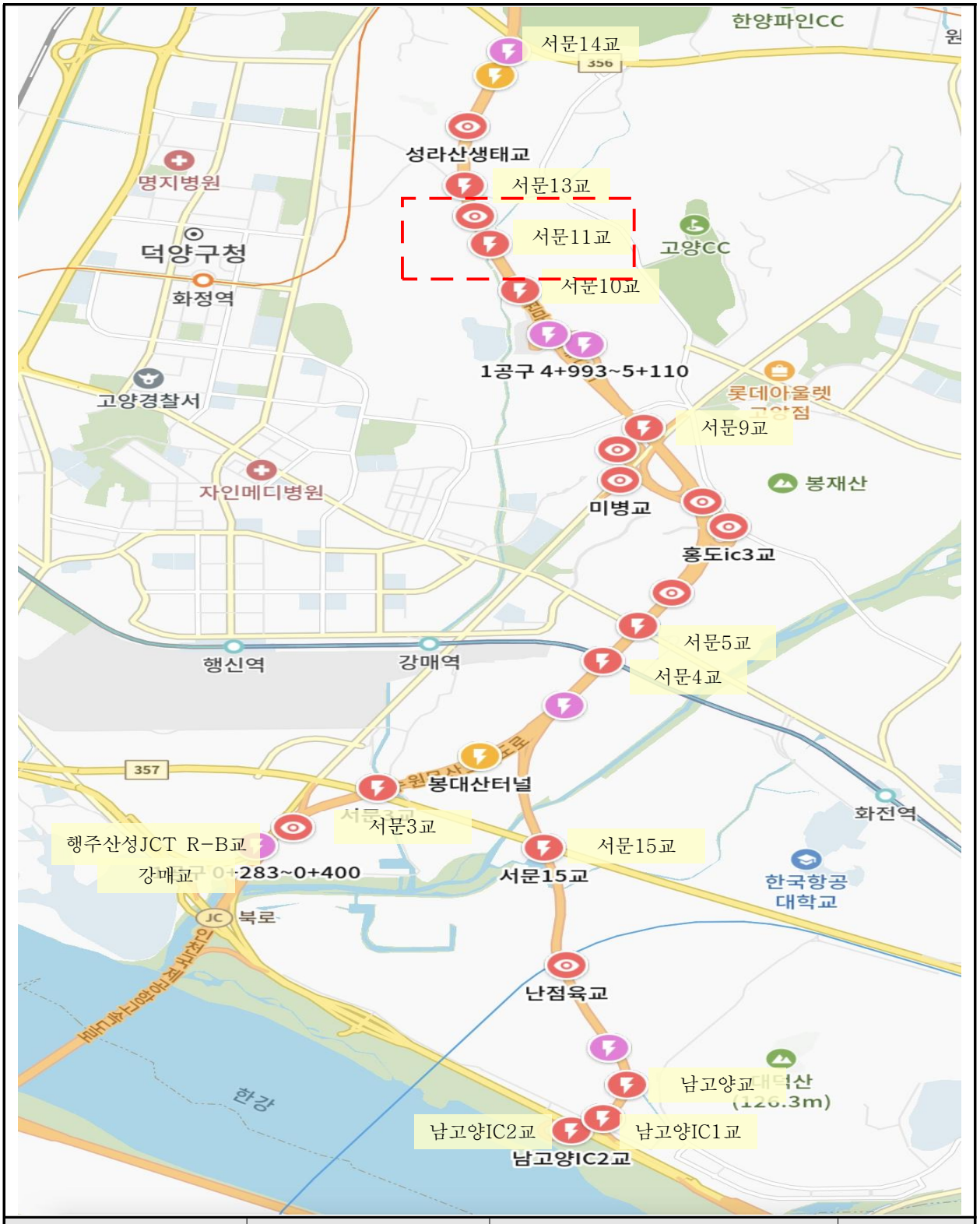


측면 전경



상부 전경

13.1.2 위치도 및 전경사진



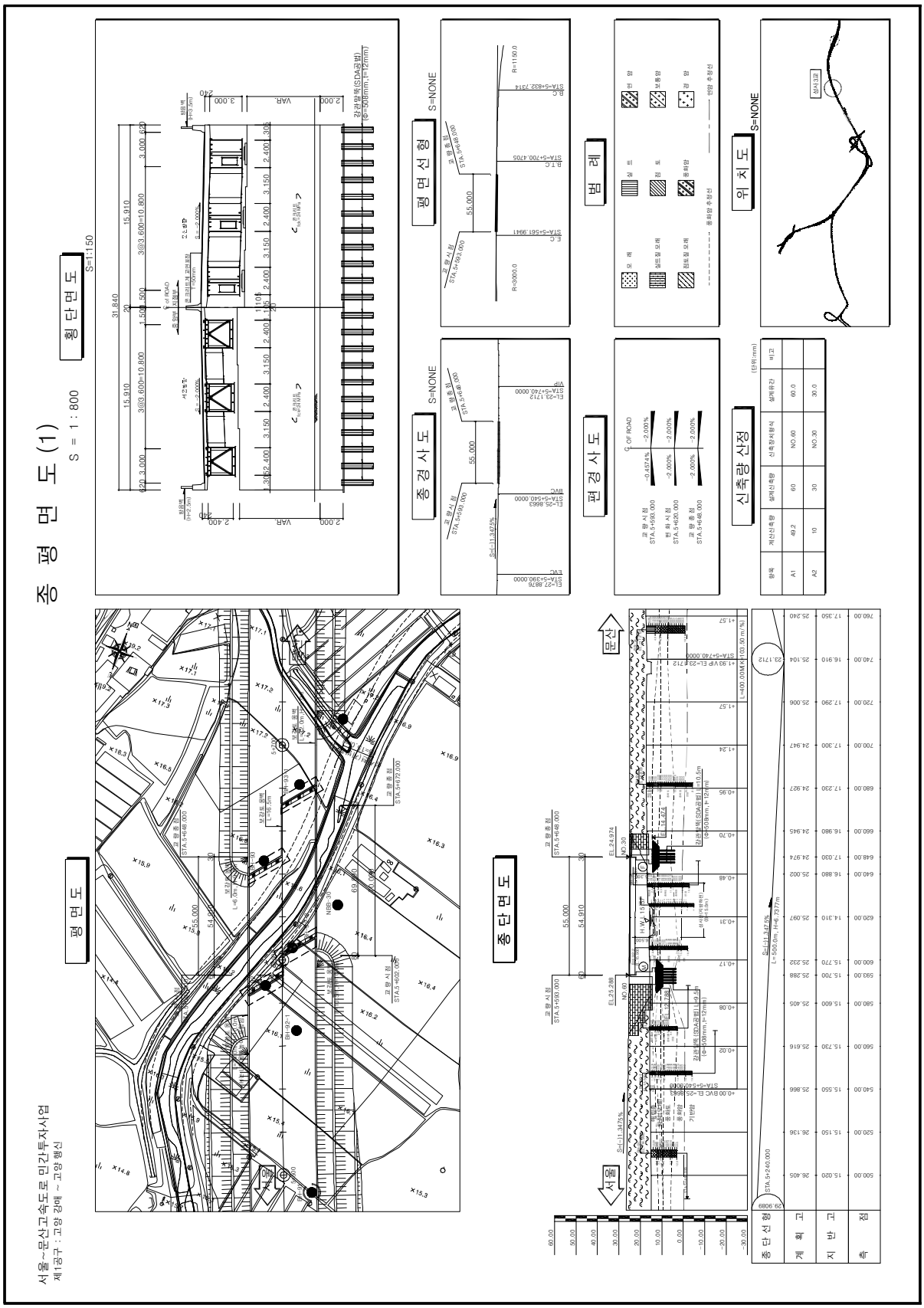
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 13.1.1】 위치도

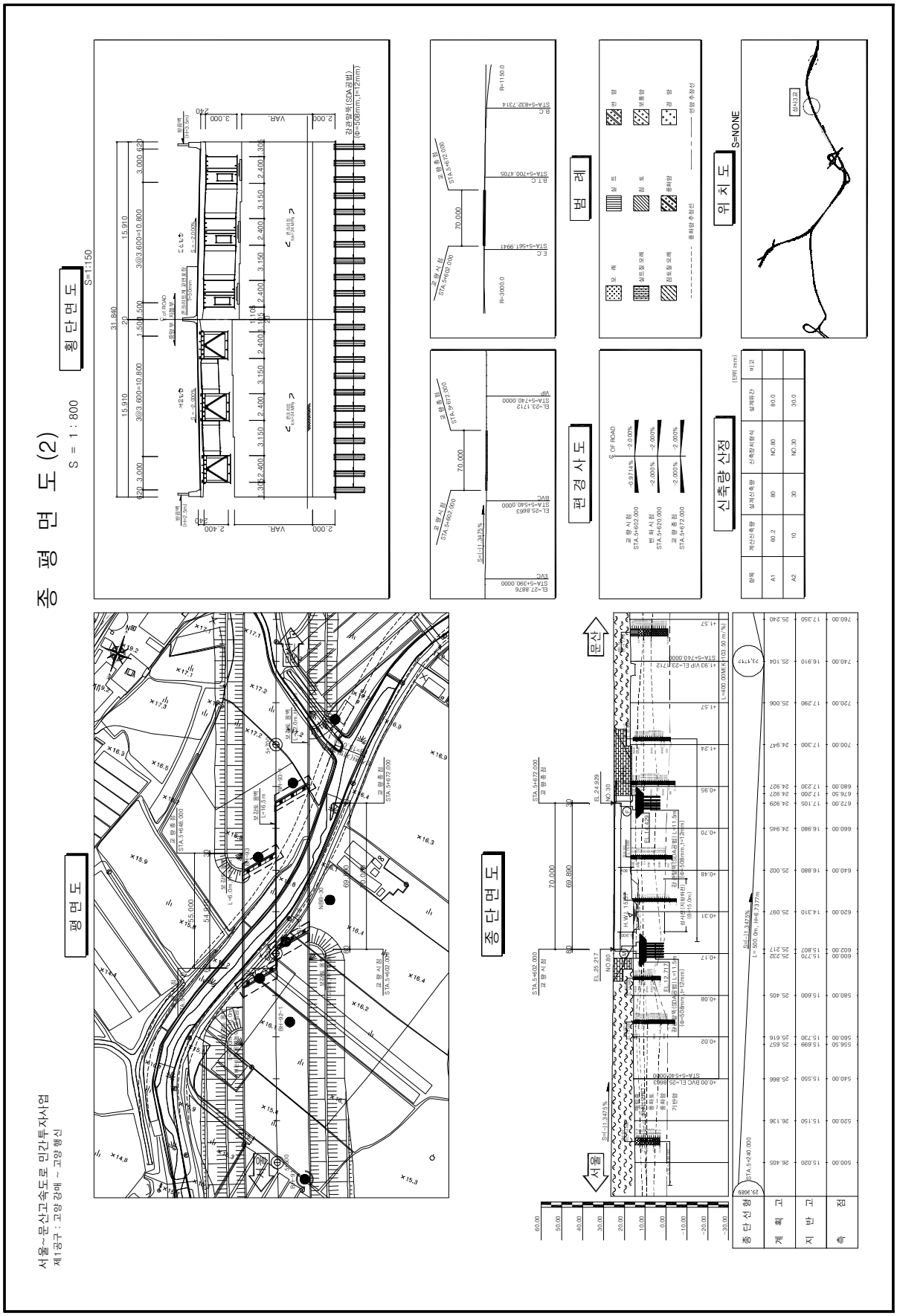
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수관 전경

【그림 13.1.2】 부재별 현황

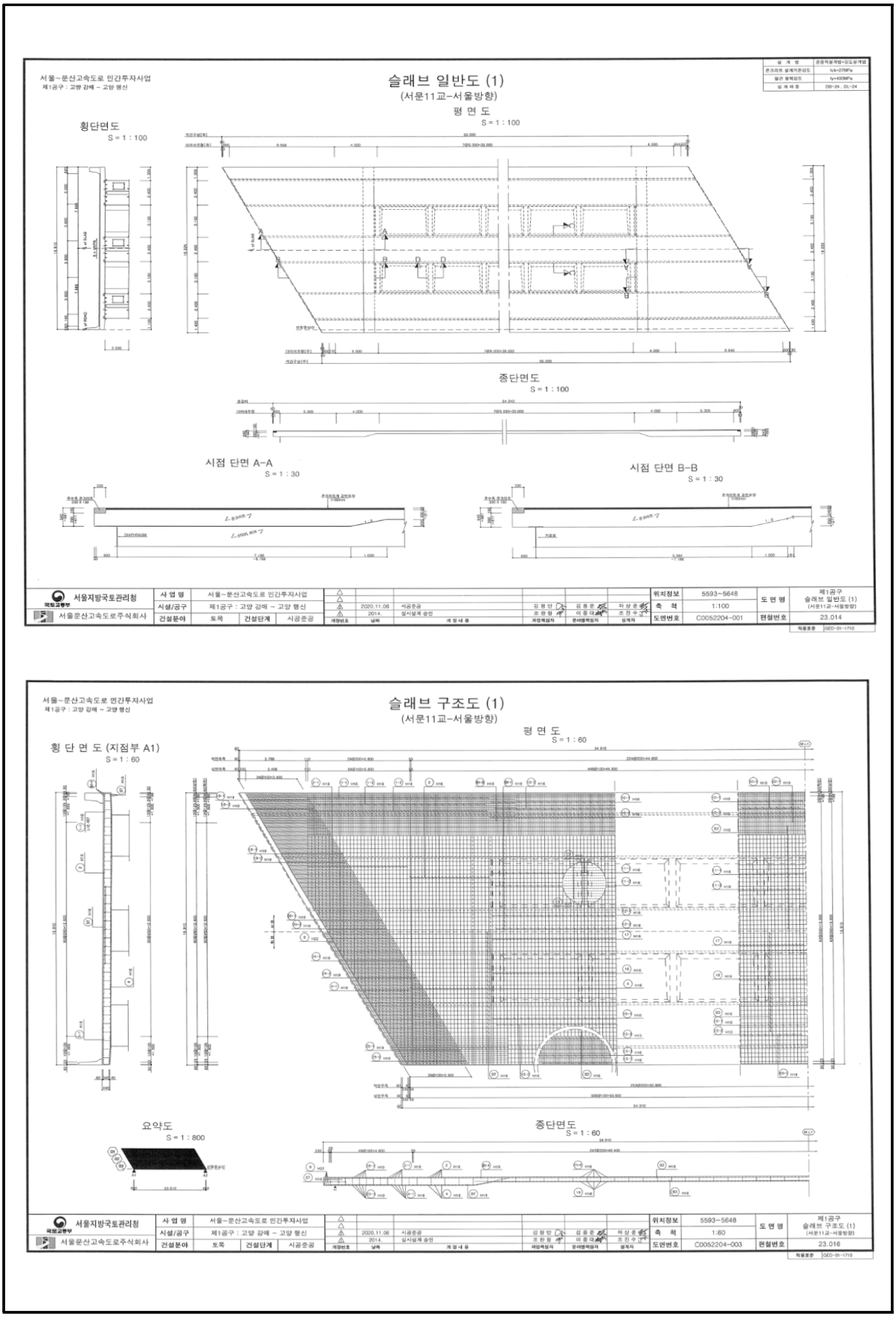
13.1.3 시설물 일반도



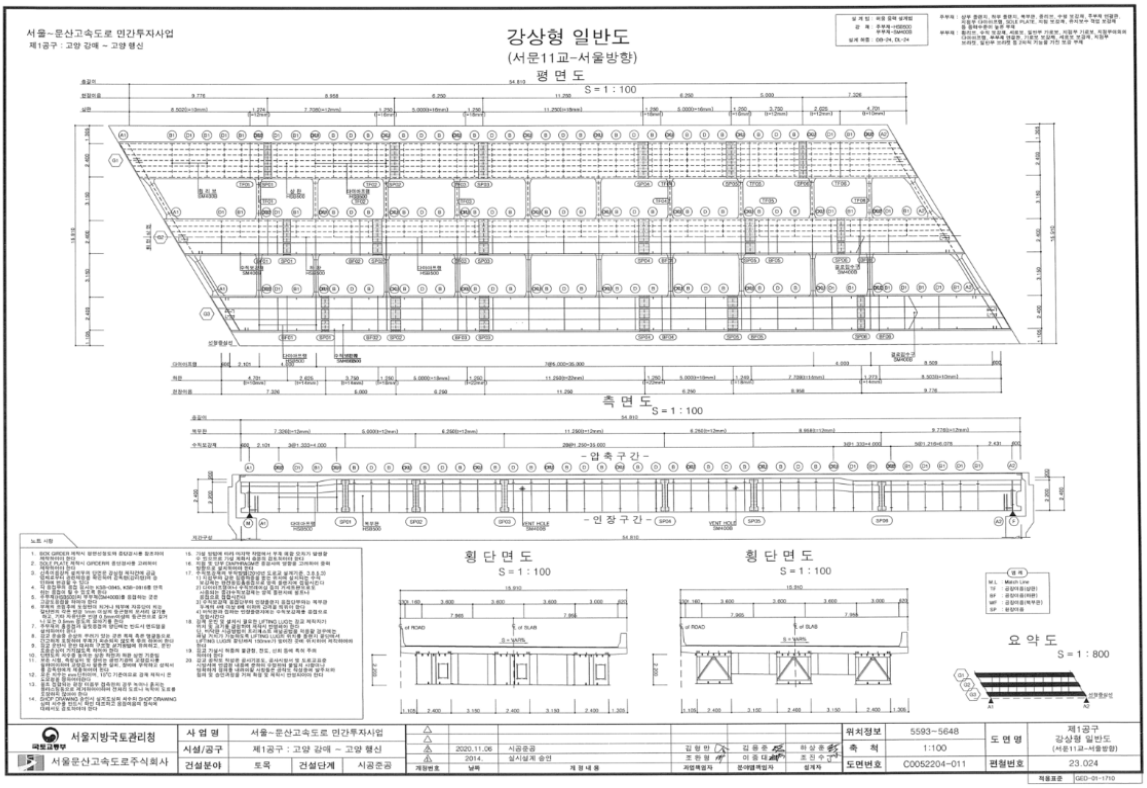
【그림 13.1.3】 평면 및 종단면도(서울방향)

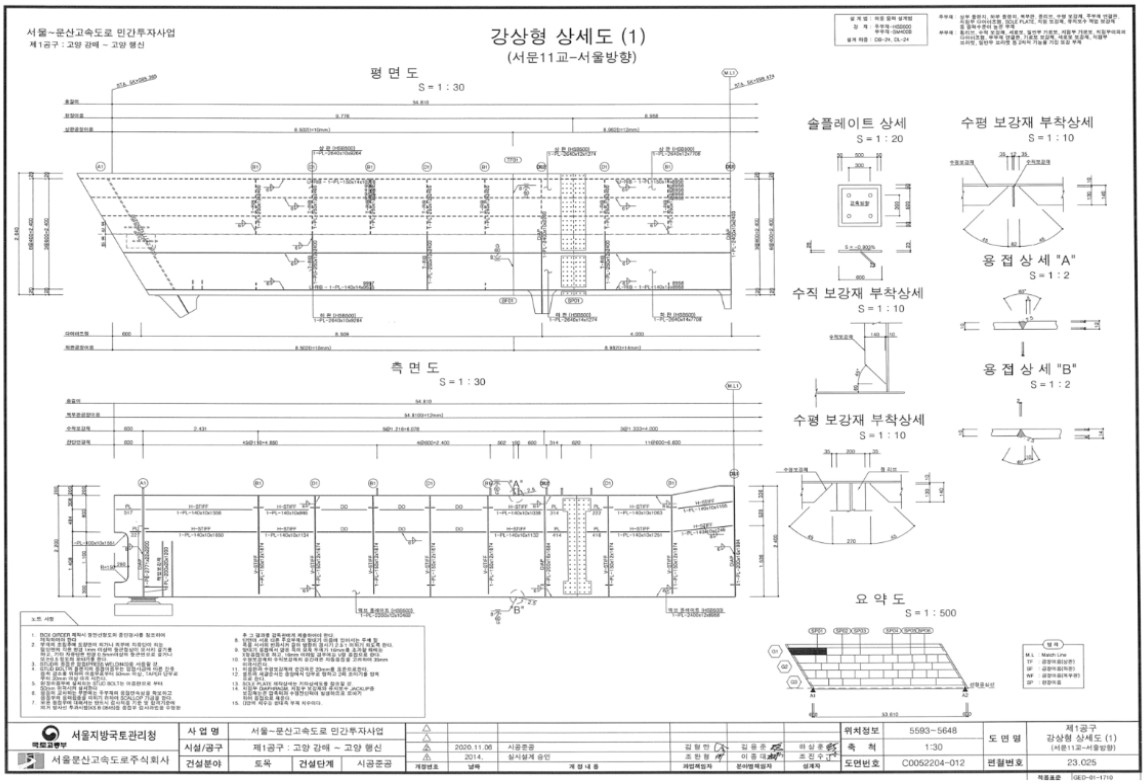


【그림 13.1.4】 평면 및 종단면도(문산방향)

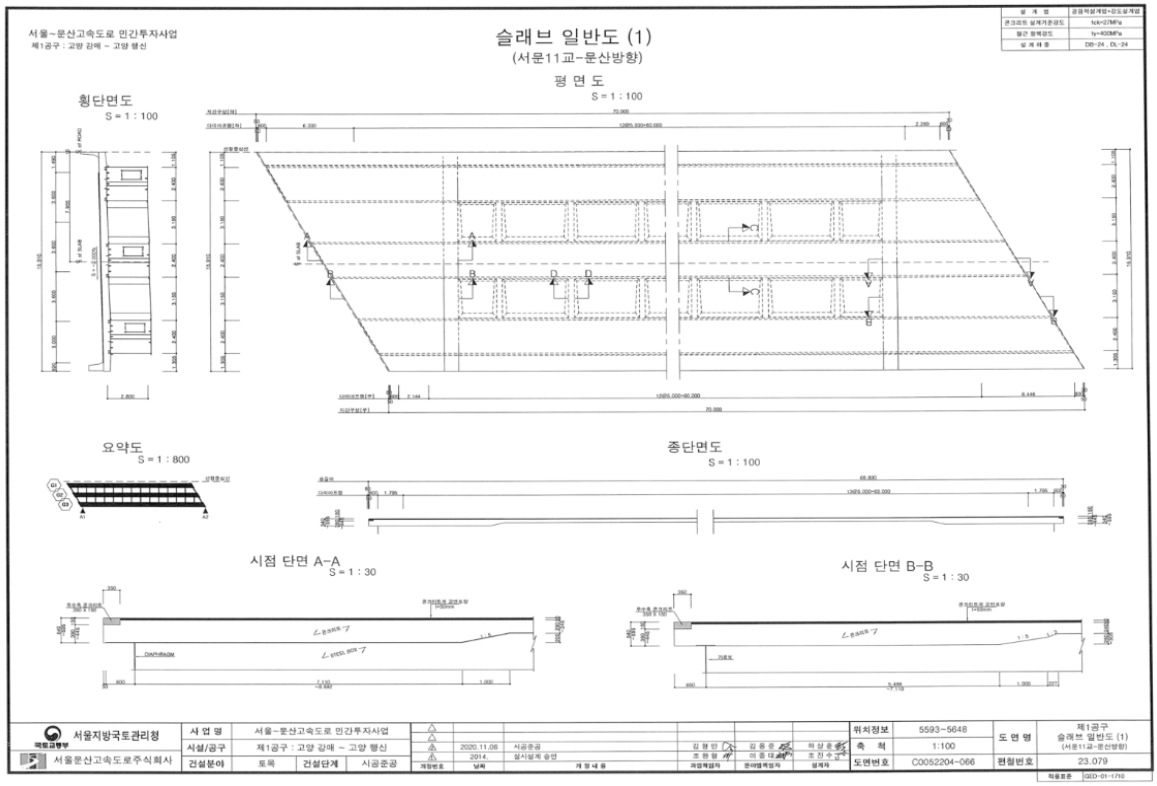


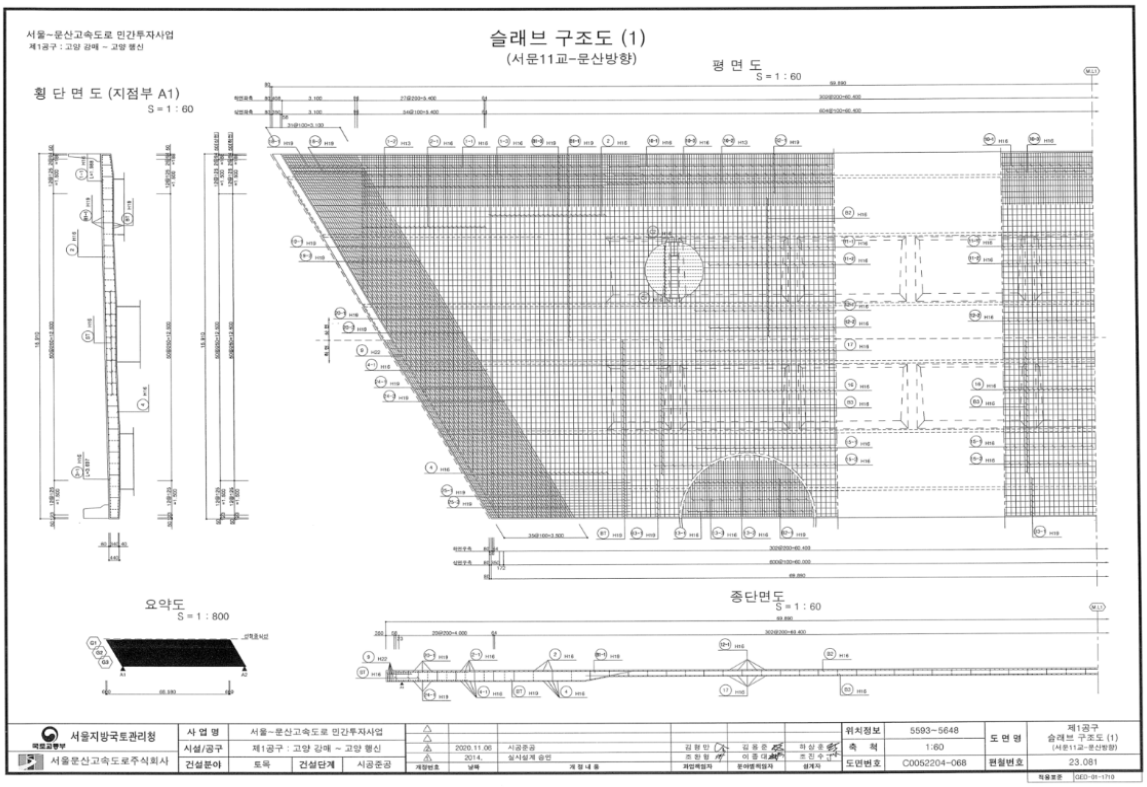
【그림 13.1.5】 바닥판하면 일반도 및 상세도(서울방향)



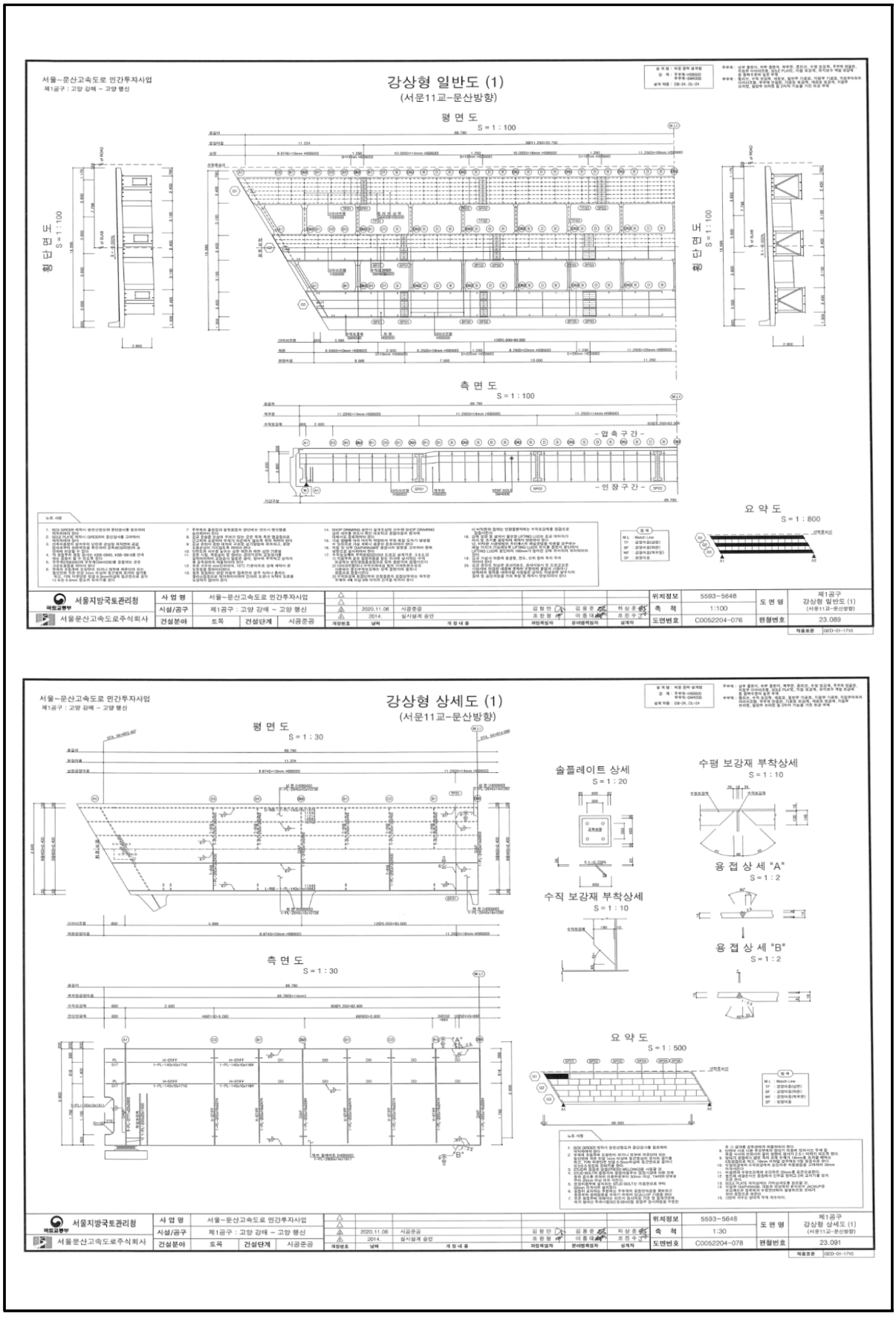


【그림 13.1.6】 강상형 일반도 및 상세도(서울방향)

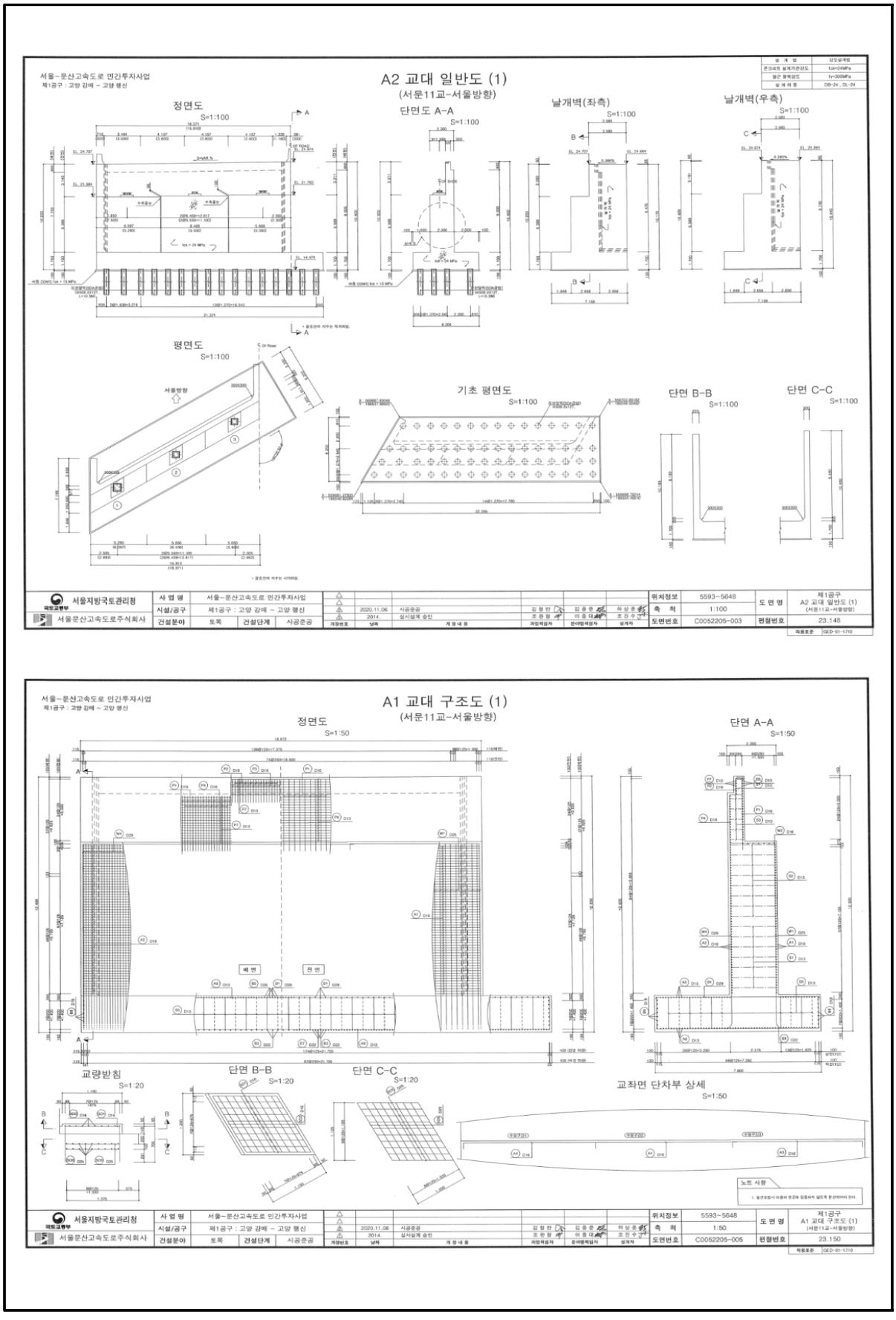




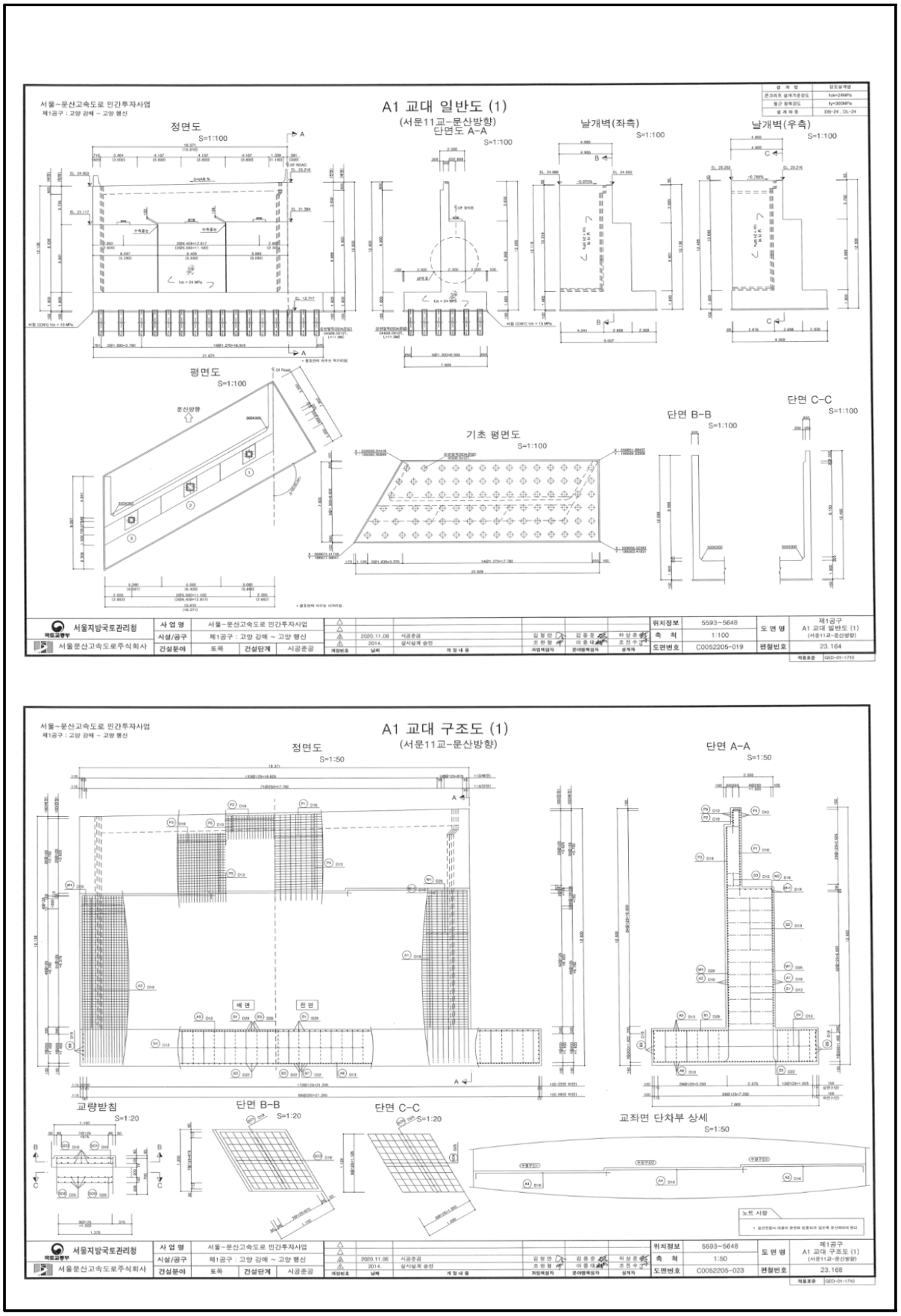
【그림 13.1.7】 바닥판하면 일반도 및 상세도(문산방향)



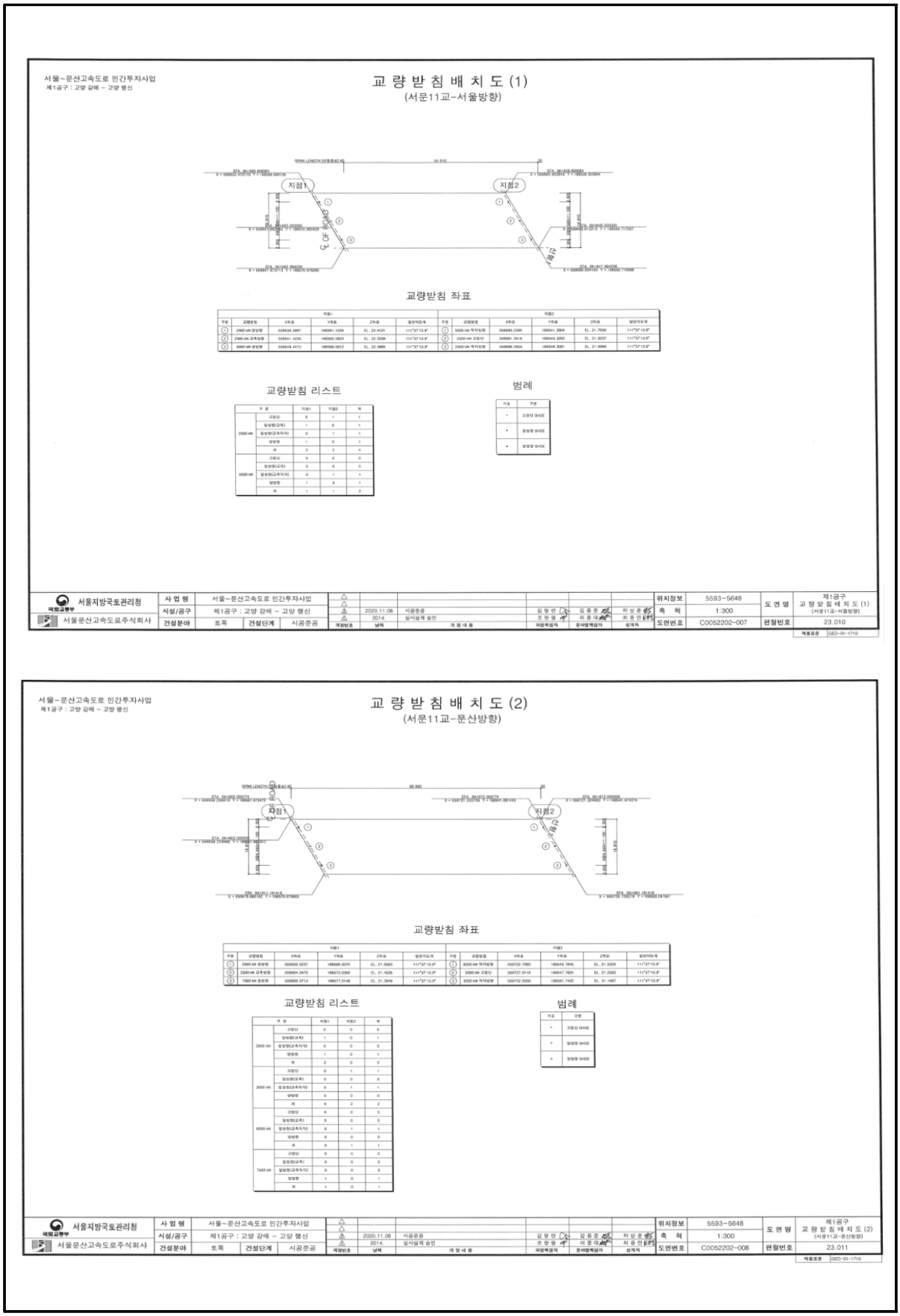
【그림 13.1.8】 강상형 일반도 및 상세도(문산방향)



【그림 13.1.9】 교대 일반도 및 구조도(서울방향)



【그림 13.1.10】 교대 일반도 및 구조도(문산방향)



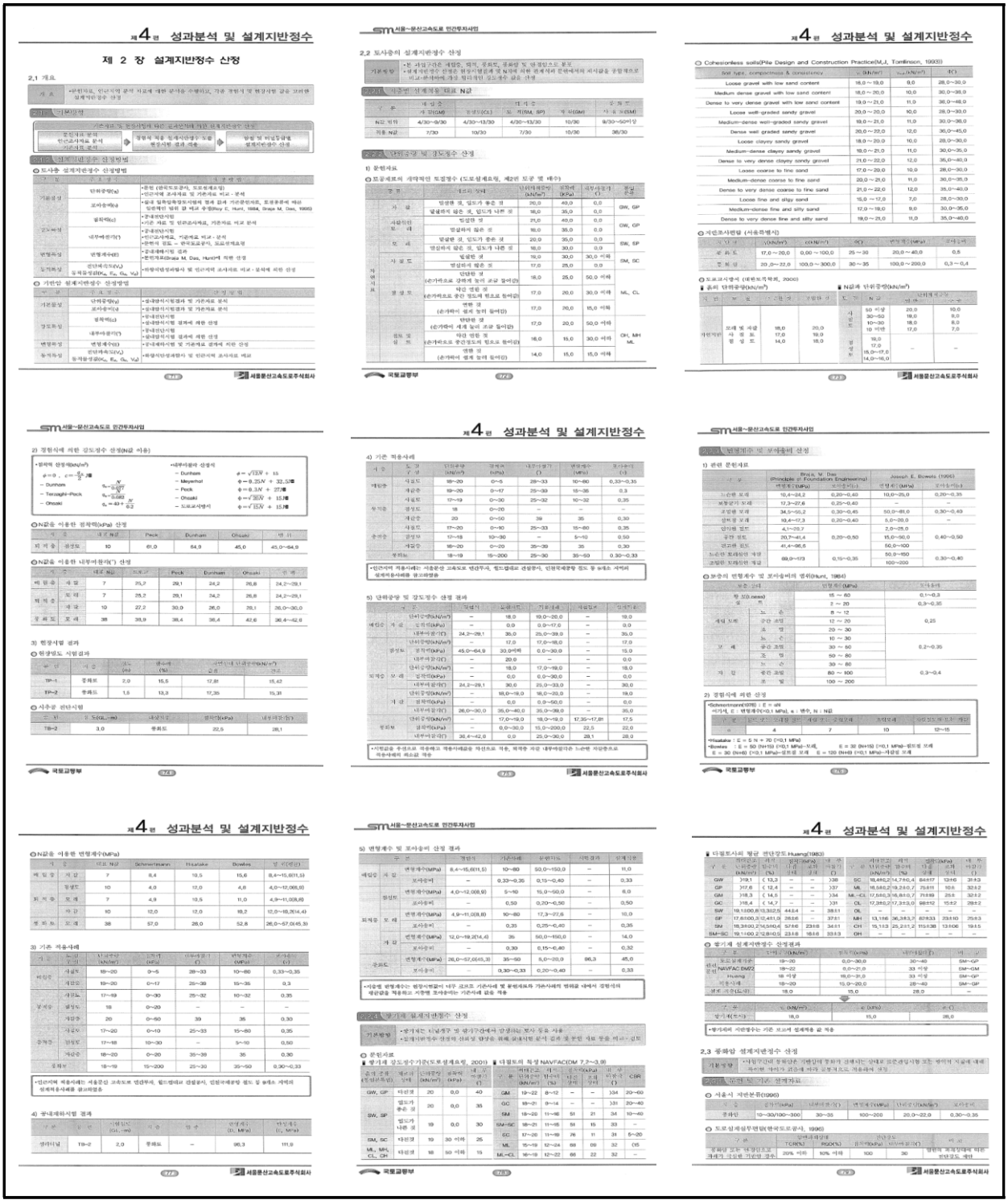
【그림 13.1.11】 교량받침 배치도(서울방향, 문산방향)

13.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

13.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비 고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	–
	2001	20	30	35	–
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편 암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범 위		19,5~21	10~30	30~36	–

○ 기존 적용사례

구 분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0,30~0,31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공 번	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31,1	31,4	156,1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	–	19,5~22,0	20,0~22,0	–	20,0
포아송비(ν)	–	0,20~0,45	0,30~0,31	–	0,30

○ 전단강도 및 변형계수

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	–	10,0~300	20~50	31,1	30,0
내부마찰각(°)	〉39,5	30,0~36,0	30~33	31,4	31,0
변형계수(MPa)	–	200	50,0~350,0	156,1	150,0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

국토교통부 80

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 산정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○ 도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암석종류(강도)	암반과쇄상태 (NX 규격 시추조사시)		암반의 강도정수	
	T.C.R(%)	R.Q.D(%)	φ(°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
	20~30%	10~25%	33°	130
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○ 서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반별	단위중량 γ (kN/m³)	내부마찰각 φ(°)	변형계수 E_s (MPa)	포아송비 ν
연 암	23~25	30~40	200~400	0,25~0,30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0,25
경 암	25~27	35~45	1,000~4,000	0,20

2) 기존 적용사례

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	Ⅰ등급	27	4,200	44~45	18,000	0,21
	Ⅱ등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0,22
	Ⅲ등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0,24
	Ⅳ등급	24	800~900	34	1,000	0,25
	Ⅴ등급	23	400	33	500	0,26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

81 서울문산고속도로주식회사

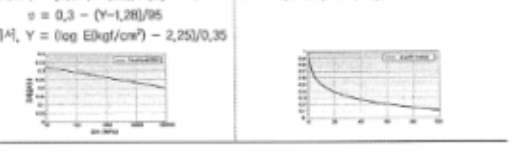
SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.4.2 경험식에 의한 검토

○ 제안자별 경험식

■ 단위중량 및 포아송비

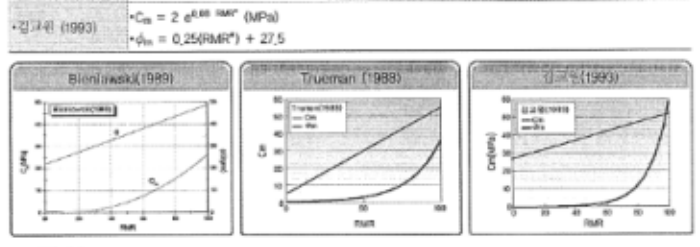
구 분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산정식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y−1.28)/14.3] × 10 ν = 0.3 − (Y−1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35	ν = −0.17 Ln(RMR')+0.9



■ 점착력 및 내부마찰각

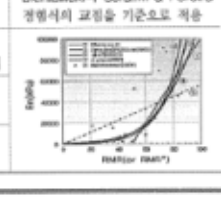
점착력 경험식	관 계 경 험 식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346\times10^{-5}RMR^2$ •$\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031\ RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0.25\ e^{0.05\ RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2\ e^{0.03\ RMR'}$ (MPa) •$\phi_m = 0.25(RMR') + 27.5$

Bieniawski(1989) Trueman (1988) 김교원(1993)



■ 변형계수

변형계수 경험식	관 계 경 험 식	적 용 내 용
•Bieniawski (1978)	E_m = 2RMR−100(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\ e^{0.07RMR'}$(GPa) − RMR' : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\ RMR^{3.54}$(MPa)	
•Mohammad (1997)	E_m = 0.562 RMR + 0.183 (GPa)	



국토교통부 82

제4편 성과분석 및 설계지반정수

○ 경험식에 의한 산정결과

■ 단위중량 및 포아송비

구 분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)	포아송비(ν) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
터널구간	Ⅰ등급	81	26,3	–	0,21	0,15
	Ⅱ등급	64	25,5	–	0,22	0,19
	Ⅲ등급	53	24,8	–	0,23	0,22
	Ⅳ등급	36	23,8	–	0,24	0,29
	Ⅴ등급	10	22,1	–	0,27	0,49

■ 점착력 및 내부마찰각

구 분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	Ⅰ등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	Ⅱ등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	Ⅲ등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	Ⅳ등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	Ⅴ등급	10	26	412	48	7	10	30

■ 변형계수

구 분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Serafim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간	Ⅰ등급	81	65,000	93,300	55,300
	Ⅱ등급	64	28,000	28,300	24,000
	Ⅲ등급	53	11,800	13,100	12,300
	Ⅳ등급	36	4,400	3,900	3,100
	Ⅴ등급	10	1,000	600	–

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11,0	연 암	화강암질 편마암	Ⅳ	980,3	1,166,2
	TB-3	17,0	연 암	화강암질 편마암	Ⅳ	598,9	908,3

83 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 실내시험 결과

구분	공번	심 도 (m)	지 층	RVR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16,3~16,4	연암	Ⅳ	26,65	2,832	1,511	47,10	50,759	0,19
	TB-1	23,2~23,4	경암	Ⅲ	27,32	3,215	1,802	42,24	53,119	0,21
	TB-2	13,1~13,3	경암	Ⅲ	27,44	3,012	1,495	73,50	70,884	0,18
	TB-3	21,6~21,8	경암	Ⅲ	28,93	3,067	1,732	73,46	68,416	0,18
	TB-4	20,9~21,1	경암	Ⅲ	27,08	3,831	1,855	100,39	79,951	0,16
	TB-5	18,8~19,0	경암	Ⅲ	27,08	2,724	1,256	69,82	63,800	0,19
	TB-6	8,8~9,0	연암	Ⅳ	26,90	2,688	1,305	97,85	82,344	0,16
	TB-7	21,2~21,4	경암	Ⅲ	27,14	3,412	1,631	57,39	52,647	0,21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	지 층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적 용	포아송비(ν) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	Ⅰ등급	27	26,3	–	27,0	0,21	0,15~0,21	–	0,21
	Ⅱ등급	26	25,5	–	26,0	0,22	0,19~0,22	–	0,22
	Ⅲ등급	25	24,8	26,65~26,90	25,0	0,24	0,22~0,23	0,16~0,19	0,24
	Ⅳ등급	24	23,8	27,08~28,93	24,0	0,25	0,24~0,29	0,16~0,21	0,25
	Ⅴ등급	23	22,1	–	23,0	0,26	0,27~0,49	–	0,26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구 분	지 층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적 용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적 용
터널구간	Ⅰ등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	Ⅱ등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	Ⅲ등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	Ⅳ등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	Ⅴ등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

국토교통부 84

제4편 성과분석 및 설계지반정수

○ 변형계수

구 분	지 층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	Ⅰ등급	18,000	55,300~93,300	–	18,000
	Ⅱ등급	13,000~15,000	24,000~28,300	–	13,000
	Ⅲ등급	4,000~6,000	11,800~13,100	–	4,000
	Ⅳ등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	Ⅴ등급	500	600~1,000	–	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)	암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)
각 섬 암	32	화강암 (조립질)	31~35
현 무 암	31~38	석 회 암	33~40
역 암	35	편 암	31
백 악	30	사 암	25~35
백 운 암	27~31	셰 일	27
편마암 (편암질)	23~29	미 사 암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점 판 암	25~30

주) 작은 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암 석 명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비 고
점착력이 없는 물질	[illegible]	현 무 암	40,0 ~ 50,0	–	–
		백 악	30,0 ~ 40,0		
		화 강 암	45,0 ~ 50,0		
		석 회 암	35,0 ~ 40,0		
		사 암	35,0 ~ 45,0		
		셰 일	30,0 ~ 35,0		
점착력이 있는 물질	암 석	견고한 화성암	35,0 ~ 45,0	35,7 ~ 56,1	(화강암, 현무암, 반암)
		변 성 암	30,0 ~ 40,0	20,4 ~ 40,8	(규암, 편마암, 점판암)
		견고한 퇴적암	35,0 ~ 45,0	10,2 ~ 30,6	(석회암, 백운석, 사암)
		연약한 퇴적암	25,0 ~ 35,0	1,0 ~ 20,4	(사암, 석탄, 백악, 셰일)

85 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암 석 명	설 명	최대강도 c'(kPa)	φ(°)	잔류강도 c'(kPa)	φ(°)	시 험 자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240,0	42,0	–	–	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble[109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15,0 90,0~120,0 60,0~100,0	7,5 12,0~17,0 9,0~13,0	–	–	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0,0~270,0	8,5~29,0	30,0	8,5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0,0~180,0	12,0~18,5	0,0~3,0	10,5~16,0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60,0	32,0	–	–	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	–	–	0,0	19,0~25,0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
석탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1,0~2,5cm	11,0~13,0	16,0	0,0	11,0~11,5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41,0	14,5	22,0	17,0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화강섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0,0	26,5	–	–	Brawner[116]
화강암/편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 폭에 의해분 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0,0~100,0 50,0~242,0	24,0~25,0 40,0~42,0	–	–	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	–	–	0,0	21,0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100,0 50,0~200,0	13,0~14,0 17,0~21,0	0,0	13,0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80,0 100,0	38,0 10,0	–	–	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0,0	25,0	0,0	15,0~24,0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14,0~30,0	15,0~17,5	–	–	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360,0 16,0~20,0	14,0 7,5~11,5	80,0	11,0	Eurenius[125] Underwood[126]
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30,0~80,0 610,0~740,0 380,0	32,0 41,0 31,0	–	–	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50,0	33,0	–	–	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42,0~90,0	36,0~38,0	–	–	

국토교통부 86

제4편 성과분석 및 설계지반정수

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구 분	현무암	역 암	편마암	화강암	사 암	셰 일
마찰각(°)	31,0 ~ 38,0	35,0	23,0 ~ 29,0	29,0 ~ 35,0	25,0 ~ 35,0	27,0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C. Wyllie, 1992)

구 분	암 종	내부마찰각(°)	비 고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20,0 ~ 27,0	–
Medium-friction Rocks	27,0 ~ 34,0	–	–
사암, 백악, 편마암, 슬레이트	–	–	–

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22,9~23,3	132,0	47,0	44,0	39,1	18~20	92,0	2,824	4,151
	TB-5	14,6~15,0	96,0	59,0	40,3	34,7	14~16	84,0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암 종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	–	47,0~59,0	47,0	–	34,7~39,1	34,0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

87 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개 요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음

•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76\times N^{0.33}$ • Imai(1982) $V_s = 97.0\times N^{0.314}$

•Okamoto(1989) $V_s = 125\times N^{0.3}$ • Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84\times N^{0.31}$

− 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$

− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$

− 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1-2\nu_d)$ 여기서, ρ=γt/g, γt=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구 분		하향식탄성파 V_p(m/s)	V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비 고
매립층		–	–	144,4~224,1	180	–
퇴적층	점토	–	–	162,5~249,4	200	–
	모래	–	–	144,4~224,1	170	–
	자갈	–	–	162,5~249,4	190	–
풍화토		919~984	375~408	252,4~372,3	392	–
풍화암		1,103~1,185	511~577	276,4~404,2	544	–
연 암		1,786~1,881	927~980	–	954	4등급
경 암		2,168~2,323	1,192~1,277	–	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0,33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0,40
	모래	480	170	52	140	156	0,35
	자갈	514	190	69	181	168	0,32
풍화토		952	392	268	713	699	0,33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0,30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0,26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0,24

분석결과 •내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용

국토교통부 88

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
	일반	
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
	일반	
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
	일반	
균열 간격이 없을때	불투수성	1.0×10^{-9} 이상
	일반	

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

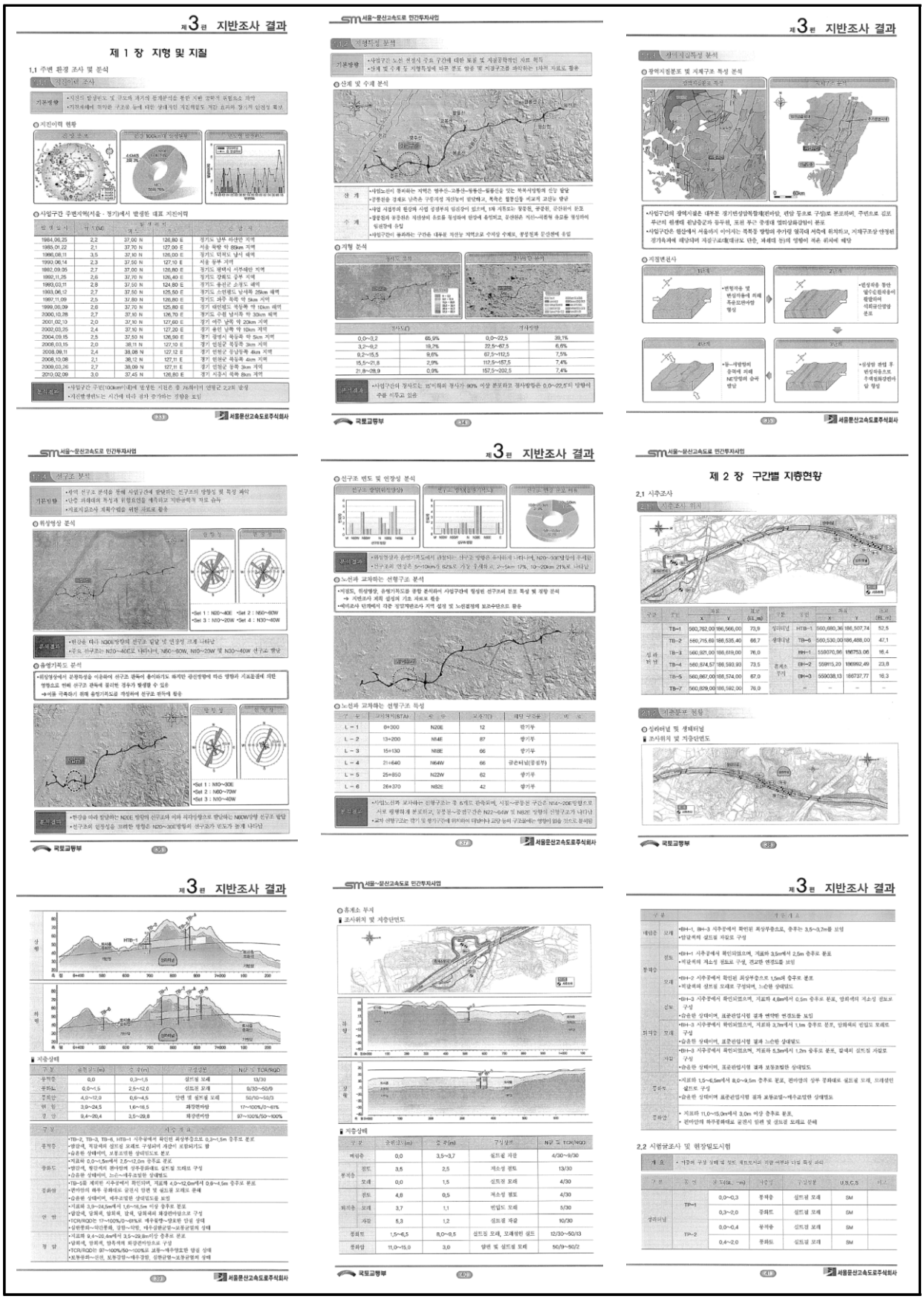
2.7.3 물안속체 설계지반정수

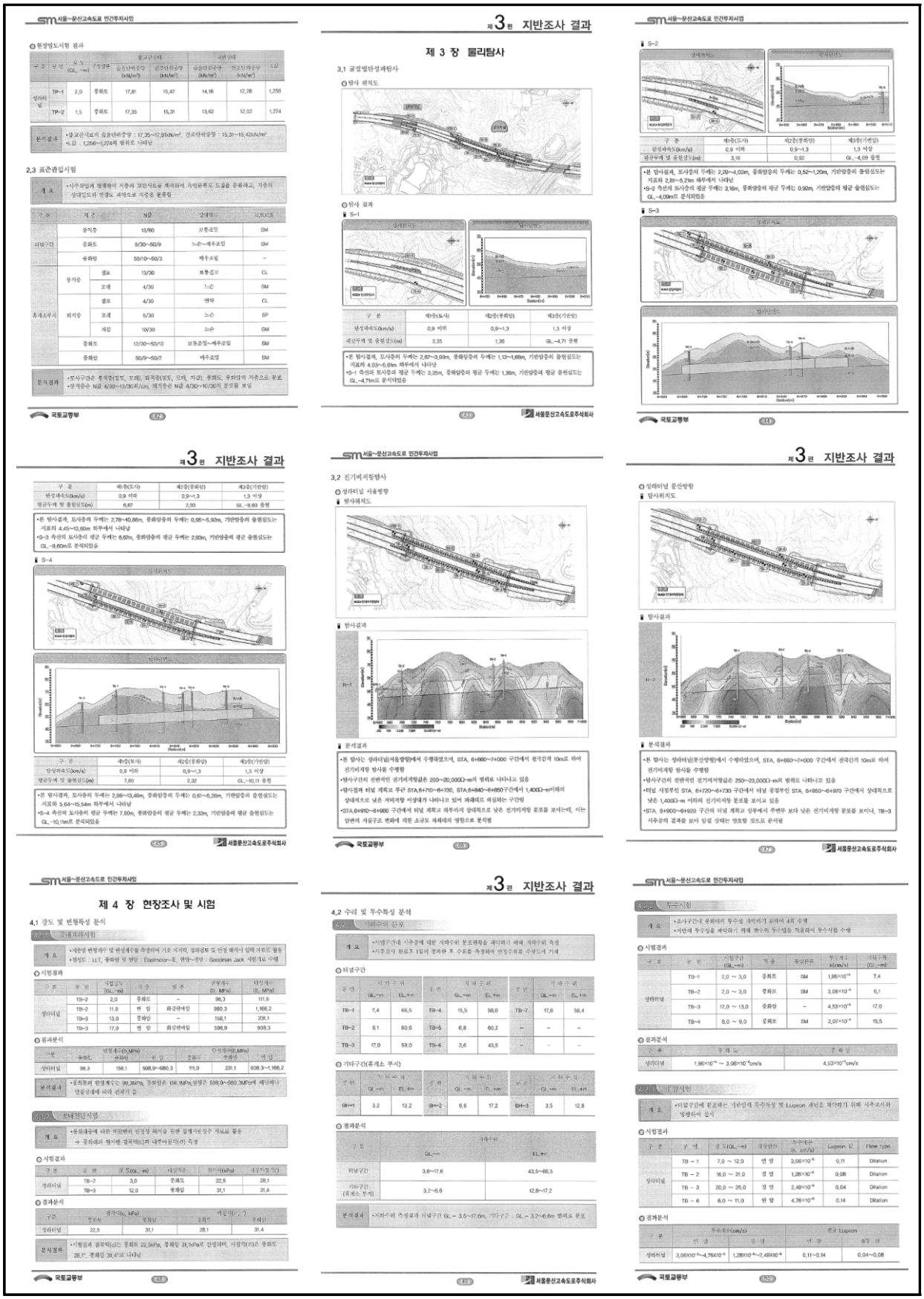
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

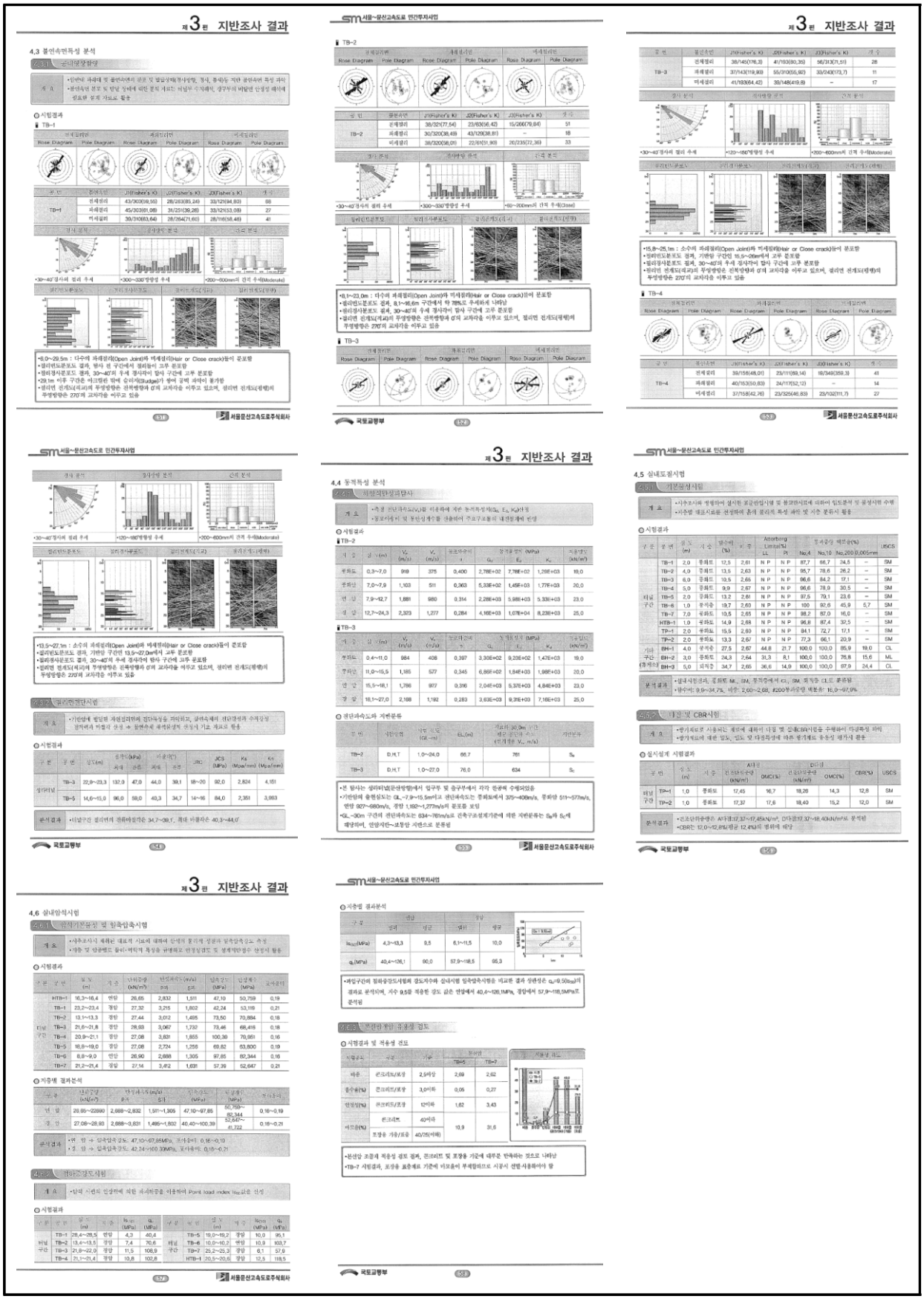
2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	v_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

나. 지반 및 지질 조사보고서







다. 구조계산서

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 서문11교 서울방향
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 55.000 = 55.000 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 15.910 m
(6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 2.400 m
(7) 사 각(Skew) : 120.000 °
(8) 곡률반경(R) : 선형중심 = ∞ m
(9) 설 계 속 도 : 100.000 km/h
(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

• 사 용 재 료

주 부 재	HSB500(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부의 다이아프램, 수직보강재, 원리브, 세로보, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_{st})	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

② 바닥판 콘크리트(☞ 도.설.해 3.9.2.7, 도.설.해 3.9.2.8, 도.설.해 4.2.3, 도.설.해 4.6.3.3)

콘크리트 설계 기준강도 (f_{ck})	27.0 MPa
콘크리트 탄성계수 (E_c)	27,804.0 MPa
전단 탄성계수 (G_c)	12,297.2 MPa
탄성계수비 (n)	7.0
바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	10.000 ℃
바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 (α)	0.000012
건조수축 계수 (ε_{cs})	0.000270
상 대 습 도	70.0 %
CREEP 계수 (Φ_2)	$\Phi_2 = 2\Phi_1$: 2

③ 바닥판 철근

철근 설계 항복강도 (f_y)	400.0 MPa
철근 탄성계수 (E_s)	200,000.0 MPa

2) 하 중 조 건

(1) 고 정 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.2)

① 철근 콘크리트 : 25.000 kN/m³
② 무근 콘크리트 : 23.500 kN/m³
③ 강 재 : 78.500 kN/m³
④ 포장 콘크리트 : 23.500 kN/m³

(2) 활 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.3)

① 설계 차선수 산정

N_c = 14.960 m , N = 4 차로
W = 14.960 / 4 = 3.740 m > 3.600 m
∴ 설계 차로폭 3.600m마다 4차로 연속으로 재하

② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

• DB-24 하중
- 전륜하중 : P_f = 24.000 kN
- 후륜하중 : P_r = 96.000 kN

• DL-24 하중
- 차로당 등분포 하중 : W_l = 12.700 kN/m
- 모멘트 계산시 집중하중 : P_m = 108.000 kN
- 전단력 계산시 집중하중 : P_s = 156.000 kN

③ 충 격 계 수

• 1 지간
i = 15 / (40 + L) = 0.160 < 0.300 ∴ i = 0.160

(3) 콘크리트의 Creep와 건조수축의 영향

• 철근 콘크리트의 바닥판의 Creep와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

(4) 지점침하에 의한 영향

• 각 지점에서 발생할 수 있는 부등침하의 발생을 가정하여 가장 불리한 단면력을 산정한다.

(5) 온도변화에 대한 영향

• 바닥판과 주형의 온도차 발생시 생기는 단면력 및 응력을 산정하고 이때의 온도 변화는 직선변화 한다고 가정한다.

• 다음에 제시된 충돌력은 난간인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며, 이 충돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

수 평 력 (kN/m)		작용 높이	수 직 력 (kN/m)
도심 도로상	일반 도로상		
3.750	2.500	난간 상단부	1.000

• 다음에 제시된 충돌력은 벽식 강성 방호 울타리인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며, 이 충돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

① 수평 충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용하면 다음 식에 의하여 구한다.

$$H = (\frac{V}{60})^2 \times 7.5 + 2.5\ (kN/m)$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 10kN/m의 수평하중을 재하한다.
(다만, 곡률반지름 R≤200m인 곡선부에 대해서는 ①, ② 모두에 대해 그 수평충돌력은 계산된 값의 2배로 한다)

(8) 원 심 하 중

• 교량의 곡선부는 모든 설계차로에 재하된 DB하중의 백분율로서 표현되는 원심하중에 의해 설계한다.

$$CF = 0.79\frac{V^2}{R}(\%)$$

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분률
V : 설계속도 (km/h)
R : 곡선반경(m)

- 곡선부 교량에서 자동차에 의한 원심하중은 위 식과 같이 충격을 포함하지 않는 활하중에 대한 백분율로 표현되는데, 이때의 활하중이란 최대하중 효과가 발생되도록 설계 차로 위에 한대씩 재하된 DB하중을 말함.

3) 설 계 방 법

(1) 바 닥 판 : 강도설계법 + 경험적설계법
(2) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

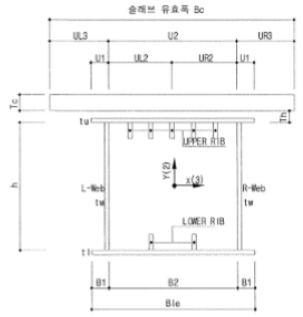
4) 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4.6 단 면 검 토(정모멘트)

[G3 : 단면 - 1] : 절점 26 로 부터 이격거리 3.673 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: HSB500

Bc =	5,395.0	mm
UL3 =	1,575.0	mm
UR3 =	1,420.0	mm
U1 =	120.0	mm
UL2 =	1,200.0	mm
UR2 =	1,200.0	mm
상부 플랜지 유효폭		
Bue =	2,640.0	mm
하부 플랜지 유효폭		
Ble =	2,640.0	mm
B1 =	120.0	mm
B2 =	2,400.0	mm
Tc =	440.0	mm
Th =	50.0	mm
h =	2,200.0	mm
Θ_L =	0.000	°
Θ_R =	0.000	°

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ε_g : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
ϕ_g : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_g : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	9,114.038
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,348.996
M_w : 풍하중에의한 모멘트	kN·m	29.617
M_p : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	3,081.593
V_g : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1,457.169
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-400.775
V_w : 풍하중에의한 전단력	kN	-10.540
V_p : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-610.082
M_{sf} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	3,639.719
M_{scf} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	737.188
M_{wf} : 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	175.933
M_{pf} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	1,630.588

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

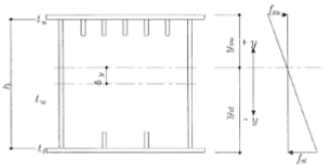
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	A_s(mm²)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm³)	$A_s \cdot Y^2$(mm⁴)	I_{zo}(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	1,105.0	2.917E+07	3.224E+10	2.200E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 14.0	10,500.0	1,025.0	1.076E+07	1.103E+10	1.969E+07
L - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
R - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
LOWER RIB	2 - 140.0 × 14.0	3,920.0	-1,030.0	-4.038E+06	4.159E+09	6.403E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	-1,105.0	-2.917E+07	3.224E+10	2.200E+05
강재 단면 합계		120,020.0	-	6.725E+06	7.966E+10	2.132E+10
RC. SLAB	1 - 5,395.0 × 440.0	2,373,800.0	1,370.0	3.252E+09	4.455E+12	3.830E+10
SLAB 단면 합계		2,373,800.0	-	3.252E+09	4.455E+12	3.830E+10

※ A_s = 120,020.0 mm² A_{c1} = 2,373,800.0 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

• 도심축 이동량

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 6,724,900.0 / 120,020.0 = 56.031 mm

• 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y$ = 2,200.0 / 2 + 10.0 - 56.031 = 1,053.969 mm

$y_{sl} = -(h/2 + t_l + \delta_y)$ = -(2,200.0 / 2 + 10.0 + 56.031) = -1,166.031 mm

• 강재의 단면2차 모멘트

$I_s = \sum I_{so} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2$

= 21,322,530,166.7 + 79,660,410,500.0 - 120,020.0 × 56.031² = 1.006E+11 mm⁴

• 플랜지 응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.1)

$f_{su} = M_g \cdot y_{su} / I_s$ = 9,114.038×1,054.0/100,606,134,467.6 = 95.480 MPa

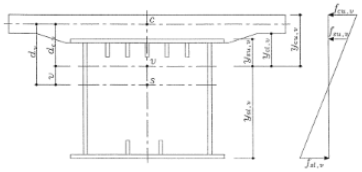
$f_{sl} = M_g \cdot y_{sl} / I_s$ = 9,114.038×-1,166.0/100,606,134,467.6 = -105.632 MPa

• 부재의 전단응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

F = = 5.331E+06 mm²

$\upsilon = V_g / A_w + M_{sf} / (2 \cdot F \cdot t_w)$

= 1,457.169 / 52,800.0 + 3,639.719 / (2 × 5,330,520.0 × 12.0) = 56.048 MPa



(2) 합 성 후

• 비닥판 콘크리트 환산단면적

$A_{cnt} = A_{c1} / n$ = 2,373,800.0 / 7.0 = 339,114.3 mm²

• 비닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$I_{cnt} = I_{c1} / n$ = 38,297,306,666.7 / 7.0 = 5.471E+09 mm⁴

• 합성 단면적

$A_v = A_s + A_{cnt}$ = 120,020.0 + 339,114.3 = 459,134.3 mm²

• 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2$ = 1,054.0 - 10.0 + 50.0 + 440.0/2 = 1,314.0 mm

• 합성 단면의 도심축 이동량

$v = A_{cnt} \times d_v / A_v$ = 339,114.3 × 1,314.0 / 459,134.3 = 970.5 mm

• 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$d_{c,v} = d_w - v$ = 1,314.0 - 970.5 = 343.5 mm

• 합성단면의 단면2차 모멘트

$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cnt} + A_{cnt} \cdot d_{c,v}^2$

= 100,606,134,467.6+120,020.0×970.5² +5,471,043,809.5+339,114.3×343.5² = 2.591E+11 mm⁴

• 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su,v} = y_{su} - v$ = 1,054.0 - 970.5 = 83.5 mm

$y_{sl,v} = y_{sl} - v$ = -1,166.0 - 970.5 = -2,136.5 mm

• 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2$ = 343.5 + 440.0 / 2 = 563.5 mm

$y_{ct,v} = y_{cu,v} - T_c$ = 563.5 - 440.0 = 123.5 mm

• 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v$ = 2,348.996×83.5/259,125,966,176.4 = 0.757 MPa

$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 2,348.996×-2,136.5/259,125,966,176.4 = -19.368 MPa

$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 2,348.996×563.5/(259,125,966,176.4×7.0) = 0.730 MPa

$f_{ct,v} = M_{sc} \cdot y_{ct,v} / (I_v \cdot n)$ = 2,348.996×123.5/(259,125,966,176.4×7.0) = 0.160 MPa

• 전단응력 검토

F_v = = 5.406E+06 mm²

$\upsilon = V_{sc} / A_w + M_{scf} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 400.775 / 52,800.0 + 737.188 / (2 × 5,406,325.7 × 12.0) = 13.272 MPa

(3) 활 하 중

• 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v$ = 3,081.593×83.5/259,125,966,176.4 = 0.993 MPa

$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 3,081.593×-2,136.5/259,125,966,176.4 = -25.408 MPa

$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 3,081.593×563.5/(259,125,966,176.4×7.0) = 0.957 MPa

$f_{ct,v} = M_v \cdot y_{ct,v} / (I_v \cdot n)$ = 3,081.593×123.5/(259,125,966,176.4×7.0) = 0.210 MPa

• 전단응력 검토

$\upsilon = V_p / A_w + M_{pf} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 610.082 / 52,800.0 + 1,630.588 / (2 × 5,406,325.7 × 12.0) = 24.122 MPa

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

• 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v$ = 29.617×83.5/259,125,966,176.4 = 0.010 MPa

$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 29.617×-2,136.5/259,125,966,176.4 = -0.244 MPa

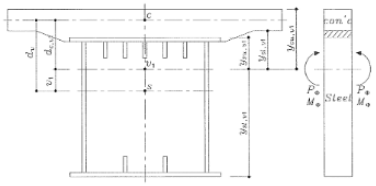
$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 29.617×563.5/(259,125,966,176.4×7.0) = 0.009 MPa

$f_{ct,v} = M_w \cdot y_{ct,v} / (I_v \cdot n)$ = 29.617×123.5/(259,125,966,176.4×7.0) = 0.002 MPa

• 전단응력 검토

$\upsilon = V_w / A_w + M_{wf} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 10.540 / 52,800.0 + 175.933 / (2 × 5,406,325.7 × 12.0) = 1.556 MPa



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.6)

* 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 Φ_t은 2.0을 표준으로 한다.

Φ_t = 2.0

k = 1.000 ※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

$n_1 = n \cdot (1 + \Phi_t / 2)$ = 7.0×(1 + 2.0/2) = 14.000

$A_{vt} = A_s + A_{c1} / n_1$ = 120,020.0 + 2,373,800.0 / 14.0 = 2.896E+05 mm²

$v_1 = (A_{c1}/n_1) \times d_v / A_{vt}$ = (2,373,800.0/14.0)×1,314.0 / 289,577.1 = 769.4 mm

$d_{c,vt} = d_v - v_1$ = 1,314.0 - 769.4 = 544.6 mm

$I_{vt} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,vt}^2)$

= (100,606,134,467.6 + 120,020.0×769.4²) + (38,297,306,666.7/14.0
+ 2,373,800.0/14.0 × 544.6²) = 2.247E+11 mm⁴

• 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{cu,v1}$ = y_{cu} − v_1 = 1,054.0 − 769.4 = 284.6 mm

$y_{st,v1}$ = y_{st} − v_1 = −1,166.0 − 769.4 = −1,935.4 mm

• 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$y_{cu,v1}$ = $d_{c,v1}$ + T_c / 2 = 544.6 + 440.0 / 2 = 764.6 mm

$y_{cl,v1}$ = $y_{cu,v1}$ − T_c = 764.6 − 440.0 = 324.6 mm

• 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v)$

= 2,349.0 × 343.5 × 2,373,800.0 / (7.0 × 259,125,966,176.4) = 1.056E+06 N

• 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$P_\Phi = N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1)$ = 1,055,884.2 × 2 × 2.0 / (2 + 2.0) = 1.056E+06 N

• P_Φ에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$M_\Phi = P_\Phi \times d_{c,v1}$ = 1,055,884.2 × 544.6 = 5.750E+08 N·mm

• 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$E_{c1} = E_c / (1 + \Phi_1 / 2)$ = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 MPa

• 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$f_{cu,v}$ = $M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 2,348.996×563.5/(259,125,966,176.4×7.0) = 0.730 MPa

$f_{cl,v}$ = $M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n)$ = 2,348.996×123.5/(259,125,966,176.4×7.0) = 0.160 MPa

• 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k \cdot M_\Phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \Phi_1 / E_c$

= (1/14.0)×(1,055,884.2/289,577.1 + 1.000×575,030,141.1×764.6/224,673,653,121.6)
− 13,902.0×0.730×2.0/27,804.0 = −0.329 MPa

$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k \cdot M_\Phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \Phi_1 / E_c$

= (1/14.0)×(1,055,884.2/289,577.1 + 1.000×575,030,141.1×324.6/224,673,653,121.6)
− 13,902.0×0.160×2.0/27,804.0 = 0.160 MPa

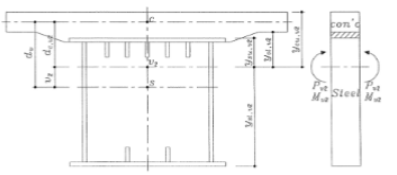
• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$f_{cu,v1} = P_\Phi / A_{v1} + k \cdot M_\Phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}$

= 1,055,884.2/289,577.1 + 1.000×575,030,141.1×284.6/224,673,653,121.6 = 4.375 MPa

$f_{sl,v1} = P_\Phi / A_{v1} + k \cdot M_\Phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1}$

= 1,055,884.2/289,577.1 + 1.000×575,030,141.1×−1,935.4/224,673,653,121.6 = −1.307 MPa



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.8)

• 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ε_s는 27×10^{-5}, 크리프계수 Φ_2는 $\Phi_2 = 2\cdot\Phi_1 = 4.0$을 표준으로 한다.

Φ_2 = 4.0

$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2)$ = 7.0×(1 + 4.0/2) = 21.000

$A_{v2} = A_v + A_{c1}/n_2$ = 120,020.0 + 2,373,800.0 / 21.0 = 2.331E+05 mm²

$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2}$ = (2,373,800.0/21.0) ×1,314.0 / 233,058.1 = 637.3 mm

$d_{c,v2} = d_v - v_2$ = 1,314.0 − 637.3 = 676.7 mm

$I_{v2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2)$

= (100,606,134,467.6 + 120,020.0×637.3²) + (38,297,306,666.7/21.0
+ 2,373,800.0/21.0 × 676.7²) = 2.029E+11 mm⁴

• 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{cu,v2}$ = y_{cu} − v_2 = 1,054.0 − 637.3 = 416.7 mm

$y_{st,v2}$ = y_{st} − v_2 = −1,166.0 − 637.3 = −1,803.3 mm

• 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$y_{cu,v2}$ = $d_{c,v2}$ + T_c / 2 = 676.7 + 440.0 / 2 = 896.7 mm

$y_{cl,v2}$ = $y_{cu,v2}$ − T_c = 896.7 − 440.0 = 456.7 mm

• 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$P_{v2} = E_s \cdot \varepsilon_s \cdot A_{c1}/n_2$ = 205,000.0×0.000270×2,373,800.0 / 21.0 = 6.257E+06 N

• P_{v2}에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

M_{v2} = P_{v2} × $d_{c,v2}$ = 6,256,658.6 × 896.7 = 4.234E+09 N·mm

• 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$E_{c2} = E_s / n_2$ = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 MPa

• 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \varepsilon_s$

= (1/21.0)×(6,256,658.6/233,058.1 + 1.000×4,233,668,422.3×896.7/202,934,006,677.2)
− 9,761.9×0.000270 = −0.467 MPa

$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \varepsilon_s$

= (1/21.0)×(6,256,658.6/233,058.1 + 1.000×4,233,668,422.3×896.7/202,934,006,677.2)
− 9,761.9×0.000270 = −0.904 MPa

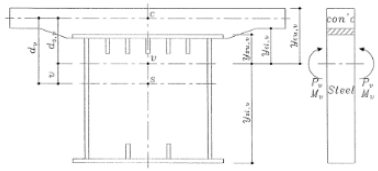
• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$f_{cu,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}$

= 6,256,658.6/233,058.1 + 1.000×4,233,668,422.3×416.7/202,934,006,677.2 = 35.539 MPa

$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$

= 6,256,658.6/233,058.1 + 1.000×4,233,668,422.3×−1,803.3/202,934,006,677.2 = −10.776 MPa



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.7)

• 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α는 12×10^{-6}으로 한다.

• 온도 변형률

$\varepsilon_t = \alpha \cdot \Delta t$ = 0.000012 × 10.0 = 0.000120

• 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$P_{v1} = E_s \cdot \varepsilon_t \cdot A_{c1}/n$ = 205,000.0×0.000120×2,373,800.0 / 7.0 = 8.342E+06 N

• P_{v1}에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

M_{v1} = P_{v1} × $d_{c,v}$ = 8,342,211.4 × 343.5 = 2.865E+09 N·mm

• 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \varepsilon_t$

= (1/7.0)×(8,342,211.4/459,134.3 + 1.000×2,865,365,621.2×563.5/259,125,966,176.4)
− 27,804.0×0.000120 = 0.149 MPa

$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c \cdot \varepsilon_t$

= (1/7.0)×(8,342,211.4/459,134.3 + 1.000×2,865,365,621.2×123.5/259,125,966,176.4)
− 27,804.0×0.000120 = −0.546 MPa

• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$f_{cu,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v}/I_v$

= 8,342,211.4/459,134.3+1.000×2,865,365,621.2×83.5/259,125,966,176.4 = 19.093 MPa

$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v}/I_v$

= 8,342,211.4/459,134.3+1.000×2,865,365,621.2×−2,136.5/259,125,966,176.4 = −5.456 MPa

(8) 전단 및 비틀림

• 풍하중 비재하시의 전단응력

$\upsilon = (V_s+V_{sc}+V_v)/A_w + M_{st}/(2\cdot F\cdot t_w) + (M_{sct}+M_{vt})/(2\cdot F_v\cdot t_w)$

= 2,468.026/52,800.0 + 3,639.719/127,932,480.0 + 2,367.776/129,751,817.1 = 93.442 MPa

※ υ = 93.4 MPa ≤ υ_a = 135.0 MPa ····· O.K !!

• 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$\upsilon = (V_s+V_{sc}+V_w)/A_w + M_{st}/(2\cdot F\cdot t_w) + (M_{sct}+M_{wt})/(2\cdot F_v\cdot t_w)$

= 1,868.484/52,800.0 + 3,639.719/127,932,480.0 + 913.121/129,751,817.1 = 70.876 MPa

※ υ = 70.9 MPa ≤ $1.2\upsilon_a$ = 162.0 MPa ····· O.K !!

- 활하중 재하시

$\upsilon = (V_s+V_{sc}+V_w/2+V_v)/A_w + M_{st}/(2\cdot F\cdot t_w) + (M_{sct}+M_{wt}/2+M_{vt})/(2\cdot F_v\cdot t_w)$

= 2,473.296/52,800.0 + 3,639.719/127,932,480.0 + 2,455.742/129,751,817.1 = 94.219 MPa

※ υ = 94.2 MPa ≤ $1.25\upsilon_a$ = 168.8 MPa ····· O.K !!

(9) 조합 응력의 검토 (☞ 도.설.해 3.4.2.3)

$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$ = 1.000

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1$ ≥ 0.0)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양연의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$이며 압축응력일 경(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

• 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (HSB500 사용) (☞ 도.설.해 3.3.2)

f_{ta} = 230.0 MPa

• 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (HSB500 사용) (☞ 도.설.해 3.4.2.3)

b / 22.0 $\cdot i \cdot n$ = 18.2 mm > t_u = 10 mm

⇒ f_{ca} = 230.0 MPa

b / 44.0 $\cdot i \cdot n$ = 9.1 mm ≤ t_u = 10 mm < b / 22.0 $\cdot i \cdot n$ = 18.2 mm

⇒ f_{ca} = 230.0 − 5.2 {$b/(t_u \cdot i \cdot n)$ − 22.0 } = 136.4 MPa

b / 80.0 $\cdot i \cdot n$ = 5.0 mm ≤ t_u = 10 mm ≥ b / 44.0 $\cdot i \cdot n$ = 9.1 mm

⇒ f_{ca} = 220,000 $\{(t_u \cdot i \cdot n)/b\}^2$ = 137.5 MPa

f_{ca} = 230.0 MPa (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)

∴ f_{ca} = 230.0 MPa

• 철근 콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1)

f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 MPa (f_{ck} = 27.0 MPa 사용)

f_{ta} = 0.07 f_{ck} = 1.890 MPa

• 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	95.480	-105.632	136.400	230.000
1+2+3	1.687	0.370	10.800	10.800	97.230	-150.408	230.000	230.000
1+2+3+5	1.358	0.530	10.800	10.800	101.605	-151.715	264.500	230.000
1+2+3+5+6	0.891	-0.374	10.800	1.890	137.143	-162.491	264.500	230.000
1+2+3+5+6+7	1.040	-0.920	12.420	2.174	156.236	-167.947	299.000	264.500
1+2+3+5+6-7	0.742	0.172	12.420	12.420	118.051	-157.035	299.000	264.500
1+2+4	0.739	0.162	12.960	12.960	96.247	-125.244	276.000	276.000
1+2+3+0.5×4	1.692	0.371	13.500	13.500	97.235	-150.530	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5	1.362	0.531	13.500	13.500	101.609	-151.837	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5+6	0.896	-0.373	13.500	2.363	137.148	-162.613	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5+6+7	1.045	-0.919	14.580	2.552	156.240	-168.069	310.500	310.500
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.746	0.173	14.580	14.580	118.055	-157.157	310.500	310.500

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.490	0.211	0.479	0.479	0.969	0.690	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.179	0.428	0.479	0.479	0.658	0.907	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5	0.148	0.435	0.479	0.479	0.627	0.914	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6	0.269	0.499	0.479	0.479	0.748	0.978	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6+7	0.273	0.403	0.479	0.479	0.752	0.882	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6-7	0.156	0.352	0.479	0.479	0.635	0.832	O.K !!	O.K !!
1+2+4	0.122	0.206	0.191	0.191	0.313	0.397	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4	0.114	0.274	0.312	0.312	0.426	0.586	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.125	0.279	0.312	0.312	0.437	0.591	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.228	0.320	0.312	0.312	0.539	0.632	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.253	0.293	0.312	0.312	0.565	0.605	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.145	0.256	0.312	0.312	0.456	0.568	O.K !!	O.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \cdots \text{O.K !!}$$

[상 연]

$$\left(\frac{95.480}{136.400}\right)^2 + \left(\frac{93.442}{135.000}\right)^2 = 0.490 + 0.479 = 0.969 \leq 1.2 \cdots \text{O.K !!}$$

[하 연]

$$\left(\frac{-162.491}{230.000}\right)^2 + \left(\frac{93.442}{135.000}\right)^2 = 0.499 + 0.479 = 0.978 \leq 1.2 \cdots \text{O.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

• 압축(상부) 플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$t_{min} = 자유돌출폭/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 \leq t_{use} = 10.0$ mm ····· O.K !!

$t_{min} = b\sqrt{(44 \cdot i \cdot n)} = 2,400.0\sqrt{(44 \times 1.0 \times 6)} = 9.1 \leq t_{use} = 10.0$ mm ····· O.K !!

(힘성형 스터드 설치시) $t_{min} = 10.0 \geq t_{use} = 10.0$ mm ····· O.K !!

• 인장(하부) 플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

$t_{min} = 자유돌출폭/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 \leq t_{use} = 10.0$ mm ····· O.K !!

• 복 부 판 [수평보강재 사용단수 2 단] (☞ 도.설.기 3.8.4.1)

$t_{min} = b/(281 \times 1.200) = 2,200.0/(281 \times 1.200) = 6.5 \leq t_{use} = 12.0$ mm ····· O.K !!

여기서, $\sqrt{(f_{cu}/f_c)} = \sqrt{(230.0 / 95.480)} = 1.55 \geq 1.20 \Rightarrow 1.200$ 적용

(12) 합목에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

• 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.

• 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck}의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	124.124	-137.322	380.000	O.K !!
1+2+3	3.007	0.659	16.200	O.K !!	127.243	-217.127	380.000	O.K !!
1+2+3+7	3.156	1.205	16.200	O.K !!	146.335	-222.583	380.000	O.K !!
1+2+3+5	2.677	0.819	16.200	O.K !!	131.617	-218.435	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6	2.211	-0.085	16.200	O.K !!	167.156	-229.210	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6+7	2.360	-0.631	16.200	O.K !!	186.248	-234.666	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6-7	2.061	0.461	16.200	O.K !!	148.063	-223.754	380.000	O.K !!
1+2+4	0.958	0.210	16.200	O.K !!	125.118	-162.744	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4	3.011	0.660	16.200	O.K !!	127.247	-217.249	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+7	3.161	0.114	16.200	O.K !!	146.340	-222.705	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5	2.682	0.820	16.200	O.K !!	131.622	-218.557	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	2.215	-0.084	16.200	O.K !!	167.161	-229.332	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	2.365	-0.630	16.200	O.K !!	186.253	-234.788	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	2.066	0.462	16.200	O.K !!	148.068	-223.877	380.000	O.K !!

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1586	626.107	O.K
	허용인발력(kN/EA)	276.372	-	O.K
	휨응력(MPa)	140	113.159	O.K
	전단응력(MPa)	80	12.09	O.K
	수평변위(mm)	15	14.906	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2379	799.657	O.K
	허용인발력(kN/EA)	414.559	-86.589	O.K
	휨응력(MPa)	210	121.803	O.K
	전단응력(MPa)	120	15.697	O.K
	수평변위(mm)	15	10.905	O.K

■ 단면 휨 설계

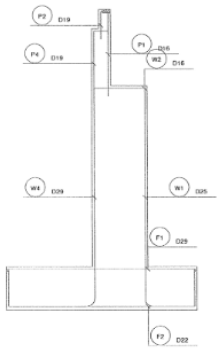
단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm^2)	사용철근량 (mm^2)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1800	150	2546.84	3096.8	1059.42	1284.997	1.213	O.K
후면저판		1800	100	4067.58	4596.4	1732.276	1952.926	1.127	O.K
벽체 : H=10.735		2300	100	3807.07	5139.2	2108.589	2833.57	1.344	O.K
흉벽		800	100	1245.94	1940.4	219.49	339.302	1.546	O.K
좌측날개벽	A(T=500 mm)	500	60	1418.72	2026.8	155.406	219.705	1.414	O.K
	B(T=500 mm)	500	60	1006.73	1548.4	111.055	169.235	1.524	O.K
	C(T=500 mm)	500	60	1406.8	2026.8	154.132	219.705	1.425	O.K
우측날개벽	A(T=620 mm)	620	80	3028.3	3096.8	399.802	408.448	1.022	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	2581.13	3096.8	342.93	408.448	1.191	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	3736.26	4053.6	488.309	527.371	1.08	O.K

■ 사용성 검토

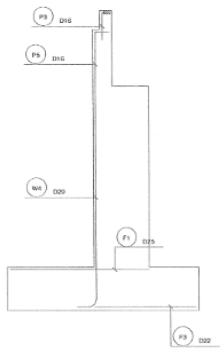
구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sg)	비 고
전면저판		142.427	150	125	205.417	O.K
후면저판		145.592	150	125	327.143	O.K
벽체 : H=10.735		108.14	150	125	514.475	O.K
흉벽		84.245	150	125	708.523	O.K
좌측날개벽	A(T=500 mm)	108.632	150	250	579.942	O.K
	B(T=500 mm)	101.075	150	250	623.301	O.K
	C(T=500 mm)	108.184	150	250	582.342	O.K
우측날개벽	A(T=620 mm)	149.508	150	125	354.228	O.K
	B(T=620 mm)	128.834	150	125	438.751	O.K
	C(T=620 mm)	141.838	150	125	386.46	O.K

▣ 주철근 조립도

- ① Cycle (CTC = 250)



- ② Cycle (CTC = 250)



1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식	: 역T형 교대	
(2) 상 부 형 식	: STEEL BOX	
(3) 교 량 등 급	: 1 등교	
(4) 교 대 총 폭	: B = 18.972 M	
(5) 교 대 총높이	: H = 12.535 M	
(6) 기 초 형 식	: 말뚝기초	
(7) SKEW	: 120.000 °	

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량	: γc = 25.000 kN/m³	[도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량	: γs1 = 20.000 kN/m³ (토사)	[도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량	: γs2 = 20.000 kN/m³	
(4) 과 재 하 중	: ql = 10.000 kN/m	
(5) 상부 고정하중 반력	: Rd = 347.931 kN/m	
(6) 상부 활하중 반력	: Rl = 102.585 kN/m	
(7) 교량받침 마찰계수	: fs = 0.050	

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각	: Φ1 = 35.000 °	
(2) 기초지반의 N치	: N = 6.000	
(3) 기초지반의 내부마찰각	: Φ2 = 24.487 ° {Φ2 = 15 + √15N}	
(4) 기초지반의 점착력	: C = 0.000 kN/m²	
(5) 기초지반의 마찰계수	: μ = 0.293 : TAN(δ · Φ2) : 흙과 콘크리트	
(6) 지반 가속도 계수	: A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수	
- 내진 등급 : I 등급	- 위험도 계수 : 1.400	[도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역	- 지진구역 계수 : 0.110	

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도	: fck = 24.000 MPa	
- 탄성계수	: Ec = 27849.000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300)	: fy = 300.000 MPa	
- 탄성계수	: Es = 200000.000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]

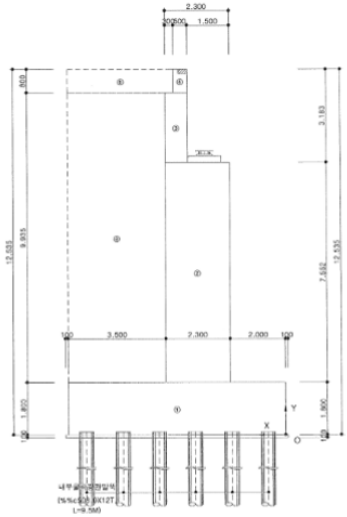
5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토	: 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계	: 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	계
고정하중	1427.210	1381.946	3791.688	6600.844
활하중	320.168	710.659	915.383	1946.210

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	계
교축방향	0.000	0.000	0.000	0.000
직각방향	0.000	1016.530	0.000	1016.530

H = R x A x S R : 교량받침의 고정하중 반력, A : 가속도계수(=0.154), S : 지반계수(=1.000)
교축직각방향 H = ∑Ra x A x S ∑Ra : 교대의 전체 고정하중 반력
교축방향은 가동단이므로 수평력이 없음.

4. 안 정 검 토

1) 하중집계 및 조합

① 작용하중 집계표 : 『하중계산 참조』

구 분	수직력	수평력	작용거리 X(m)	작용거리 Y(m)	모멘트 Mr(kN.m)	모멘트 Mo(kN.m)
1. 교대구체(콩상시)	842.909	-	3.512	3.988	2960.156	-
2. 교대구체(지진시)	842.909	64.904	3.512	3.988	2960.156	258.809
3. 뒷채움재(콩상시)	756.254	-	6.038	7.199	4566.217	-
4. 뒷채움재(지진시)	756.254	58.232	6.038	7.199	4566.217	419.215
5. 배면토압(콩상시)	-	425.816	-	4.178	-	1779.209
6. 배면토압(지진시)	-	493.381	-	6.268	-	3092.279
7. 뒷채움 상재하중	38.000	33.970	5.900	6.268	224.200	212.908
8. 상부 고정하중반력	347.931	-	2.885	-	1003.781	-
9. 상부 활하중반력	102.585	-	2.885	-	295.958	-
10. 교량받침마찰력	-	15.066	-	9.752	-	146.927
11. 상부관성력	-	-	-	9.752	-	-

② 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB.1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	1637.163	459.786	7750.573	1992.117
COMB.2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7)	1637.163	459.786	7750.573	1992.117
COMB.3	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+4+6)	1599.163	616.517	7526.373	3770.303
COMB.4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)	2087.679	459.786	9050.312	1992.117
COMB.5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+	2087.679	474.852	9050.312	2139.044
COMB.6	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+4+6+	1947.094	616.517	8530.154	3770.303

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시
가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.

2) 전도에 대한 안정
- 말뚝기초 이므로 불필요 : 『10. 말뚝검토』 참조

3) 활동에 대한 안정
- 말뚝기초 이므로 불필요 : 『10. 말뚝검토』 참조

4) 지지력에 대한 안정
- 말뚝기초 이므로 불필요 : 『10. 말뚝검토』 참조

5) 말뚝도심에서의 작용하중 산정

① 말뚝도심의 작용하중 계산
∑M = ∑Mr - ∑Mo
e = 말뚝도심(= 3.792) - ∑M / ∑V
Mc = V x e

※ 말뚝도심의 계산

구 분	거 리(m)	본 수	거리 x 본수	도 심(m)
1 열	0.650	17.000	11.050	-
2 열	1.950	17.000	33.150	-
3 열	3.250	16.000	52.000	-
4 열	4.550	16.000	72.800	-
5 열	5.850	15.000	87.750	-
6 열	7.150	15.000	107.250	-
계	-	96.000	364.000	3.792

② 하중조합별 작용력

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	e(m)	Mc(kN.m)
COMB.1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	31060.256	8723.060	0.274	8510.510
COMB.2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+	31060.256	8723.060	0.274	8510.510
COMB.3	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+	30339.320	11696.561	1.443	43779.639
COMB.4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)	39607.446	8723.060	0.411	16278.660
COMB.5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+	39607.446	9008.892	0.481	19051.182
COMB.6	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+	36940.257	11696.561	1.347	49758.540

註) COMB 1,2,3 : 상부하중 비재하시(가설시), COMB 4,5,6 : 상부하중 재하시
각 작용력은 교대의 전폭 18.972 m)을 고려한 결과값임.

▣ 확대기초 두께에 대한 강체 검토 : [도로교 설계기준 5.4.5.2]

- 확대기초는 부재로서 필요한 두께를 확보함과 동시에 강체로서 취급되는 두께를 가지아함을 원칙으로 한다.
- 확대기초에 대한 강체로서의 취급여부는 지반반력 및 말뚝반력에 미치는 확대기초의 강성의 영향을 고려하여 판정하는 것으로서, 일반적으로 다음의 식을 만족할 때 강체로 취급할 수 있다.

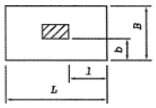
$\beta\lambda \leq 1.0$

여기서 $\beta = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot k}{E \cdot h^3}} (m^{-1})$

k : kv - 직접기초인 경우, kp - 말뚝기초인 경우
kp : 환산지반반력계수 (kN/m³)
= 184969.536 x 96 / (18.972 x 7.800) = 119996.866 kN/m³
L : 확대기초의 길이 (= 18.972 m)
B : 확대기초의 폭 (= 7.800 m)
n*m : 말뚝의 개수 (= 96 본)
E : 확대기초의 탄성계수 (= 27849000.000 kN/m²)
h : 확대기초의 평균두께 (= 1.800 m)
λ : 확대기초의 환산 돌출길이 (m)

$\beta = \sqrt[4]{[(3 \times 119996.866) / (27849000.000 \times 1.800^3)]} = 0.217\ (m^{-1})$

* 독립확대기초 및 벽확대기초의 경우
λ = MAX(l,b) = MAX(0.000, 3.500) = 3.500
다만, 벽확대기초이므로 l = 0
b ≥ B/2이면 b = B/2 = 3.900, 뒷굽기준으로 검토



$\beta\lambda = 0.217 \times 3.500 = 0.759 \leq 1.0$, ∴ O.K

7. 사용성 검토

1) 흉벽 설계
① 온하중에 의한 부재력
Pv = 114.60 x Ka
= 114.60 x 0.251 = 28.765 kN
Mp = 114.60 x Ka x (H - 0.36)
= 114.60 x 0.251 x (3.183 - 0.36) = 81.198 kN.m
② 토압에 의한 부재력
Ph = 1/2 x Ka x r x H² x cos δ
= 1/2 x 0.251 x 20.000 x 3.183² x cos11.667 = 24.902 kN
Me = 1/3 x H x Ph
= 1/3 x 3.183 x 24.902 = 26.420 kN.m
③ 설계 단면력 산정
Vs = 28.765 + 24.902 = 53.667 kN
Ms = 81.198 + 26.420 = 107.618 kN.m

2) 벽체 설계
① 작용하중 집계표 : H = 10.735 m 「하중계산 참조」

구 분	수평력	작용거리	하중계수		전단력	모멘트
			평상시	지진시		
1. 교대구체	37.877	4.391	-	1.000	37.877	166.307
2. 배면토압(평상시)	283.280	3.578	1.000	-	283.280	1013.675
3. 배면토압(지진시)	361.858	5.368	-	1.000	361.858	1942.283
4. 뒷채움 상재하중	26.388	5.368	1.000	-	26.388	141.638
5. 교량반침마찰력	15.056	7.952	1.000	-	15.056	119.808
6. 상부관성력	-	7.952	-	1.000	-	-

- 교대구체에 작용하는 수평력 및 작용거리 산출
: 검토위치(H = 1.800 m)를 제외한 교대구체에 대하여 다시 산정한다.
Ho = ∑(H② ~ H④) = 37.877 kN
Mo = ∑[H② x (y② - 1.800) ~ H④ x (y④ - 1.800)] = 166.307 kN.m
y = Mo / Ho = 166.307 / 37.877 = 4.391

② 설계 단면력 산정

구 분	전단력(kN)	모멘트(kN.m)	비 고
설계단면력	309.668	1155.314	

3) 기초 설계
① 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	1700.316	459.786	8169.488	1992.117
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+	1700.316	459.786	8169.488	1992.117
COMB 3	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+4+6)	1599.163	616.517	7526.373	3770.304
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)	2150.832	459.786	9469.226	1992.117
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+	2150.832	474.852	9469.226	2139.043
COMB 6	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+4+6+	1947.094	616.517	8530.154	3770.304

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6. 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시
가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.

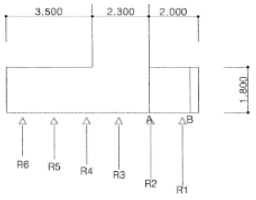
① 말뚝도심에서의 작용하중 계산
∑M = ∑Mr - ∑Mo
e = 말뚝도심(=3.792) - ∑M/∑V : 말뚝도심의 계산은 「4. 안정검토」 참조
Mc = V x e

- 하중조합별 작용력

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	e(m)	Mc(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	32258.395	8723.060	0.159	5129.085
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+	32258.395	8723.060	0.159	5129.085
COMB 3	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+	30339.320	11696.561	1.443	43779.639
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+1	40805.585	8723.060	0.315	12853.759
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+	40805.585	9008.892	0.384	15669.345
COMB 6	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+	36940.267	11696.561	1.347	49758.540

註) COMB 1,2,3 : 상부하중 비재하시(가설시), COMB 4,5,6 : 상부하중 재하시
각 작용력은 교대의 전폭(18.972 m)를 고려한 결과값임.

② 전면지판(말굽)의 단면력 계산



R1 = Ru1 x 17본 / 18.972 (kN/m)
R2 = Ru2 x 17본 / 18.972 (kN/m)
R3 = Ru3 x 16본 / 18.972 (kN/m)
R4 = Ru4 x 16본 / 18.972 (kN/m)
R5 = Ru5 x 15본 / 18.972 (kN/m)
R6 = Ru6 x 15본 / 18.972 (kN/m)

구 분	Ru1	Ru2	Ru3	Ru4	Ru5	Ru6
COMB 1	466.350	407.260	348.170	309.870	286.440	263.000
COMB 2	466.350	407.260	348.170	309.870	286.440	263.000
COMB 3	692.680	536.830	380.970	245.710	125.150	4.590
COMB 4	605.380	525.600	445.820	386.430	341.600	296.770
COMB 5	626.110	537.750	449.390	381.970	329.510	277.050
COMB 6	799.660	627.990	456.320	304.860	167.840	30.810

- 기초자중에 의한 단면력
Vb = 1.800 x 0.350 x 25.000 = 15.750 kN
Ma = 1.800 x 2.000 x 25.000 x 2.000 / 2 = 90.000 kN.m

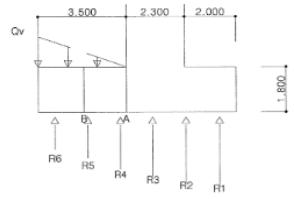
- 말뚝반력에 의한 단면력
Vb = 0.00
Ma = R1 x 1.350 + R2 x 0.050

- 설계단면력 산정

구 분	말뚝반력에 의한 단면력		설계단면력	
	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(kN)	Ms(kN.m)
COMB 1	0.000	582.388	15.750	492.388
COMB 2	0.000	582.388	15.750	492.388
COMB 3	-	-	-	-
COMB 4	0.000	755.874	15.750	665.874
COMB 5	0.000	781.495	15.750	691.495
COMB 6	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(3,6)은 고려하지 않는다.

③ 후면지판(뒷굽)의 단면력 계산



R1 = Ru1 x 17본 / 18.972 (kN/m)
R2 = Ru2 x 17본 / 18.972 (kN/m)
R3 = Ru3 x 16본 / 18.972 (kN/m)
R4 = Ru4 x 16본 / 18.972 (kN/m)
R5 = Ru5 x 15본 / 18.972 (kN/m)
R6 = Ru6 x 15본 / 18.972 (kN/m)

구 분	Ru1	Ru2	Ru3	Ru4	Ru5	Ru6
COMB 1	380.180	356.750	333.310	289.070	229.980	170.890
COMB 2	380.180	356.750	333.310	289.070	229.980	170.890
COMB 3	607.390	486.830	366.270	225.120	69.270	-86.590
COMB 4	520.910	476.080	431.260	366.040	286.260	206.480
COMB 5	539.360	486.900	434.440	361.040	272.680	184.320
COMB 6	715.940	578.910	441.890	284.660	112.990	-58.680

- 기초자중에 의한 단면력 : 『단면설계』 참조

- 뒷채움 토사에 의한 단면력 : 『단면설계』 참조

- 상재하중에 의한 단면력 : 『단면설계』 참조

- 토압의 연직분력에 의한 단면력 : 평상시 - 『단면설계』 참조

- 말뚝반력에 의한 단면력
  Vb = R6 : R5의 반력에 대해서는 20.500%의 반력을 적용한다.
  Ma = R4 x 0.250 + R5 x 1.550 + R6 x 2.850

- 설계단면력 산정

구 분	말뚝반력에 의한 단면력		설계단면력	
	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(kN)	Ms(kN.m)
COMB 1	172.340	727.865	367.511	1070.692
COMB 2	172.340	727.865	367.511	1070.692
COMB 3	-	-	-	-
COMB 4	209.589	893.262	330.262	905.295
COMB 5	189.870	825.631	349.981	972.926
COMB 6	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(3,6)은 고려하지 않는다.

4) 사용성 검토

(1) 전면저판

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 691.495 x 1000000 / [3096.800 x (1650.000 - 246.662/3)]
= 142.427 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x3096.800/1000.0 + 7x3096.800/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1650.0/(7x3096.800)]
= 246.662 mm

사용철근량 = 3096.8 mm² (철근도심 : 150.0 mm)
1단 : D22 - 8.0 EA (= 3096.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 150.00 - 22/2 = 139.00 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 142.43) - 2.5 x 139.00 = 205.42 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 142.43) = 442.33 mm
Sa는 작은 값인 205.42 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 205.42 mm) ∴ O.K

(2) 후면저판

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 1070.692 x 1000000 / [4596.400 x (1700.000 - 300.135/3)]
= 145.592 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x4596.400/1000.0 + 7x4596.400/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1700.0/(7x4596.400)]
= 300.135 mm

사용철근량 = 4596.4 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D29 - 4.0 EA, D25 - 4.0 EA (= 4596.4 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 29/2 = 85.50 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 145.59) - 2.5 x 85.50 = 327.14 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 145.59) = 432.71 mm
Sa는 작은 값인 327.14 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 327.14 mm) ∴ O.K

(3) 벽체 : H=10.735

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 1155.314 x 1000000 / [5139.200 x (2200.000 - 363.502/3)]
= 108.140 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x5139.200/1000.0 + 7x5139.200/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x2200.0/(7x5139.200)]
= 363.502 mm

사용철근량 = 5139.2 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D29 - 8.0 EA (= 5139.2 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 29/2 = 85.50 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 108.14) - 2.5 x 85.50 = 514.48 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 108.14) = 582.58 mm
Sa는 작은 값인 514.48 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 514.48 mm) ∴ O.K

(4) 용벽

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 107.618 x 1000000 / [1940.400 x (700.000 - 124.983/3)]
= 84.245 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x1940.400/1000.0 + 7x1940.400/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x700.0/(7x1940.400)]
= 124.983 mm

사용철근량 = 1940.4 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D19 - 4.0 EA, D16 - 4.0 EA (= 1940.4 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 19/2 = 90.50 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 84.25) - 2.5 x 90.50 = 708.52 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 84.25) = 747.82 mm
Sa는 작은 값인 708.52 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 708.52 mm) ∴ O.K

13.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 13.2.1】 서문11교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	서문11교의 주요손상으로는 교면포장 접속도로 파손, 방호벽 접속부 파손, 신축이흠 후타재 망상균열, 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기 건조수축 및 시공미흡에 의한 손상으로 기 발생된 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	서문11교의 주요손상으로는 교면포장 접속도로 파손, 접속부 이격, 방호벽 접속부 파손, 균열, 신축이흠 후타재 망상균열, 균열, 바닥판하면 균열(0.3mm이상), 교대 신축이음 하부 누수 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기 건조수축 및 시공미흡에 의한 손상으로 기 발생된 손상은 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교면포장 접속도로 파손, 접속도로 후타재 접속부 이격 바닥판 하면 균열(0.3mm이상) 방호벽 접속부 파손, 균열(0.3mm미만) 신축이음 후타재 망상균열, 균열(0.3mm 미만), 신축이음 하부 누수	양호

13.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

13.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

13.2.5 시설물 보수 이력

【표 13.2.2】 서문11교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

13.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 13.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

13.3 현장조사

13.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



연단거리 측정



비파괴시험

【사진 13.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

13.3.2 서울방향 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문11교(서울방향)은 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=55.0m 폭 16.0m(편도)로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경



바닥판 하면 전경

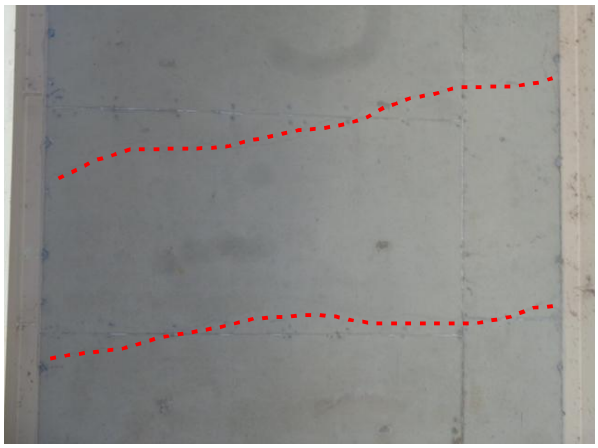
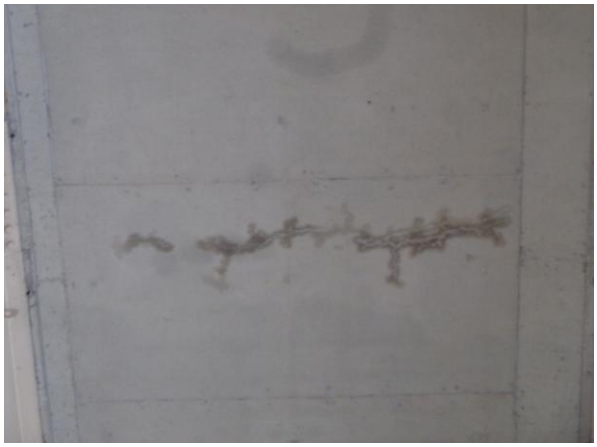
【사진 13.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 국부적인 균열(0.3㎜미만, 이상), 균열부백태가 조사되었다.

【표 13.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)		균열부백태 (㎡/개소)	
S1	1.50	1	4.00	2	0.40	1
합계	1.50	1	4.00	2	0.40	1

	
바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3㎜이상)	바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
바닥판 하면 S1 균열부백태(2.0×0.2)	바닥판 하면 S1 균열부백태(2.0×0.2)

【사진 13.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 바닥판하면에 조사된 균열(0.3㎜미만, 이상), 균열부백태는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 주입보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 3열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다.



거더외부 전경



거더내부 전경

【사진 13.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 거더외부 및 내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 13.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	-	-
합계		-	-

【표 13.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 내부	S1	-	-
합계		-	-

	
거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
	
거더내부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 13.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부 및 내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 강재로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 전경	가로보 전경

【사진 13.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 13.3.4】 가로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 13.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 서문11교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 13.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 박락, 누수흔적이 조사되었다.

【표 13.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	박락 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)	
A1	0.04	2	10.00	2
A2	-	-	-	-
합계	0.04	2	10.00	2

	
A2 날개벽 우측 박락(0.1×0.2 ×2EA)	A2 날개벽 우측 박락(0.1×0.2 ×2EA)
	
A2 누수흔적(1.0×5.0 ×2EA)	A2 상태 양호

【사진 13.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

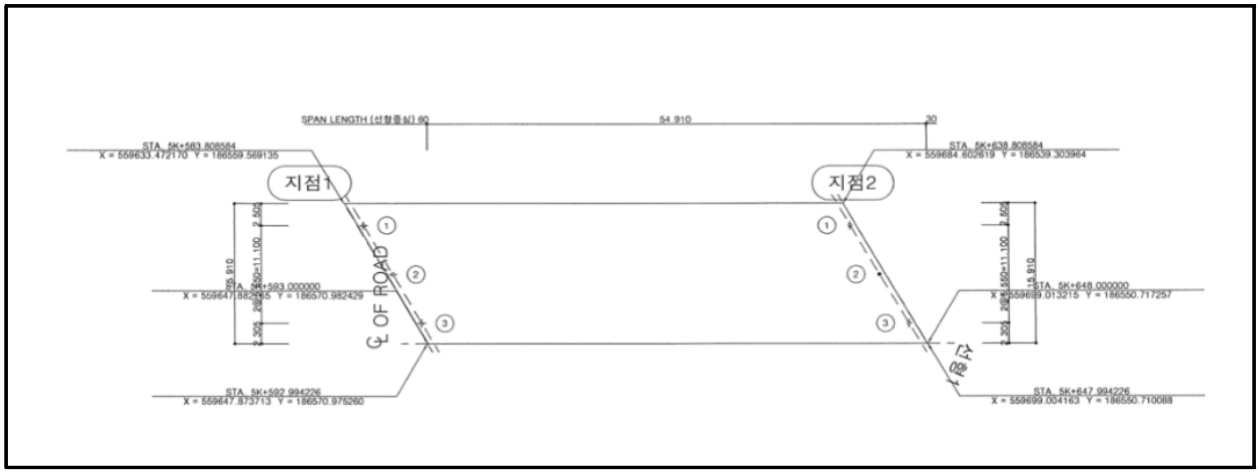
4) 검토의견

- 교대에 조사된 박락, 누수흔적은 시공미흡, 다짐불량, 외부충격, 신축이음부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 단면보수, 정비(신축이음과 연계) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 서문11교의 받침은 포트받침으로 총 6기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 13.3.1】 교량받침 배치도



포트받침(일방향) 전경	포트받침(양방향) 전경	포트받침(고정) 전경

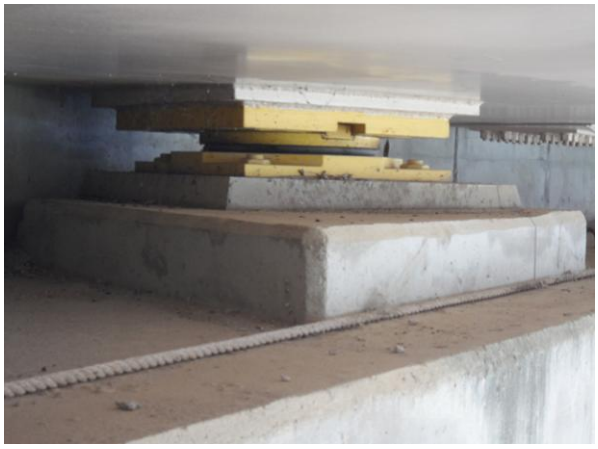
【사진 13.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 13.3.6】 교량받침 현장조사 결과

구분	여유량 부족 (개소)	
A1	3.00	3
A2	-	-
합계	3.00	3



A1-Sh2 상태 양호



A1-Sh3 상태 양호



A2-Sh1 상태 양호



A2-Sh2 상태 양호

【사진 13.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

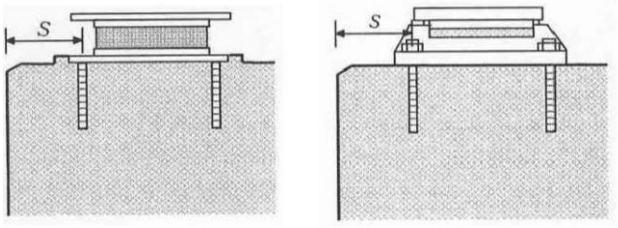
4) 검토의견

■ 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가손상 발생 여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.

5) 연단거리 검토

■ 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.

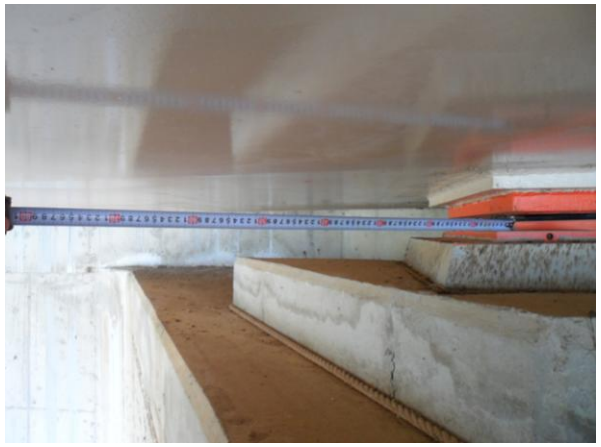
■ 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 13.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 13.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=55.0m) : 200+5×55.0 = 475(㎜)

【표 13.3.7】 연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)			검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	
A1	475	560	560	570	O.K
A2	475	670	670	680	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 13.3.13】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 13.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	44.8	15.2	0.000012	55.0	29.6	10.0	
A2	고정단						
1) 조사당시 온도 : 24.8℃(조사일 : 2022년 08월 24일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 13.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용 변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	70(A1)	120	-20	29.6	10.0	±50	N.G
	SH2	70(A1)	120	-20			±50	N.G
	SH3	70(A1)	120	-20			±50	N.G
A2		고정단						
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 온도변화에 따른 신장시 가동여유량을 확보하지 못하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 모두 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

【사진 13.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 후타재 망상균열, 하부 누수가 조사되었다.

【표 13.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 망상균열 (㎡/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	8.40	2	0.50	1
A2 (EXP J2)	8.40	2	-	-
합계	16.80	4	0.50	1

	
A1 후타재 망상균열(0.4×12.0)	A2 후타재 망상균열(0.4×12.0)
	
A1 하부 누수	A2 본체 상태 양호

【사진 13.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

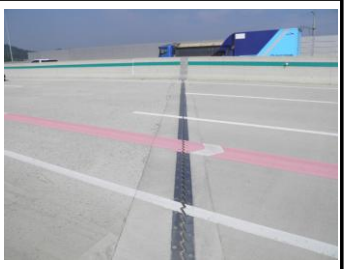
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 망상균열, 하부 누수의 경우, 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10^{-5}, α(콘크리트): 1.0×10^{-5}
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 12. 기온 적용: 13.5℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−13.5℃ = 26.5℃
△T(수축시) : −20.0℃−(13.5℃) = 33.5℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α (/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 13.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 13.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	33.5	26.5	0.000012	55.0	22.1	17.5	25	30	20	
A2	고정단									
1) 조사당시 온도 : 13.5℃(조사일 : 2022년 10월 12일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 13.3.12】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	22.1	17.5	25	60	12.90	7.50	O.K
	바닥판			30	-	-	12.5	O.K
	거더			20	-	-	2.5	O.K
A2		고정단						
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 서문11교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어 있다.

	
교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

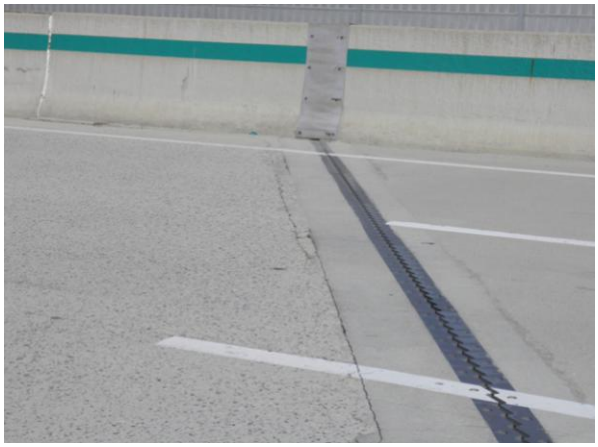
【사진 13.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장에 대한 현장조사 결과 본선은 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 접속도로 파손이 조사되었다.

【표 13.3.13】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 파손 (㎡/개소)	
S1	2.75	4
합계	2.75	4

	
S1(A1) 접속도로 파손(0.1×0.1 ×2EA)	S1(A1) 접속도로 파손(0.3×4.0)
	
S1(A2) 접속도로 파손(0.3×4.5)	S1 교면포장 상태 양호

【사진 13.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장은 전반적으로 양호한 상태이나 조사된 접속도로 파손의 경우 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문11교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 13.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 13.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 13.3.20】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조이며, 방호벽 상면에 방음벽이 설치되어있다.

	
방호벽 전경	중앙분리대 전경

【사진 13.3.21】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 균열(0.3㎜미만)이 조사되었다.

【표 13.3.15】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
S1	24.00	24
합계	24.00	24

	
S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
방음벽 상태 양호	중앙분리대 상태 양호

【사진 13.3.22】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열(0.3㎜미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

차. 교량 점검시설

■ 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

카. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “서울방향 현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “서울방향 현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13.3.3 문산방향 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문11교(문산방향)은 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=70.0m 폭 16.0m(편도)로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경



바닥판 하면 전경

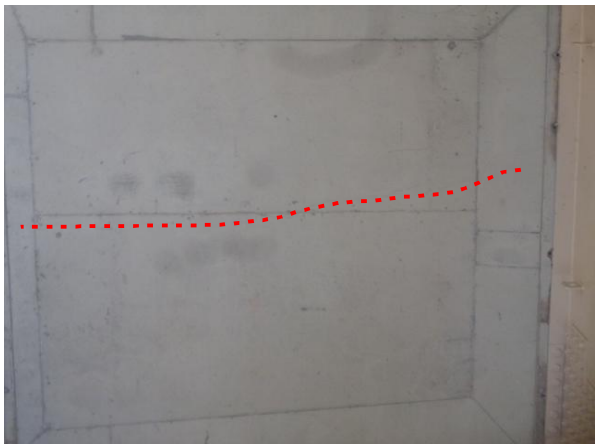
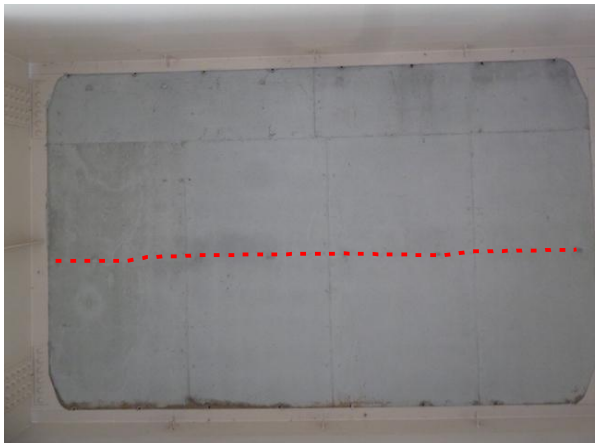
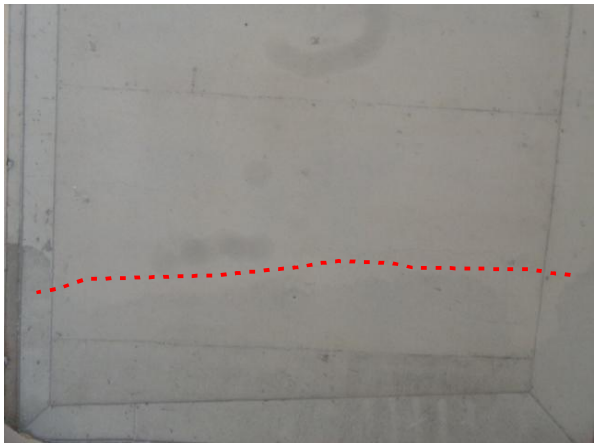
【사진 13.3.23】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 균열(0.3㎜미만), 망상균열이 조사되었다.

【표 13.3.16】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
S1	48.60	15	40.00	4
합계	48.60	15	40.00	4

	
바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3㎜미만)	바닥판 하면 S1 망상균열(5.0×2.0)
	
바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3㎜미만)	바닥판 하면 상태양호

【사진 13.3.24】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3㎜미만), 망상균열은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 3열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다.



거더외부 전경



거더내부 전경

【사진 13.3.25】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 거더외부에 국부적인 도장긁힘이 조사되었으며, 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 13.3.17】 거더외부 현장조사 결과

구분		도장긁힘 (㎡/개소)	
거더 외부	S1	0.11	3
합계		0.11	3

【표 13.3.18】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 내부	S1	-	-
합계		-	-

	
S1-G1 도장긁힘(0.1×0.5 ×2EA)	S1-G1 도장긁힘(0.1×0.5 ×2EA)
	
S1-G1 도장긁힘(0.1×0.5 ×2EA)	S1-G1 도장긁힘(0.1×0.1)

【사진 13.3.26】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더외부에 발생한 도장긁힘은 물리적 충격, 시공 미흡 등에 의한 것으로 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위한 재도장을 실시하는 것이 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 강재로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 전경	가로보 전경

【사진 13.3.27】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 13.3.19】 가로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 13.3.28】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 서문11교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 13.3.29】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 13.3.20】 교대 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
A1 상태 양호	A2 상태 양호

【사진 13.3.30】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

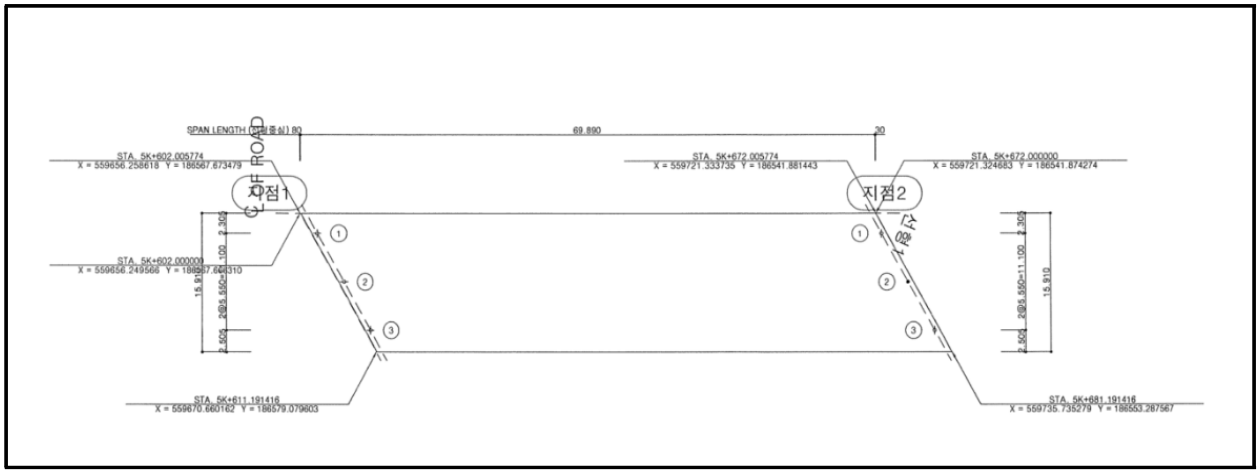
4) 검토의견

- 교대는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 서문11교의 받침은 포트받침으로 총 6기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 13.3.3】 교량받침 배치도



포트받침(일방향) 전경



포트받침(양방향) 전경



포트받침(고정) 전경

【사진 13.3.31】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 받침몰탈 박리가 조사되었다.

【표 13.3.21】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 박리 (㎡/개소)		여유량 부족 (개소)	
A1	-	-	3.00	3
A2	0.30	3	-	-
합계	0.30	3	3.00	3



A2-Sh2 받침몰탈 박리(0.2×0.5 ×3EA)



A2-Sh2 받침몰탈 박리(0.2×0.5 ×3EA)



A1-Sh2 상태 양호



A1-Sh3 상태 양호

【사진 13.3.32】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

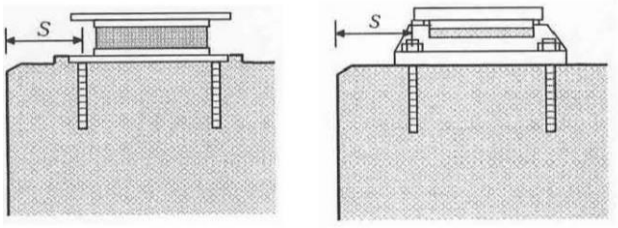
4) 검토의견

■ 교량받침에 발생한 받침몰탈 박리는 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 것으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 연단거리 검토

■ 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.

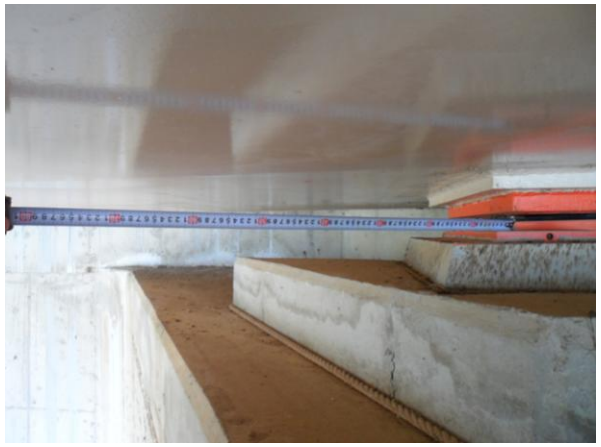
■ 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 13.3.4】도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 13.3.33】교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=70.0m) : 200+5×70.0 = 550(㎜)

【표 13.3.22】 연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)			검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	
A1	550	580	580	580	O.K
A2	550	680	670	680	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 13.3.34】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 13.3.23】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	44.8	15.2	0.000012	70.0	37.6	12.8	
A2	고정단						
1) 조사당시 온도 : 24.8℃(조사일 : 2022년 08월 24일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 13.3.24】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용 변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	70(A1)	120	-20	37.6	12.8	±50	N.G
	SH2	70(A1)	120	-20			±50	N.G
	SH3	70(A1)	120	-20			±50	N.G
A2		고정단						
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 온도변화에 따른 신장시 가동여유량을 확보하지 못하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 모두 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

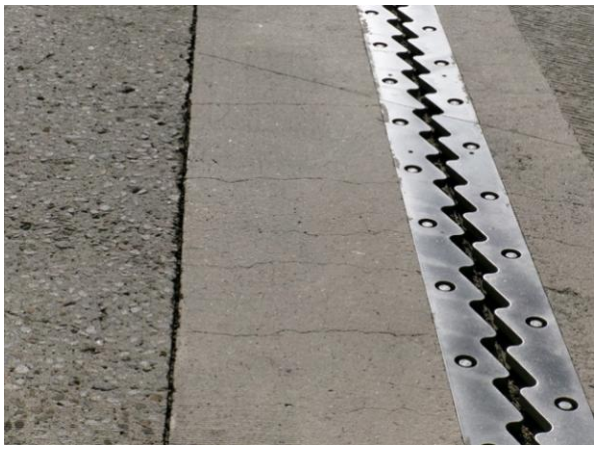
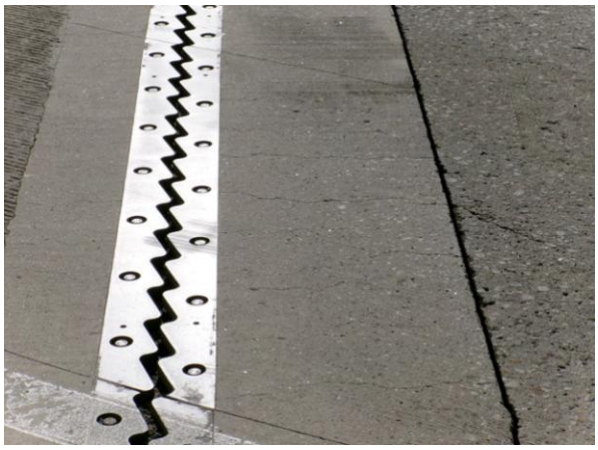
【사진 13.3.35】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 후타재 균열, 하부 누수가 조사되었다.

【표 13.3.25】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	7.20	18	0.50	1
A2 (EXP J2)	7.20	18	-	-
합계	14.40	36	0.50	1

	
A1 하부 누수(L=0.5m)	A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
A2 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	A2 하부 상태 양호

【사진 13.3.36】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 하부 누수의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차 부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ $\Delta lt = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$
여기서, Δlt : 온도변화에 의한 이동량
ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10^{-5}, α(콘크리트): 1.0×10^{-5}
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 18. 기온 적용: 9.4℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−9.4℃ = 30.6℃
△T(수축시) : −20.0℃−(9.4℃) = 29.4℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 13.3.37】 신축이음 유간 측정방법

【표 13.3.26】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	29.4	30.6	0.000012	70.0	24.7	25.7	47	90	28	
A2	고정단									
1) 조사당시 온도 : 13.5℃(조사일 : 2022년 10월 12일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 13.3.27】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	24.7	25.7	47	80	8.30	21.30	O.K
	바닥판			90	-	-	64.3	O.K
	거더			28	-	-	2.3	O.K
A2		고정단						
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 본교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.

	
교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

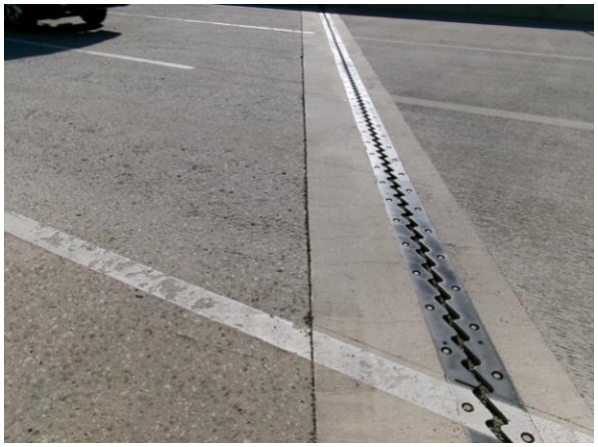
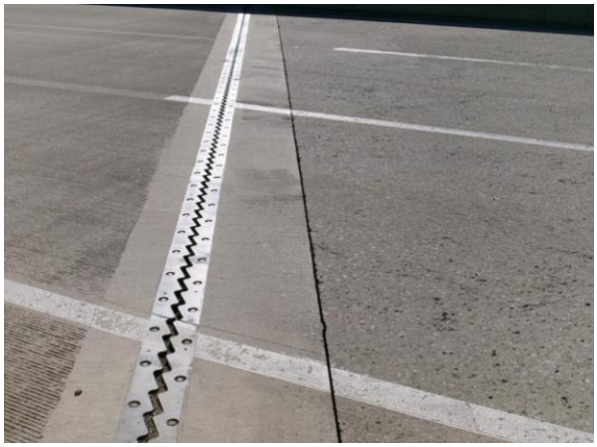
【사진 13.3.38】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장에 대한 현장조사 결과 망상균열, 접속부 이격이 조사되었다.

【표 13.3.28】 교면포장 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		접속부 이격 (m/개소)	
S1	495.00	1	26.00	2
합계	495.00	1	26.00	2

	
S1 망상균열(55.0×9.0)	S1 망상균열(55.0×9.0)
	
S1(A1) 접속부 이격(L=13.0m)	S1(A2) 접속부 이격(L=13.0m)

【사진 13.3.39】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장에 조사된 망상균열, 접속부 이격의 경우 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 표면보수(재포장), 실링재 충전 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문11교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 13.3.40】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 13.3.29】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 13.3.41】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조이며, 방호벽 상면에 방음벽이 설치되어있다.

	
방호벽 전경	중앙분리대 전경

【사진 13.3.42】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 균열(0.3㎜미만)이 조사되었다.

【표 13.3.30】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
S1	1.0	1
합계	1.0	1

	
S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
방음벽 상태 양호	중앙분리대 상태 양호

【사진 13.3.43】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열(0.3㎜미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

차. 교량 점검시설

■ 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

카. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “문산방향 현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “문산방향 현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13.3.4 현장조사 총괄표

【표 13.3.31】 손상내용 총괄표(서울방향)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	1.50	1	
		균열(0.3㎜이상)	m	4.00	2	
		균열부백태	㎡	0.40	1	
거더	외부	상태양호	-	-	-	
	내부	상태양호	-	-	-	
가로보		상태양호	-	-	-	
교대		박락	㎡	0.04	2	
		누수흔적	㎡	10.00	2	
교량받침		여유량 부족	EA	3.00	3	
신축이음		후타재 망상균열	㎡	16.80	4	
		하부 누수	m	0.50	1	
교면포장		접속도로 파손	㎡	2.75	4	
배수시설		상태양호	-	-	-	
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	24.00	24	

【표 13.3.32】 손상내용 총괄표(문산방향)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	48.60	15	
		균열(0.3㎜이상)	m	48.60	15	
거더	외부	도장긁힘	㎡	0.11	3	
	내부	상태양호	-	-	-	
가로보		상태양호	-	-	-	
교대		상태양호	-	-	-	
교량받침		받침몰탈 박리	㎡	0.30	3	
		여유량 부족	EA	3.00	3	
신축이음		후타재 균열	m	14.40	36	
		하부 누수	m	0.50	1	
교면포장		망상균열	㎡	495.00	1	
		접속부 이격	m	26.00	2	
배수시설		상태양호	-	-	-	
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	1.0	1	

13.3.5 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

13.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

13.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 13.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	2	2	2	2	방향별 각각
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



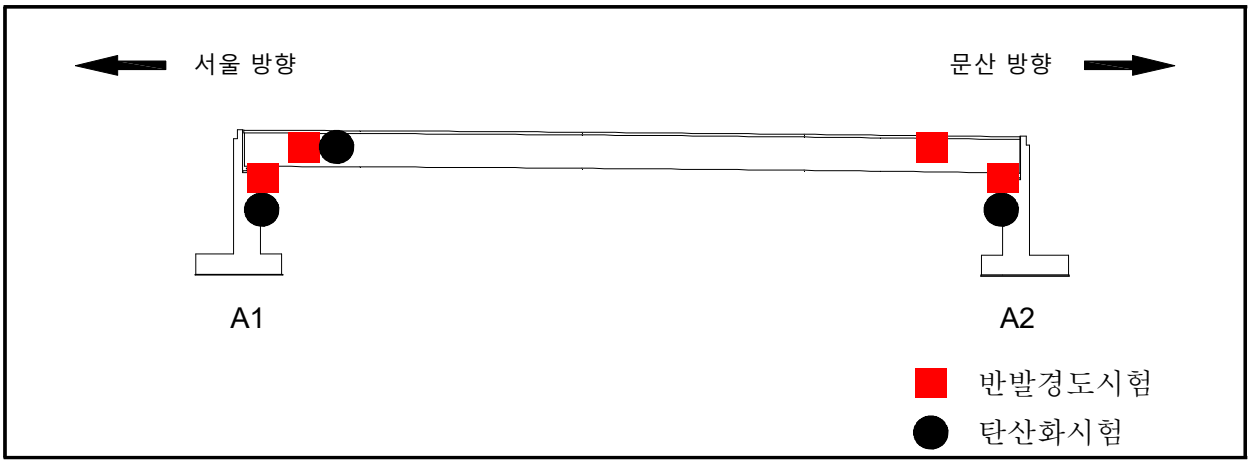
반발경도 시험 현황



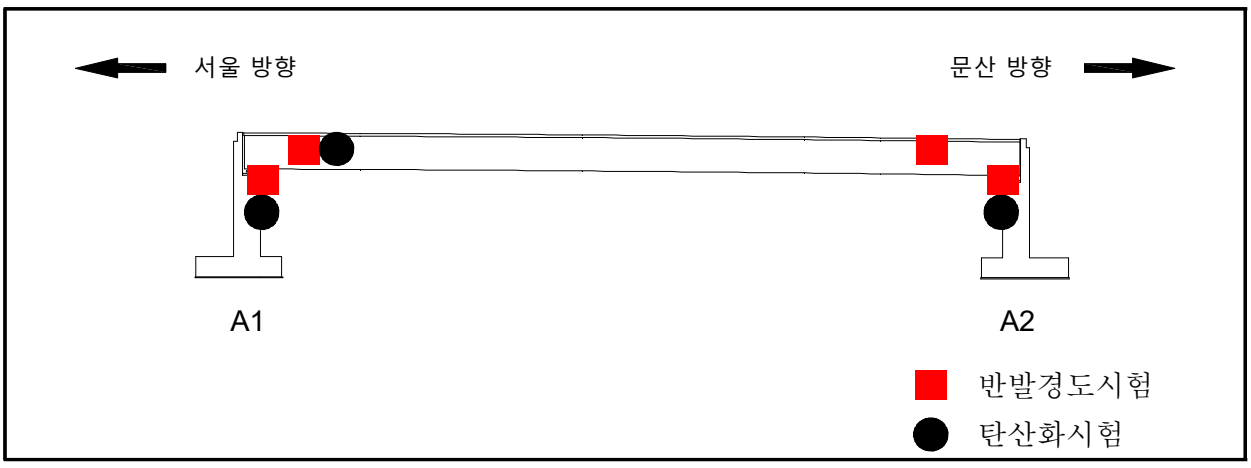
탄산화깊이 측정 현황

【사진 13.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 13.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(서울방향)



【그림 13.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(문산방향)

13.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 각 방향별로 상·하부구조에서 반발경도시험(각 2개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 13.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(서울방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1(A1)	바닥판	46.3	27.3	28.8	0.67	27.0	
	S1(A2)	바닥판	46.5	27.5	28.8			

【표 13.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(서울방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	흉벽	43.5	24.9	27.4	0.67	24.0	
	A2	흉벽	44.5	25.8	27.9			

【표 13.4.4】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(문산방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1(A1)	바닥판	46.7	27.7	28.9	0.67	27.0	
	S1(A2)	바닥판	46.4	27.4	28.8			

【표 13.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(문산방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	흉벽	43.3	24.8	27.3	0.67	24.0	
	A2	흉벽	44.0	25.4	27.7			

- 서울방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.8㎫, 하부구조 교대 24.9~27.9㎫로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 문산방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.4~28.9㎫, 하부구조 교대 24.8~27.7㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 13.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석(서울방향)

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.3~28.8	27.0	101.2~106.8
하부구조	교대	24.9~27.9	24.0	103.8~116.1

【표 13.4.7】 비파괴강도 시험결과 분석(문산방향)

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.4~28.9	27.0	101.4~107.2
하부구조	교대	24.8~27.7	24.0	103.3~115.2

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 13.4.8】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가(서울방향)

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	A2 흉벽	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a

【표 13.4.9】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가(문산방향)

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	A2 흉벽	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a

- 서울방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.
- 문산방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 13.4.10】 탄산화 시험결과 분석(서울방향)

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	2.0	38.0	
하부구조	2.0~3.0	97.0~98.0	

【표 13.4.11】 탄산화 시험결과 분석(문산방향)

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	2.0	38.0	
하부구조	2.0~3.0	97.0~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 13.4.12】 금회 점검 내구성조사 결과요약(서울방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.8	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.9~27.9	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

【표 13.4.13】 금회 점검 내구성조사 결과요약(문산방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.4~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.8~27.7	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

13.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

13.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 13.5.1】 상태평가 결과표(서울방향)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	c	a	a	a	a	b	c	a	b	q	a	a
	A2								c	a	a	q	–	a
평균			0.400	0.100	0.100	0.100	0.100	0.200	0.400	0.100	0.150	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.072	0.020	0.005	0.007	0.003	0.004	0.036	0.009	0.030	–	0.004	0.003
													0.193	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.193) < 0.260

【표 13.5.2】 상태평가 결과표(문산방향)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	b	b	a	d	a	b	b	a	a	q	a	a
	A2								b	c	a	q	–	a
평균			0.200	0.200	0.100	0.700	0.100	0.200	0.200	0.250	0.100	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.040	0.005	0.049	0.003	0.004	0.018	0.023	0.020	–	0.004	0.003
													0.205	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.205) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 13.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분		환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문11교	서울	0.193	B	55	2	110	0.440	0.085
	문산	0.205	B	70	2	140	0.560	0.115
합계(Σ)				125	4	250	1.000	0.199
1. 평가지수 =								0.199
2. 상태평가결과 =								B

13.5.2 기 점검 결과와의 비교

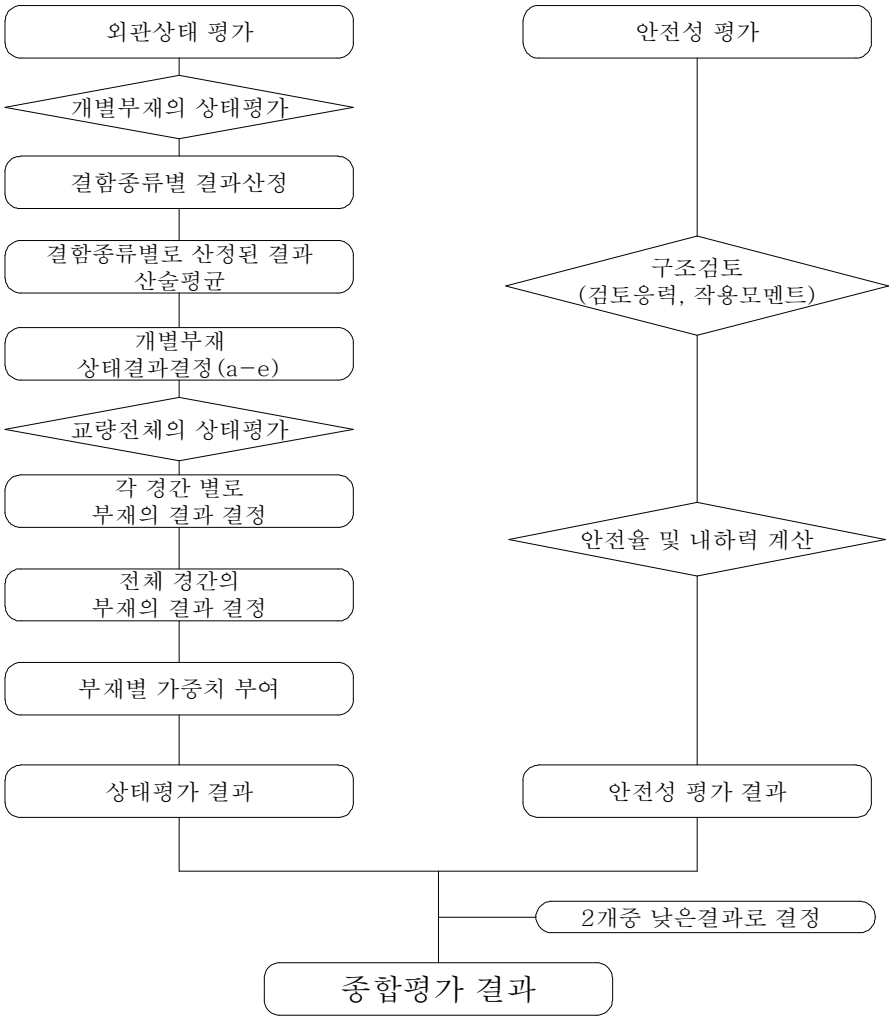
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

13.6 종합평가 및 안전등급 지정

13.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 13.6.1】 종합평가 결과 산정절차

13.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 13.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문11교	0.199	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

13.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 13.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

13.7 보수·보강 및 유지관리방안

13.7.1 보수·보강 방안

【표 13.7.1】 손상별 보수·보강 방안(서울방향)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	1.50	1	표면처리	하자
		균열(0.3㎜이상)	m	4.00	2	주입보수	하자
		균열부백태	㎡	0.40	1	표면처리	하자
거더	외부	상태양호	-	-	-	-	-
	내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		박락	㎡	0.04	2	단면보수	하자
		누수흔적	㎡	10.00	2	표면처리	하자
교량받침		여유량 부족	EA	3.00	3	정비(재설치)	하자
신축이음		후타재 망상균열	㎡	16.80	4	표면처리	하자
		하부 누수	m	0.50	1	정비(재설치)	하자
교면포장		접속도로 파손	㎡	2.75	4	단면보수	하자
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	24.00	24	표면처리	하자

【표 13.7.2】 손상별 보수·보강 방안(문산방향)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	48.60	15	표면처리	하자
		균열(0.3㎜이상)	m	48.60	15	주입보수	하자
거더	외부	도장긁힘	㎡	0.11	3	재도장	하자
	내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		상태양호	-	-	-	-	-
교량받침		받침몰탈 박리	㎡	0.30	3	단면보수	하자
		여유량 부족	EA	3.00	3	정비(재설치)	하자
신축이음		후타재 균열	m	14.40	36	표면처리	하자
		하부 누수	m	0.50	1	정비(재설치)	하자
교면포장		망상균열	㎡	495.00	1	표면처리 (재포장)	하자
		접속부 이격	m	26.00	2	실링재 충전	하자
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	1.0	1	표면처리	하자

13.7.2 개략공사비

【표 13.7.3】 개략공사비(서울방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	균열(0.3㎜미만)	표면처리	1.50	0.38	㎡	-	-	하자
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	4.00	6.00	m	-	-	하자
	균열부백태	표면처리	0.40	0.60	㎡	-	-	하자
교대	박락	단면보수	0.04	0.06	㎡	-	-	하자
	누수흔적	표면처리	10.00	15.00	㎡	-	-	하자
교량받침	여유량 부족	정비(재설치)	3.00	3.00	EA	-	-	하자
신축이음	후타재 망상균열	표면처리	16.80	25.20	㎡	-	-	하자
	하부 누수	정비(재설치)	0.50	0.75	m	-	-	하자
교면포장	접속도로 파손	단면보수	2.75	4.13	㎡	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	24.00	6.00	㎡	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

【표 13.7.4】 개략공사비(문산방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	균열(0.3㎜미만)	표면처리	48.60	12.15	㎡	-	-	하자
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	48.60	72.90	m	-	-	하자
거더외부	도장긁힘	재도장	0.11	0.17	㎡	-	-	하자
교량받침	받침몰탈 박리	단면보수	0.30	0.45	㎡	-	-	하자
	여유량 부족	정비(재설치)	3.00	3.00	EA	-	-	하자
신축이음	후타재 균열	표면처리	14.40	3.60	㎡	-	-	하자
	하부 누수	정비(재설치)	0.50	0.75	m	-	-	하자
교면포장	망상균열	표면처리	495.00	742.50	㎡	-	-	하자
	접속부 이격	실링재 충전	26.00	39.00	m	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	1.00	0.25	㎡	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

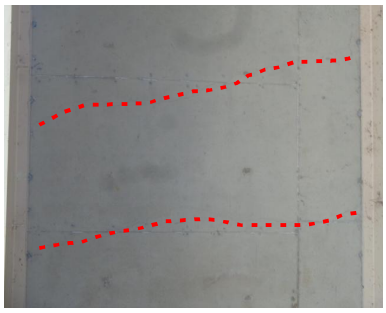
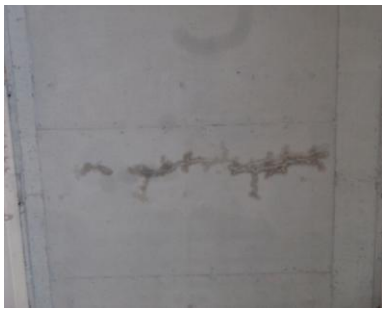
13.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 13.7.5】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

① 바닥판 하면 균열(0.3㎜ 이상) 및 균열부백태 – 진전 여부확인



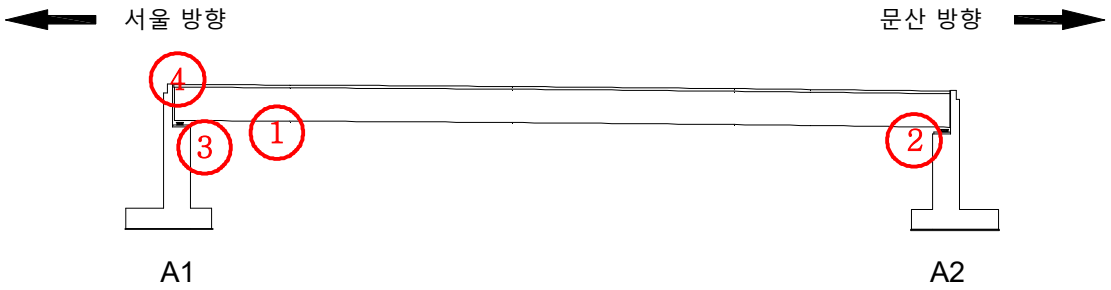
② 교량받침 받침몰탈 박리 – 진전 여부확인




③ 교량받침 A1 가동여유량 부족 - 주기적인 계측 필요



④ 신축이음 A1 하부 누수 – 진전 여부확인



13.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 흥도로 425-19 (성사동)에 위치한 교량으로 총 연장 70.0m, 폭 32.0m의 STB 거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

13.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험(서울방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3㎜미만, 이상), 균열부백태는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 주입보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- 거더외부 및 내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 조사된 박락, 누수흔적은 시공미흡, 다짐불량, 외부충격, 신축이음부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 단면보수, 정비(신축이음과 연계) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교량받침

- 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가손상 발생 여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 온도변화에 따른 신장시 가동여유량을 확보하지 못하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

6) 신축이음장치

■ 신축이음에 발생한 후타재 망상균열, 하부 누수의 경우, 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

■ 교면포장은 전반적으로 양호한 상태이나 조사된 접속도로 파손의 경우 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

8) 배수시설

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

■ 방호벽에 발생한 균열(0.3㎜미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

10) 교량 점검시설

■ 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

11) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12) 내구성조사

- 서울방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.8㎫, 하부구조 교대 24.9~27.9㎫로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 서울방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 현장조사 및 시험(영천방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3㎜미만), 망상균열은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더외부에 발생한 도장긁힘은 물리적 충격, 시공미흡 등에 의한 것으로 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위한 재도장을 실시하는 것이 요구된다.

3) 가로보

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교량받침

- 교량받침에 발생한 받침몰탈 박리는 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 것으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 온도변화에 따른 신장시 가동여유량을 확보하지 못하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

6) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 하부 누수의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차 부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 교면포장에 조사된 망상균열, 접속부 이격의 경우 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 표면보수(재포장), 실링재 충전 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

8) 배수시설

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열(0.3㎜미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

10) 교량 점검시설

- 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

11) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12) 내구성조사

■ 문산방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.4~28.9㎫, 하부구조 교대 24.8~27.7㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

■ 문산방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

다. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 서문11교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.199인 “B” 로 산정되었다.

라. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문11교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

13.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

13.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

14. 서문13교

14.1 시설물 개요
14.2 자료수집 및 분석
14.3 현장조사
14.4 콘크리트 내구성조사
14.5 상태평가
14.6 종합평가 및 안전등급 지정
14.7 보수·보강 및 유지관리 방안
14.8 종합결론

14. 서문13교

14.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 충장로 350번길 160(성사동)에 위치한 교량으로 총 연장 50.8m, 폭 32.0m로 시공되어 있다.

14.1.1 일반사항

【표 14.1.1】서문13교 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000239	관리번호	-	
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 충장로 350번길 160(성사동)	준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		-	노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=50.8m(1경간)			
	폭	B=32.0m, 6차로			
구조형식	상부	Bicon	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형			
교량받침		탄성고무받침	신축이음	뉴모노셀조인트	
교차시설물		-	통과높이	-	
부착시설내용		-	설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		지에스건설㈜	설 계 자	㈜다산컨설턴트	
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체	서울문산고속도로주식회사	

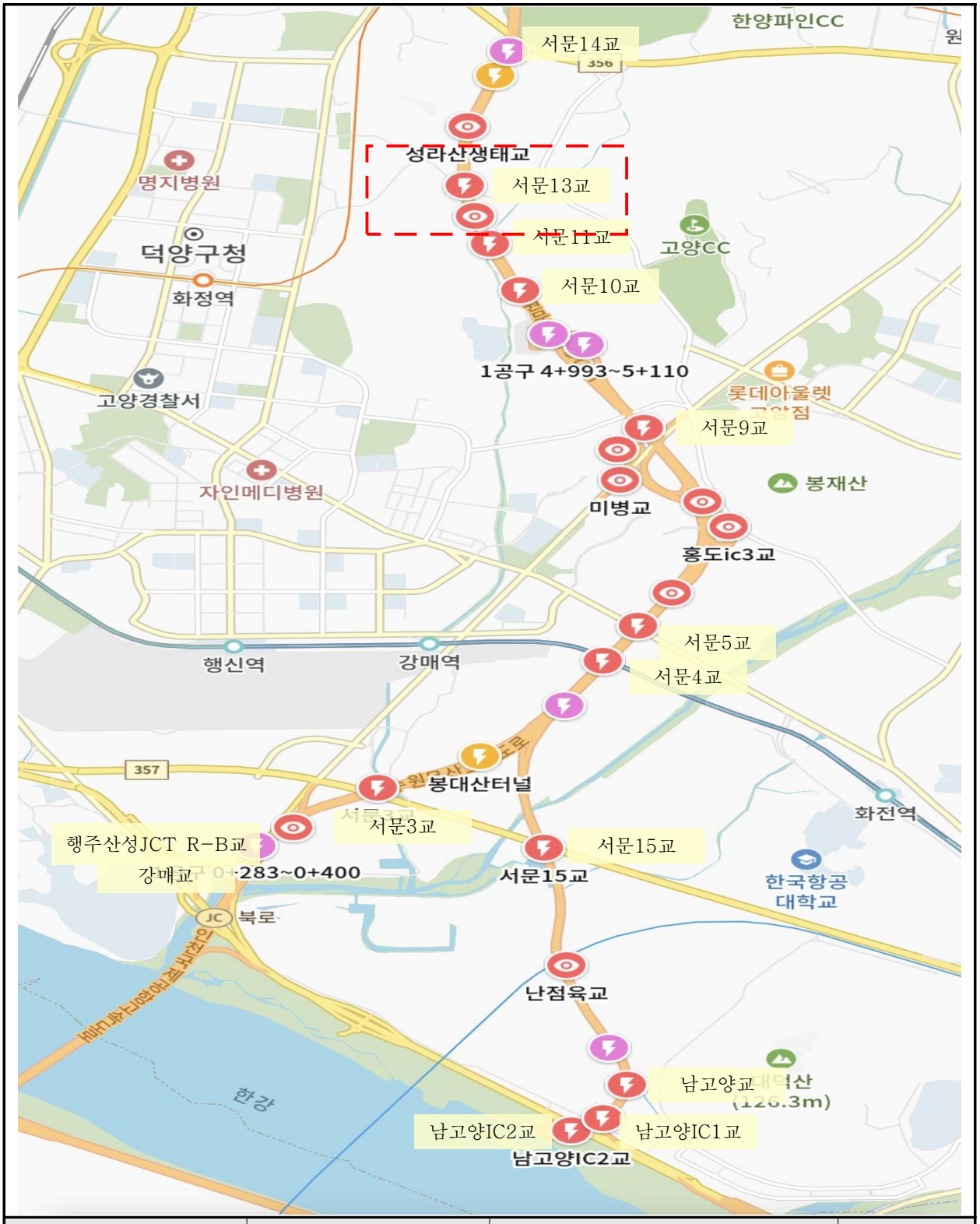


측면 전경



상부 전경

14.1.2 위치도 및 전경사진



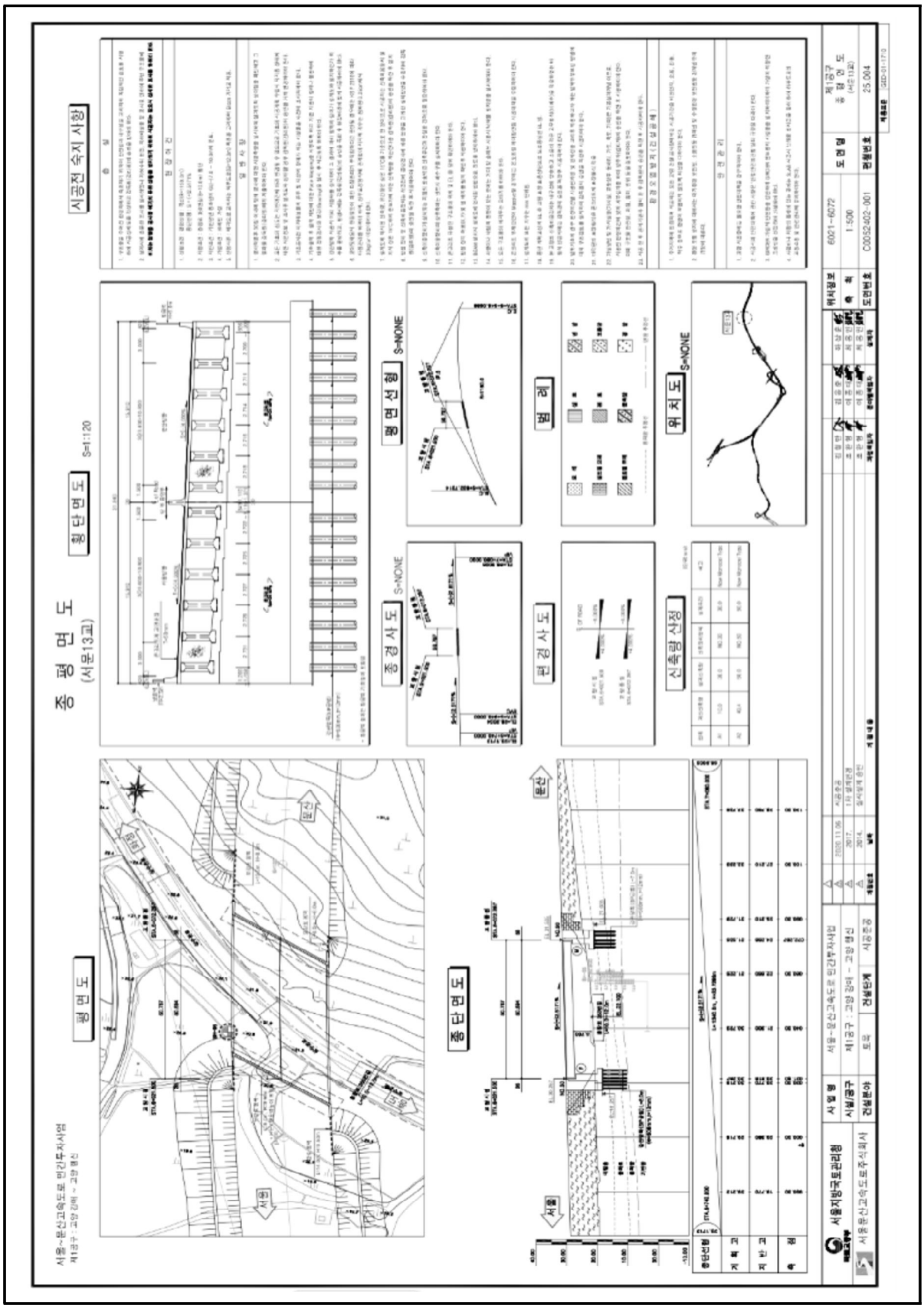
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 14.1.1】 위치도

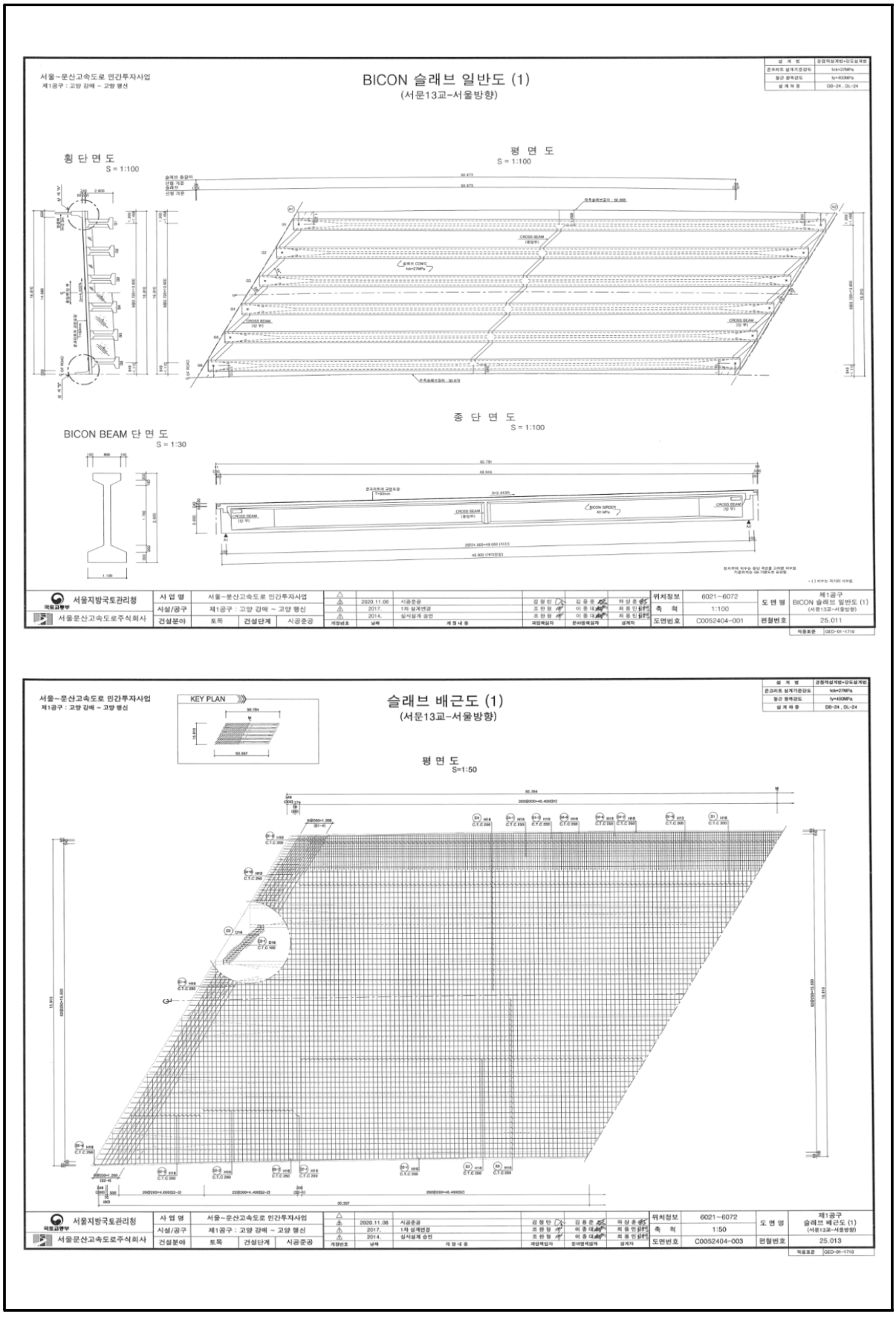
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수관 전경

【그림 14.1.2】 부재별 현황

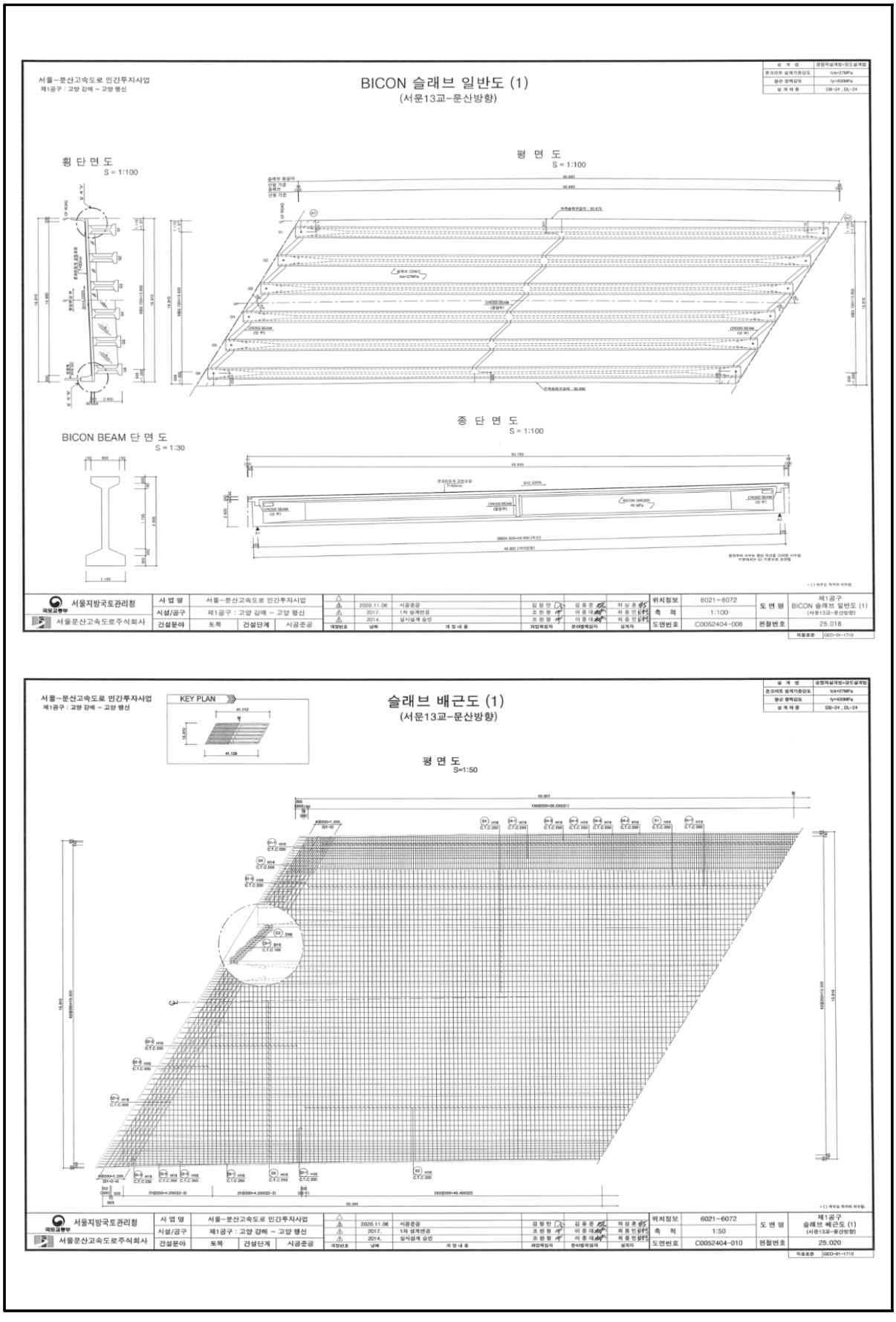
14.1.3 시설물 일반도



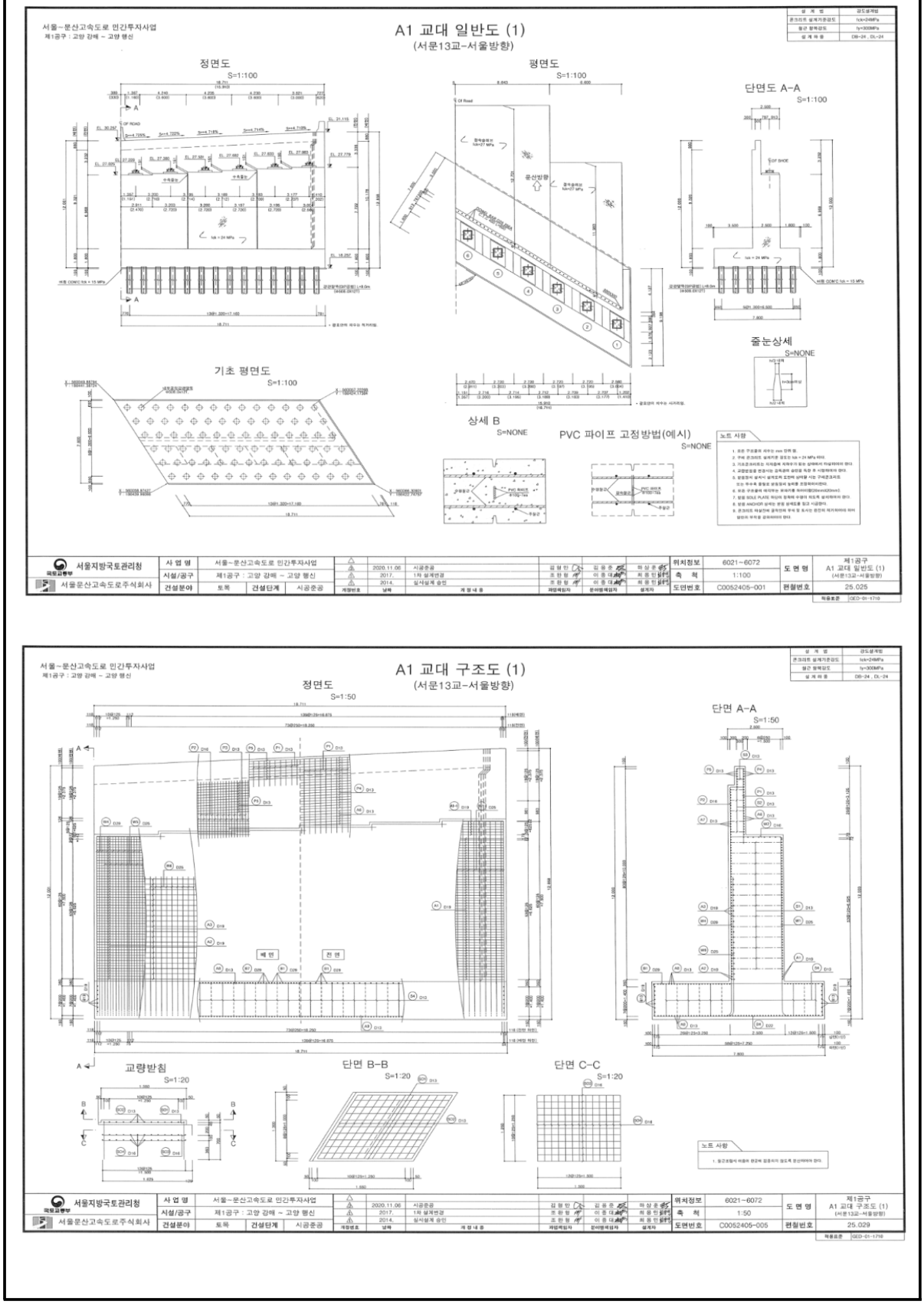
【그림 14.1.3】 평면 및 종단면도



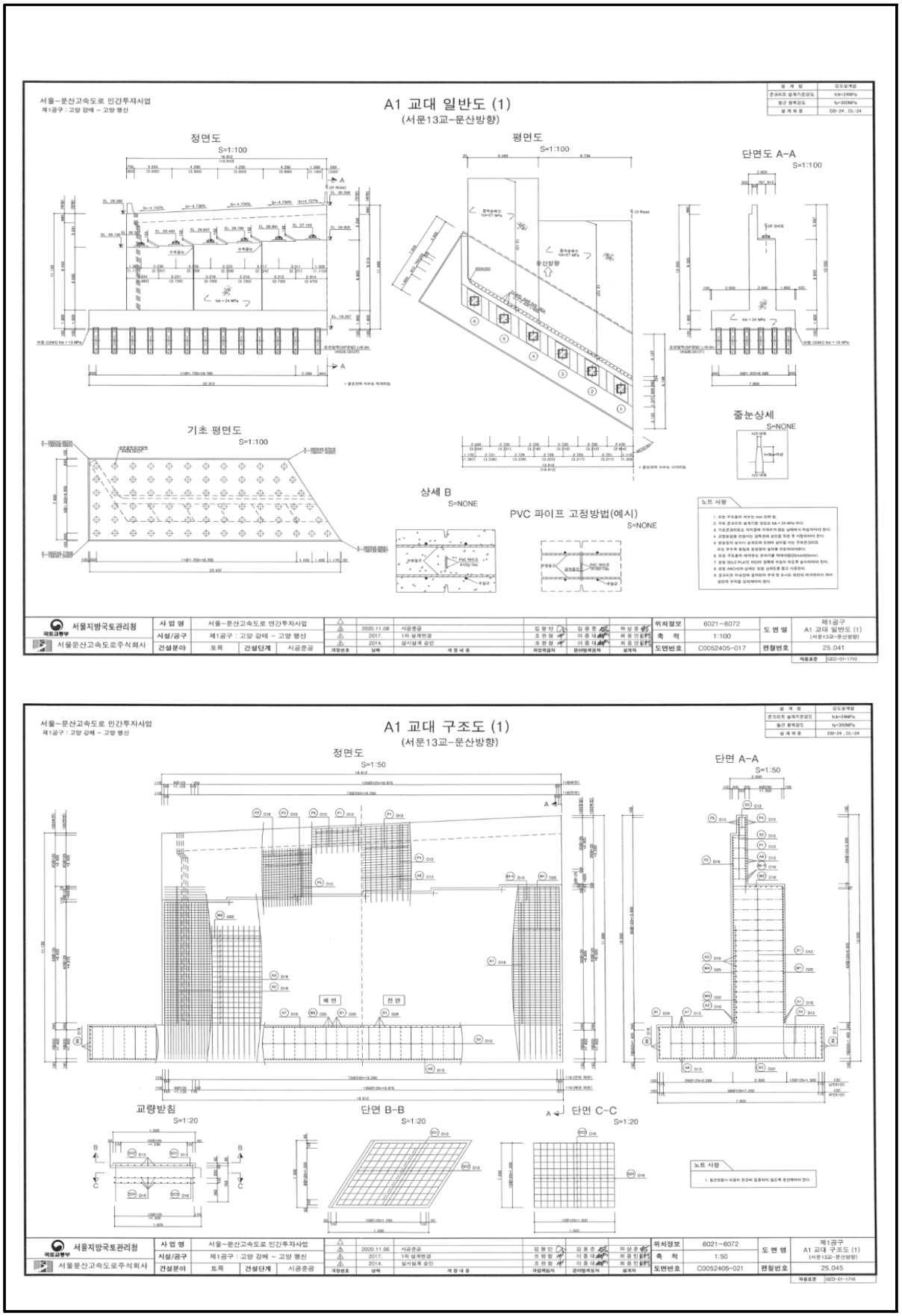
【그림 14.1.4】 바닥판하면 일반도 및 상세도(서울방향)



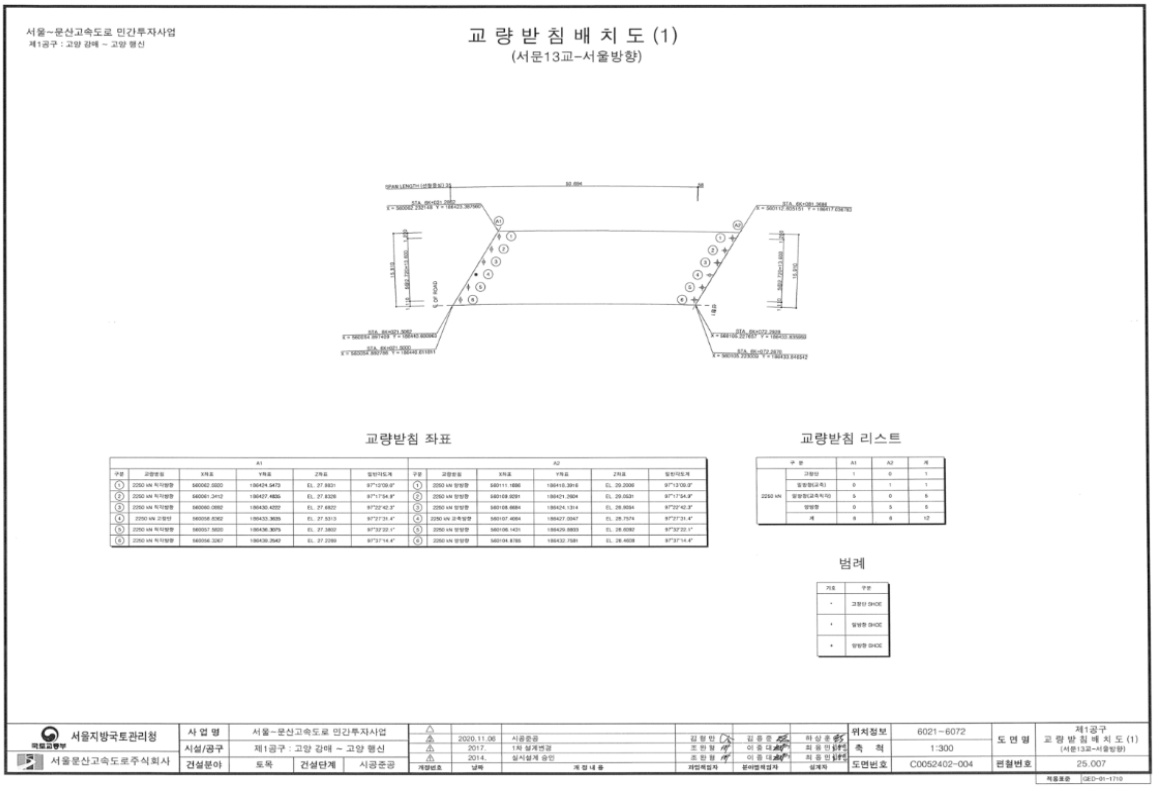
【그림 14.1.5】 바닥판하면 일반도 및 상세도(문산방향)

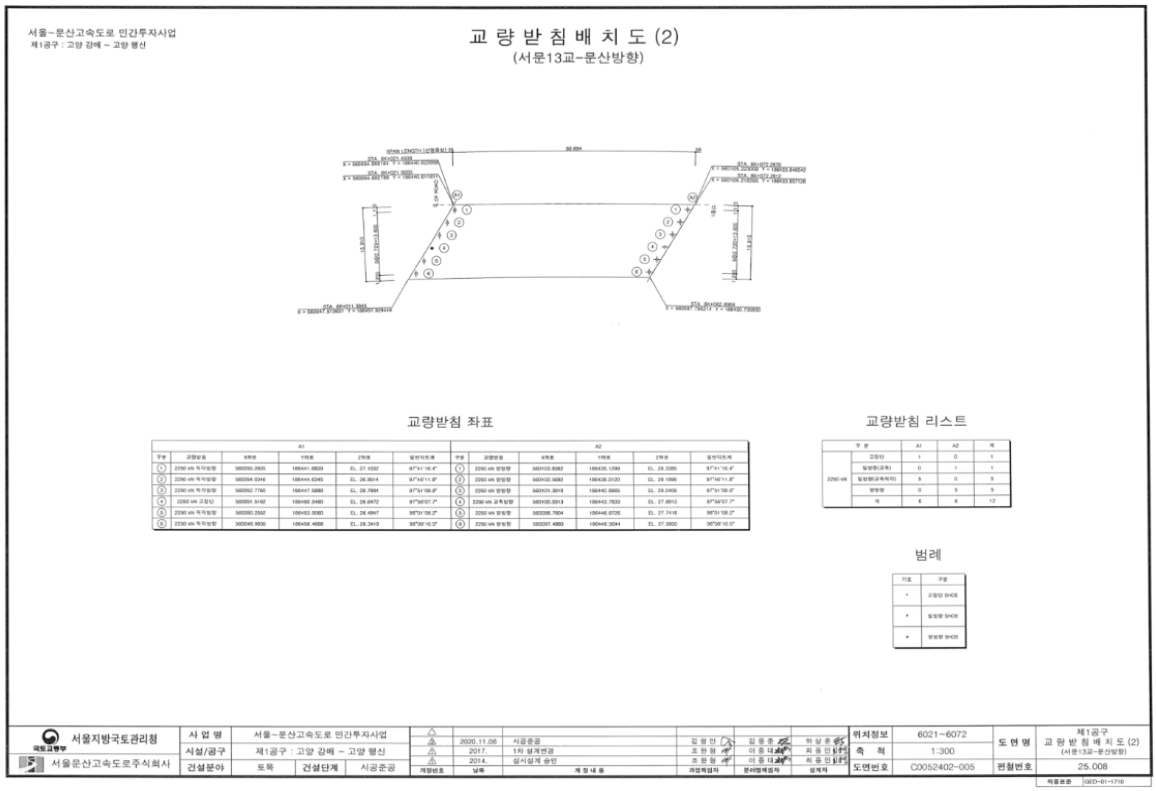


【그림 14.1.6】 교대 일반도 및 구조도(서울방향)



【그림 14.1.7】 교대 일반도 및 구조도(문산방향)





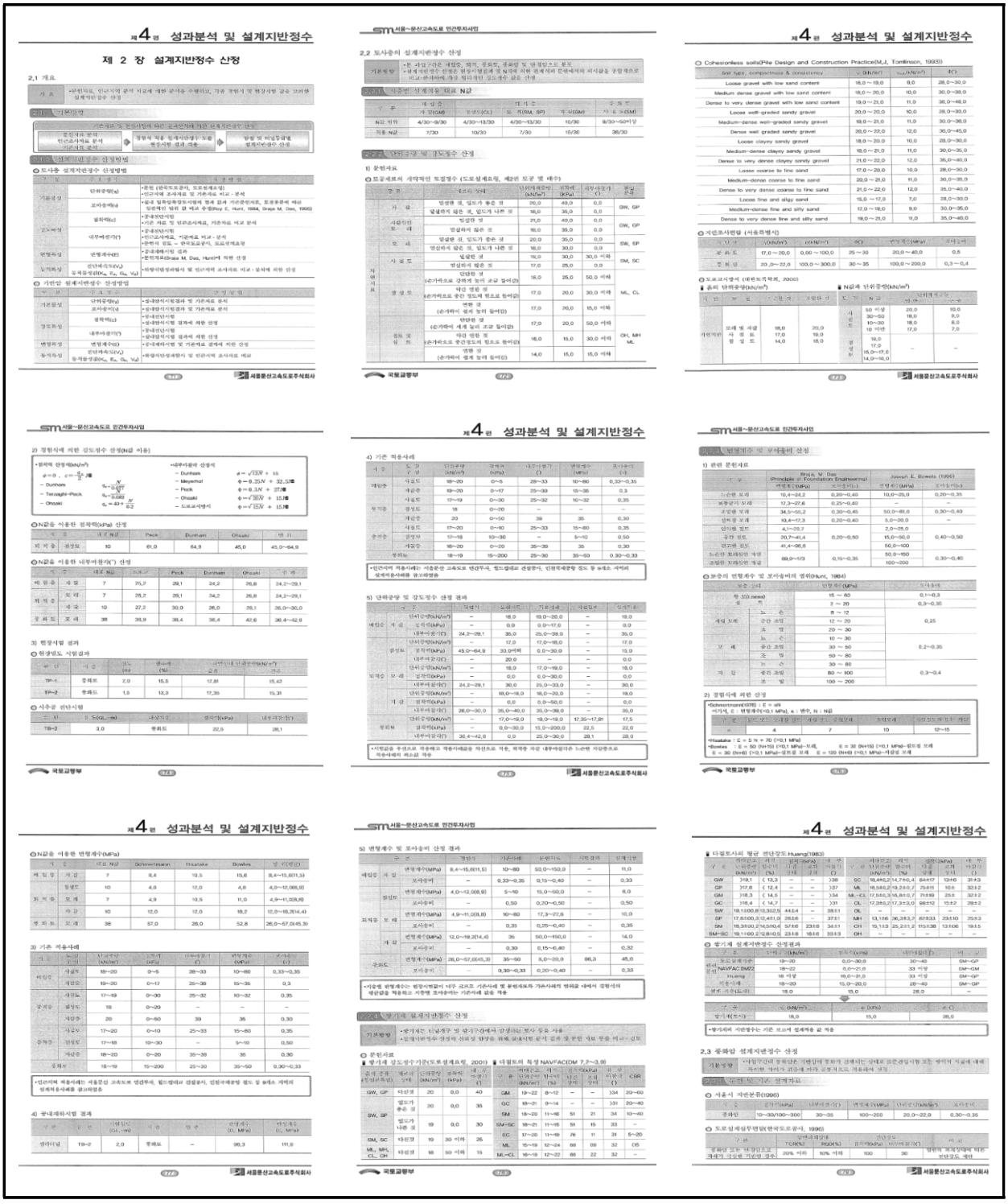
【그림 14.1.8】 교량받침 배치도(서울방향, 문산방향)

14.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

14.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비 고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	–
	2001	20	30	35	–
	2003	19,5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편 암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범 위		19,5~21	10~30	30~36	–

○ 기존 적용사례

구 분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0,30~0,31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공 번	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31,1	31,4	156,1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	–	19,5~22,0	20,0~22,0	–	20,0
포아송비(v)	–	0,20~0,45	0,30~0,31	–	0,30

○ 전단강도 및 변형계수

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	–	10,0~300	20~50	31,1	30,0
내부마찰각(°)	) 39,5	30,0~36,0	30~33	31,4	31,0
변형계수(MPa)	–	200	50,0~350,0	156,1	150,0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 산정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암 석 종 류 (강도)	암반과 회상태 (NX 규격 시추조사시) T.C.R(%)	R.Q.D(%)	암반의 강도정수 φ (°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
	20~30%	10~25%	33°	130
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연 경암	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반명	단위중량 γ (kN/m³)	내부마찰각 φ (°)	변형계수 E_s (MPa)	포아송비 ν
연 암	23~25	30~40	200~400	0,25~0,30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0,25
경 암	25~27	35~45	1,000~4,000	0,20

2) 기존 적용사례

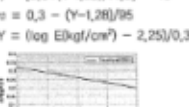
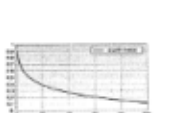
구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	I등급	27	4,200	44~45	18,000	0,21
	II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0,22
	III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0,24
	IV등급	24	800~900	34	1,000	0,25
	V등급	23	400	33	500	0,26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

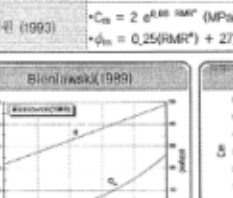
○ 제안자별 경험식

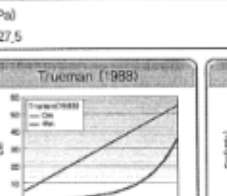
▮ 단위중량 및 포아송비

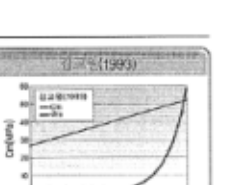
구 분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산 정 식	γ_t (kN/m³) = [2,0+(Y−1,28)/14,3] × 10 ν = 0,3 − (Y−1,28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2,25)/0,35 	ν = −0,17 Ln(RMR')+0,9 

▮ 점착력 및 내부마찰각

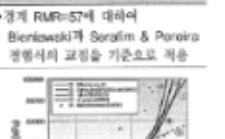
점착력 경험식	관 계 경 험 식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0,051 + 0,008R - 3,346 \times 10^{-5}RMR^2$ •$\phi_m = -0,086 + 0,7891RMR - 0,0031\,RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0,25\,e^{0,05\,RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0,5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2\,e^{0,06\,RMR'}$ (MPa) •$\phi_m = 0,25(RMR') + 27,5$







▮ 변형계수

변형계수 경험식	관 계 경 험 식	적 용 내 용
•Bieniawski (1978)	E_m = 2RMR−100(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\,e^{0,07RMR'}$(GPa) – RMR' : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0,0097\,RMR^{3,54}$ (MPa)	
•Mohammad (1997)	E_m = 0,582 RMR + 0,183 (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구 분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)	포아송비(v) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	26,3	–	0,21	0,15
	II등급	64	25,5	–	0,22	0,19
	III등급	53	24,8	–	0,23	0,22
	IV등급	36	23,8	–	0,24	0,29
	V등급	10	22,1	–	0,27	0,49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구 분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(°) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	V등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구 분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Serafim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1997)
터널구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,800	13,100	12,300
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	–

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구 분	공 번	시험심도 (GL_-m)	지 층	암 종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11,0	연 암	화강암질 편마암	IV	980,3	1,166,2
	TB-3	17,0	연 암	화강암질 편마암	IV	598,9	908,3

○실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16,3~16,4	연암	IV	26,65	2,832	1,511	47,10	50,759	0,19
	TB-1	23,2~23,4	경암	III	27,32	3,215	1,802	42,24	53,119	0,21
	TB-2	13,1~13,3	경암	III	27,44	3,012	1,495	73,50	70,884	0,18
	TB-3	21,6~21,8	경암	III	28,93	3,067	1,732	73,46	68,416	0,18
	TB-4	20,9~21,1	경암	III	27,08	3,831	1,855	100,39	79,951	0,16
	TB-5	18,8~19,0	경암	III	27,08	2,724	1,256	69,82	63,800	0,19
	TB-6	8,8~9,0	연암	IV	26,90	2,688	1,305	97,85	82,344	0,16
	TB-7	21,2~21,4	경암	III	27,14	3,412	1,631	57,39	52,647	0,21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	지 층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적 용	포아송비(v) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	I등급	27	26,3	–	27,0	0,21	0,15~0,21	–	0,21
	II등급	26	25,5	–	26,0	0,22	0,19~0,22	–	0,22
	III등급	25	24,8	26,65~26,90	25,0	0,24	0,22~0,23	0,16~0,19	0,24
	IV등급	24	23,8	27,08~28,93	24,0	0,25	0,24~0,29	0,16~0,21	0,25
	V등급	23	22,1	–	23,0	0,26	0,27~0,49	–	0,26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구 분	지 층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적 용	내부마찰각(°) 적용사례	경험식	적 용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구 분	지 층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	–	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	–	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	–	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	–	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암석명	기본마찰각(ϕ_b)	암석명	기본마찰각(ϕ_b)
각섬암	32	화강암 (조립질)	31~35
현무암	31~38	석회암	33~40
역암	35	반암	31
백악	30	사암	25~35
백운암	27~31	셰일	27
편마암 (편암질)	23~29	미사암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점판암	25~30

주) 작은 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암 석 명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비 고
점착력이 없는 물질	변화/파쇄암석	현무암	40,0 ~ 50,0	–	–
		백악	30,0 ~ 40,0		
		화강암	45,0 ~ 50,0		
		석회암	35,0 ~ 40,0		
		사암	35,0 ~ 45,0		
		셰일	30,0 ~ 35,0		
점착력이 있는 물질	암석	견고한 화성암	35,0 ~ 45,0	35,7 ~ 56,1	(화강암, 현무암, 반암)
		변성암	30,0 ~ 40,0	20,4 ~ 40,8	(규암, 편마암, 점판암)
		견고한 퇴적암	35,0 ~ 45,0	10,2 ~ 30,6	(석회암, 백운석, 사암)
		연약한 퇴적암	25,0 ~ 35,0	1,0 ~ 20,4	(사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암 석 명	설 명	최대강도 c'(kPa)	φ (°)	잔류강도 c'(kPa)	φ (°)	시 험 자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240,0	42,0	–	–	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15,0 90,0~120,0 60,0~100,0	7,5 12,0~17,0 9,0~13,0	–	–	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0,0~270,0	8,5~29,0	30,0	8,5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0,0~180,0	12,0~18,5	0,0~3,0	10,5~16,0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60,0	32,0	–	–	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	–	–	0,0	19,0~25,0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
석탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1,0~2,5cm	11,0~13,0	16,0	0,0	11,0~11,5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41,0	14,5	22,0	17,0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화강섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0,0	26,5	–	–	Brawner[116]
화강암/편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 익회된 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0,0~100,0 50,0~242,0	24,0~25,0 40,0~42,0	–	–	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	–	–	0,0	21,0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100,0 50,0~200,0	13,0~14,0 17,0~21,0	0,0	13,0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80,0 100,0	38,0 10,0	–	–	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0,0	25,0	0,0	15,0~24,0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14,0~30,0	15,0~17,5	–	–	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360,0 16,0~20,0	14,0 7,5~11,5	80,0	11,0	Eurenius[125] Underwood[126]
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30,0~80,0 [illegible]0,0~740,0 380,0	32,0 41,0 31,0	–	–	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50,0	33,0	–	–	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42,0~90,0	36,0~38,0	–	–	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구 분	현무암	역 암	편마암	화강암	사 암	셰 일
마찰각(°)	31,0 ~ 38,0	35,0	23,0 ~ 29,0	29,0 ~ 35,0	25,0 ~ 35,0	27,0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C. Wyllie, 1992)

구 분	암 종	내부마찰각(°)	비 고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20,0 ~ 27,0	–
Medium-friction Rocks	27,0 ~ 34,0	–	–
사암, 역암, 편마암, 슬레이트	–	–	–

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22,9~23,3	132,0	47,0	44,0	39,1	18~20	92,0	2,824	4,151
	TB-5	14,6~15,0	96,0	59,0	40,3	34,7	14~16	84,0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암 종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	–	47,0~59,0	47,0	–	34,7~39,1	34,0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개 요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음

•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76 \times N^{0.33}$ • Imai(1982) $V_s = 97.0 \times N^{0.314}$

•Okamoto(1989) $V_s = 125 \times N^{0.3}$ • Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84 \times N^{0.31}$

– 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$

– 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$

– 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1 - 2\nu_d)$ 여기서, $\rho = \gamma_t / g$, γ_t=단위중량, g=9,81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구 분		하향식탄성파 V_p(m/s)	V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비 고
매립층		–	–	144,4~224,1	180	–
퇴적층	점토	–	–	162,5~249,4	200	–
	모래	–	–	144,4~224,1	170	–
	자갈	–	–	162,5~249,4	190	–
풍화토		919~984	375~408	252,4~372,3	392	–
풍화암		1,103~1,185	511~577	276,4~404,2	544	–
연 암		1,786~1,881	927~980	–	954	4등급
경 암		2,168~2,323	1,192~1,277	–	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0,33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0,40
	모래	480	170	52	140	156	0,35
	자갈	514	190	69	181	168	0,32
풍화토		952	392	268	713	699	0,33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0,30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0,26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0,24

분석결과 •내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성 암반	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성 암반	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성 암반	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
균열 간격이 없을때	불투수성 암반	1.0×10^{-9} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

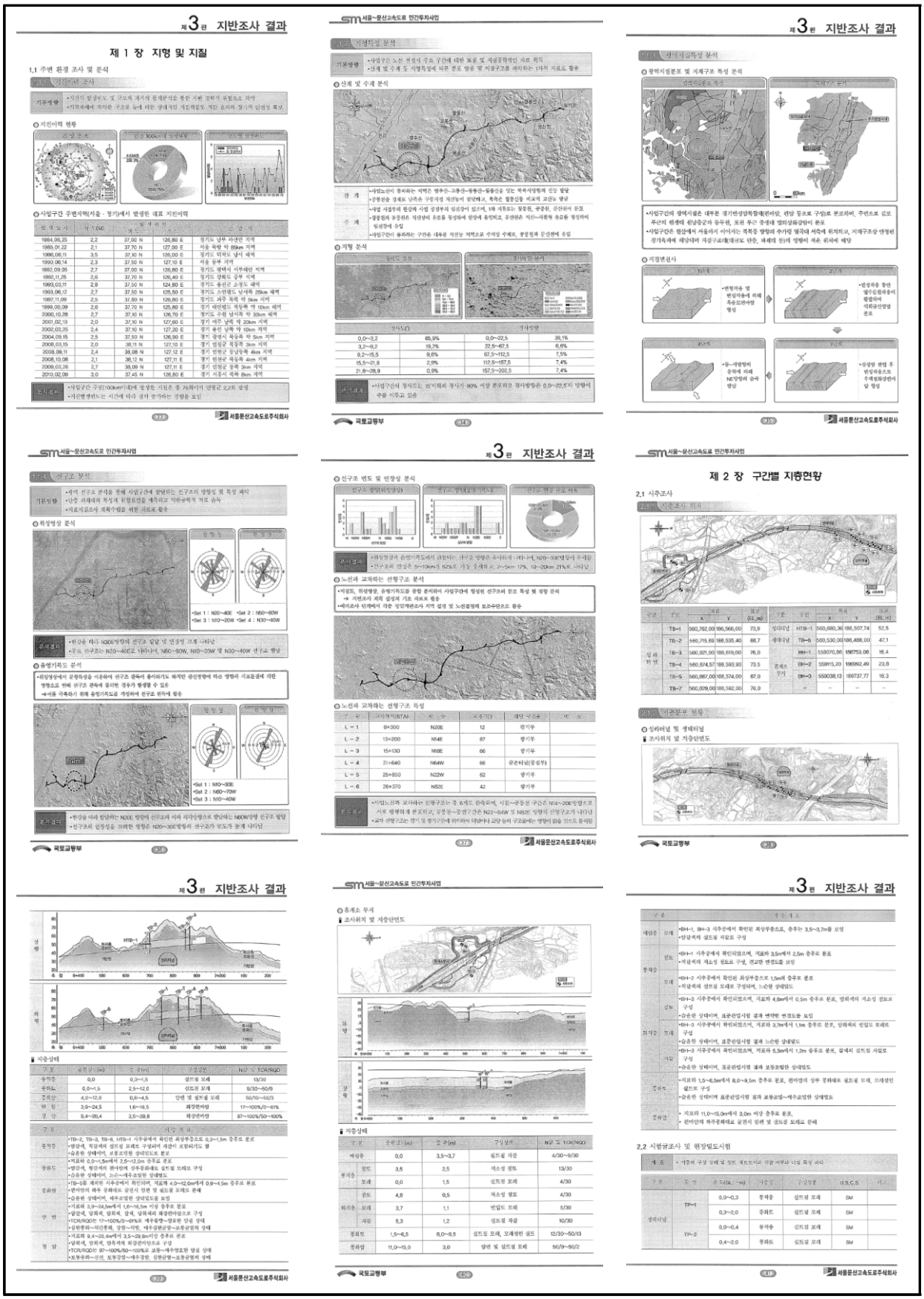
2.7.3 물안속체 설계지반정수

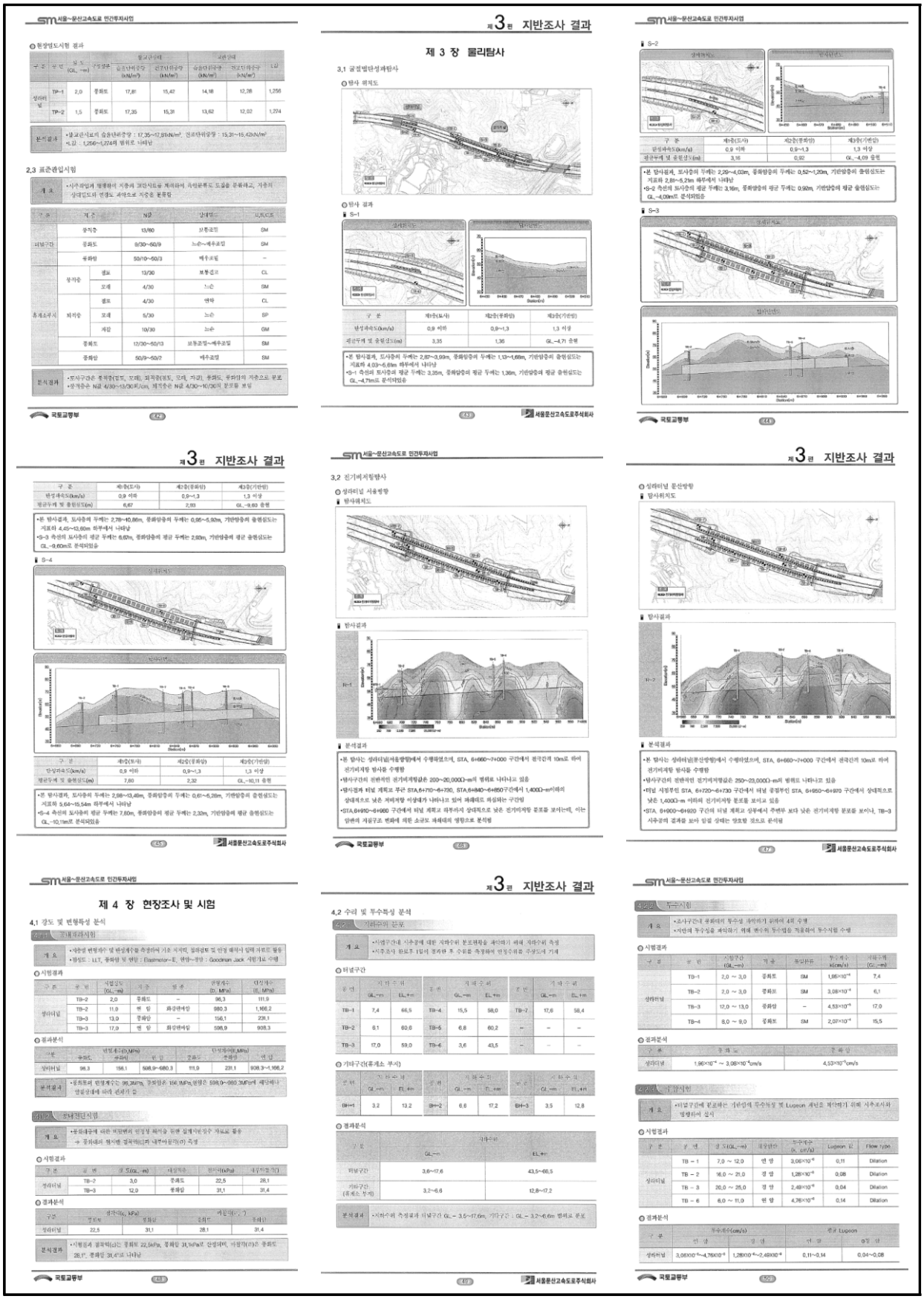
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

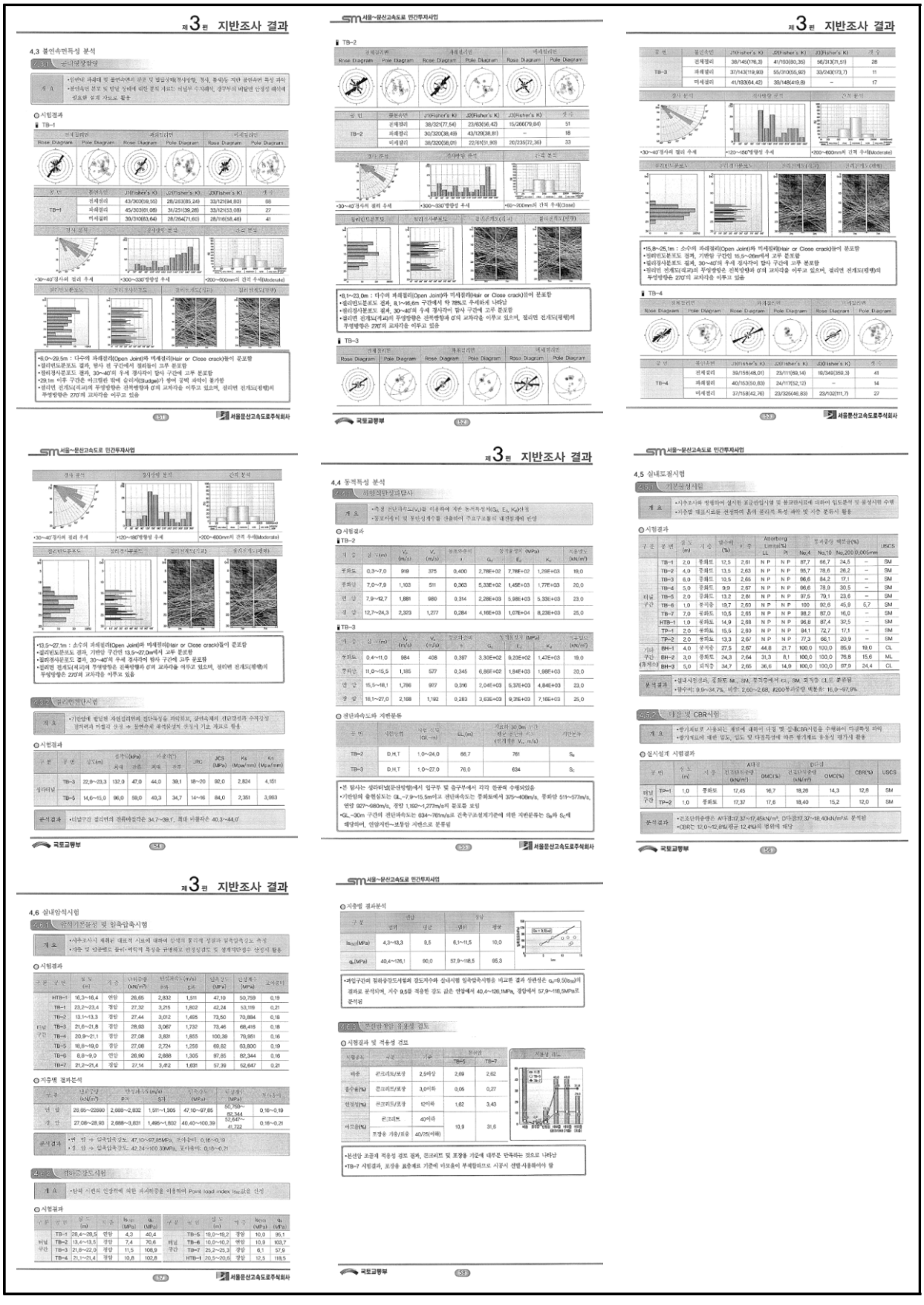
2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	υ_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

나. 지반 및 지질 조사보고서






제3편 지반조사 결과
4.3 불연속면특성 분석
4.3.1 공간방향분석
시험결과
TB-1
TB-2
TB-3
TB-4
•8.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 0.1~26.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리장사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전계도(직교)의 투영방향은 전북방향과 E계 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전계도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음
•8.0~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 0.1~26.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리장사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전계도(직교)의 투영방향은 전북방향과 E계 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전계도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음
•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리장사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전계도(직교)의 투영방향은 전북방향과 E계 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전계도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음
•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리장사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전계도(직교)의 투영방향은 전북방향과 E계 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전계도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음
4.3.2 절리면전단시험
시험결과
4.4 동적특성 분석
4.4.1 지반전단탄성파탐사
시험결과
TB-2
TB-3
4.5 실내토질시험
4.5.1 기본물성시험
시험결과
4.5.7 대단 및 CBR시험
시험결과
4.6 실내암석시험
4.6.1 일축압축시험
시험결과
지층별 결과분석
4.6.2 점하중강도시험
시험결과
서울~문산고속도로 민간투자사업
국토교통부
서울문산고속도로주식회사
531
534
553
574
594

다. 구조계산서

2. 설 계 조 건

- 교 량 명 : 성사5교_서울방향
- 교량형식 : Bicon 교
- 교량등급 : 1등급 적용

2.1 기본제원

(1) 슬래브 전장 : 50.781 m
(2) 거 더 전 장 : 49.900 m
(3) 설 계 지 간 : 49.000 m
(4) 교 량 폭 원 : 15.910 m
(5) 횡 단 면 도 : 슬래브 일반도 참조
(6) 종 단 면 도 : 슬래브 일반도 참조

2.2 주요재료

2.2.1 바닥판

(1) 콘 크 리 트 Fcks = 27 MPa
Ecks = 8,500 × (fck+△f)^1/3 = 26702 MPa (※△f= 4)
(2) 철근(SD400) Fyb = 400 MPa
Esb = 2.0 × 10^5 MPa

2.2.2 Bicon 거더

(1) 콘크리트(사용 하중 시)
- 설계기준강도 : Fck = 40 MPa
- 탄 성 계 수 : Ecks = 8,500 × (fck+△f)^1/3 = 30008 MPa (※△f= 4)

(2) 콘크리트(PS강재 긴장 시)
- 설계기준강도 : Fci = 0.8 × fck = 32 MPa
- 탄 성 계 수 : Eci = 8,500 × (fck+△f)^1/3 = 28066 MPa (※△f= 4)

(3) 철근(SD300)
- 항 복 강 도 : Fby = 300 MPa
- 탄 성 계 수 : Ebs = 2.0 × 10^5 MPa

(4) PS 강연선(KS D 7002 SWPC 7B, 저릴렉세이션 강재)
- 직 경 : Dpt = 15.2 mm
- 단 면 적 : Apt = 138.7 mm^2
- 극 한 강 도 : Fput = 1900 MPa
- 항 복 강 도 : Fpyt = 1600 MPa
- 탄 성 계 수 : Ept = 2.0 × 10^5 MPa

(5) PS 강봉(KS D 3505, 저릴렉세이션 강재)
- 직 경 : Dpc = 40 mm
- 단 면 적 : Apc = 1257 mm^2
- 극 한 강 도 : Fpuc = 1050 MPa
- 항 복 강 도 : Fpyc = 950 MPa
- 탄 성 계 수 : Epc = 2.00 × 10^5 MPa

(6) 쉬스규격

구 분	단위	강 연 선						강 봉
PS강재 개수	개,mm	7	10	11	13	16	19	40
쉬스관 내경	mm	65	75	75	85	85	100	50
쉬스관 외경	mm	70	80	80	90	90	105	55
곡률마찰계수(μ)	/rad	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-
파상마찰계수(κ)	/m	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.008

2.2.3 탄성계수비

(1) 거더콘크리트와 PS 강봉의 탄성계수비(nc) = Epc / Eck = 200000 / 30008 = 6.665
(2) 거더콘크리트와 PS 강연선의 탄성계수비(nt) = Ept / Eck = 200000 / 30008 = 6.665
(3) 거더콘크리트와 바닥판콘크리트의 탄성계수비(ns) = Ecks / Eck = 26702 / 30008 0.890

2.3 허용응력

2.3.1 바닥판 콘크리트
- 허용압축응력 : 0.4 × fcks = 10.8 MPa
- 허용인장응력 : 0.5√(Fck) = 2.60 MPa(부착된 철근을 갖는 부재)

2.3.2 거더 콘크리트

(1) 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력
- 허용압축응력 : 0.60 × fci = 19.2 MPa
- 허용인장응력 : 1.41 MPa 0.25×√fci

(2) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력
- 허용압축응력 : 0.45 × fck = 18.0 MPa
- 허용인장응력 : 0.5 × √fck = 3.16 MPa

(3) 균열응력 : 0.63 × √fck = 3.98 MPa

(4) 정착부의 지압응력
- 긴장재 정착 직후 : fcr = 0.7 × fci ×√(Ab'/Ab - 0.2) ≤ 1.10 × fci
- 프리스트레스 손실 발생 후 : fcr = 0.5 × fck ×√(Ab'/Ab) ≤ 0.90 × fck

2.3.3 PS 강연선

(1) 긴장시 최대응력 : MIN (0.94 × fpyt , 0.8 × fput) = 1504 MPa
(2) 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN (0.74 × fput , 0.82 × fpyt)= 1312 MPa
(3) 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN (0.74 × fput , 0.82 × fpyt)= 1312 MPa

2.3.4 PS 강봉

(1) 긴장시 최대응력 : MIN (0.94 × fpyc , 0.8 × fpuc) = 840 MPa
(2) 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN (0.74 × fput , 0.82 × fpyt)= 777 MPa
(3) 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN (0.74 × fput , 0.82 × fpyt)= 777 MPa

2.4 설계하중

2.4.1 고정하중(단위중량)

(1) 철근콘크리트 : 25000 N/m^3
(2) 프리스트레스트 콘크리트 : 25000 N/m^3
(3) PS강연선 : 11.01 N/m
(4) PS강봉 : 102.1 N/m
(5) L.M.C 포장 : 23500 N/m^3

2.4.2 활하중

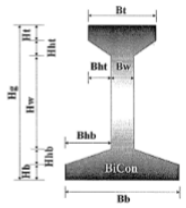
(1) 적용하중 : 1등급 적용
(2) 충격계수
i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 49) = 0.169 ≤ 0.300
(3) 군중하중 : 바닥판 설계 시 : 5000 N/m^2
거더 설계 시 : 3500 N/m^2

2.5 활하중에 대한 허용처짐
L / 800 = 0.0613 m

3. 단 면 가 정

3.1 단면제원

(1) 바닥판 두께(sh) : 240 mm
(2) 거더 단면



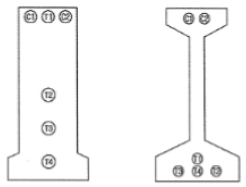
Bicon 단면제원

Hg	2600 mm
Ht	200 mm
Hb	300 mm
Hht	150 mm
Hhb	200 mm
Hw	1750 mm
Bt	800 mm
Bb	1100 mm
Bw	200 mm
Bht	300 mm
Bhb	450 mm

(3) 종간가로보수 : 1 EA
(4) 단부블록크기 : 700 mm

3.2 PS 강연선 및 PS강봉 배치

(1) 단면 배치



단위 : mm

		PS 강봉		PS 강연선				
		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
직경,가닥수		40mm	40mm	7EA	16EA	16EA	16EA	16EA
쉬스관외경		55mm	55mm	70mm	90mm	90mm	90mm	90mm
초기긴장력		-625kN	-625kN	1250kN	3190kN	3190kN	3190kN	3190kN
단부좌표	Y	-105mm	105mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
	Z	2475mm	2475mm	2475mm	1750mm	1250mm	750mm	250mm
중앙부좌 표	Y	-105mm	105mm	0mm	-150mm	150mm	-300mm	300mm
	Z	2475mm	2475mm	115mm	125mm	125mm	125mm	125mm

※ 좌표의 기준 원점은 거더의 하단 중심점.

11. 응력검토

11.1 G1거더 응력산출

1) G1거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.835

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw	-	-	13.805	-10.571	-	-	
2	fps	-	-	-11.451	27.418	408.799	-1185.713	
계		-	-	2.353	16.848	408.799	-1185.713	
응력 검토		-	-	-1.410	±19.200	±777.00	±1312.00	
		-	-	O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	-	-	8.072	-5.808	49.354	-34.297	
4	fal	1.415	1.128	1.268	-2.220	7.333	-13.689	
4-1	fal	1.402	1.118	1.257	-2.200	7.268	-13.567	풍하중고려
5	fll	2.597	2.071	2.327	-4.074	13.456	-25.121	
6	fsh	0.101	0.042	0.047	-0.671	0.085	4.246	
7	fcr	0.398	0.166	0.186	-2.647	0.333	16.738	
8	frgb	-0.034	-0.031	-0.035	0.003	-0.219	0.008	
9	frgs	0.043	0.018	0.020	-0.287	0.036	1.815	
계		4.520	3.394	14.239	1.143	479.177	-1236.012	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	
계		4.507	3.384	14.228	1.164	479.112	-1235.880	풍하중고려
응력 검토		13.500	-3.248	22.500	-3.953	±971.25	±1640.00	허용응력할증
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	25%

(+):압축, (-):인장

2) PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{cf}	(kN)	-513.860	-513.860	998.814	2767.107	2513.846	2636.477	±2760.307
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	±0.0022
fps	(MPa)	-408.799	-408.799	1028.750	1246.894	1132.771	1188.030	±1243.830
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.000
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

11.2 G2~G5거더 응력산출

1) G2~G5거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.835

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw	-	-	13.805	-10.571	-	-	
2	fps	-	-	-11.451	27.418	408.799	-1185.713	
계		-	-	2.353	16.848	408.799	-1185.713	
응력 검토		-	-	-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
		-	-	O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	-	-	8.493	-6.110	51.925	-36.084	
4	fal	1.262	1.007	1.131	-1.979	6.543	-12.199	
4-1	fal	1.314	1.048	1.178	-2.060	6.812	-12.701	풍하중고려
5	fll	2.094	1.671	1.877	-3.283	10.857	-20.242	
6	fsh	0.101	0.042	0.047	-0.672	0.086	4.247	
7	fcr	0.398	0.166	0.187	-2.642	0.337	16.707	
8	frgb	-0.034	-0.031	-0.035	0.003	-0.220	0.008	
9	frgs	0.043	0.018	0.020	-0.287	0.037	1.818	
계		3.866	2.873	14.074	1.878	478.364	-1231.458	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	
계		3.917	2.914	14.121	1.797	478.633	-1231.980	풍하중고려
응력 검토		13.500	-3.248	22.500	-3.953	±971.25	±1640.00	허용응력할증
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	25%

(+):압축, (-):인장

2) 내측거더 강선 응력검토(사용하중 상태)

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{cf}	(kN)	-513.860	-513.860	998.814	2767.107	2513.846	2636.477	2760.307
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222
fps	(MPa)	-408.799	-408.799	1028.750	1246.894	1132.771	1188.030	1243.830
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

11.3 G6거더 응력산출

1) G6거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.825

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw	-	-	13.805	-10.571	-	-	
2	fps	-	-	-11.451	27.418	408.799	-1185.713	
계		-	-	2.353	16.848	408.799	-1185.713	
응력 검토		-	-	-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
		-	-	O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	-	-	6.895	-4.961	42.157	-29.296	
4	fal	0.716	0.578	0.649	-1.030	3.790	-6.331	
4-1	fal	0.892	0.720	0.809	-1.283	4.720	-7.884	풍하중고려
5	fll	1.709	1.380	1.551	-2.460	9.049	-15.118	
6	fsh	0.123	0.060	0.068	-0.692	0.208	4.371	
7	fcr	0.527	0.259	0.291	-2.970	0.803	18.759	
8	frgb	-0.036	-0.033	-0.037	0.002	-0.232	0.003	
9	frgs	0.050	0.025	0.028	-0.284	0.085	1.793	
계		3.089	2.269	11.798	4.453	464.749	-1211.532	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	
계		3.265	2.411	11.958	4.200	465.680	-1213.085	풍하중고려
응력 검토		13.500	-3.248	22.500	-3.953	±971.25	±1640.00	허용응력할증
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	25%

(+):압축, (-):인장

2) 내측거더 강선 응력검토(사용하중 상태)

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{cf}	(kN)	-513.860	-513.860	998.814	2767.107	2513.846	2636.477	2760.307
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222
fps	(MPa)	-408.799	-408.799	1028.750	1246.894	1132.771	1188.030	1243.830
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

12. 처짐 검토

12.1 하중 단계별 처짐

▷ 최대처짐(δ) = 하중에 의한 처짐 + 프리스트레스에 의한 처짐

$$\delta = \frac{5 \times M \times L^2}{48 \times E \times I}$$

여기서, M : 경간 중앙부 최대 휨 모멘트(= P X e)
L : 지간
E : 거더의 탄성계수
I : 단면 2차 모멘트(거더중앙부)
P : 프리스트레스 힘 (도입 또는 유효 프리스트레스 kgf)
e : (지점부에서의 편심거리, +하향)

(1) G1 거더 처짐

하 중	휨모멘트 M (kN·m)	탄성계수 E (MPa)	단면2차모멘트 I (m^4)	처 짐 δ (mm)
거더 자중	8215.50	30008	0.8763	78.14
합성전 고정하중	5184.40	30008	0.9711	44.49
합성후 고정하중	2664.00	30008	1.9857	11.18
프리스트레스 도입직후	-13100.76	30008	0.8763	-124.60
프리스트레스 손실	2341.83	30008	1.9857	9.83
활하중	4888.70	30008	1.9857	20.52

(2) G2~G5 거더 처짐

하 중	휨모멘트 M (kN·m)	탄성계수 E (MPa)	단면2차모멘트 I (m^4)	처 짐 δ (mm)
거더 자중	8215.50	30008	0.8763	78.14
합성전 고정하중	5454.50	30008	0.9711	46.81
합성후 고정하중	2373.70	30008	1.9845	9.97
프리스트레스 도입직후	-13100.76	30008	0.8763	-124.60
프리스트레스 손실	2341.83	30008	1.9857	9.83
활하중	3938.60	30008	1.9857	16.53

(3) G6 거더 처짐

하 중	휨모멘트 M (kN·m)	탄성계수 E (MPa)	단면2차모멘트 I (m^4)	처 짐 δ (mm)
거더 자중	8215.50	30008	0.8763	78.14
합성전 고정하중	4428.40	30008	0.9711	38.01
합성후 고정하중	1212.80	30008	1.8777	5.38
프리스트레스 도입직후	-13100.76	30008	0.8763	-124.60
프리스트레스 손실	2341.83	30008	1.9857	9.83
활하중	2896.10	30008	1.9857	12.16

12.2 크리프에 의한 처짐

(1) 바닥판 타설전 Bicon 거더 크리프 계수 (Φ_b, t' = 30 일, t = 90 일, RH = 70%)

$\Phi_b(t-t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$

$\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cm}) \times \beta(t')$

$\Phi_{RH} = 1 + (1 - 0.01 \times RH) / 0.1 \times \sqrt[3]{h} = 1.47$

여기서,h = 2 ×Ac × EA / u × EA

= (2 ×거더단면적(mm^2) ×거더갯수) / (거더단면둘레(mm) ×거더갯수)

= 259.443 mm

$\beta(f_{cm}) = 16.8 / \sqrt{f_{cm}} = 2.425$

여기서, $f_{cm} = f_{ck} + 8 =$ 48

$\beta(t') = 1 / \{ 0.1 + (t')^{0.2} \} = 1 / \{ 0.1 + (30)^{0.2} \} =$ 0.48

$\beta_c(t-t') = [(t-t') / \{ \beta_H + (t-t') \}]^{0.3} =$ 0.48

여기서, $\beta_H = 1.5 [1 + (0.012\ RH)^{18}] h + 250 =$ 656 일 < 1500 일

$\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cm}) \times \beta(t')$

= 1.47 ×2.425 ×0.482 = 1.718

∴ $\Phi_b(t, t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$

= 1.718 × 0.48 = 0.825

(2) 바닥판 타설후 Bicon 거더 크리프 계수 (Φ_b, t' = 90 일, t = 10000 일, RH = 70%)

$\Phi_1(t-t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$

$\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cm}) \times \beta(t')$

$\Phi_{RH} = 1 + (1 - 0.01 \times RH) / 0.1 \times \sqrt[3]{h}$ 1.22

여기서,h = 2 ×Ac × EA / u × EA

= (2 ×거더단면적(m^2) ×거더갯수) / (거더단면둘레(m) ×거더갯수)

= 250.443

$\beta(f_{cm}) = 16.8 / \sqrt{f_{cm}} = 2.425$

여기서, $f_{cm} = f_{ck} + 8 =$ 48

$\beta(t') = 1 / \{ 0.1 + (t')^{0.2} \} = 1 / \{ 0.1 + (90)^{0.2} \} =$ 0.39

$\beta_c(t-t') = [(t-t') / \{ \beta_H + (t-t') \}]^{0.3} =$ 0.98

여기서, $\beta_H = 1.5 [1 + (0.012\ RH)^{18}] h + 250 =$ 656 일 < 1500 일

$\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cm}) \times \beta(t')$

= 1.22 ×2.425 ×0.391 = 1.157

∴ $\Phi_1(t, t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$

= 1.157 × 0.98 = 1.134

(3) G1 거더

1) 바닥판 타설전에 생기는 처짐

$\delta_{e1} = \Phi_b \times (\delta_{ds} + \delta_{ps})$ ($\Phi_b =$ 0.825)

= 0.825 × (78.14 + -124.60) = -38.33 mm

2) 바닥판 타설후에 생기는 처짐

$\delta_{e2} = \Phi_1 \times (\delta_{ds} + \delta_{d1} + \delta_{d2} + \delta_{ps})$ ($\Phi_1 =$ 1.134)

= 1.134 × (78.14 + 44.49 + 11.18 + -114.77)

= 21.59 mm

(4) G2~G5 거더

1) 바닥판 타설전에 생기는 처짐

$\delta_{e1} = \Phi_b \times (\delta_{ds} + \delta_{ps})$ ($\Phi_b =$ 0.825)

= 0.825 × (78.14 + -124.60) = -38.33 mm

2) 바닥판 타설후에 생기는 처짐

$\delta_{e2} = \Phi_1 \times (\delta_{ds} + \delta_{d1} + \delta_{d2} + \delta_{ps})$ ($\Phi_1 =$ 1.134)

= 1.134 × (78.14 + 46.81 + 9.97 + -114.77)

= 22.85 mm

12.3 처짐의 합계

(단위:mm)

구 분	G1 거더	G2~G5 거더	G6 거더	비 고
프리스트레스 도입직후	-46.46	-46.46	-46.46	$\delta_{ds}+\delta_{ps}$
바닥판 타설 전	-84.80	-84.80	-84.80	
바닥판 타설 후	-40.30	-37.98	-46.79	$\delta_{ds}+\delta_{ps}+\delta_{d1}+\delta_{d2}$
고정하중 작용시	2.30	4.66	-9.98	$\delta_{ds}+\delta_{d1}+\delta_{d2}+\delta_{ps}+\delta_{e1}+\delta_{e2}$
활하중에 의한 처짐량	20.52	16.53	12.16	

12.4 활하중에 의한 처짐 검토

▷ 허용처짐(δ_a) = L / 800 = 49 / 800 = 61.25 mm

(1) G1 거더

δv = 20.52 < δa = 61.25 ---------- O.K

(2) G2~G5 거더

δv = 16.53 < δa = 61.25 ---------- O.K

(3) G6 거더

δv = 12.16 < δa = 61.25 ---------- O.K

13. 휨강도의 검토

13.1 거더

1) 극한모멘트 (Factored Moment)

Mu = 1.3 MD + 2.15 ML = 31393775.0 N·m

2) 단면 제원

b = 2720.0 mm (압축 플랜지의 폭)

dp = 2716.0 mm

Ap1 = 0.009848 m^2 = 9848 mm^2 (강연선 총면적)

Ap2 = 0.002514 m^2 = 2514 mm^2 (강봉 총면적)

Fck = 27 MPa (슬래브 콘크리트 강도)

Fck = 40 MPa (빔 콘크리트 강도)

Fput = 1900 MPa (극한인장강도)

Fpyt = 1600 MPa (항복강도)

Fpuc = 1050 MPa (극한인장강도)

Fpyc = 950 MPa (항복강도)

3) 계수 산정

rp1 = 0.28 (0.40-응력제거강재, 0.28-저릴렉세이션강재, 0.55-강봉)

β1 = 0.85 - [0.007 × (Fck - 28)] = 0.857

ρpt = Ap / (b × dp) = 0.001333

rp2 = 0.55 (0.40-응력제거강재, 0.28-저릴렉세이션강재, 0.55-강봉)

β2 = 0.85 - [0.007 × (Fck - 28)] = 0.857

ρp2 = Ap / (b × dp) = 0.000340

4) PS강재의 응력계산(Fps) (도로교설계기준, 2010, p.4-127)

* 철근을 배치하지 않았거나, 배치했더라도 그 영향을 무시할 수 있는 경우

Fps = Fput ×[1 - (rp1/β1) × ρp1 × (fput / Fck)] = 1841.8 MPa

5) 해석단면 결정

a = (Ap×Fps) / (0.85×Fck×b) = 290.5 mm

슬래브 두께 : 240.0 mm < 290.5 mm ---------- 플랜지단면

6) 최대 PS 강재량 검토

강재지수(ωp) = ρp × Fps / Fck = 0.091

ωp (=0.091) < 0.36 ×β1 (=0.309) ---------- O.K

7) 극한 저항 모멘트 검토

$\Phi \cdot Mn = \Phi [Apw \times Fps \times dp \times (1 - 0.59 \times Apw \times Fps / (bo \times dp \times Fck))$

$+ 0.85 \times Fck (b - bo) \times t \times (dp - 0.5\ t)]$ = 38358.01 kN·m

Φ·Mn (=38358.008) > Mu (=31393.775) ---------- O.K

8) 균열 모멘트 검토

1.2·Mcr = Zbo × (0.5 × √Fck + fbe - fd) = -33637.811 kN·m

fpe = 22.898 MPa

fd = Nd1 / Zbo = -10.571 MPa

Zbo = Ico/Ybo = -0.777 m^3

1.2·Mcr (=-33637.811 < Φ·Mn (=38358.008) ---------- O.K

14. 전단 검토

14.1 수직 전단 검토

14.1.1 G1 거더

▷ 전단력이 가장 크게 발생하는 지점부에서 검토

외측거더 지점부 단면력

구 분	V(kN)	M(kN·m)
자 중	725.88	5.54
합성전	411.97	1.66
합성후	263.19	26.19
활하중	443.75	29.01

2) 전단강도 Vcw(복부 전단강도)

Vcw = (0.29 × √fck + 0.3 × fpc) × bw × d + V = 10349031 N = 10349.03 kN

fpc = Pe1 / Ac = 9943964 / 1010953 = 9.836 MPa

Vp = Pe2 ×sinΘ (Vp : 수직분력) = 8916243 × 0.2677 = 2386808.99 N

∴ Vc = min [Vci, Vcw]= 10349.0 kN

3) øVc = 0.80 × 10349.0 = 8279.2 kN

1/2 øVc = 4,139.613 kN

∴ Vu < 1/2øVc, 전단 철근 불필요

4) 최소 전단철근 검토

전단 철근 간격 s = 200 mm (0.75H (=1950mm) 또는 600mm보다 커서는 안된다.)

Avmin = 0.0625 × √fck × bw × s / fy = 210.819 mm^2

Avmin = 210.819 mm^2 > 0.35 × bw × s / fy = 186.667 mm^2 ------- O.K

Avall = Max(Av, Avmin) = 210.819 mm^2

Avuse = D16 × 2 EA = 397.2 mm^2 ---------- O.K

4) 전단 철근 검토

전단 철근 간격 s = 200 mm (0.75H (=1950mm) 또는 600mm보다 커서는 안된다.)

$Av = (V_u - \phi V_c) S / (\phi f_y d)$

= (2775.4 - 8279.2) × 200

/ (0.80 × 300 × 2080.00)

= -2,205.05 mm^2

Avmin = 0.35 ×bw ×s / fy = 186.67 mm^2

Avall = Max(Av, Avmin) = 186.67 mm^2

Avuse = D16 × 2 EA = 397.2 mm^2 ---------- O.K

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	842.000	810.608	O.K
	허용인발력(kN/EA)	265.270	-	O.K
	휨응력(MPa)	140.000	127.644	O.K
	전단응력(MPa)	80.000	13.859	O.K
	수평변위(mm)	15.000	13.751	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1263.000	1160.183	O.K
	허용인발력(kN/EA)	397.905	-217.795	O.K
	휨응력(MPa)	210.000	155.161	O.K
	전단응력(MPa)	120.000	20.550	O.K
	수평변위(mm)	15.000	11.490	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면지판		1800	150	2347.982	3096.8	977.577	1284.997	1.314	O.K
후면지판		1800	100	4339.14	5139.2	1845.714	2178.322	1.18	O.K
벽체 (H=11.058)		2500	100	4809.615	6623.2	2862.58	3919.465	1.369	O.K
옴벽		800	100	922.124	1301.2	163.005	229.09	1.405	O.K
무측날개벽	A(T=800 mm)	800	80	2664.053	4053.6	475.813	713.432	1.499	O.K
	하부(T=620	620	80	1261.133	4053.6	170.676	527.371	3.09	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	2349.422	4053.6	421.004	713.432	1.695	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	3303.652	4053.6	586.086	713.432	1.217	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면지판		128.648	150	125	264.638	O.K
후면지판		139.109	150	125	352.353	O.K
벽체 (H=11.058)		85.279	150	125	709.687	O.K
옴벽		134.035	150	125	357.534	O.K
무측날개벽	A(T=800 mm)	101.834	150	125	604.568	O.K
	하부(T=620	48.019	150	125	1311.976	O.K
	B(T=800 mm)	90.529	150	125	695.913	O.K
	C(T=800 mm)	126.179	150	125	455.361	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
- (1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
- (2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
- (3) 교 량 등 급 : 1 등교
- (4) 교 대 옹 폭 : B = 18.711 m
- (5) 교 대 총 높 이 : H = 12.858 m
- (6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
- (7) SKEW : 58.000 °

2) 하 중
- (1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
- (4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m
- (5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 442.224 kN/m
- (6) 상부 활하중 반력 : Rl = 102.434 kN/m
- (7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

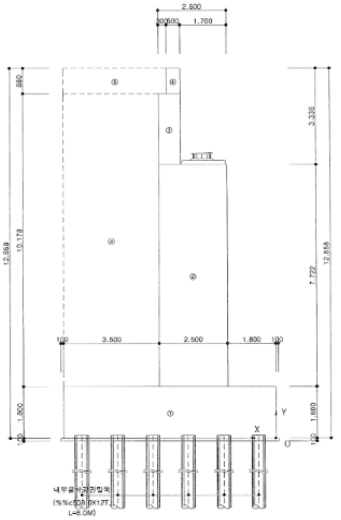
3) 지 반 조 건
- (1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
- (2) 기초지반의 N치 : N = 6.000
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 24.487 ° (Φ2 = 15 + √15N)
- (4) 기초지반의 점착력 : C = 6.000 kN/m²
- (5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.293 ; TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
- (6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수
  - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
  - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
  - 탄성계수 : Ec = 27849.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(SD300) =
  - 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
- (1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
- (2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
- (1) 도로교 설계기준 (2010)
- (2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
- (3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
- (4) 도로설계 편람 (2008)
- (5) 도로설계 요령 (2009)
- (6) 강구조 편람 (1995)
- (7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
고정하중	1491.352	1402.822	1377.028	1361.234	1363.801	1278.197	8274.434
활하중	176.154	258.213	331.527	378.676	393.988	378.088	1916.646

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
교축방향	229.668	216.035	212.062	209.63	210.025	196.842	1274.263
직각방향	229.668	216.035	212.062	209.63	210.025	196.842	1274.263

H = R x A x S R : 교량받침의 고정하중 반력, A : 가속도계수(=0.154), S : 지반계수(=1.000)
교축직각방향 H = R x A x S , R : 교량받침의 고정하중 반력
교축방향 H = R x A x S , R : 교량받침의 고정하중 반력

7. 사용성 검토

1) 옴벽 설계
① 유하중에 의한 부재력
- Pv = 114.60 x Ka
  = 114.60 x 0.251 = 28.765 kN
- Mp = 114.60 x Ka x (H - 0.36)
  = 114.60 x 0.251 x (3.336 - 0.36) = 85.605 kN.m

② 토압에 의한 부재력
- Ph = 1/2 x Ka x r x H² x cos δ
  = 1/2 x 0.251 x 20.000 x 3.336² x cos11.667 = 27.358 kN
- Me = 1/3 x H x Ph
  = 1/3 x 3.336 x 27.358 = 30.422 kN.m

③ 설계 단면력 산정
- Vs = 28.765 + 27.358 = 56.122 kN
- Ms = 85.605 + 30.422 = 116.028 kN.m

2) 벽체 설계
① 작용하중 집계표 : H = 11.058 m 「하중계산 참조」

구 분	수평력	작용거리	하중계수		전단력	모멘트
			평상시	지진시		
1. 교대구체(지진시)	41.793	4.459	-	1.000	41.793	186.341
2. 배면토압(평상시)	300.598	3.686	1.000	-	300.598	1108.037
3. 배면토압(지진시)	383.980	5.529	-	1.000	383.980	2123.089
4. 뒷채움 상재하중	27.183	5.529	1.000	-	27.183	150.299
5. 상부관성력	68.103	8.122	-	1.000	68.103	553.150

- 교대구체에 작용하는 수평력 및 작용거리 산출
  : 검토위치(H = 1.800 m)를 제외한 교대구체에 대하여 다시 산정한다.
  Ho = ∑[H② ~ H⑥) = 41.793 kN
  Mo = ∑[H② x (y② - 1.800) ~ H⑥ x (y⑥ - 1.800)] = 186.341 kN.m
  y = Mo / Ho = 186.341 / 41.793 = 4.459

② 설계 단면력 산정

구 분	전단력(kN)	모멘트(kN.m)	비 고
설계단면력	327.781	1258.336	

3) 기초 설계

① 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	1778.140	482.908	8447.621	2144.474
COMB 2	고정하중+활하중+토압+은도하중(1+3+5+7+	1778.140	482.908	8447.621	2144.474
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	1673.126	647.988	7778.895	4065.537
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)	2322.798	482.908	9925.823	2144.474
COMB 5	고정하중+활하중+토압+은도하중(1+3+5+7+	2322.798	482.908	9925.823	2144.474
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+11)	2115.350	716.091	8979.090	4741.273

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6. 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시
가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.

① 말뚝도심에서의 작용하중 계산

$\sum M = \sum Mr - \sum Mo$

e = 말뚝도심(=3.900) - $\sum M/\sum V$: 말뚝도심의 계산은 『4. 안정검토』 참조

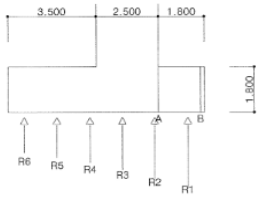
Mc = V x e

- 하중조합별 작용력

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	e(m)	Mc(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	33270.778	9035.692	0.355	11811.126
COMB 2	고정하중+활하중+토압+은도하중(1+3+5	33270.778	9035.692	0.355	11811.126
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	31305.861	12124.503	1.681	52625.152
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10	43461.873	9035.692	0.55	23904.03
COMB 5	고정하중+활하중+토압+은도하중(1+3+5	43461.873	9035.692	0.55	23904.03
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+11)	39580.314	13308.779	1.897	75083.855

각 작용력은 교대의 전폭(18.711 m)를 고려한 결과값임.

② 전면저판(앞굽)의 단면력 계산



R1 = Ru1 x 14본 / 18.711 (kN/m)
R2 = Ru2 x 14본 / 18.711 (kN/m)
R3 = Ru3 x 14본 / 18.711 (kN/m)
R4 = Ru4 x 14본 / 18.711 (kN/m)
R5 = Ru5 x 14본 / 18.711 (kN/m)
R6 = Ru6 x 14본 / 18.711 (kN/m)

구 분	Ru1	Ru2	Ru3	Ru4	Ru5	Ru6
COMB 1	597.210	510.790	424.370	357.230	309.380	261.530
COMB 2	597.210	510.790	424.370	357.230	309.380	261.530
COMB 3	880.460	677.350	474.240	290.070	124.850	-40.380
COMB 4	810.610	687.360	564.100	459.540	373.670	287.790
COMB 5	810.610	687.360	564.100	459.540	373.670	287.790
COMB 6	1160.180	884.590	608.990	353.320	117.580	-118.160

- 기초자중에 의한 단면력

Vb = 1.800 x 0.150 x 25.000 = 6.750 kN

Ma = 1.800 x 1.800 x 25.000 x 1.800 / 2 = 72.900 kN.m

- 말뚝반력에 의한 단면력

Vb = 0.00

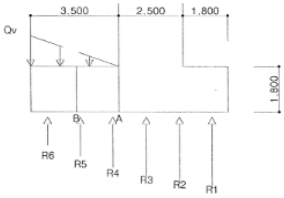
Ma = R1 x 1.150

- 설계단면력 산정

구 분	말뚝반력에 의한 단면력		설계단면력	
	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(kN)	Ms(kN.m)
COMB 1	0.000	513.875	6.750	440.975
COMB 2	0.000	513.875	6.750	440.975
COMB 3	-	-	-	-
COMB 4	0.000	697.496	6.750	624.596
COMB 5	0.000	697.496	6.750	624.596
COMB 6	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(3,6)은 고려하지 않는다.

③ 후면저판(뒷굽)의 단면력 계산



R1 = Ru1 x 14본 / 18.711 (kN/m)
R2 = Ru2 x 14본 / 18.711 (kN/m)
R3 = Ru3 x 14본 / 18.711 (kN/m)
R4 = Ru4 x 14본 / 18.711 (kN/m)
R5 = Ru5 x 14본 / 18.711 (kN/m)
R6 = Ru6 x 14본 / 18.711 (kN/m)

4) 사용성 검토

① 전면저판

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 624.596 x 1000000 / [3096.800 x (1650.000 - 246.662/3)]
= 128.648 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x3096.800/1000.0 + 7x3096.800/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1650.0/(7x3096.800)]
= 246.662 mm

사용철근량 = 3096.8 mm² (철근도심 : 150.0 mm)
1단 : D22 - 8.0 EA (= 3096.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 150.00 - 22/2 = 139.00 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 128.65) - 2.5 x 139.00 = 264.64 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 128.65) = 489.71 mm
Sa는 작은 값인 264.64 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 264.64 mm) ∴ O.K

② 후면저판

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 1140.136 x 1000000 / [5139.200 x (1700.000 - 315.604/3)]
= 139.109 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x5139.200/1000.0 + 7x5139.200/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1700.0/(7x5139.200)]
= 315.604 mm

사용철근량 = 5139.2 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D29 - 8.0 EA (= 5139.2 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 29/2 = 85.50 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 139.11) - 2.5 x 85.50 = 352.35 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 139.11) = 452.88 mm
Sa는 작은 값인 352.35 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 352.35 mm) ∴ O.K

③ 벽체 (H=11.058)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 1258.336 x 1000000 / [6623.200 x (2369.398 - 424.649/3)]
= 85.279 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x6623.200/1000.0 + 7x6623.200/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x2369.4/(7x6623.200)]
= 424.649 mm

사용철근량 = 6623.2 mm² (철근도심 : 130.6 mm)
1단 : D29 - 4.0 EA, D25 - 4.0 EA (= 4596.4 mm²)
2단 : D25 - 4.0 EA (= 2026.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 29/2 = 85.50 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 85.28) - 2.5 x 85.50 = 709.69 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 85.28) = 738.75 mm
Sa는 작은 값인 709.69 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 709.69 mm) ∴ O.K

④ 옹벽

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 116.028 x 1000000 / [1301.200 x (700.000 - 104.182/3)]
= 134.035 MPa

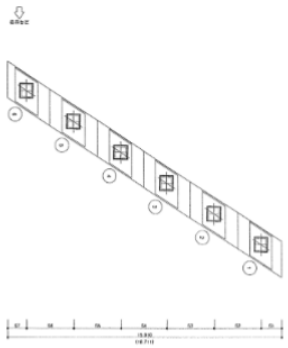
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x1301.200/1000.0 + 7x1301.200/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x700.0/(7x1301.200)]
= 104.182 mm

사용철근량 = 1301.2 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D16 - 4.0 EA, D13 - 4.0 EA (= 1301.2 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 16/2 = 92.00 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 134.03) - 2.5 x 92.00 = 357.53 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 134.03) = 470.03 mm
Sa는 작은 값인 357.53 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 357.53 mm) ∴ O.K

10. 교좌부 검토



1) 받침 연단거리 검토

① 필요 연단거리

- 거더의 경간길이가 100m 이하이므로 S = 200 + 5.0L

S = 200 + 5.0 x 50.787 = 453.935 mm

② 실제 연단거리

구 분	필요연단	받침 규격		연단거리	비 고
		교축방향	직각방향		
1	453.935	650.000	600.000	482.041	O.K
2	453.935	650.000	600.000	481.910	O.K
3	453.935	650.000	600.000	481.778	O.K
4	453.935	600.000	650.000	490.477	O.K
5	453.935	650.000	600.000	480.516	O.K
6	453.935	650.000	600.000	480.385	O.K

2) 최소 받침지지 길이 검토

① 최소 받침지지 길이

- 사각이 58.0° 이므로 받침선과 교축직각방향의 사잇각은 32.00°

N = (200 + 1.67 x L + 6.66 x H) x (1 + 0.000125 x θ²) mm

= (200 + 1.67 x 50.787 + 6.66 x 0.000) x (1 + 0.000125 x 32.00²)

= 321.271 mm

② 실제 받침지지 길이

N1 = 2005 - 35 - 50 = 1920 mm ≥ 321 mm ∴ O.K

3) 교량받침 수직력, 수평력 검토

구 분	수직력			수평력		
	허용값	상부반력	비 고	허용값	탄성지진력	비 고
SHOE 1	2250.000	1956.852	O.K	345.000	267.085	O.K
SHOE 2	2250.000	1837.705	O.K	345.000	270.043	O.K
SHOE 3	2250.000	1769.572	O.K	345.000	265.078	O.K
SHOE 4	2250.000	1751.415	O.K	345.000	262.038	O.K
SHOE 5	2250.000	1798.768	O.K	345.000	262.532	O.K
SHOE 6	2250.000	1721.854	O.K	345.000	246.053	O.K

- 탄성지진력은 응답수정계수(R = 0.8)를 고려한 값이며 내진장치 불필요

4) 교량받침 보강 철근 검토

① 교량받침에 작용하는 하중

구 분	수직력	수평력		보강범위(mm)		비 고
		교축방향	직각방향	교축방향	직각방향	
1	1956.852	215.854	215.854	1514.000	1839.800	
2	1837.705	203.040	203.040	1514.000	1915.650	
3	1769.572	199.307	199.307	1514.000	1916.250	
4	1751.415	197.021	197.021	1564.000	1891.875	
5	1798.768	197.392	197.392	1513.000	1916.475	
6	1721.854	185.002	185.002	1513.000	1801.000	

탄성지진력은 응답수정계수(R = 0.8)를 고려한 값

② 교량받침 하면 보강철근

구 분	교축방향			직각방향		
	필요철근량	사용철근량	비 고	필요철근량	사용철근량	비 고
1	3540.749	4369.200	O.K	3886.175	5163.600	O.K
2	3327.357	4369.200	O.K	3737.470	5163.600	O.K
3	3229.291	4369.200	O.K	3624.778	5163.600	O.K
4	3274.392	4369.200	O.K	3532.749	5163.600	O.K
5	3246.718	4369.200	O.K	3651.097	5163.600	O.K
6	3081.559	4369.200	O.K	3355.123	5163.600	O.K

③ 교량받침 콘크리트 보강철근

구 분	교축방향			직각방향		
	필요철근량	사용철근량	비 고	필요철근량	사용철근량	비 고
1	1439.024	6081.600	O.K	1439.024	6081.600	O.K
2	1353.600	6081.600	O.K	1353.600	6081.600	O.K
3	1328.711	6081.600	O.K	1328.711	6081.600	O.K
4	1313.471	6081.600	O.K	1313.471	6081.600	O.K
5	1315.948	6081.600	O.K	1315.948	6081.600	O.K
6	1233.348	6081.600	O.K	1233.348	6081.600	O.K

5) 교량받침 하면 보강 : 교량받침 1

① 교량받침에 작용하는 하중

- 연직하중 : 최대반력

P = 1956.852 kN

- 교축방향 수평하중 : 탄성지진력, 온도변화의 영향

Hx1 = 0 kN : 고정단이므로 온도변화의 영향은 고려하지 않는다

Hx2 = 287.085 / 1.33 = 215.854 kN

☞ 수평력은 Hx1, Hx2 중 큰 값인 215.854 kN를 적용한다.

- 교축직각방향 수평하중 : 탄성지진력, 풍하중의 영향

Hy1 = 0 kN : 가동단 받침이므로 풍하중은 적용되지 않는다.

Hy2 = 287.085 / 1.33 = 215.854 kN

☞ 수평력은 Hy1, Hy2 중 큰 값인 215.854 kN를 적용한다.

② 연직하중에 대한 보강

b1x = 650.000 mm b1y = 600.000 mm

b2x = 914.000 mm b2y = 1201.600 mm

bcx = 2 x b2x = 1828.000 mm < 5 x b1x = 3250.000 mm

bcy = 2 x b2y = 2403.200 mm < 5 x b1y = 3000.000 mm

Asx1 = 1/4 x (1 - b1x/bcx) x P/fsa

= 1/4 x (1 - 650.000/1828.000) x 1956.852 x 10³ /150.000

= 2101.725 mm²

Asy1 = 1/4 x (1 - b1y/bcy) x P/fsa

= 1/4 x (1 - 600.000/2403.200) x 1956.852 x 10³ /150.000

= 2447.151 mm²

③ 수평하중에 대한 보강

Asx2 = Hx/fsa

= 215.854 x 10³ / 150.000

= 1439.024 mm²

Asy2 = Hy/fsa

= 215.854 x 10³ / 150.000

= 1439.024 mm²

④ 철근 보강 범위

- 교축직각방향 철근보강 범위

Bxo = b1x + b2y = 650.000 + 1201.600 = 1851.600 mm

여기서, 교좌중심에서의 연단거리 914.000 mm가 Bxo/2 = 925.800 mm보다 작으므로 보정필요

Bxo = b2x + (b1x + b2y)/2 = 914.000 + (650.000+1201.600)/2 = 1839.800 mm

- 교축방향 철근보강 범위

Byo = b1y + b2x = 600.000 + 914.000 = 1514.000 mm

⑤ 철근량 산정

- 교축직각방향

Asy = Asy1 + Asy2 = 2447.151 + 1439.024 = 3886.175 mm²

Bxo = 1839.800 mm 범위내에서 D16 - 26 EA

As = 198.600 x 26 = 5163.600 mm² ∴ O.K

- 교축방향

Asx = Asx1 + Asx2 = 2101.725 + 1439.024 = 3540.749 mm²

Byo = 1514.000 mm 범위내에서 D16 - 22 EA

As = 198.600 x 22 = 4369.200 mm² ∴ O.K

6) 교량받침 콘크리트 보강 : 교량받침 1

① 교축직각방향

As2 = Hy/fsa = 215.854 x 10³ / 150.000 = 1439.024 mm²

사용철근 : D13 - 26 EA + D13 - 22 EA

As = 126.700 x 26 + 126.700 x 22 = 6081.600 mm² ∴ O.K

② 교축방향

As1 = Hx/fsa = 215.854 x 10³ / 150.000 = 1439.024 mm²

사용철근 : D13 - 26 EA + D13 - 22 EA

As = 126.700 x 26 + 126.700 x 22 = 6081.600 mm² ∴ O.K

14.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 14.2.1】 서문13교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	서문13교의 주요 손상현황으로는 신축이음 후타재 망상균열 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축으로 판단되며, 주의관칠 및 내구성 확보 차원의 보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	서문13교의 주요 손상현황으로는 교면포장 접속도로 파손, 접속부 이격, 신축이음 후타재 망상균열, 교대 신축이음 하부 누수 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축으로 판단되며, 주의관칠 및 내구성 확보 차원의 보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교면포장 접속도로 파손, 접속도로 후타재 접속부 이격 신축이음 후타재 망상균열, 신축이음 하부 누수	양호

14.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

14.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

14.2.5 시설물 보수 이력

【표 14.2.2】 서문13교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

14.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 14.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

14.3 현장조사

14.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



유간측정 전경



비파괴시험

【사진 14.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

14.3.2 서울방향 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문13교(서울방향)은 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=50.8m 폭 16.0m(편도)로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 14.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 국부적인 균열(0.3㎜미만), 철근노출이 조사되었다.

【표 14.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		철근노출 (㎡/개소)	
S1	2.00	2	0.02	1
합계	2.00	2	0.02	1

	
바닥판 하면 S1 철근노출(0.1×0.2)	바닥판 하면 S1 철근노출(0.1×0.2)
	
바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3㎜미만)	바닥판 하면 S1 상태 양호

【사진 14.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3㎜미만), 철근노출은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수(방청) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Bicon 거더는 6열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다.

	
거더 전경	거더 전경

【사진 14.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 재료분리가 조사되었다.

【표 14.3.2】 거더 현장조사 결과

구분	재료분리 (㎡/개소)	
S1	0.02	1
합계	0.02	1

	
거더 S1-G6 재료분리(0.2×0.1)	거더 상태 양호

【사진 14.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더는 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 국부적인 재료분리가 조사된 상태이며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 전경	가로보 전경

【사진 14.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 14.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 14.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 서문13교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 14.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 14.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
A1 상태 양호	A2 상태 양호

【사진 14.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

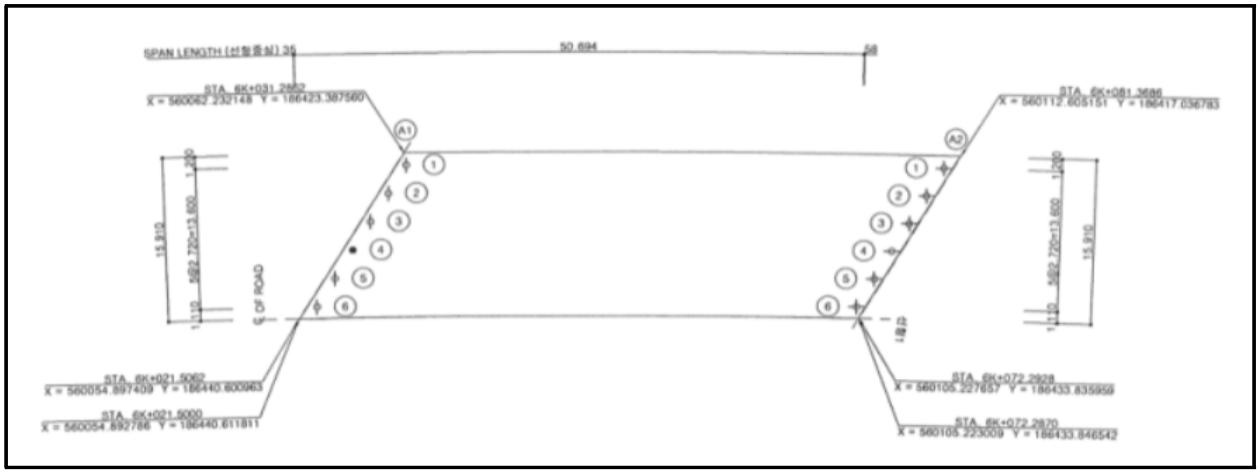
4) 검토의견

- 교대는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 서문13교의 받침은 탄성받침으로 총 12기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 14.3.1】 교량받침 배치도



탄성받침(일방향) 전경	탄성받침(양방향) 전경	탄성받침(고정) 전경

【사진 14.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 14.3.5】 교량받침 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-



A1-Sh2 상태 양호



A1-Sh4 상태 양호

【사진 14.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

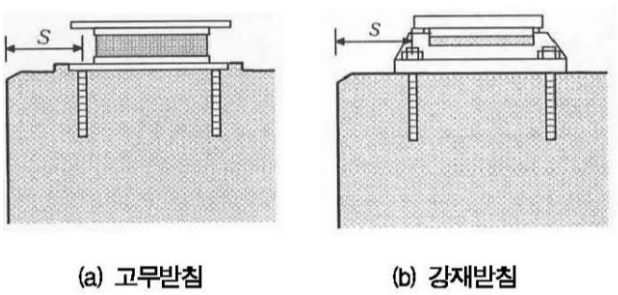
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가손상 발생 여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 14.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 14.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.8m) : 200+5×50.8 = 454(㎜)

【표 14.3.6】 연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)			검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	
A1	454	540	550	550	O.K
A2	454	580	590	590	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정

【사진 14.3.13】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-15℃ ~ 35℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 14.3.7】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	고정단						
A2	11.9	38.1	0.00001	50.8	6.0	19.4	
1) 조사당시 온도 : -3.1℃(조사일 : 2022년 12월 05일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방)							

【표 14.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용 변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1		고정단						
A2	SH1	5(A2)	35	25	6.0	19.4	±30	O.K
	SH2	5(A2)	35	25			±30	O.K
	SH3	5(A2)	35	25			±30	O.K
	SH4	5(A2)	35	25			±30	O.K
	SH5	5(A2)	35	25			±30	O.K
	SH6	5(A2)	35	25			±30	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K
＊ 교량받침 허용변위에 대한 자료가 없어 탄성받침 고무재 높이의 0.3배를 적용하여 허용변위를 추정함.

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 모두 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

【사진 14.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 하부 누수가 조사되었다.

【표 14.3.9】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	0.50	1
A2 (EXP J2)	0.50	1
합계	1.00	2

	
A1 하부 누수(L=0.5m)	A1 하부 누수(L=0.5m)
	
A1 차수판 상태 양호	A2 상태 양호

【사진 14.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 하부 누수의 경우 시공미흡, 주행차량의 윤하중 및 충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10^{-5}, α(콘크리트): 1.0×10^{-5}
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 12. 05. 기온 적용: −3.1℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃−(−3.1)℃ = 38.1℃
△T(수축시) : −15.0℃−(−3.1℃) = 11.9℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 14.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 14.3.10】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	고정단									
A2	11.9	38.1	0.00001	50.8	6.0	19.4	40	25	40	

1) 조사당시 온도 : −3.1℃(조사일 : 2022년 12월 05일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방)

【표 14.3.11】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1		고정단						
A2	신축이음	6.0	19.4	40	50	4.00	20.60	O.K
	바닥판			25	-	-	5.6	O.K
	거더			40	-	-	20.6	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

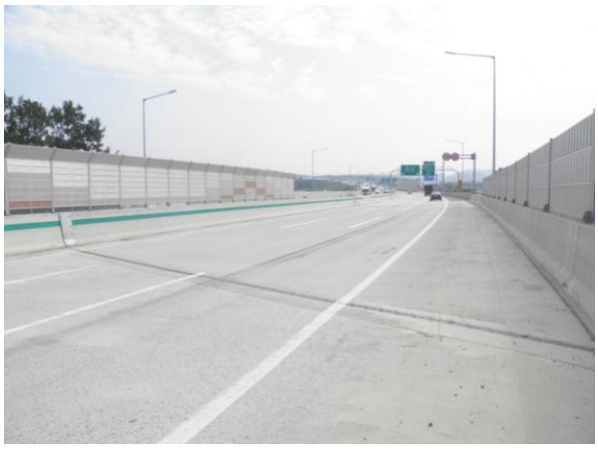
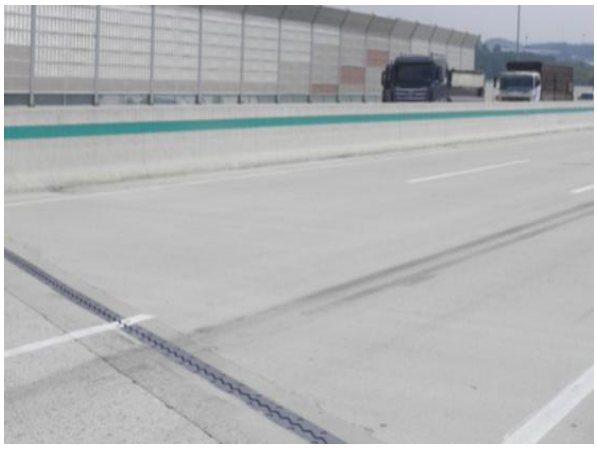
6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 서문13교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어 있다.

	
교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

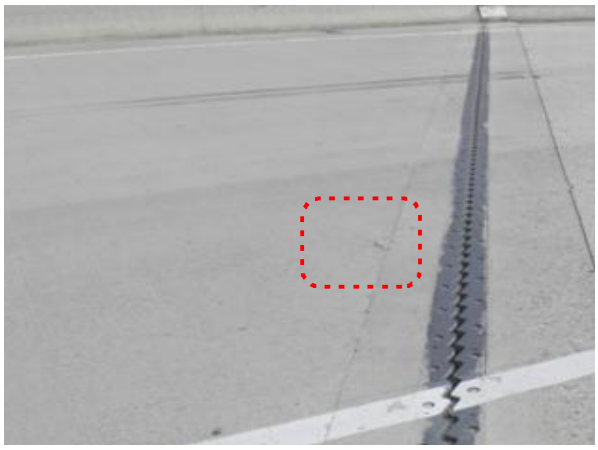
【사진 14.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장에 대한 현장조사 결과 본선은 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 포장 파손, 접속도로 파손이 조사되었다.

【표 14.3.12】 교면포장 현장조사 결과

구분	포장 파손 (㎡/개소)		접속도로 파손 (㎡/개소)	
S1	0.04	1	0.25	5
합계	0.04	1	0.25	5

	
S1 포장 파손(0.2×0.2)	S1(A1) 접속도로 파손(0.1×0.5 ×5EA)

【사진 14.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장은 전반적으로 양호한 상태이나 조사된 포장 파손, 접속도로 파손의 경우 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문13교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 14.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 14.3.13】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 14.3.20】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

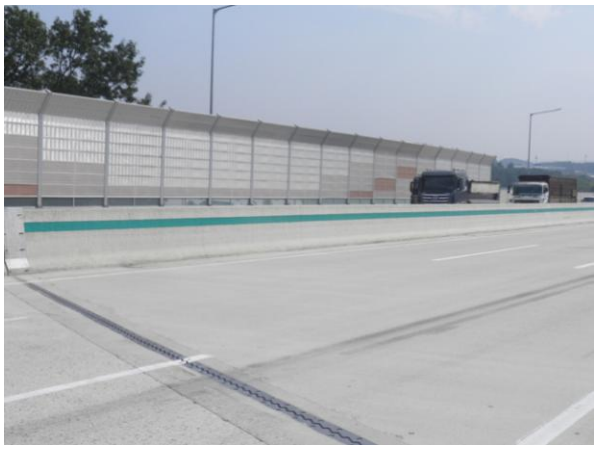
4) 검토의견

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조이며, 방호벽 상면에 방음벽이 설치되어있다.

	
방호벽 전경	중앙분리대 전경

【사진 14.3.21】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 균열(0.3㎜미만)이 조사되었다.

【표 14.3.14】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
S1	3.00	2
합계	3.00	2

	
S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
방음벽 상태 양호	중앙분리대 상태 양호

【사진 14.3.22】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열(0.3㎜미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

차. 교량 점검시설

■ 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

카. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “서울방향 현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “서울방향 현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

14.3.3 문산방향 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문13교(문산방향)은 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=50.8m 폭 16.0m(편도)로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경



바닥판 하면 전경

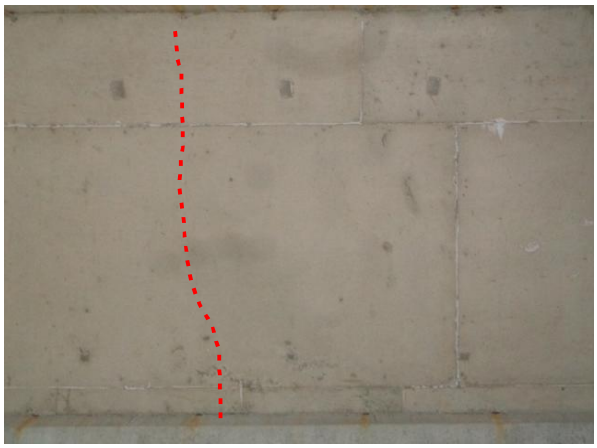
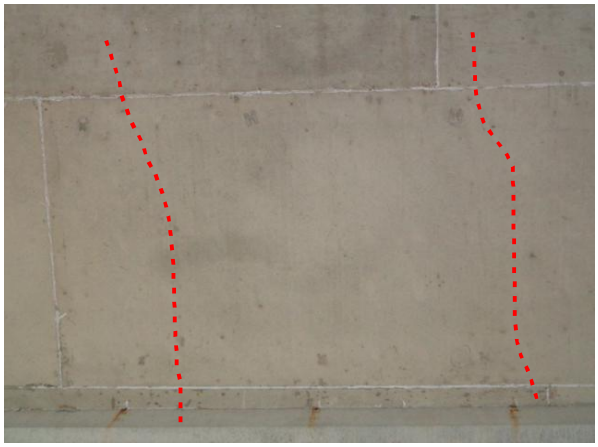
【사진 14.3.23】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 국부적인 균열(0.3㎜미만), 재료분리가 조사되었다.

【표 14.3.15】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		재료분리 (㎡/개소)	
S1	5.00	5	0.06	1
합계	5.00	5	0.06	1

	
바닥판 하면 S1 재료분리(0.3×0.2)	바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3㎜미만)	바닥판 하면 캔틸레버부 전경

【사진 14.3.24】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3㎜미만), 재료분리는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Bicon 거더는 6열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다.



거더 전경



거더 전경

【사진 14.3.25】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 재료분리가 조사되었다.

【표 14.3.16】 거더 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
거더 상태 양호	거더 상태 양호

【사진 14.3.26】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 전경	가로보 전경

【사진 14.3.27】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보에 대한 현장조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 재료분리가 조사되었다.

【표 14.3.17】 가로보 현장조사 결과

구분	재료분리 (㎡/개소)	
S1	0.20	1
합계	0.20	1

	
가로보 S1-G1~2 재료분리(0.4×0.5)	가로보 S1-G1~2 재료분리(0.4×0.5)

【사진 14.3.28】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 국부적인 재료분리가 조사된 상태이며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 서문13교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
교대 전경(A1)	교대 전경(A2)

【사진 14.3.29】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 14.3.18】 교대 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
A1 상태 양호	A2 상태 양호

【사진 14.3.30】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

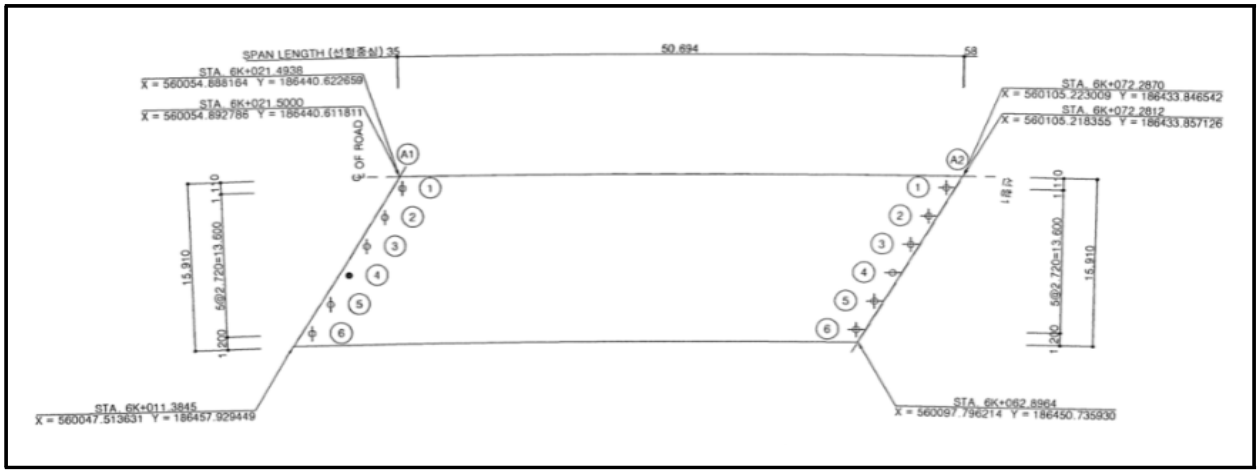
4) 검토의견

- 교대는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 서문13교의 받침은 탄성받침으로 총 12기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 14.3.3】 교량받침 배치도

		
탄성받침(일방향) 전경	탄성받침(양방향) 전경	탄성받침(고정) 전경

【사진 14.3.31】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

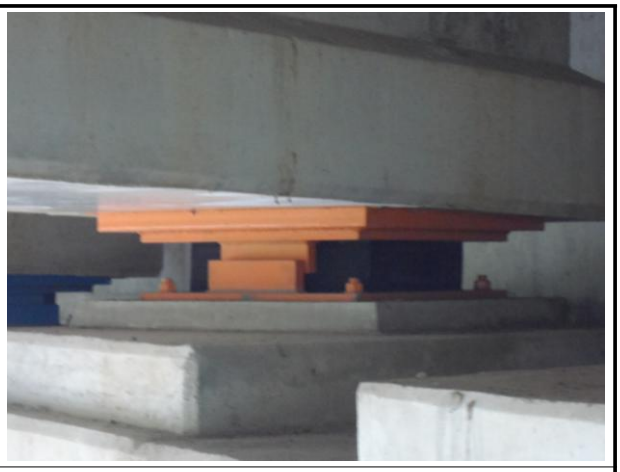
■ 교량받침에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 14.3.19】 교량받침 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-



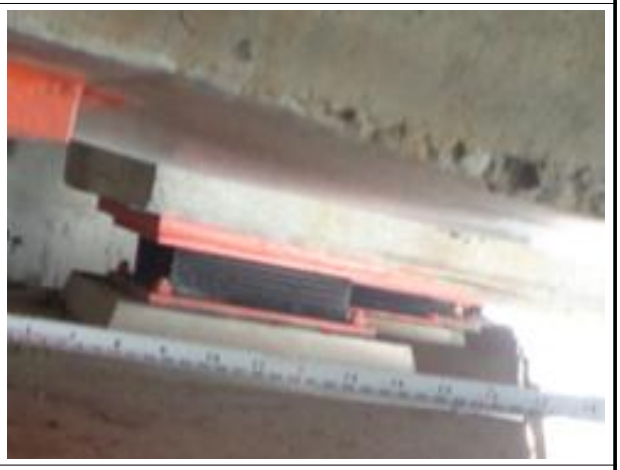
A1-Sh1 상태 양호



A1-Sh3 상태 양호



A2-Sh1 상태 양호



A2-Sh5 상태 양호

【사진 14.3.32】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

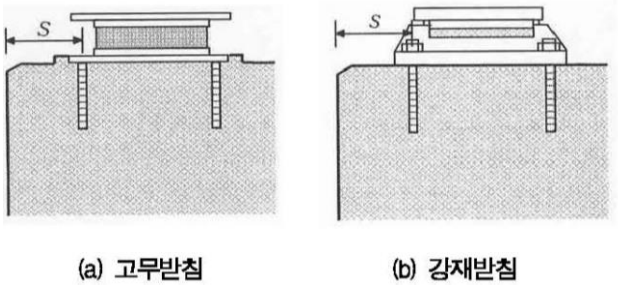
4) 검토의견

■ 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가손상 발생 여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.

5) 연단거리 검토

■ 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.

■ 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 14.3.4】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 14.3.33】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.8m) : 200+5×50.8 = 454(㎜)

【표 14.3.20】 연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)			검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	
A1	454	550	550	550	O.K
A2	454	590	590	590	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정

【사진 14.3.34】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 14.3.21】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	고정단						
A2	11.9	38.1	0.00001	50.8	6.0	19.4	
1) 조사당시 온도 : −3.1℃(조사일 : 2022년 12월 05일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방)							

【표 14.3.22】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용 변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1		고정단						
A2	SH1	10(A2)	40	20	6.0	19.4	±30	O.K
	SH2	10(A2)	40	20			±30	O.K
	SH3	10(A2)	40	20			±30	O.K
	SH4	10(A2)	40	20			±30	O.K
	SH5	10(A2)	40	20			±30	O.K
	SH6	10(A2)	40	20			±30	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K ＊ 교량받침 허용변위에 대한 자료가 없어 탄성받침 고무재 높이의 0.3배를 적용하여 허용변위를 추정함.								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 모두 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

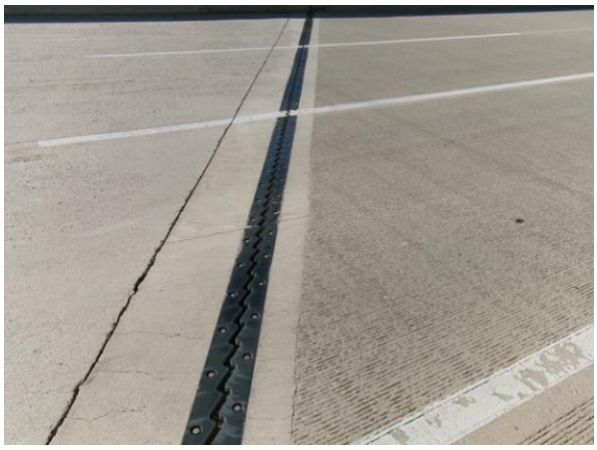
【사진 14.3.35】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 후타재 균열, 망상균열, 하부 누수가 조사되었다.

【표 14.3.23】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		후타재 망상균열 (㎡/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	5.70	19	3.60	1	0.50	1
A2 (EXP J2)	-	-	1.75	2	0.50	1
합계	5.70	19	5.35	3	1.00	2

	
A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
A1 하부 누수(L=0.5m)	A2 후타재 망상균열(0.3×2.5, 0.4×2.5)

【사진 14.3.36】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 망상균열, 하부 누수의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ $\Delta lt = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$
여기서, Δlt : 온도변화에 의한 이동량
ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10^{-5}, α(콘크리트): 1.0×10^{-5}
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 12. 05. 기온 적용: −3.1℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃−(−3.1)℃ = 38.1℃
△T(수축시) : −15.0℃−(−3.1℃) = 11.9℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 14.3.37】 신축이음 유간 측정방법

【표 14.3.24】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	고정단									
A2	11.9	38.1	0.00001	50.8	6.0	19.4	23	35	55	
1) 조사당시 온도 : −3.1℃(조사일 : 2022년 12월 05일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방)										

【표 14.3.25】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1		고정단						
A2	신축이음	6.0	19.4	23	50	21.00	3.60	O.K
	바닥판			35	-	-	15.6	O.K
	거더			55	-	-	35.6	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 본교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

【사진 14.3.38】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장에 대한 현장조사 결과 접속도로 파손, 접속부 이격이 조사되었다.

【표 14.3.26】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 파손 (㎡/개소)		접속부 이격 (m/개소)	
S1	0.25	1	26.00	2
합계	0.25	1	26.00	2

	
S1(A1) 접속도로 파손(0.5×0.5)	S1(A1) 접속부 이격(L=13.0m, T=0.5cm)
	
S1(A1) 접속부 이격(L=13.0m, T=0.5cm)	S1(A1) 접속부 이격(L=13.0m, T=0.5cm)

【사진 14.3.39】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장의 본선은 양호한 상태로 확인되었으나 조사된 접속도로 파손, 접속부 이격의 경우 다짐불량, 시공미흡, 주행차량의 윤하중 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수, 실링재 충전 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문13교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 14.3.40】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 14.3.27】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 14.3.41】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

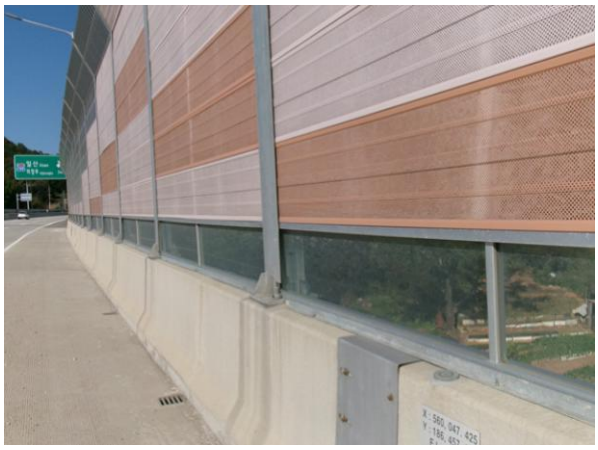
4) 검토의견

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조이며, 방호벽 상면에 방음벽이 설치되어있다.

	
방호벽 전경	중앙분리대 전경

【사진 14.3.42】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 균열(0.3㎜미만, 이상), 접속부 균열 및 박리가 조사되었다.

【표 14.3.28】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)		접속부 균열 (m/개소)		접속부 박리 (㎡/개소)	
S1	49.00	2	14.00	7	3.00	2	0.75	1
합계	49.00	2	14.00	7	3.00	2	0.75	1

	
S1 중분대 균열(Cw=0.3㎜미만)	S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜이상)
	
S1(A2) 접속부 균열(Cw=0.3㎜이상)	S1(A2) 접속부 박리(1.5×0.5)

【사진 14.3.43】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열(0.3㎜미만, 미만), 접속부 균열, 박리는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 주입보수, 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

차. 교량 점검시설

■ 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

카. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “문산방향 현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “문산방향 현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

14.3.4 현장조사 총괄표

【표 14.3.29】 손상내용 총괄표(서울방향)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	m	2.00	2	
	철근노출	㎡	0.02	1	
거더	재료분리	㎡	0.02	1	
가로보	상태양호	-	-	-	
교대	상태양호	-	-	-	
교량받침	상태양호	-	-	-	
신축이음	하부 누수	m	1.00	2	
교면포장	포장 파손	㎡	0.04	1	
	접속도로 파손	㎡	0.25	5	
배수시설	상태양호	-	-	-	
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	3.00	2	

【표 14.3.30】 손상내용 총괄표(문산방향)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	m	5.00	5	
	재료분리	㎡	0.06	1	
거더	상태양호	-	-	-	
가로보	재료분리	㎡	0.20	1	
교대	상태양호	-	-	-	
교량받침	상태양호	-	-	-	
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	5.70	19	
	후타재 망상균열	㎡	5.35	3	
	하부 누수	m	1.00	2	
교면포장	접속도로 파손	㎡	0.25	1	
	접속부 이격	m	26.00	2	
배수시설	상태양호	-	-	-	
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	49.00	2	
	균열(0.3㎜이상)	m	14.00	7	
	접속부 균열	m	3.00	2	
	접속부 박리	㎡	0.75	1	

14.3.5 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

14.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

14.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 14.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	2	2	2	2	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



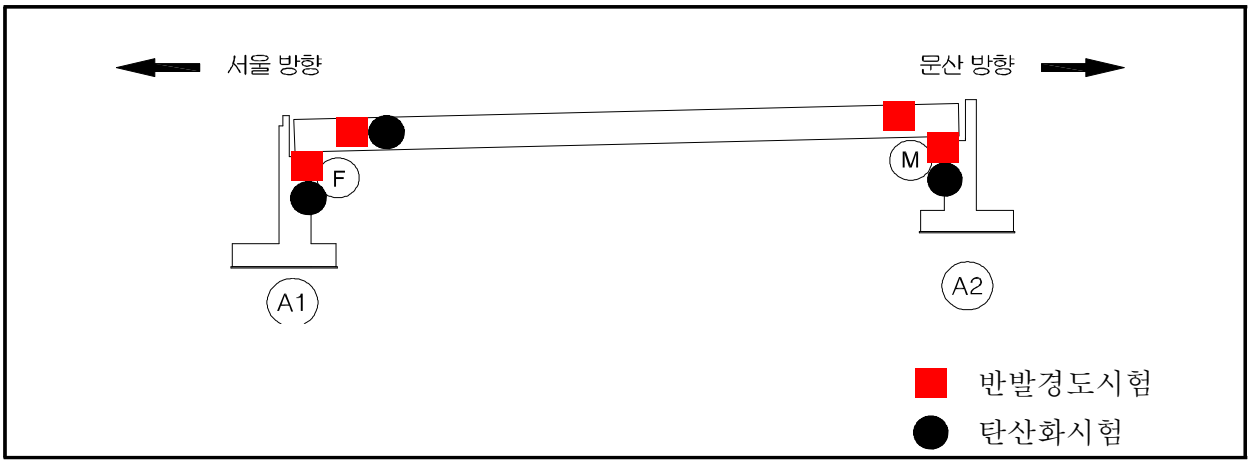
반발경도 시험 현황



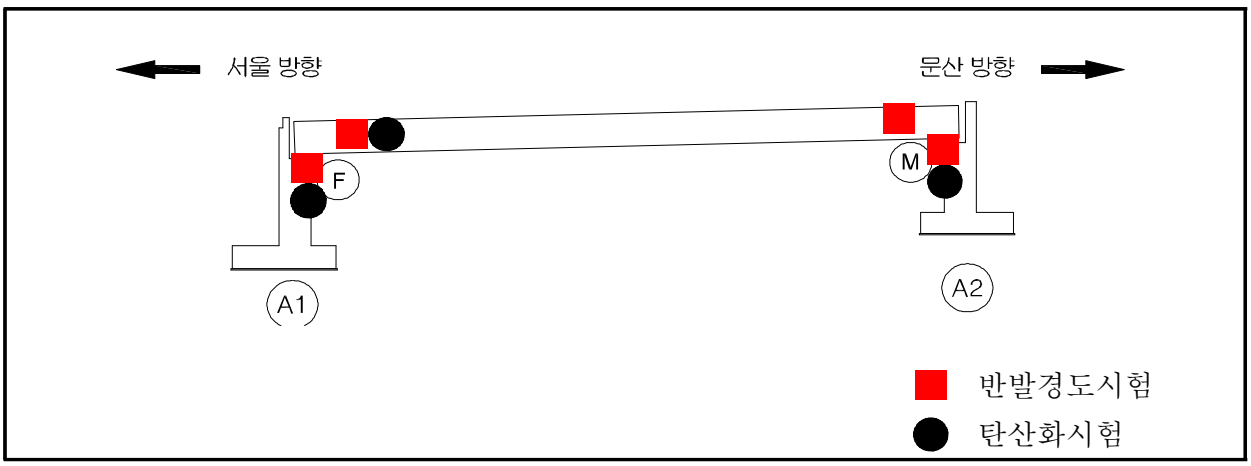
탄산화깊이 측정 현황

【사진 14.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 14.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(서울방향)



【그림 14.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(문산방향)

14.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 각 방향별로 상·하부구조에서 반발경도시험(각 2개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 14.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판, 서울방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	46.8	27.8	29.0	0.67	27.0	

【표 14.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더, 서울방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
상부구조	S1	거더	48.7	41.2	49.2	0.67	40.0	

【표 14.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(서울방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	흉벽	43.3	24.8	27.3	0.67	24.0	
	A2	흉벽	43.5	24.9	27.4			

【표 14.4.5】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판, 문산방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	46.1	27.2	28.7	0.67	27.0	

【표 14.4.6】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더, 문산방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	거더	49.5	42.0	50.4	0.67	40.0	

【표 14.4.7】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(문산방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	흉벽	43.6	25.0	27.5	0.67	24.0	
	A2	흉벽	43.1	24.6	27.2			

- 서울방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.8~29.0MPa, 거더 41.2~49.2MPa, 하부구조 교대 24.8~27.4MPa로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 문산방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.2~28.7MPa, 거더 42.0~50.4MPa, 하부구조 교대 24.6~27.5MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0 MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 14.4.8】 비파괴강도 시험결과 분석(서울방향)

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.8~29.0	27.0	102.8~107.4
	거더	41.2~49.2	40.0	103.1~123.1
하부구조	교대	24.8~27.4	24.0	103.3~114.2

【표 14.4.9】 비파괴강도 시험결과 분석(문산방향)

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.2~28.7	27.0	100.6~106.1
	거더	42.0~50.4	40.0	105.0~126.0
하부구조	교대	24.6~27.5	24.0	102.6~114.4

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 14.4.10】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가(서울방향)

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	1.5	40.0	38.5	1.06	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	A2 흉벽	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a

【표 14.4.11】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가(문산방향)

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a
	A2 흉벽	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a

- 서울방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.
- 문산방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 14.4.12】 탄산화 시험결과 분석(서울방향)

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.5	38.5	
하부구조	2.0	98.0	

【표 14.4.13】 탄산화 시험결과 분석(문산방향)

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	2.0	38.0	
하부구조	2.0~3.0	97.0~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 14.4.14】 금회 점검 내구성조사 결과요약(서울방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.8~29.0	27.0	■설계강도 이상(양호)
		거더	41.2~49.2	40.0	
	하부구조	교대	24.8~27.4	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

【표 14.4.15】 금회 점검 내구성조사 결과요약(문산방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.7	27.0	■설계강도 이상(양호)
		거더	42.0~50.4	40.0	
	하부구조	교대	24.6~27.5	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

14.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

14.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 14.5.1】 상태평가 결과표(서울방향)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	Bicon	c	b	a	b	a	b	c	a	b	q	a	a
	A2								c	a	a	q	–	a
평균			0.400	0.200	0.100	0.200	0.100	0.200	0.400	0.100	0.150	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.072	0.040	0.005	0.014	0.003	0.004	0.036	0.009	0.030	–	0.004	0.003
													0.220	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.220) < 0.260

【표 14.5.2】 상태평가 결과표(문산방향)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	Bicon	b	a	b	a	a	c	c	a	a	q	a	a
	A2								c	a	a	q	–	a
평균			0.200	0.100	0.200	0.100	0.100	0.400	0.400	0.100	0.100	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.020	0.010	0.007	0.003	0.008	0.036	0.009	0.020	–	0.004	0.003
													0.156	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.156) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 14.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분		환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문13교	서울	0.220	B	50.8	2	102	0.500	0.110
	문산	0.156	B	50.8	2	102	0.500	0.078
합계(Σ)				101.6	4	203	1.000	0.188
1. 평가지수 =								0.188
2. 상태평가결과 =								B

14.5.2 기 점검 결과와의 비교

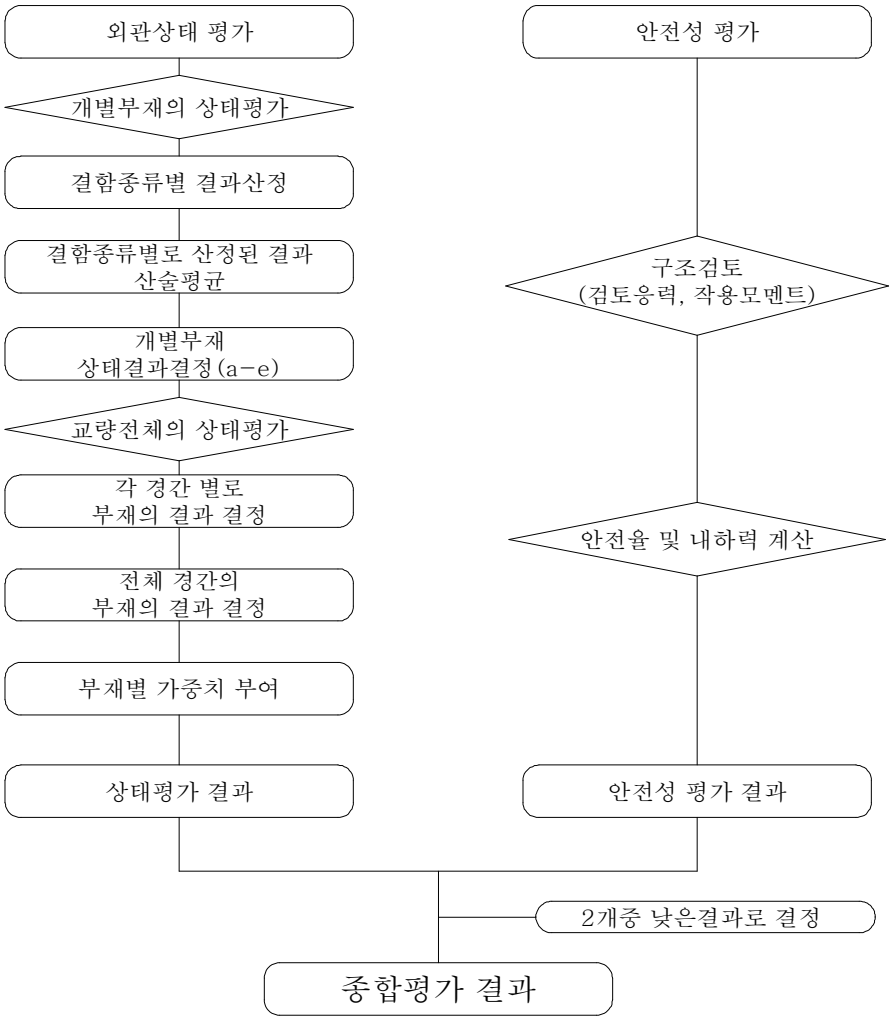
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

14.6 종합평가 및 안전등급 지정

14.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 14.6.1】 종합평가 결과 산정절차

14.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 14.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문13교	0.188	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

14.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 14.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

14.7 보수・보강 및 유지관리방안

14.7.1 보수・보강 방안

【표 14.7.1】 손상별 보수・보강 방안(서울방향)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	m	2.00	2	표면처리	하자
	철근노출	㎡	0.02	1	단면보수(방청)	하자
거더	재료분리	㎡	0.02	1	단면보수	하자
가로보	상태양호	-	-	-	-	-
교대	상태양호	-	-	-	-	-
교량받침	상태양호	-	-	-	-	-
신축이음	하부 누수	m	1.00	2	정비(재설치)	하자
교면포장	포장 파손	㎡	0.04	1	단면보수	하자
	접속도로 파손	㎡	0.25	5	단면보수	하자
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	3.00	2	표면처리	하자

【표 14.7.2】 손상별 보수・보강 방안(문산방향)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	m	5.00	5	표면처리	하자
	재료분리	㎡	0.06	1	단면보수	하자
거더	상태양호	-	-	-	-	-
가로보	재료분리	㎡	0.20	1	단면보수	하자
교대	상태양호	-	-	-	-	-
교량받침	상태양호	-	-	-	-	-
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	5.70	19	표면처리	하자
	후타재 망상균열	㎡	5.35	3	표면처리	하자
	하부 누수	m	1.00	2	정비(재설치)	하자
교면포장	접속도로 파손	㎡	0.25	1	단면보수	하자
	접속부 이격	m	26.00	2	실링재 충전	하자
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	49.00	2	표면처리	하자
	균열(0.3㎜이상)	m	14.00	7	주입보수	하자
	접속부 균열	m	3.00	2	주입보수	하자
	접속부 박리	㎡	0.75	1	단면보수	하자

14.7.2 개략공사비

【표 14.7.3】 개략공사비(서울방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	균열(0.3㎜미만)	표면처리	2.00	0.50	㎡	-	-	하자
	철근노출	단면보수 (방청)	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
거더	재료분리	단면보수	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
신축이음	하부 누수	정비(재설치)	1.00	1.50	m	-	-	하자
교면포장	포장 파손	단면보수	0.04	0.06	㎡	-	-	하자
	접속도로 파손	단면보수	0.25	0.38	㎡	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	3.00	0.75	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

【표 14.7.4】 개략공사비(문산방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	균열(0.3㎜미만)	표면처리	5.00	1.25	㎡	-	-	하자
	재료분리	단면보수	0.06	0.09	㎡	-	-	하자
가로보	재료분리	단면보수	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	표면처리	5.70	1.43	㎡	-	-	하자
	후타재 망상균열	표면처리	5.35	8.03	㎡	-	-	하자
	하부 누수	정비(재설치)	1.00	1.50	m	-	-	하자
교면포장	접속도로 파손	단면보수	0.25	0.38	㎡	-	-	하자
	접속부 이격	실링재 충전	26.00	39.00	m	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	49.00	12.25	㎡	-	-	하자
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	14.00	21.00	m	-	-	하자
	접속부 균열	주입보수	3.00	4.50	m	-	-	하자
	접속부 박리	단면보수	0.75	1.13	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

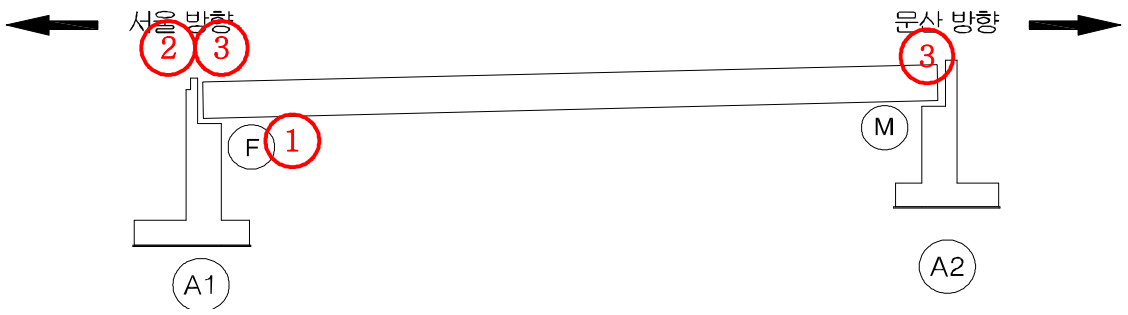
14.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 14.7.5】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>① 바닥판 하면 철근노출 – 진전 여부확인</td><td>② 교면포장 접속도로 파손 – 진전 여부확인</td><td>③ 신축이음 하부 누수 – 진전 여부확인</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
</table>

14.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 충장로 350번길 160(성사동)에 위치한 교량으로 총 연장 50.8m, 폭 32.0m의 Bicon 거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

14.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험(서울방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3㎜미만), 철근노출은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수(방청) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- 거더는 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 국부적인 재료분리가 조사된 상태이며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

3) 가로보

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 대한 현장조사 결과 날개벽 파손이 조사되었으며, 이는 시공미흡, 다짐불량, 성토부 옹벽의 밀림 등에 의한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수, 옹벽밀림에 대한 지속적인 계측 등이 필요하다.

5) 교량받침

- 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가손상 발생 여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

6) 신축이음장치

■ 신축이음에 발생한 하부 누수의 경우 시공미흡, 주행차량의 윤하중 및 충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

■ 교면포장은 전반적으로 양호한 상태이나 조사된 포장 파손, 접속도로 파손의 경우 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

8) 배수시설

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

■ 방호벽에 발생한 균열(0.3㎜미만)은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

10) 교량 점검시설

■ 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

11) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12) 내구성조사

- 서울방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.8~29.0㎫, 거더 41.2~49.2㎫, 하부구조 교대 24.8~27.4㎫로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 서울방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 현장조사 및 시험(영천방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3㎜미만), 재료분리는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- 거더는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보는 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 국부적인 재료분리가 조사된 상태이며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

4) 교대

- 교대는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교량받침

- 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가손상 발생 여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.

- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

6) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 망상균열, 하부 누수의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 교면포장의 본선은 양호한 상태로 확인되었으나 조사된 접속도로 파손, 접속부 이격의 경우 다짐불량, 시공미흡, 주행차량의 윤하중 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수, 실링재 충전 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

8) 배수시설

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열(0.3㎜미만, 미만), 접속부 균열, 박리는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 주입보수, 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

10) 교량 점검시설

- 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

11) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12) 내구성조사

■ 문산방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.2~28.7㎫, 거더 42.0~50.4㎫, 하부구조 교대 24.6~27.5㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

■ 문산방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

다. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 서문13교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.188인 “B” 로 산정되었다.

라. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문13교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

14.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

14.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

15. 서문14교

15.1 시설물 개요

15.2 자료수집 및 분석

15.3 현장조사

15.4 콘크리트 내구성조사

15.5 상태평가

15.6 종합평가 및 안전등급 지정

15.7 보수·보강 및 유지관리 방안

15.8 종합결론

15. 서문14교

15.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 고양대로 1489-1(성사동)에 위치한 교량으로 총 연장 70.0m, 폭 32.0m로 시공되어 있다.

15.1.1 일반사항

【표 15.1.1】서문14교 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000240	관리번호	-	
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 고양대로 1489-1(성사동)	준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		-	노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=70.0m(1경간)			
	폭	B=32.0m, 6차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교 대	A1 : 직접기초 A2 : 강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형			
교량받침		포트받침	신축이음	뉴모노셀조인트	
교차시설물		-	통과높이	-	
부착시설내용		-	설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		지에스건설㈜	설 계 자	㈜다산컨설턴트	
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체	서울문산고속도로주식회사	

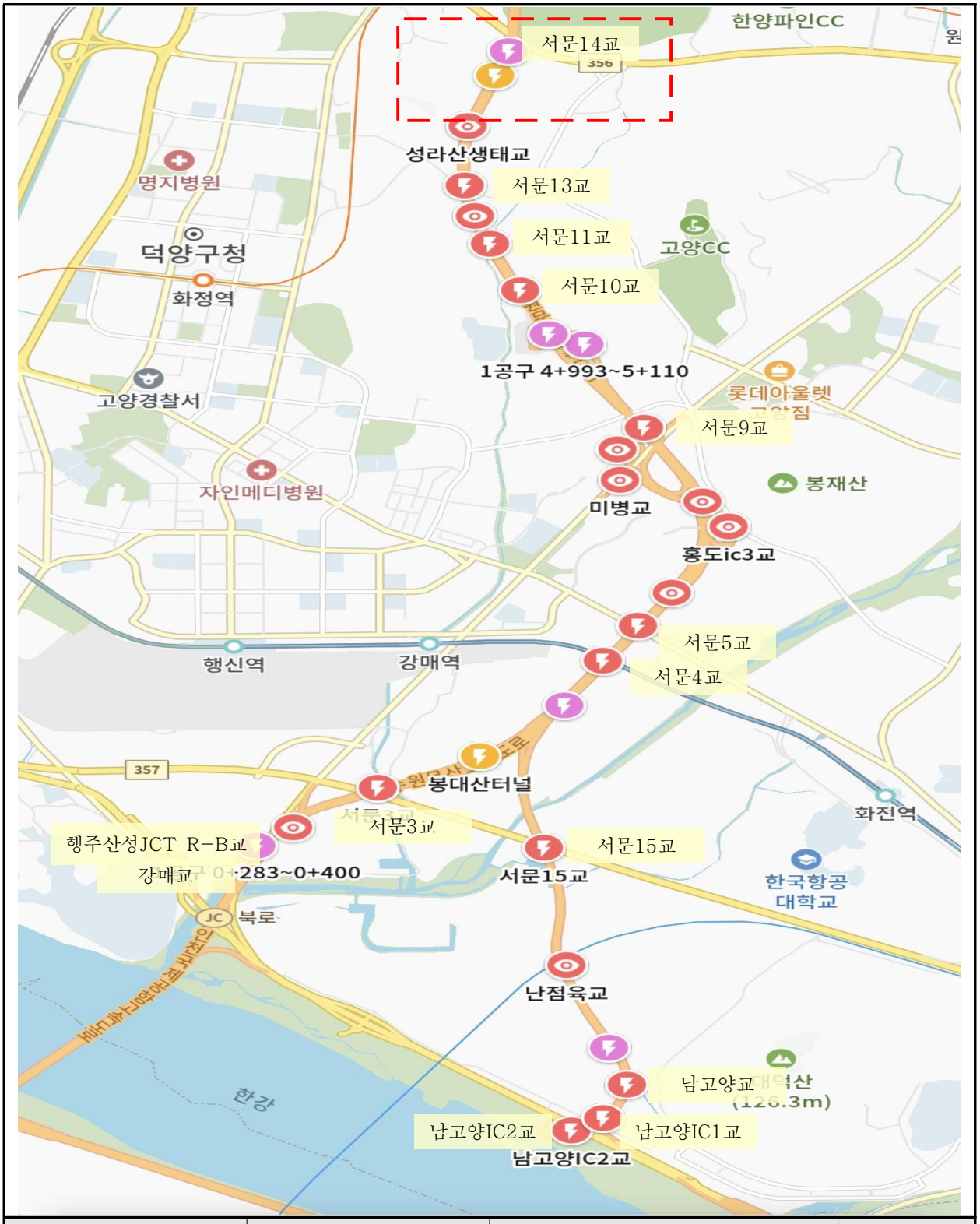


측면 전경



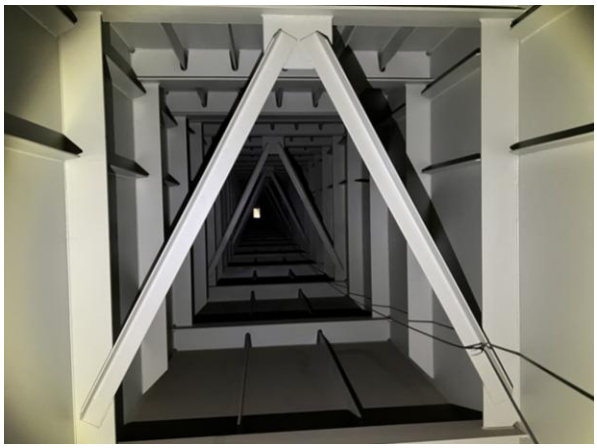
상부 전경

15.1.2 위치도 및 전경사진



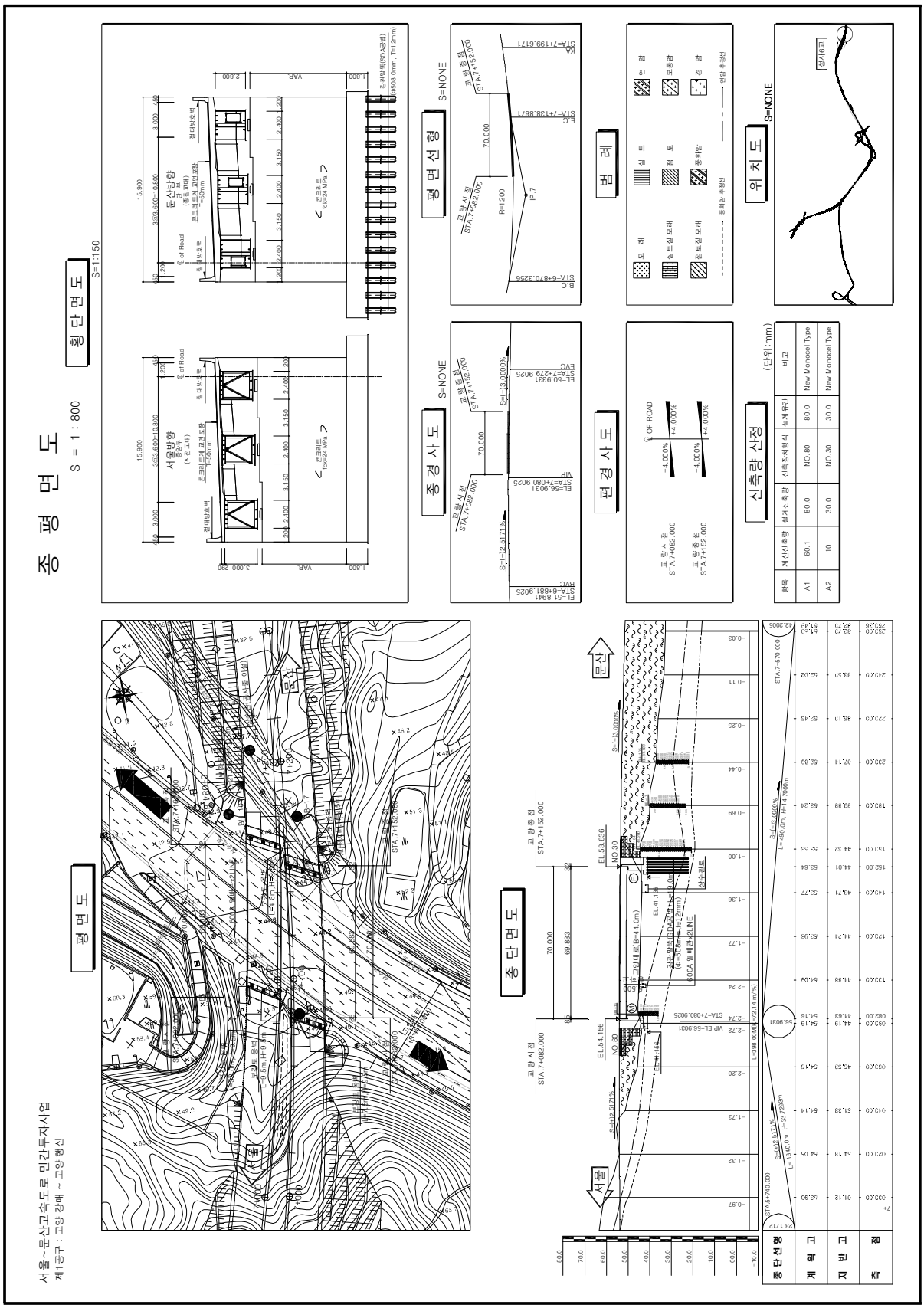
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 15.1.1】 위치도

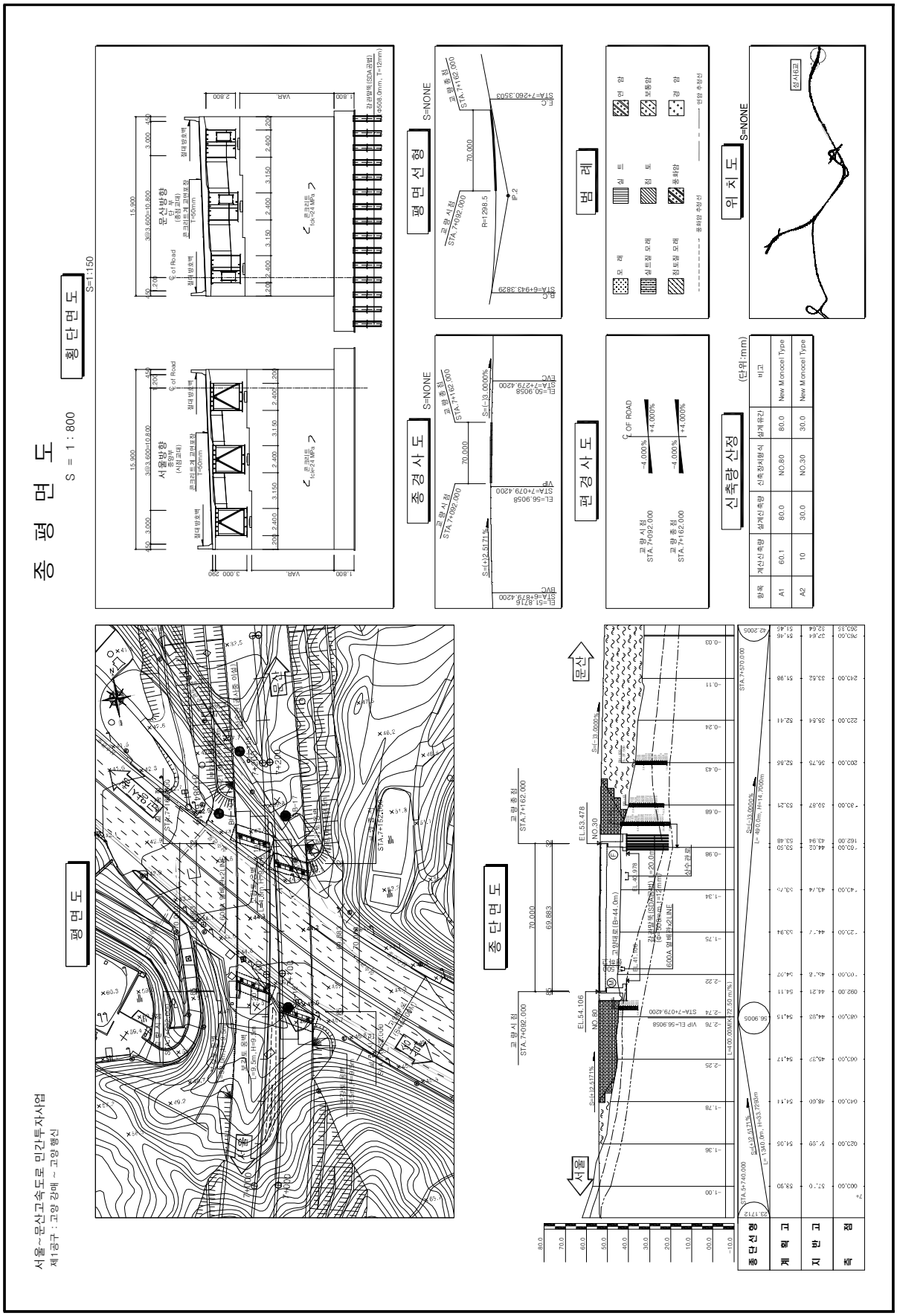
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더외부 전경	거더내부 전경
	
바닥판하면 전경	교대 전경

【그림 15.1.2】 부재별 현황

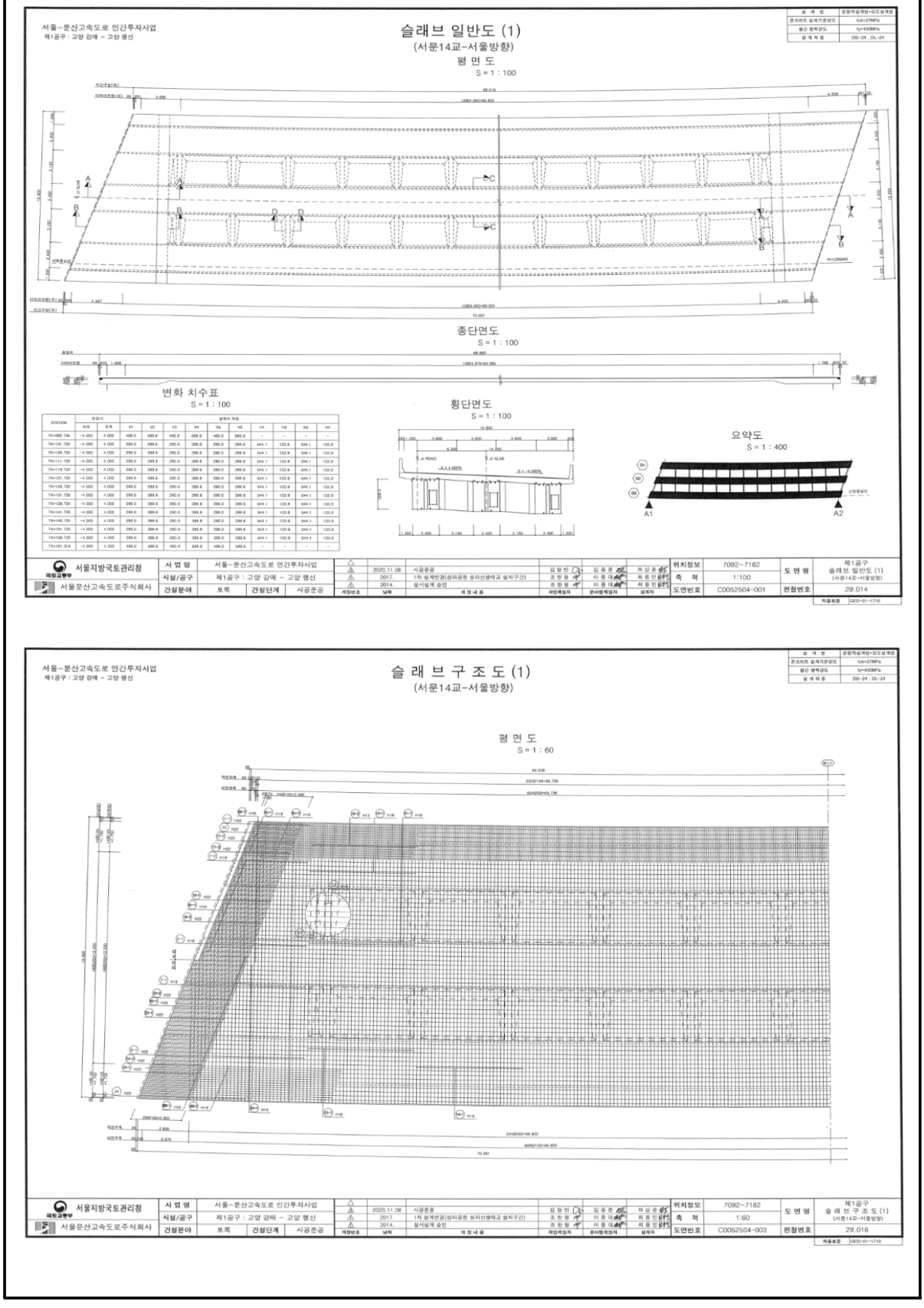
15.1.3 시설물 일반도



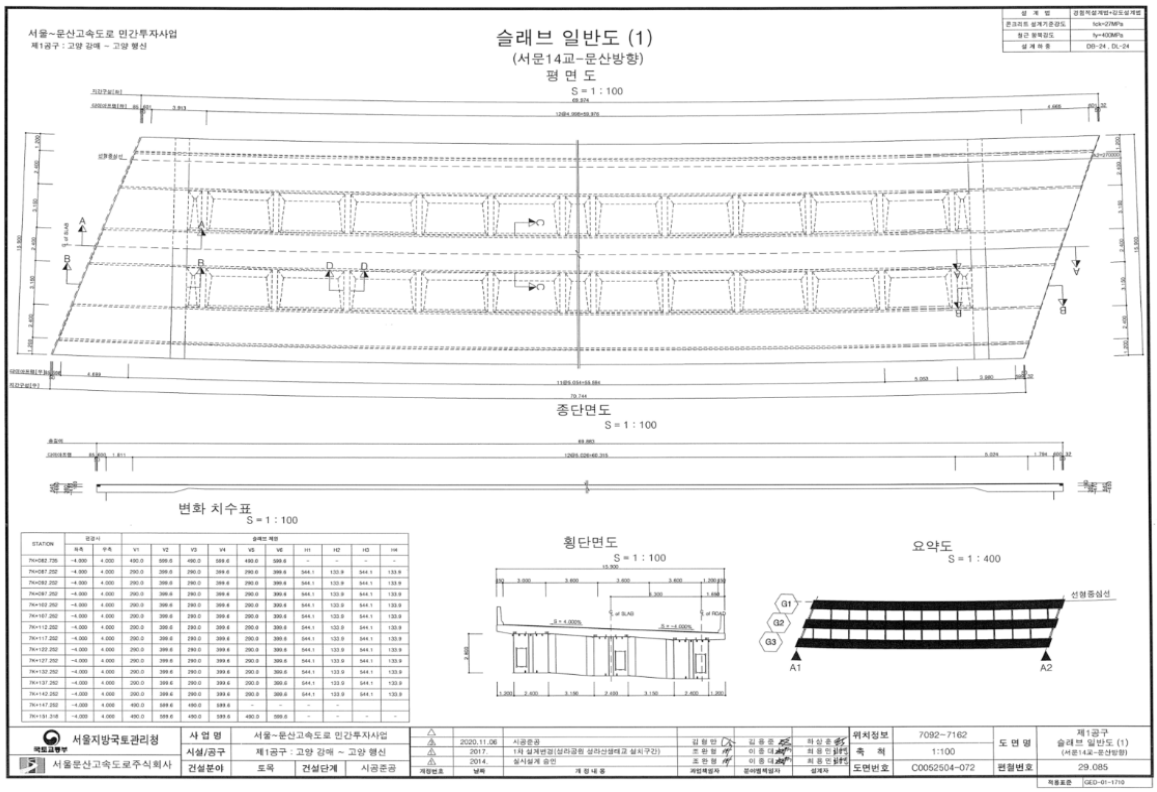
【그림 15.1.3】 평면 및 종단면도(서울방향)

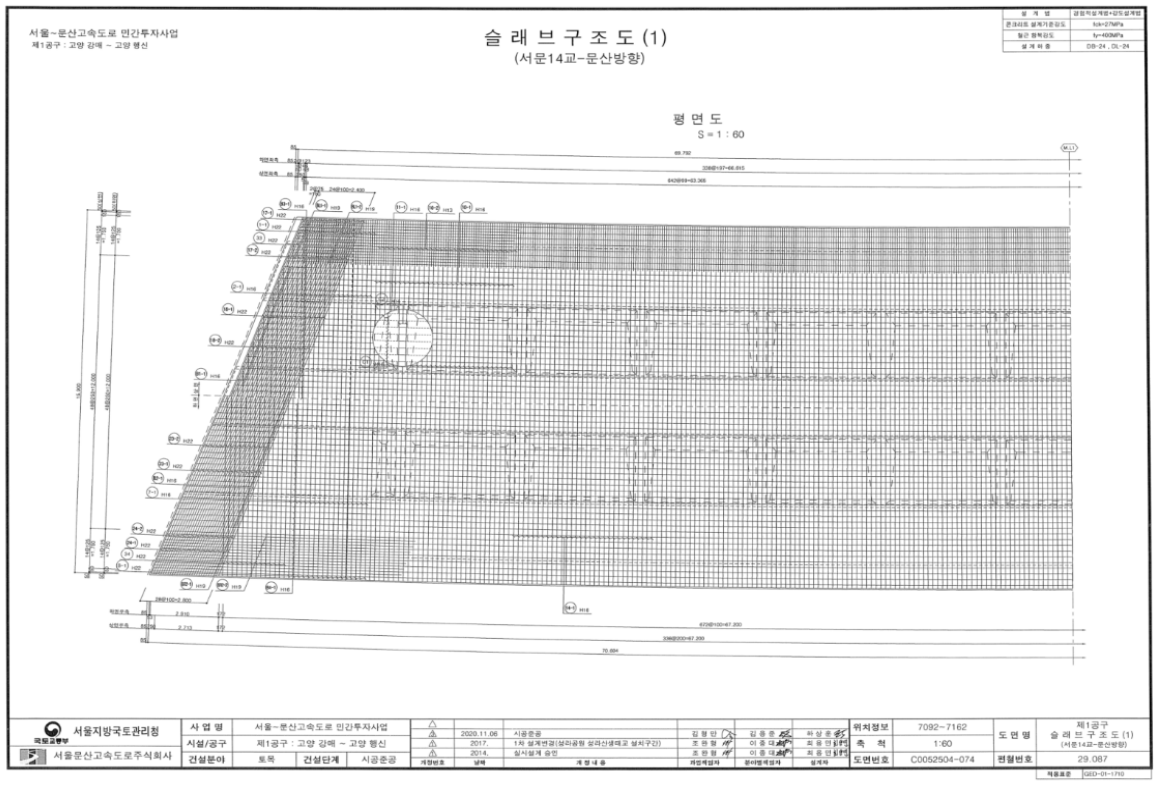


【그림 15.1.4】 평면 및 종단면도(문산방향)

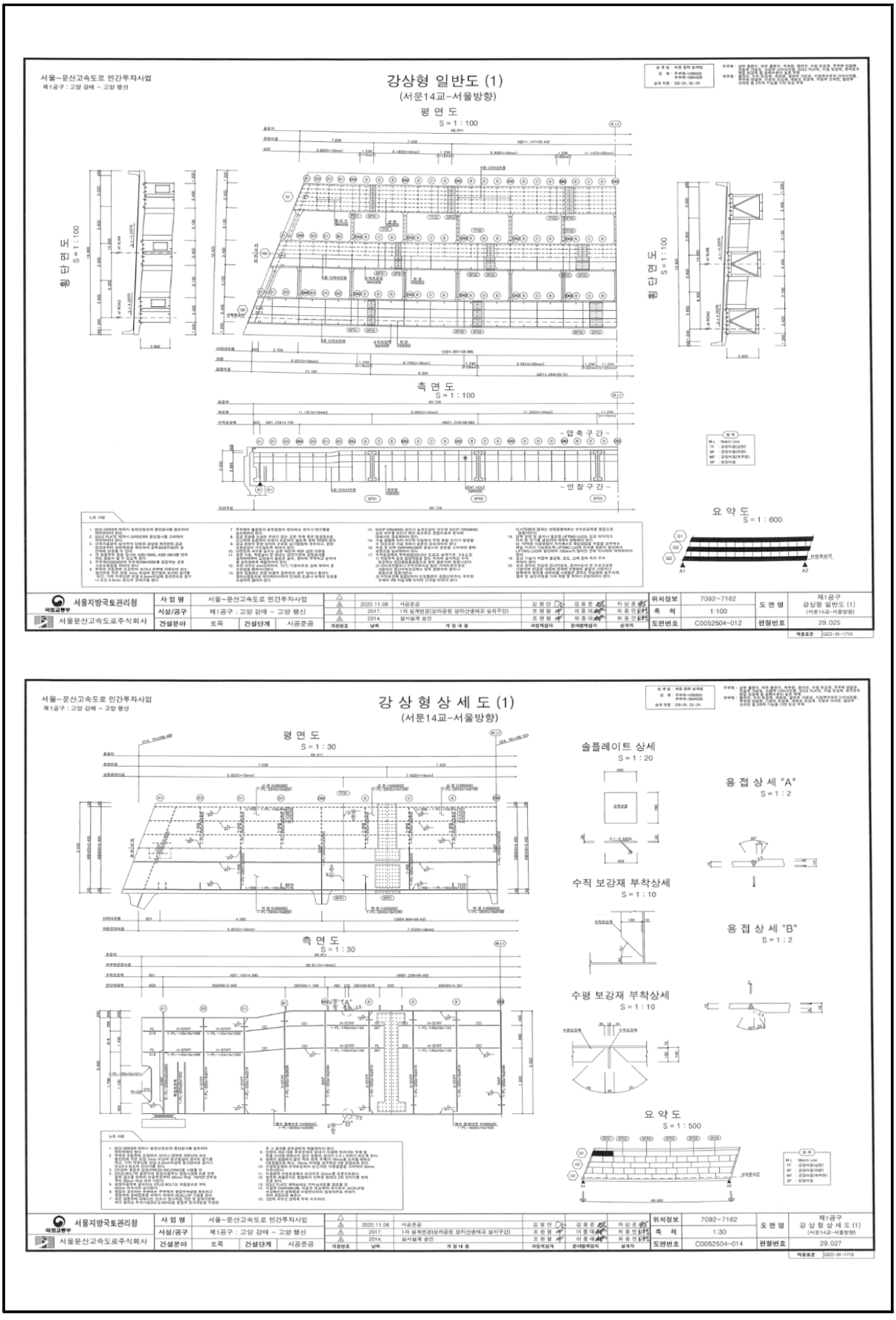


【그림 15.1.5】 바닥판하면 일반도 및 상세도(서울방향)

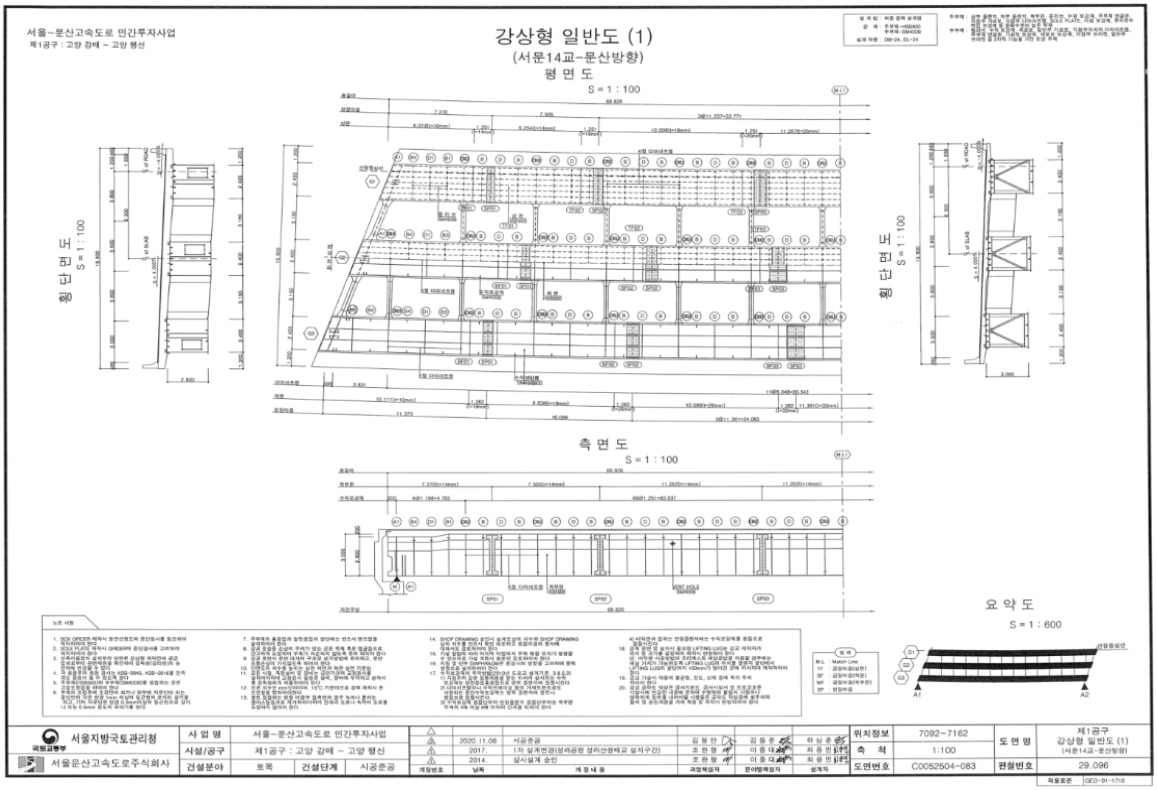


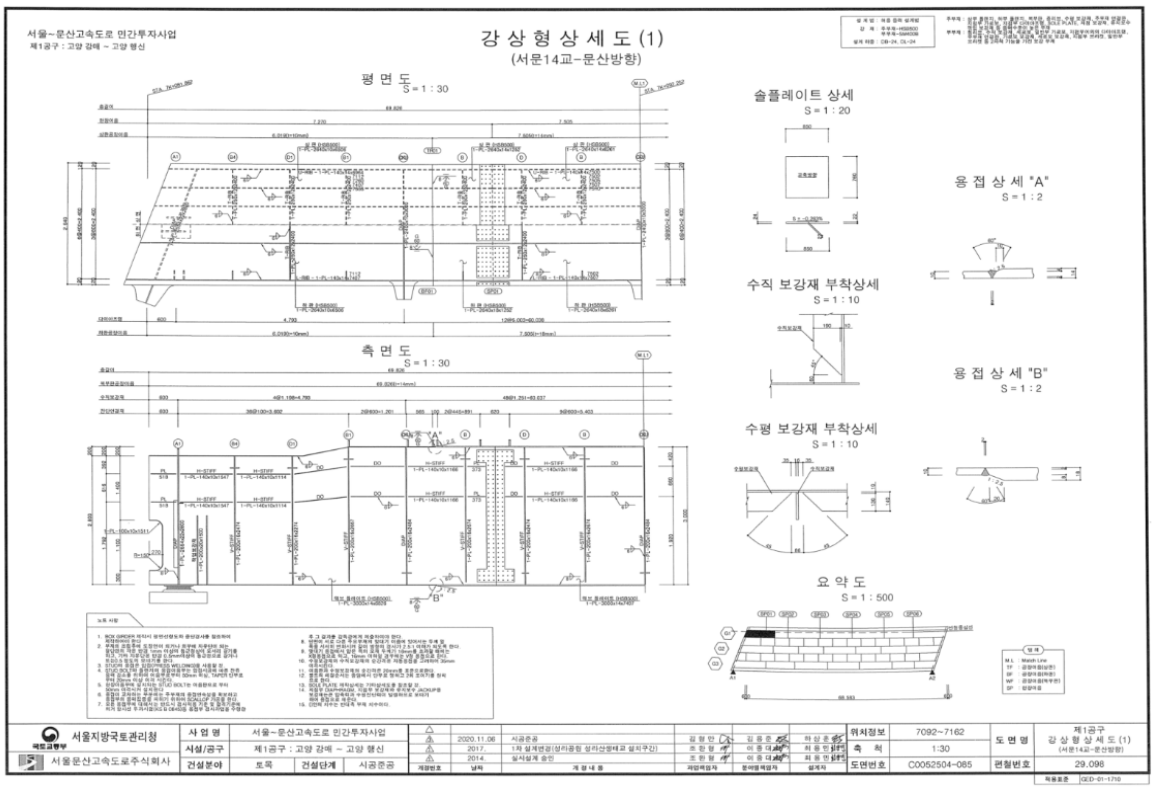


【그림 15.1.6】 바닥판하면 일반도 및 상세도(문산방향)

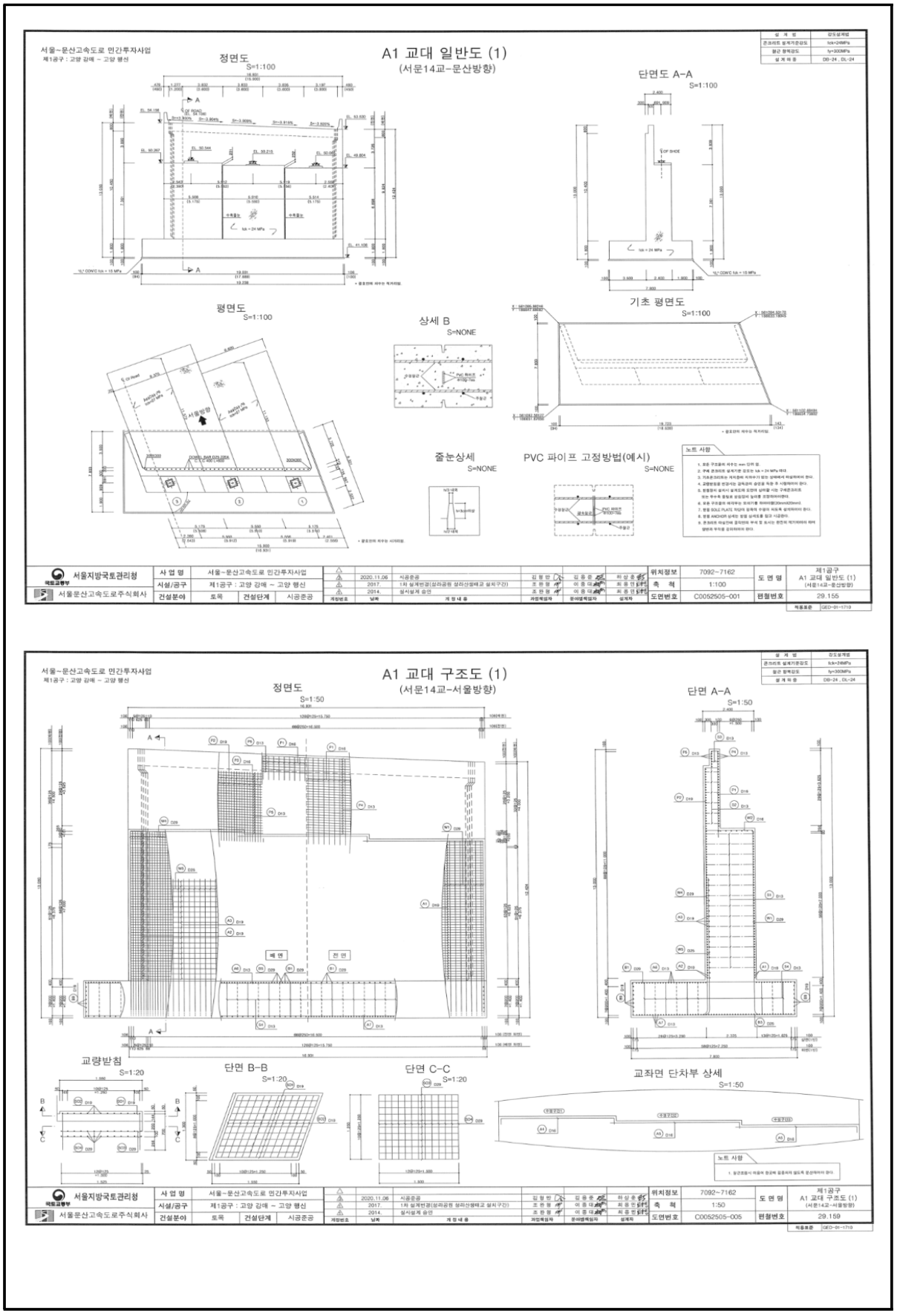


【그림 15.1.7】 강상형 일반도 및 상세도(서울방향)

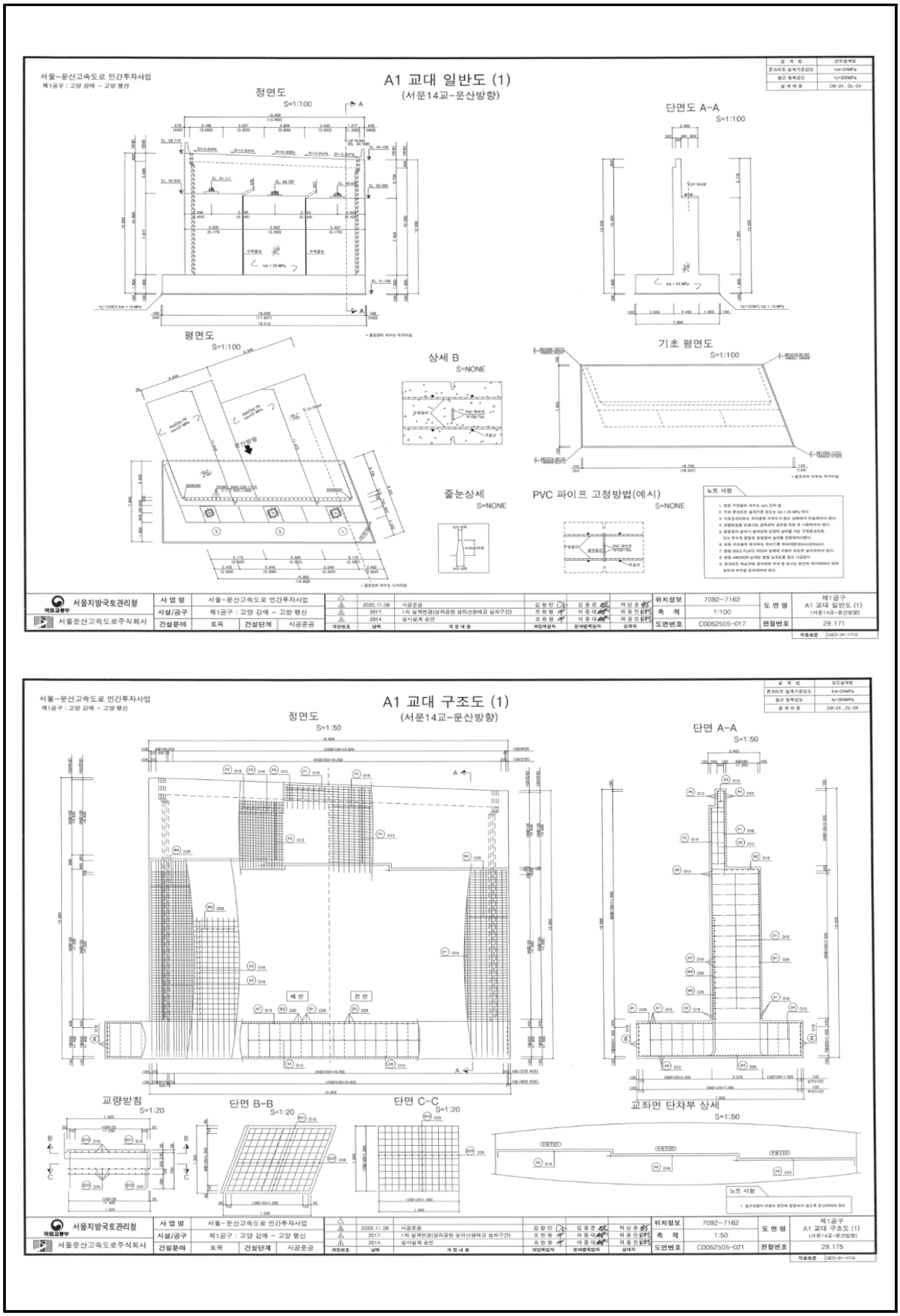




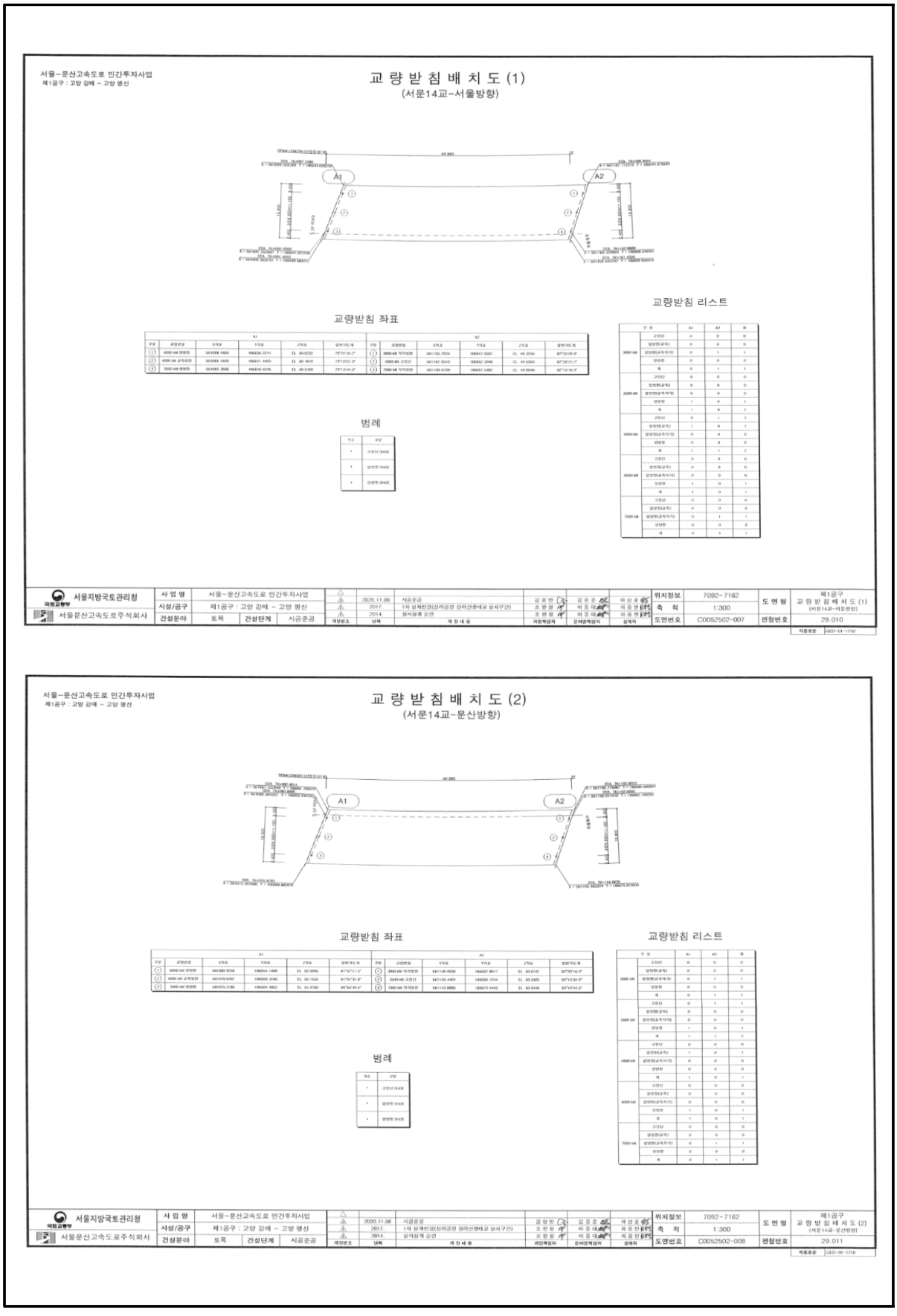
【그림 15.1.8】 강상형 일반도 및 상세도(문산방향)



【그림 15.1.9】 교대 일반도 및 구조도(서울방향)



【그림 15.1.10】 교대 일반도 및 구조도(문산방향)



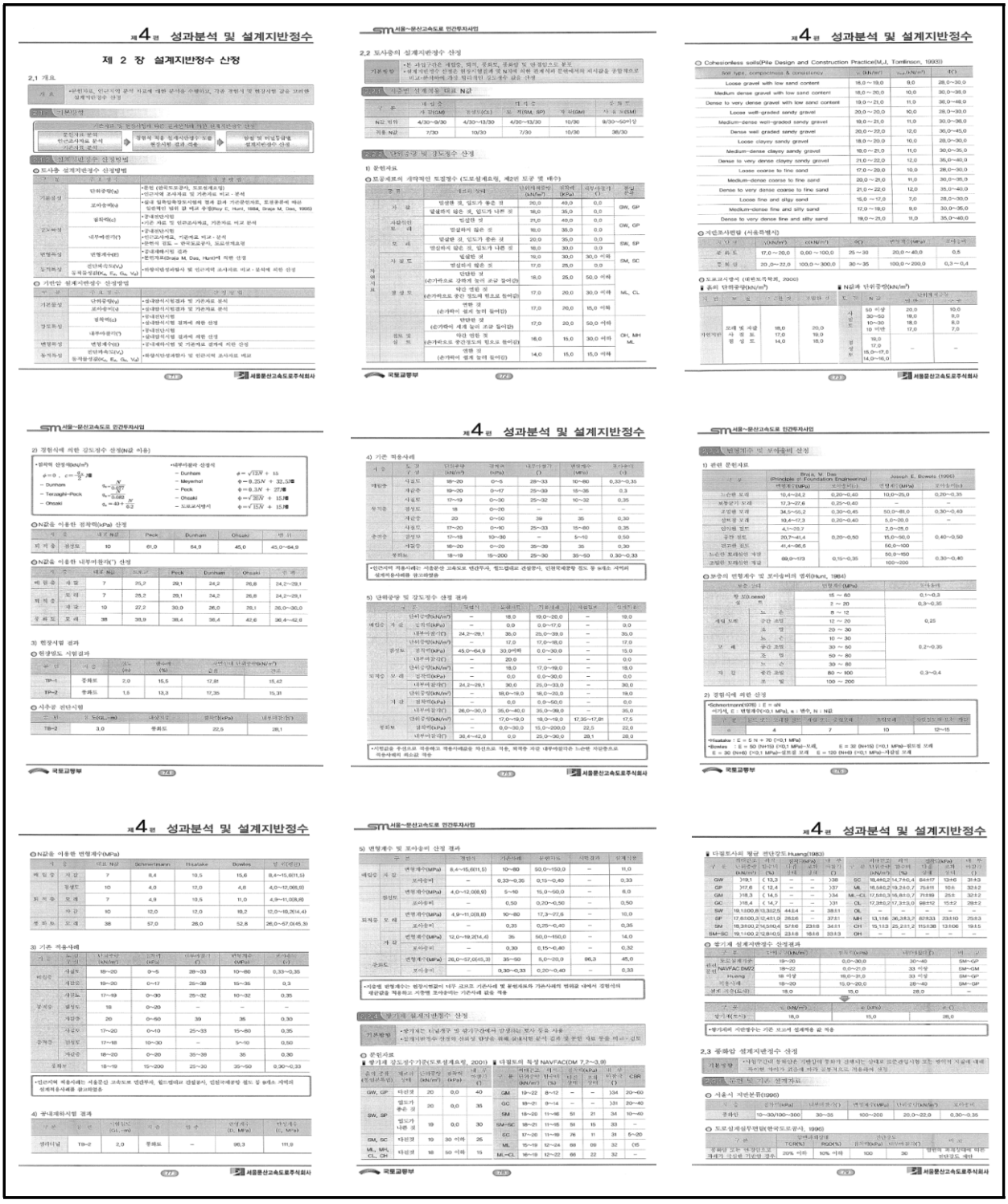
【그림 15.1.11】 교량받침 배치도(서울방향, 문산방향)

15.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

15.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	-
	2001	20	30	35	-
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범위		19.5~21	10~30	30~36	-

○ 기존 적용사례

구분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0.30~0.31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공번	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31.1	31.4	156.1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	-	19.5~22.0	20.0~22.0	-	20.0
포아송비(v)	-	0.20~0.45	0.30~0.31	-	0.30

○ 전단강도 및 변형계수

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험결과	설계적용
점착력(kPa)	-	10.0~300	20~50	31.1	30.0
내부마찰각(°)	) 39.5	30.0~36.0	30~33	31.4	31.0
변형계수(MPa)	-	200	50.0~350.0	156.1	150.0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 산정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암석종류(강도)	암반파쇄상태 (NX 규격 시추조사시) T.C.R(%)	R.Q.D(%)	암반의 강도정수 φ(°)	C(kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
	20~30%	10~25%	33°	130
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○서울시 기준에 의한 지반정수 산정

구분	단위중량 γ(kN/m³)	내부마찰각 φ(°)	변형계수 E(MPa)	포아송비 ν
연암	23~25	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0.25
경암	25~27	35~45	1,000~4,000	0.20

2) 기존 적용사례

구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	I등급	27	4,200	44~45	18,000	0.21
	II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0.22
	III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0.24
	IV등급	24	800~900	34	1,000	0.25
	V등급	23	400	33	500	0.26

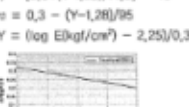
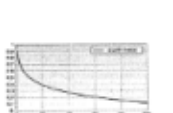
•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

○ 제안자별 경험식

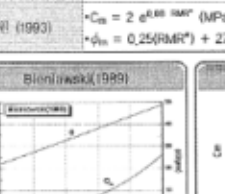
▮ 단위중량 및 포아송비

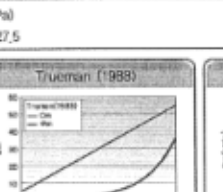
구분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산정식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y−1.28)/14.3] × 10 ν = 0.3 − (Y−1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35	ν = −0.17 Ln(RMR')+0.9

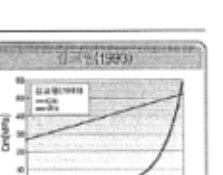



▮ 점착력 및 내부마찰각

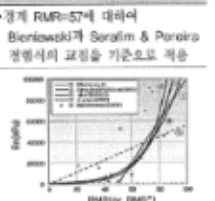
점착력 경험식	관계 경험식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346\times10^{-5}RMR^2$ •$\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031\,RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0.25\,e^{0.05\,RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2\,e^{0.06\,RMR'}$ (MPa) •$\phi_m = 0.25(RMR') + 27.5$







▮ 변형계수

변형계수 경험식	관계 경험식	적용내용
•Bieniawski (1978)	$E_m = 2RMR-100$(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\,e^{0.07RMR'}$(GPa) − RMR' : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\,RMR^{3.54}$(MPa)	
•Mohammad (1997)	$E_m = 0.582\,RMR + 0.183$ (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)	포아송비(v) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	26.3	-	0.21	0.15
	II등급	64	25.5	-	0.22	0.19
	III등급	53	24.8	-	0.23	0.22
	IV등급	36	23.8	-	0.24	0.29
	V등급	10	22.1	-	0.27	0.49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(°) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	V등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Sarafim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,800	13,100	12,300
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	-

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구분	공번	시험심도 (GL.-m)	지층	암종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11.0	연암	화강암질 편마암	IV	980.3	1,166.2
	TB-3	17.0	연암	화강암질 편마암	IV	598.9	908.3

○실내시험 결과

구분	공번	심도(m)	지층	RVR	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	IV	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	III	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	III	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	III	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	III	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	III	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	IV	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	III	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구분	지층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적용	포아송비(ν) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	27	26.3	-	27.0	0.21	0.15~0.21	-	0.21
	II등급	26	25.5	-	26.0	0.22	0.19~0.22	-	0.22
	III등급	25	24.8	26.65~26.90	25.0	0.24	0.22~0.23	0.16~0.19	0.24
	IV등급	24	23.8	27.08~28.93	24.0	0.25	0.24~0.29	0.16~0.21	0.25
	V등급	23	22.1	-	23.0	0.26	0.27~0.49	-	0.26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구분	지층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구분	지층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	-	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	-	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	-	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	-	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암석명	기본마찰각(ϕ_b)	암석명	기본마찰각(ϕ_b)
각섬암	32	화강암 (조립질)	31~35
현무암	31~38	석회암	33~40
역암	35	반암	31
백악	30	사암	25~35
백운암	27~31	셰일	27
편마암 (편암질)	23~29	미사암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점판암	25~30

주) 낮은 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암석명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비고
점착력이 없는 물질	범과/개재암석	현무암 역암 화강암 석회암 사암 셰일	40.0 ~ 50.0 30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0 35.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 35.0	-	-
점착력이 있는 물질	암석	견고한 화성암 변성암 견고한 퇴적암 연약한 퇴적암	35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 25.0 ~ 35.0	35.7 ~ 56.1 20.4 ~ 40.8 10.2 ~ 30.6 1.0 ~ 20.4	(화강암, 현무암, 반암) (규암, 편마암, 점판암) (석회암, 백운석, 사암) (사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암석명	설명	최대강도 c'(kPa)	φ(°)	잔류강도 c'(kPa)	φ(°)	시험자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240.0	42.0	-	-	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15.0 90.0~120.0 60.0~100.0	7.5 12.0~17.0 9.0~13.0	-	-	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0.0~270.0	8.5~29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0.0~180.0	12.0~18.5	0.0~3.0	10.5~16.0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60.0	32.0	-	-	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	-	-	0.0	19.0~25.0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
석탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0~13.0	16.0	0.0	11.0~11.5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화강섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0.0	26.5	-	-	Brawner[116]
화강암 /편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 익회된 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0.0~100.0 50.0~242.0	24.0~25.0 40.0~42.0	-	-	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	-	-	0.0	21.0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0~200.0	13.0~14.0 17.0~21.0	0.0	13.0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80.0 100.0	38.0 10.0	-	-	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0~24.0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14.0~30.0	15.0~17.5	-	-	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360.0 16.0~20.0	14.0 7.5~11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30.0~80.0 610.0~740.0 380.0	32.0 41.0 31.0	-	-	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50.0	33.0	-	-	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42.0~90.0	36.0~38.0	-	-	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구분	현무암	역암	편마암	화강암	사암	셰일
마찰각(°)	31.0 ~ 38.0	35.0	23.0 ~ 29.0	29.0 ~ 35.0	25.0 ~ 35.0	27.0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C, Wyllie, 1992)

구분	암종	내부마찰각(°)	비고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20.0 ~ 27.0	-
Medium-friction Rocks	27.0 ~ 34.0	-	-
사암, 역암, 편마암, 슬레이트	-	-	-

2.5.2 시험자료 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구분	공번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상리터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	-	47.0~59.0	47.0	-	34.7~39.1	34.0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음
•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76\times N^{0.33}$ • Imai(1982) $V_s = 97.0\times N^{0.314}$
•Okamoto(1989) $V_s = 125\times N^{0.3}$ • Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84\times N^{0.31}$
− 동전단계수 : $G_d = \rho\cdot V_s^2$
− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d\cdot(1+\nu_d)$
− 동체적계수 : $K_d = E_d/3(1-2\nu_d)$ 여기서, $\rho=\gamma_t/g$, γ_t=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구분		하향식탄성파 V_p(m/s)	V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비고
매립층		-	-	144.4~224.1	180	-
퇴적층	점토	-	-	162.5~249.4	200	-
	모래	-	-	144.4~224.1	170	-
	자갈	-	-	162.5~249.4	190	-
풍화토		919~984	375~408	252.4~372.3	392	-
풍화암		1,103~1,185	511~577	276.4~404.2	544	-
연암		1,786~1,881	927~980	-	954	4등급
경암		2,168~2,323	1,192~1,277	-	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

분석결과 •내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용



제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기준사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	일반 1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	일반 1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	일반 1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
균열 간격이 없을때	불투수성	일반 1.0×10^{-9} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

89 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

2.7.3 물안속체 설계지반정수

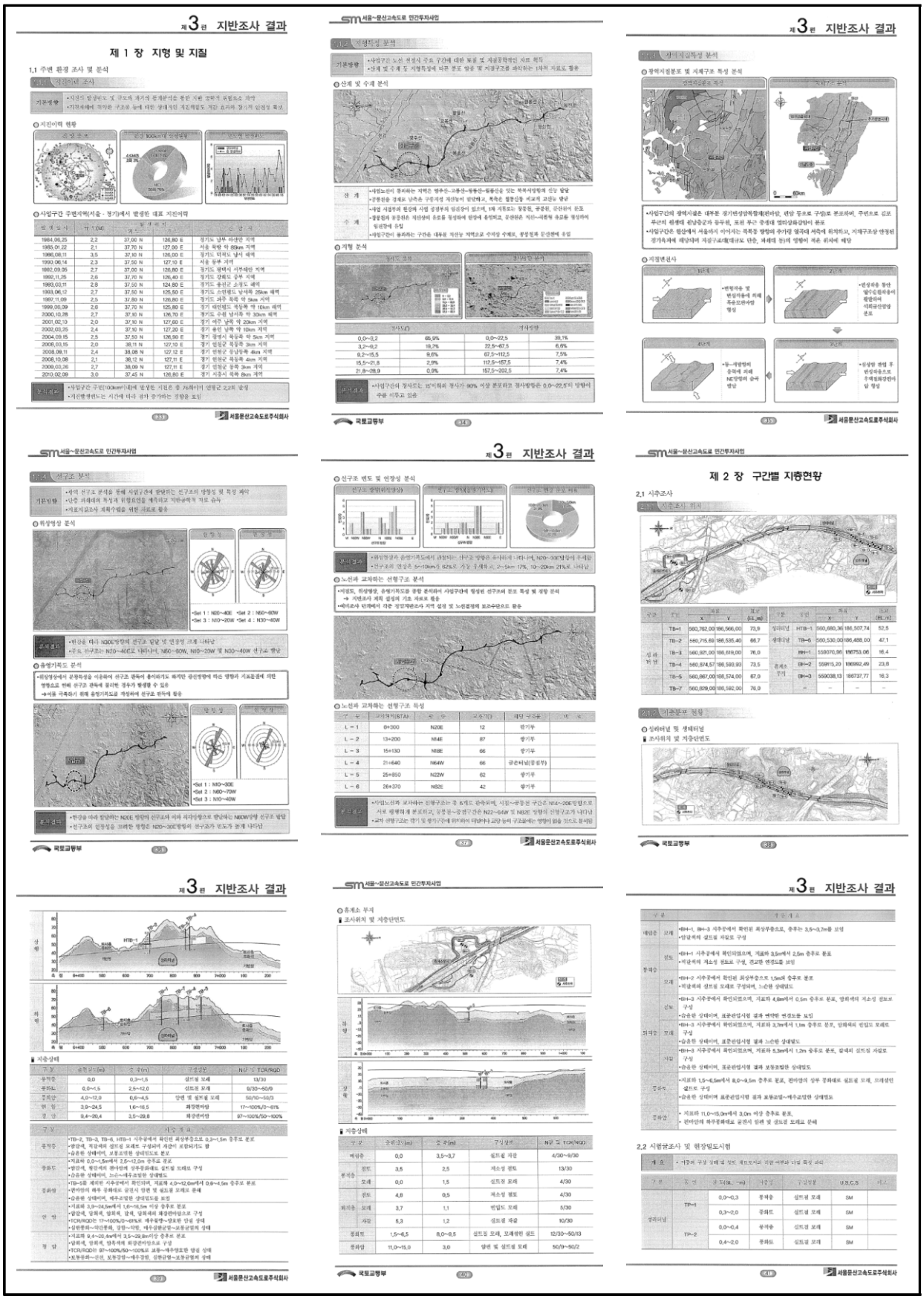
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

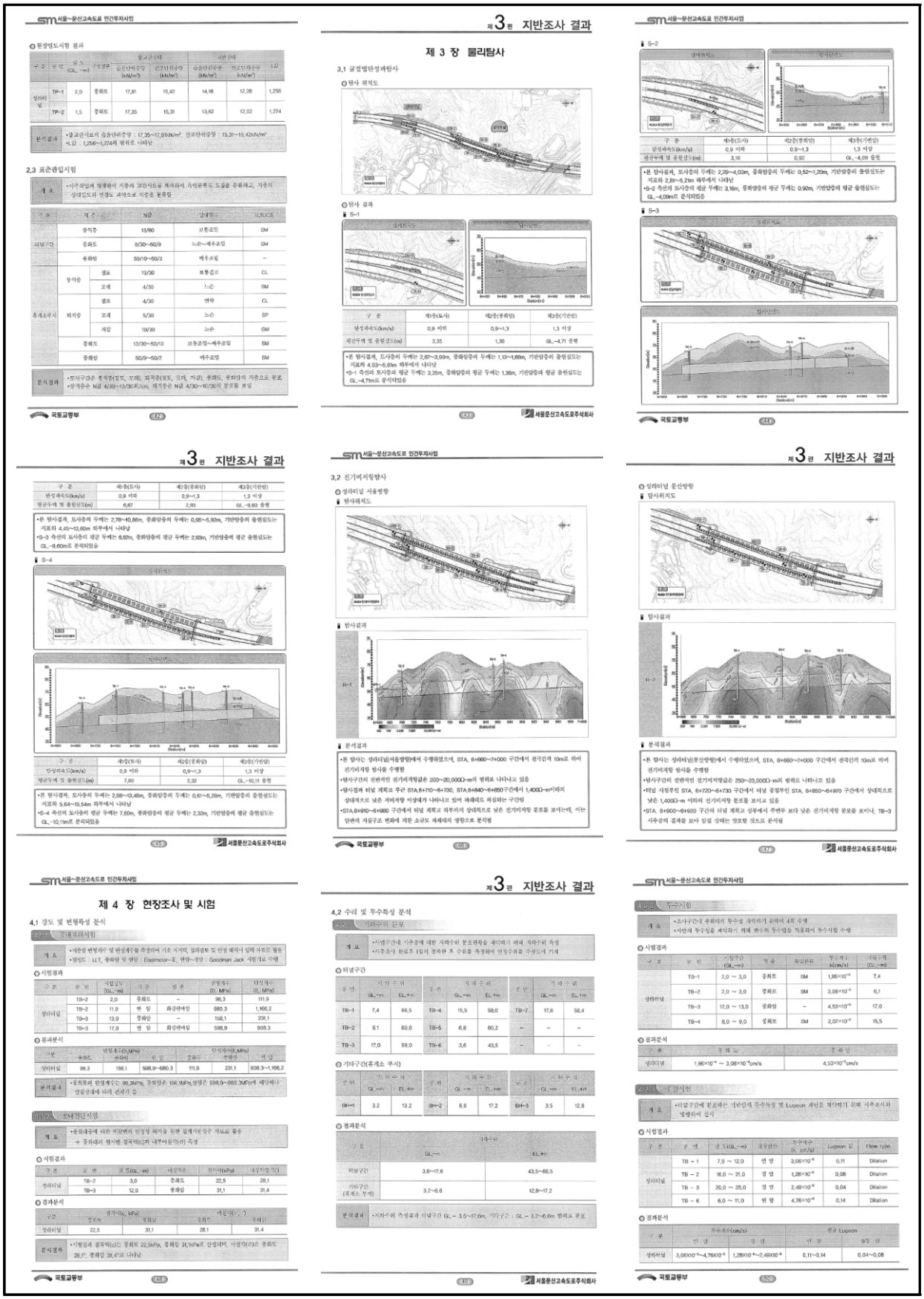
2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	υ_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부 90

나. 지반 및 지질 조사보고서





4.3 불연속면특성 분석

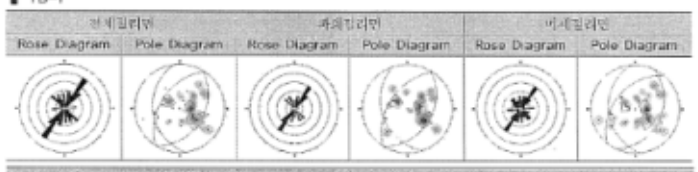
4.3.1 공내영상촬영

개요	•암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악 •불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

○시험결과

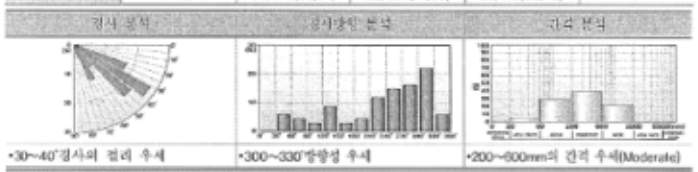
▮ TB-1

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



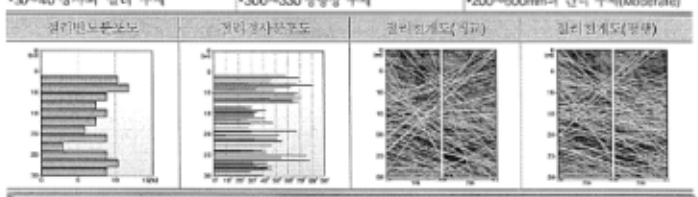
공번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개수
TB-1	전체절리	43/303(59,55)	28/263(85,24)	33/121(94,80)	68
	파쇄절리	45/303(61,08)	31/251(39,28)	33/121(53,08)	27
	미세절리	39/310(63,64)	28/264(71,60)	28/116(58,48)	41

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40˚경사의 절리 우세	•300~330˚방향성 우세	•200~600mm의 간격 우세(Moderate)

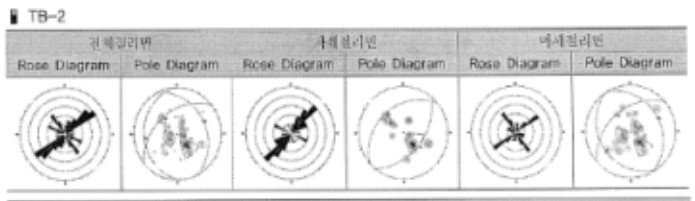
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•6,0~29,5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40˚의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29,1m 이후 구간은 아크릴관 밖에 슬러지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0˚의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270˚의 교차각을 이루고 있음

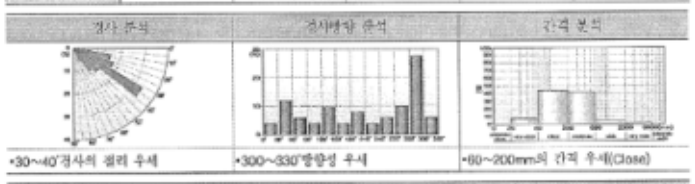
▮ TB-2

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



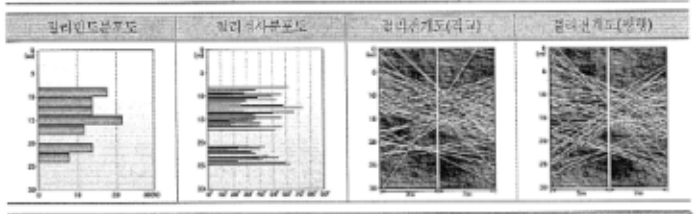
공번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개수
TB-2	전체절리	38/321(77,54)	23/63(56,42)	15/266(79,84)	51
	파쇄절리	30/320(38,49)	43/129(38,81)	–	18
	미세절리	38/320(58,01)	22/61(51,90)	20/235(72,36)	33

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40˚경사의 절리 우세	•300~330˚방향성 우세	•60~200mm의 간격 우세(Close)

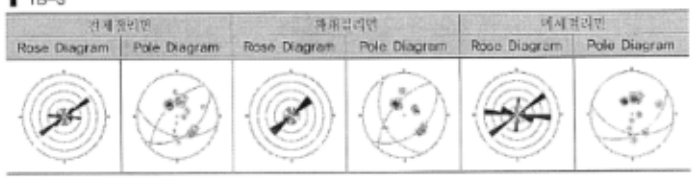
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•8,1~23,0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8,1~16,6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40˚의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0˚의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270˚의 교차각을 이루고 있음

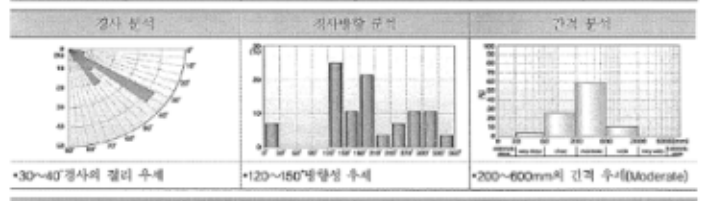
▮ TB-3

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



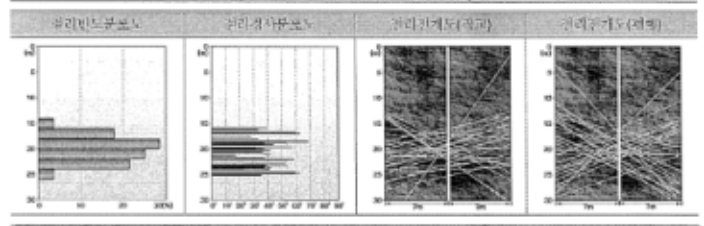
공번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개수
TB-3	전체절리	38/145(176,3)	41/193(80,35)	56/313(71,51)	28
	파쇄절리	37/143(119,93)	55/310(55,92)	33/243(173,7)	11
	미세절리	41/193(64,42)	39/148(419,8)	–	17

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40˚경사의 절리 우세	•120~180˚방향성 우세	•200~600mm의 간격 우세(Moderate)

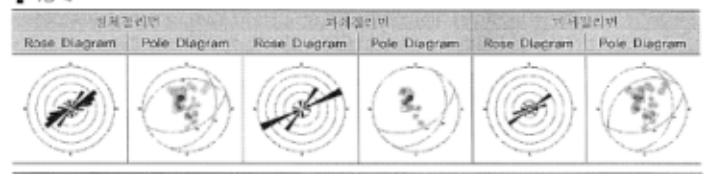
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•15,8~25,1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15,5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40˚의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0˚의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270˚의 교차각을 이루고 있음

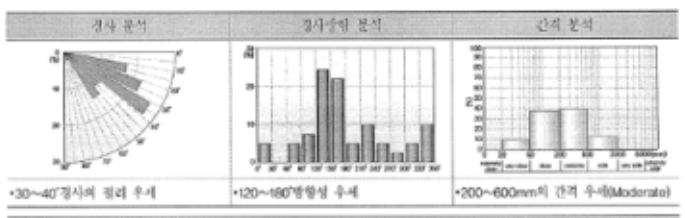
▮ TB-4

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



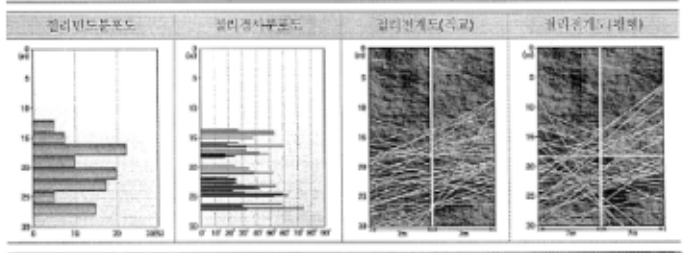
공번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개수
TB-4	전체절리	39/156(48,01)	23/111(89,14)	18/349(359,3)	41
	파쇄절리	40/153(50,83)	24/117(52,12)	–	14
	미세절리	37/158(42,76)	23/325(46,83)	23/102(111,7)	27

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40˚경사의 절리 우세	•120~180˚방향성 우세	•200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•13,5~27,1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13,5~27,0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40˚의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0˚의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270˚의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개요	•기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 결정하여 마찰각 산정 → 불연속체 해석모델의 산정시 기초 자료로 활용

○시험결과

구분	공번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 잔류	마찰각(˚) 최대	마찰각(˚) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22,9~23,3	132,0	47,0	44,0	39,1	18~20	92,0	2,824	4,151
	TB-5	14,6~15,0	96,0	59,0	40,3	34,7	14~16	84,0	2,351	3,993

분석결과	•터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34,7~39,1˚, 최대 마찰각은 40,3~44,0˚

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개요	•측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_d, K_d)산정 •동포아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

○시험결과

▮TB-2

지층	심도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 ν	동적물성치(MPa) G_d	E_d	K_d	지층밀도 (kN/m³)
풍화토	0,3~7,0	919	375	0,400	2,78E+02	7,78E+02	1,29E+03	19,0
풍화암	7,0~7,9	1,103	511	0,363	5,33E+02	1,45E+03	1,77E+03	20,0
연암	7,9~12,7	1,881	980	0,314	2,28E+03	5,98E+03	5,33E+03	23,0
경암	12,7~24,3	2,323	1,277	0,284	4,16E+03	1,07E+04	8,23E+03	25,0

▮TB-3

지층	심도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 ν	동적물성치(MPa) G_d	E_d	K_d	지층밀도 (kN/m³)
풍화토	0,4~11,0	984	408	0,397	3,30E+02	9,20E+02	1,47E+03	19,0
풍화암	11,0~15,5	1,185	577	0,345	6,86E+02	1,84E+03	1,98E+03	20,0
연암	15,5~18,1	1,786	927	0,316	2,04E+03	5,37E+03	4,84E+03	23,0
경암	18,1~27,0	2,168	1,192	0,283	3,63E+03	9,31E+03	7,16E+03	25,0

○전단파속도와 지반분류

공번	시험방법	시험 심도 (GL.−m)	EL.(m)	기반하 30,0m 구간 평균 전단파 속도 (전기적용 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1,0~24,0	66,7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1,0~27,0	76,0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL.-7,9~15,5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL.-30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개요	•시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행 •지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○시험결과

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널구간	TB-1	2,0	풍화토	12,5	2,61	N P	N P	87,7	66,7	24,5	–	SM
	TB-2	4,0	풍화토	13,5	2,63	N P	N P	95,7	78,6	26,2	–	SM
	TB-3	6,0	풍화토	10,5	2,65	N P	N P	96,6	84,2	17,1	–	SM
	TB-4	5,0	풍화토	9,9	2,67	N P	N P	96,6	78,9	30,5	–	SM
	TB-5	2,0	풍화토	13,2	2,61	N P	N P	97,5	79,1	23,6	–	SM
	TB-6	1,0	붕적층	19,7	2,60	N P	N P	100	92,6	45,9	5,7	SM
	TB-7	7,0	풍화토	10,5	2,65	N P	N P	98,2	87,0	16,0	–	SM
	HTB-1	1,0	풍화토	14,9	2,68	N P	N P	96,8	87,4	32,5	–	SM
	TP-1	2,0	풍화토	15,5	2,60	N P	N P	84,1	72,7	17,1	–	SM
	TP-2	2,0	풍화토	13,3	2,67	N P	N P	77,3	66,1	20,9	–	SM
기타구간 (휴게소)	BH-1	4,0	붕적층	27,5	2,67	44,8	21,7	100,0	100,0	85,9	19,0	CL
	BH-2	3,0	풍화토	24,3	2,64	31,3	8,1	100,0	100,0	76,8	15,6	ML
	BH-3	5,0	퇴적층	34,7	2,65	36,6	14,9	100,0	100,0	97,9	24,4	CL

분석결과	•실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 붕적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨 •함수비: 9,9~34,7%, 비중: 2,60~2,68, #200통과중량 백분율: 16,0~97,9%

4.5.2 다짐 및 CBR시험

개요	•쌓기재료로 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악 •쌓기재료에 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 쌓기재료 유용성 평가시 활용

○실시설계 시험결과

공번		심도(m)	지층	A다짐 건조단위중량(kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량(kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널구간	TP-1	1,0	풍화토	17,45	16,7	18,26	14,3	12,8	SM
	TP-2	1,0	풍화토	17,37	17,6	18,40	15,2	12,0	SM

분석결과	•건조단위중량은 A다짐:17,37~17,45kN/m³, D다짐:17,37~18,40kN/m³로 분석됨 •CBR는 12,0~12,8%(평균 12,4%)의 범위에 해당

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개요	•시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정 •지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○시험결과

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16,3~16,4	연암	26,65	2,832	1,511	47,10	50,759	0,19
	TB-1	23,2~23,4	경암	27,32	3,215	1,802	42,24	53,119	0,21
	TB-2	13,1~13,3	경암	27,44	3,012	1,495	73,50	70,884	0,18
	TB-3	21,6~21,8	경암	28,93	3,067	1,732	73,46	68,416	0,18
	TB-4	20,9~21,1	경암	27,08	3,831	1,855	100,39	79,951	0,16
	TB-5	18,8~19,0	경암	27,08	2,724	1,256	69,82	63,800	0,19
	TB-6	8,8~9,0	연암	26,90	2,688	1,305	97,85	82,344	0,16
	TB-7	21,2~21,4	경암	27,14	3,412	1,631	57,39	52,647	0,21

○지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
연암	26,65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47,10~97,85	50,759~82,344	0,16~0,19
경암	27,08~28,93	2,688~3,831	1,495~1,802	40,40~100,39	52,647~41,722	0,18~0,21

분석결과	•연 암 → 일축압축강도: 47,10~97,85MPa, 포아송비: 0,16~0,19 •경 암 → 일축압축강도: 42,24~100,39MPa, 포아송비: 0,18~0,21

4.6.2 점하중강도시험

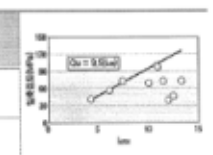
개요	•암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index $I_{s(50)}$값을 산정

○시험결과

구분	공번	심도(m)	지층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구분	공번	심도(m)	지층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널구간	TB-1	28,4~28,5	연암	4,3	40,4	터널구간	TB-5	19,0~19,2	경암	10,0	95,1
	TB-2	13,4~13,5	경암	7,4	70,6		TB-6	10,0~10,2	연암	10,9	103,7
	TB-3	21,8~22,0	경암	11,5	108,9		TB-7	25,2~25,3	경암	6,1	57,9
	TB-4	21,1~21,4	경암	10,8	102,8		HTB-1	20,5~20,6	경암	12,5	118,5

○지층별 결과분석

구분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
$I_{s(50)}$(MPa)	4,3~13,3	9,5	6,1~11,5	10,0
q_u(MPa)	40,4~126,1	90,0	57,9~118,5	95,3



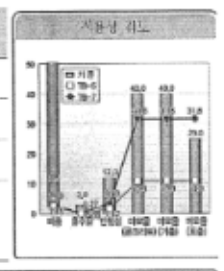
•과업구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9,50(I_{s50})의 결과로 분석되며, 지수 9,5를 적용한 강도 값은 연암에서 40,4~126,1MPa, 경암에서 57,9~118,5MPa로 분석됨

4.6.3 본선발생암 유용성 검토

○시험결과 및 적용성 검토

시험종류	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2,5이상	2,69	2,62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3,0이하	0,05	0,27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1,62	3,43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10,9	31,6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

적용성 검토



•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재로 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

다. 구조계산서

현 장 명	서울-문산간 고속도로	발 주 처		서울지방국토관리청	
교 량 명	서문14교	교량제원	연 장	70.000 = 70.000 m	
교량등급	1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)		폭 원	15.900 m	
교량형식	Steel 박스거더교		사 각	70.000 °	

바 닥 판 설 계

구 분	검토위치		검토방법	최소바닥판두께	사용바닥판두께	판 정	안전률	비고
최소두께검토	좌측 캔틸레버부		강도설계법	261.2 mm	290.0 mm	O.K !!	111.0%	
	우측 캔틸레버부		강도설계법	261.2 mm	290.0 mm	O.K !!	111.0%	
	중앙부	거더	경험적설계법	220.0 mm	290.0 mm	O.K !!	131.8%	
		가로보	경험적설계법	220.9 mm	240.0 mm	O.K !!	108.6%	

바 닥 판 설 계

구 분	검토위치		검토항목	계수M,필요철근	공칭M,사용철근	판 정	안전률	비고
단면설계	좌측 캔틸레버부 (강도)		모멘트 검토	97.9 kN·m	119.4 kN·m	O.K !!	122.0%	
			휨철근 검토	1,317.1 mm²	1,626.5 mm²	O.K !!	H16@200+H13@200	
			배력철근 검토	882.5 mm²	1,146.0 mm²	O.K !!	H19@250	
			단부강보주철근	2,634.2 mm²	3,368.0 mm²	O.K !!	H22@200+H19@200	
			단부보강배력철근	1,764.9 mm²	2,292.0 mm²	O.K !!	H19@125	
	우측 캔틸레버부 (강도)		모멘트 검토	97.9 kN·m	119.4 kN·m	O.K !!	122.0%	
			휨철근 검토	1,317.1 mm²	1,626.5 mm²	O.K !!	H16@200+H13@200	
			배력철근 검토	882.5 mm²	1,146.0 mm²	O.K !!	H19@250	
			단부보강주철근	2,634.2 mm²	3,368.0 mm²	O.K !!	H22@200+H19@200	
			단부보강배력철근	1,764.9 mm²	2,292.0 mm²	O.K !!	H19@125	
	중앙부	거더 (강도)	모멘트 검토	73.4 kN·m	81.5 kN·m	O.K !!	111.0%	
			휨철근 검토	891.1 mm²	993.0 mm²	O.K !!	H16@400+H16@400	
			배력철근 검토	597.0 mm²	794.4 mm²	O.K !!	H16@250	
			단부보강주철근	1,782.2 mm²	1,986.0 mm²	O.K !!	H16@200+H16@200	
			단부보강배력철근	1,194.0 mm²	1,588.8 mm²	O.K !!	H16@125	
		가로보 (강도)	모멘트 검토	89.7 kN·m	120.5 kN·m	O.K !!	134.3%	
			휨철근 검토	1,405.7 mm²	1,935.5 mm²	O.K !!	H22@400+H22@400	
			배력철근 검토	941.8 mm²	1,146.0 mm²	O.K !!	H19@250	
			단부보강주철근	2,811.3 mm²	3,871.0 mm²	O.K !!	H22@200+H22@200	
			단부보강배력철근	1,883.6 mm²	2,292.0 mm²	O.K !!	H19@125	
		거더 및 가로보 (경험)	수철근하면철근	960.0 mm²	993.0 mm²	O.K !!	H16@400+H16@400	
			주철근상면철근	720.0 mm²	993.0 mm²	O.K !!	H16@400+H16@400	
			배력철근하면철근	720.0 mm²	794.4 mm²	O.K !!	H16@250	
			배력철근상면철근	720.0 mm²	794.4 mm²	O.K !!	H16@250	
			단부보강주철근	1,920.0 mm²	1,986.0 mm²	O.K !!	H16@200+H16@200	
			단부보강배력철근	1,440.0 mm²	1,588.8 mm²	O.K !!	H16@125	
구 분	검토위치		검토항목	적용균열폭	허용균열폭	판 정	안전률	비고
사용성검토	좌측 캔틸레버부		균열폭검토	100.0 mm	424.7 mm	O.K !!	424.7%	
	우측 캔틸레버부		균열폭검토	100.0 mm	424.7 mm	O.K !!	424.7%	
	중앙부	거더	균열폭검토	200.0 mm	403.5 mm	O.K !!	201.7%	
		가로보	균열폭검토	200.0 mm	493.8 mm	O.K !!	246.9%	

② 바닥판 콘크리트(☞ 도.설.해 3.9.2.7, 도.설.해 3.9.2.8, 도.설.해 4.2.3, 도.설.해 4.6.3.3)

콘크리트 설계 기준강도 (f_{ck})	27.0 MPa
콘크리트 탄성계수 (E_c)	27,804.0 MPa
전단 탄성계수 (G_c)	12,297.2 MPa
탄성계수비 (n)	7.0
바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	10.000 ℃
바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 (α)	0.000012
건조수축 계수 (ε_s)	0.000270
상 대 습 도	70.0 %
CREEP 계수 (Φ_2)	$\Phi_2 = 2\Phi_1$: 2

③ 바닥판 철근

철근 설계 항복강도 (f_y)	400.0 MPa
철근 탄성계수 (E_s)	200,000.0 MPa

2) 하 중 조 건

(1) 고 정 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.2)

① 철근 콘크리트 : 25.000 kN/m³
② 무근 콘크리트 : 23.500 kN/m³
③ 강 재 : 78.500 kN/m³
④ 포장 콘크리트 : 23.500 kN/m³

(2) 활 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.3)

① 설계 차선수 산정

N_c = 15.000 m , N = 4 차로
W = 15.000 / 4 = 3.750 m > 3.600 m
∴ 설계 차로폭 3.600m마다 4차로 연속으로 재하

② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

- DB-24 하중
  - 전륜하중 : P_f = 24.000 kN
  - 후륜하중 : P_r = 96.000 kN
- DL-24 하중
  - 차로당 등분포 하중 : W_L = 12.700 kN/m
  - 모멘트 계산시 집중하중 : P_m = 108.000 kN
  - 전단력 계산시 집중하중 : P_s = 156.000 kN

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 서문14교
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 70.000 = 70.000 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 15.900 m
(6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 3.000 m
(7) 사 각(Skew) : 70.000 °
(8) 곡률반경(R) : 좌측 = ∞ m 중앙 = ∞ m 우측 = ∞ m
(9) 설 계 속 도 : 100.000 km/h
(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

- 사 용 재 료

주 부 재	HSB500(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 지점부 가로보슬플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 일반부 가로보)
강재 탄성계수 (E_{st})	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

- 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류,	강종 / 판두께(mm)	SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

(8) 활 하 중

- 교량의 곡선부는 모든 설계차로에 재하된 DB하중의 백분율로서 표현되는 원심하중에 의해 설계한다.

$$CF = 0.79\frac{V^2}{R}(\%)$$

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율
V : 설계속도 (km/h)
R : 곡선반경(m)

- 곡선부 교량에서 자동차에 의한 원심하중은 위 식과 같이 충격을 포함하지 않는 활하중에 대한 백분율로 표현되는데, 이때의 활하중이란 최대하중 효과가 발생되도록 설계 차로 위에 한대씩 재하된 DB하중을 말함.

3) 설 계 방 법

(1) 바 닥 판 : 강도설계법 + 경험적설계법
(2) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

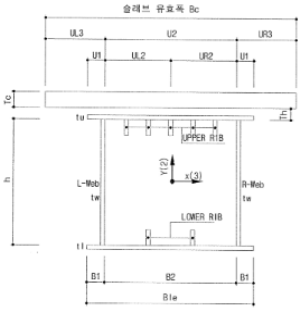
4) 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2006)
(5) 도로설계 요령 (2001)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4.6 단 면 검 토(정모멘트)

[G3 : 단면 - 1] : 절점 33 로 부터 이격거리 4.039 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: HSB500

Bc =	5,175.0	mm
UL3 =	1,575.0	mm
UR3 =	1,200.0	mm
U1 =	120.0	mm
UL2 =	1,200.0	mm
UR2 =	1,200.0	mm

상부 플랜지 유효폭

Bue =	2,640.0	mm

하부 플랜지 유효폭

Ble =	2,640.0	mm
B1 =	120.0	mm
B2 =	2,400.0	mm
Tc =	440.0	mm
Th =	50.0	mm
h =	2,800.0	mm
Θ_l =	0.000	°
Θ_R =	0.000	°

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ε_{cs} : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	12,000.100
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,859.710
M_w : 풍하중에의한 모멘트	kN·m	202.911
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	4,095.590
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1,389.070
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-309.215
V_w : 풍하중에의한 전단력	kN	10.560
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-557.956
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-1,714.750
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-9.465
M_{wt} : 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	122.306
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-1,087.850

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

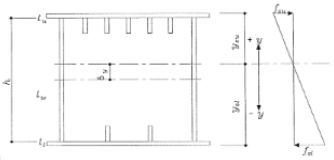
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

x(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	A_s(mm²)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm³)	$A_s \cdot Y^2$(mm⁴)	I_{ss}(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	1,405.0	3.709E+07	5.211E+10	2.200E+05
UPPER RIB	5 - 140.0 × 14.0	9,800.0	1,330.0	1.303E+07	1.734E+10	1.601E+07
L - WEB	1 - 2,800.0 × 14.0	39,200.0	-	-	-	2.561E+10
R - WEB	1 - 2,800.0 × 14.0	39,200.0	-	-	-	2.561E+10
LOWER RIB	2 - 140.0 × 14.0	3,920.0	-1,330.0	-5.214E+06	6.934E+09	6.403E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	-1,405.0	-3.709E+07	5.211E+10	2.200E+05
강재 단면 합계		144,920.0	-	7.820E+06	1.285E+11	5.124E+10
RC. SLAB	1 - 5,175.0 × 440.0	2,277,000.0	1,670.0	3.803E+09	6.350E+12	3.674E+10
SLAB 단면 합계		2,277,000.0	-	3.803E+09	6.350E+12	3.674E+10

※ A_s = 144,920.0 mm² A_{ct} = 2,277,000.0 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

• 도심축 이동량

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 7,820,400.0 / 144,920.0 = 53.964 mm

• 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y$ = 2,800.0 / 2 + 10.0 - 53.964 = 1,356.036 mm

$y_{sl} = -(h/2 + t_l + \delta_y)$ = -(2,800.0 / 2 + 10.0 + 53.964) = -1,463.964 mm

• 강재의 단면2차 모멘트

$I_s = \sum I_{ss} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2$

= 51,244,182,666.7 + 128,497,828,000.0 - 144,920.0 × 53.964² = 1.793E+11 mm⁴

• 플랜지 응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.1)

$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s$ = 12,000.100×1,356.0/179,319,993,994.3 = 90.746 MPa

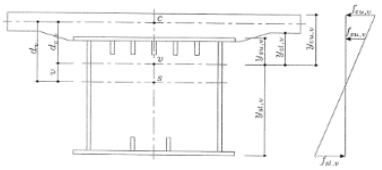
$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s$ = 12,000.100×-1,464.0/179,319,993,994.3 = -97.968 MPa

• 부재의 전단응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

f' = 6.783E+06 mm²

$\upsilon = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$

= 1,389.070 / 78,400.0 + 1,714.750 / (2 × 6,783,340.0 × 14.0) = 26.746 MPa



(2) 합 성 후

• 바닥판 콘크리트 환산단면적

$A_{cnt} = A_{ct} / n$ = 2,277,000.0 / 7.0 = 325,285.7 mm²

• 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$I_{cnt} = I_{ct} / n$ = 36,735,600,000.0 / 7.0 = 5.248E+09 mm⁴

• 합성 단면적

$A_v = A_s + A_{cnt}$ = 144,920.0 + 325,285.7 = 470,205.7 mm²

• 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2$ = 1,356.0 - 10.0 + 50.0 + 440.0/2 = 1,616.0 mm

• 합성 단면의 도심축 이동량

$\upsilon = A_{cnt} \times d_v / A_v$ = 325,285.7 × 1,616.0 / 470,205.7 = 1,118.0 mm

• 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$d_{c,v} = d_v - \upsilon$ = 1,616.0 - 1,118.0 = 498.1 mm

• 합성단면의 단면2차 모멘트

$I_v = I_s + A_s \cdot \upsilon^2 + I_{cnt} + A_{cnt} \cdot d_{c,v}^2$

= 179,319,993,994.3+144,920.0×1,118.0² +5,247,942,857.1+325,285.7×498.1² = 4.464E+11 mm⁴

• 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{vu,v} = y_{su} - \upsilon$ = 1,356.0 - 1,118.0 = 238.1 mm

$y_{vl,v} = y_{sl} - \upsilon$ = -1,464.0 - 1,118.0 = -2,581.9 mm

• 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2$ = 498.1 + 440.0 / 2 = 718.1 mm

$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c$ = 718.1 - 440.0 = 278.1 mm

• 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v$ = 2,859.710×238.1/446,390,885,095.1 = 1.525 MPa

$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 2,859.710×-2,581.9/446,390,885,095.1 = -16.541 MPa

$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 2,859.710×718.1/(446,390,885,095.1×7.0) = 0.657 MPa

$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 2,859.710×278.1/(446,390,885,095.1×7.0) = 0.254 MPa

• 전단응력 검토

F_v = 6.859E+06 mm²

$\upsilon = V_{sc} / A_w + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 309.215 / 78,400.0 + 9.465 / (2 × 6,859,210.0 × 14.0) = 3.993 MPa

(3) 활 하 중

• 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v$ = 4,095.590×238.1/446,390,885,095.1 = 2.184 MPa

$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 4,095.590×-2,581.9/446,390,885,095.1 = -23.689 MPa

$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 4,095.590×718.1/(446,390,885,095.1×7.0) = 0.941 MPa

$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 4,095.590×278.1/(446,390,885,095.1×7.0) = 0.364 MPa

• 전단응력 검토

$\upsilon = V_v / A_w + M_{st} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 557.956 / 78,400.0 + 1,087.850 / (2 × 6,859,210.0 × 14.0) = 12.781 MPa

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

• 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v$ = 202.911×238.1/446,390,885,095.1 = 0.108 MPa

$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 202.911×-2,581.9/446,390,885,095.1 = -1.174 MPa

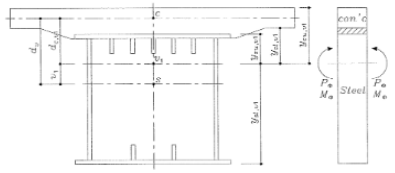
$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 202.911×718.1/(446,390,885,095.1×7.0) = 0.047 MPa

$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 202.911×278.1/(446,390,885,095.1×7.0) = 0.018 MPa

• 전단응력 검토

$\upsilon = V_{wt} / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 10.560 / 78,400.0 + 122.306 / (2 × 6,859,210.0 × 14.0) = 0.772 MPa



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.6)

• 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 Φ_1은 2.0을 표준으로 한다.

Φ_1 = 2.0

k = 1.000 ※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

$n_1 = n \cdot (1 + \phi_1/2)$ = 7.0×(1 + 2.0/2) = 14.000

$A_{vt} = A_s + A_{ct}/n_1$ = 144,920.0 + 2,277,000.0 / 14.0 = 3.076E+05 mm²

$\upsilon_t = (A_{ct}/n_1) \times d_v / A_{vt}$ = (2,277,000.0/14.0)×1,616.0 / 307,562.9 = 854.6 mm

$d_{c,vt} = d_v - \upsilon_t$ = 1,616.0 - 854.6 = 761.5 mm

$I_{vt} = (I_s + A_s \cdot \upsilon_t^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,vt}^2)$

= (179,319,993,994.3 + 144,920.0×854.6²) + (36,735,600,000.0/14.0 + 2,277,000.0/14.0 × 761.5²) = 3.821E+11 mm⁴

• 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su,vt} = y_{su} - \upsilon_t$ = 1,356.0 - 854.6 = 501.5 mm

$y_{sl,vt} = y_{sl} - \upsilon_t$ = -1,464.0 - 854.6 = -2,318.5 mm

• 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2$ = 761.5 + 440.0 / 2 = 981.5 mm

$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c$ = 981.5 − 440.0 = 541.5 mm

• 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{c1} / (n \cdot I_v)$

= 2,859.7 × 498.1 × 2,277,000.0 / (7.0 × 446,390,885,095.1) = 1.038E+06 N

• 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$P_\Phi = N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1)$ = 1,037,918.5 × 2 × 2.0 / (2 + 2.0) = 1.038E+06 N

• P_Φ에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$M_\Phi = P_\Phi \times d_{c,v1}$ = 1,037,918.5 × 761.5 = 7.903E+08 N·mm

• 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$E_{c1} = E_c / (1 + \Phi_1 / 2)$ = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 MPa

• 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 2,859.710×718.1/(446,390,885,095.1×7.0) = 0.657 MPa

$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / (I_v \cdot n)$ = 2,859.710×278.1/(446,390,885,095.1×7.0) = 0.254 MPa

• 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$f_{cu,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k \cdot M_\Phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \Phi_1 / E_c$

= (1/14.0)×(1,037,918.5/307,562.9 + 1.000×790,330,647.8×981.5/382,082,967,152.4)

− 13,902.0×0.657×2.0/27,804.0 = −0.271 MPa

$f_{cl,v1} = 1/n_1 \cdot (P_\Phi / A_{v1} + k \cdot M_\Phi \cdot y_{cl,v1} / I_{v1}) - E_{c1} \cdot f_{cl,v} \cdot \Phi_1 / E_c$

= (1/14.0)×(1,037,918.5/307,562.9 + 1.000×790,330,647.8×541.5/382,082,967,152.4)

− 13,902.0×0.254×2.0/27,804.0 = 0.067 MPa

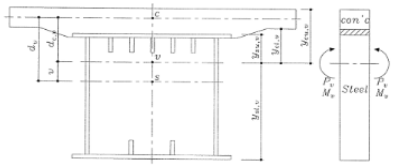
• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$f_{su,v1} = P_\Phi / A_{v1} + k \cdot M_\Phi \cdot y_{cu,v1} / I_{v1}$

= 1,037,918.5/307,562.9 + 1.000×790,330,647.8×501.5/382,082,967,152.4 = 4.412 MPa

$f_{sl,v1} = P_\Phi / A_{v1} + k \cdot M_\Phi \cdot y_{sl,v1} / I_{v1}$

= 1,037,918.5/307,562.9 + 1.000×790,330,647.8×-2,318.5/382,082,967,152.4 = -1.421 MPa



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.7)

• 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α는 12×10^{-6}으로 한다.

• 온도 변형률

$\varepsilon_t = \alpha \cdot \Delta t$ = 0.000012 × 10.0 = 0.000120

• 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$P_{v1} = E_s \cdot \varepsilon_t \cdot A_{c1} / n$ = 205,000.0×0.000120×2,277,000.0 / 7.0 = 8.002E+06 N

• P_{v1}에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$M_{v1} = P_{v1} \times d_{c,v}$ = 8,002,028.6 × 498.1 = 3.986E+09 N·mm

• 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v} / I_v) - E_c \cdot \varepsilon_t$

= (1/7.0)×(8,002,028.6/470,205.7 + 1.000×3,985,581,260.2×718.1/446,390,885,095.1)

− 27,804.0×0.000120 = 0.011 MPa

$f_{cl,t} = 1/n \cdot (P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cl,v} / I_v) - E_c \cdot \varepsilon_t$

= (1/7.0)×(8,002,028.6/470,205.7 + 1.000×3,985,581,260.2×278.1/446,390,885,095.1)

− 27,804.0×0.000120 = −0.551 MPa

• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$f_{su,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{cu,v} / I_v$

= 8,002,028.6/470,205.7+1.000×3,985,581,260.2×238.1/446,390,885,095.1 = 19.144 MPa

$f_{sl,v2} = P_{v1} / A_v + k \cdot M_{v1} \cdot y_{sl,v} / I_v$

= 8,002,028.6/470,205.7+1.000×3,985,581,260.2×-2,581.9/446,390,885,095.1 = -6.034 MPa

(8) 전단 및 비틀림

• 풍하중 비재하시의 전단응력

$\upsilon = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{slt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 2,256.241/78,400.0 + 1,714.750/189,933,520.0 + 1,097.315/192,057,880.0 = 43.520 MPa

※ υ = 43.5 MPa ≤ υ_a = 135.0 MPa ····· O.K !!

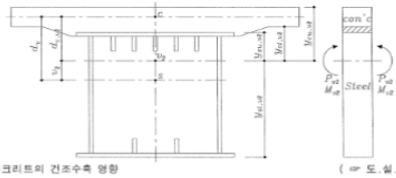
• 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$\upsilon = (V_s + V_{sc} + V_w) / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{slt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 1,708.845/78,400.0 + 1,714.750/189,933,520.0 + 131.771/192,057,880.0 = 31.511 MPa

※ υ = 31.5 MPa ≤ $1.2\upsilon_a$ = 162.0 MPa ····· O.K !!



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.8)

• 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ε_s는 27×10^{-5}, 크리프계수 Φ_2는 $\Phi_2 = 2\cdot\Phi_1 = 4.0$을 표준으로 한다.

Φ_2 = 4.0

$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2)$ = 7.0×(1 + 4.0/2) = 21.000

$A_{v2} = A_v + A_{c1} / n_2$ = 144,920.0 + 2,277,000.0 / 21.0 = 2.533E+05 mm²

$\upsilon_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_v / A_{v2}$ = (2,277,000.0/21.0)×1,616.0 / 253,348.6 = 691.6 mm

$d_{c,v2} = d_v - \upsilon_2$ = 1,616.0 − 691.6 = 924.4 mm

$I_{v2} = (I_s + A_s \cdot \upsilon_2^2) + (I_c / n_2 + A_c / n_2 \cdot d_{c,v2}^2)$

= (179,319,993,994.3 + 144,920.0×691.6²) + (36,735,600,000.0/21.0

+ 2,277,000.0/21.0 × 924.4²) = 3.430E+11 mm⁴

• 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{cu,v2} = y_{cu} - \upsilon_2$ = 1,356.0 − 691.6 = 664.4 mm

$y_{sl,v2} = y_{sl} - \upsilon_2$ = −1,464.0 − 691.6 = −2,155.6 mm

• 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2$ = 924.4 + 440.0 / 2 = 1,144.4 mm

$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c$ = 1,144.4 − 440.0 = 704.4 mm

• 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$P_{v2} = E_s \cdot \varepsilon_s \cdot A_{c1} / n_2$ = 205,000.0×0.000270×2,277,000.0 / 21.0 = 6.002E+06 N

• P_{v2}에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2}$ = 6,001,521.4 × 1,144.4 = 5.548E+09 N·mm

• 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$E_{c2} = E_s / n_2$ = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 MPa

• 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2} / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2} / I_{v2}) - E_{c2} \cdot \varepsilon_s$

= (1/21.0)×(6,001,521.4/253,348.6 + 1.000×5,547,820,161.6×1,144.4/343,047,257,870.8)

− 9,761.9×0.000270 = −0.626 MPa

$f_{cl,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2} / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cl,v2} / I_{v2}) - E_{c2} \cdot \varepsilon_s$

= (1/21.0)×(6,001,521.4/253,348.6 + 1.000×5,547,820,161.6×1,144.4/343,047,257,870.8)

− 9,761.9×0.000270 = −0.965 MPa

• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$f_{su,v2} = P_{v2} / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2} / I_{v2}$

= 6,001,521.4/253,348.6 + 1.000×5,547,820,161.6×664.4/343,047,257,870.8 = 34.434 MPa

$f_{sl,v2} = P_{v2} / A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{sl,v2} / I_{v2}$

= 6,001,521.4/253,348.6 + 1.000×5,547,820,161.6×-2,155.6/343,047,257,870.8 = -11.172 MPa

- 활하중 재하시

$\upsilon = (V_s + V_{sc} + V_w/2 + V_v) / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{slt}/2 + M_{sl}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 2,261.521/78,400.0 + 1,714.750/189,933,520.0 + 1,158.468/192,057,880.0 = 43.906 MPa

※ υ = 43.9 MPa ≤ $1.25\upsilon_a$ = 168.8 MPa ····· O.K !!

(9) 조합 응력의 검토 (☞ 도.설.해 3.4.2.3)

$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$ = 1.000

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양연의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

• 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (HSB500 사용) (☞ 도.설.해 3.3.2)

f_{ta} = 230.0 MPa

• 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (HSB500 사용) (☞ 도.설.해 3.4.2.3)

$b / 22.0 \cdot i \cdot n$ = 18.2 mm > t_w = 10 mm

⇒ f_{ca} = 230.0 MPa

$b / 44.0 \cdot i \cdot n$ = 9.1 mm ≤ t_w = 10 mm < $b / 22.0 \cdot i \cdot n$ = 18.2 mm

⇒ f_{ca} = 230.0 − 5.2 { $b/(t_w \cdot i \cdot n)$ − 22.0 } = 136.4 MPa

$b / 80.0 \cdot i \cdot n$ = 5.0 mm ≤ t_w = 10 mm ≥ $b / 44.0 \cdot i \cdot n$ = 9.1 mm

⇒ f_{ca} = 220.000 { $(t_w \cdot i \cdot n)/b$ }² = 137.5 MPa

f_{ca} = 230.0 MPa (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, H형 단면과 같이 휨좌굴이 일어나기 어려운 경우)

∴ f_{ca} = 230.0 MPa

• 철근 콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1)

f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 MPa (f_{ck} = 27.0 MPa 사용)

f_{ba} = 0.07 f_{ck} = 1.890 MPa

• 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	90.746	-97.968	136.400	230.000
1+2+3	1.598	0.619	10.800	10.800	94.455	-138.198	230.000	230.000
1+2+3+5	1.327	0.686	10.800	10.800	98.867	-139.619	264.500	230.000
1+2+3+5+6	0.701	-0.280	10.800	1.890	133.301	-150.791	264.500	230.000
1+2+3+5+6+7	0.711	-0.830	12.420	2.174	152.445	-156.826	299.000	264.500
1+2+3+5+6-7	0.690	0.271	12.420	12.420	114.157	-144.757	299.000	264.500
1+2+4	0.704	0.273	12.960	12.960	92.379	-115.683	276.000	276.000
1+2+3+0.5×4	1.622	0.628	13.500	13.500	94.510	-138.785	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5	1.351	0.695	13.500	13.500	98.921	-140.206	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5+6	0.724	-0.271	13.500	2.363	133.355	-151.378	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.735	-0.821	14.580	2.552	152.499	-157.412	310.500	310.500
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.714	0.280	14.580	14.580	114.211	-145.343	310.500	310.500

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.443	0.181	0.104	0.104	0.547	0.285	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.169	0.361	0.104	0.104	0.273	0.465	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5	0.140	0.368	0.104	0.104	0.244	0.472	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6	0.254	0.430	0.104	0.104	0.358	0.534	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6+7	0.260	0.352	0.104	0.104	0.364	0.455	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6-7	0.146	0.300	0.104	0.104	0.250	0.403	O.K !!	O.K !!
1+2+4	0.112	0.176	0.038	0.038	0.150	0.214	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4	0.108	0.233	0.068	0.068	0.176	0.301	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.118	0.238	0.068	0.068	0.186	0.306	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.215	0.277	0.068	0.068	0.283	0.345	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.241	0.257	0.068	0.068	0.309	0.325	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.135	0.219	0.068	0.068	0.203	0.287	O.K !!	O.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \cdots\cdots \text{O.K !!}$$

[상 연]

$$\left(\frac{90.746}{136.400}\right)^2 + \left(\frac{43.520}{135.000}\right)^2 = 0.443 + 0.104 = 0.547 \leq 1.2 \cdots\cdots \text{O.K !!}$$

[하 연]

$$\left(\frac{-150.791}{230.000}\right)^2 + \left(\frac{43.520}{135.000}\right)^2 = 0.430 + 0.104 = 0.534 \leq 1.2 \cdots\cdots \text{O.K !!}$$

(11) 받의 최소두께 검토

• 압축(상부) 플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

l_{min} = 자유돌출폭/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 ≤ l_{use} = 10.0 mm ····· O.K !!

$l_{min} = b/(114 \cdot n)$ = 2,400.0 /(44 × 1.0× 6) = 9.1 ≤ l_{use} = 10.0 mm ····· O.K !!

(합성형 스터드 설치시) l_{min} = 10.0 ≥ l_{use} = 10.0 mm ····· O.K !!

• 인장(하부) 플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

l_{min} = 자유돌출폭/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 ≤ l_{use} = 10.0 mm ····· O.K !!

• 복 부 판 [수평보강재 사용단수 2 단] (☞ 도.설.기 3.8.4.1)

l_{min} = b/(281×1.200) = 2,800.0/(281 × 1.200) = 8.3 ≤ l_{use} = 14.0 mm ····· O.K !!

여기서, $\sqrt{(f_{cu}/f_c)}$ = √(230.0 / 90.746) = 1.59 ≥ 1.20 ⇒ 1.200 적용

(12) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

• 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.

• 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck}의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	117.970	-127.359	380.000	O.K !!
1+2+3	2.878	1.114	16.200	O.K !!	124.649	-199.793	380.000	O.K !!
1+2+3+7	2.888	1.665	16.200	O.K !!	143.792	-205.827	380.000	O.K !!
1+2+3+5	2.607	1.181	16.200	O.K !!	129.061	-201.214	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6	1.980	0.216	16.200	O.K !!	163.494	-212.386	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6+7	1.991	-0.335	16.200	O.K !!	182.638	-218.421	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6-7	1.970	0.766	16.200	O.K !!	144.350	-206.352	380.000	O.K !!
1+2+4	0.901	0.349	16.200	O.K !!	120.061	-150.035	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4	2.901	1.123	16.200	O.K !!	124.703	-200.380	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+7	2.912	0.573	16.200	O.K !!	143.847	-206.414	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5	2.630	1.190	16.200	O.K !!	129.115	-201.801	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	2.004	0.225	16.200	O.K !!	163.548	-212.973	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	2.014	-0.326	16.200	O.K !!	182.692	-219.007	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	1.993	0.775	16.200	O.K !!	144.405	-206.938	380.000	O.K !!

▣ 결과 요약

■ 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	전도에 대한 안정	9790.132	2908.043	O.K
	활동에 대한 안정	1016.867	496.92	O.K
	지지력에 대한 안정	600	512.621	O.K
지진시	전도에 대한 안정	7801.007	4215.938	O.K
	활동에 대한 안정	994.067	662.36	O.K
	지지력에 대한 안정	900	620.785	O.K

■ 단면 력 설계

단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm^2)	사용철근량 (mm^2)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1800	100	2599.95	3575.2	1114.405	1525.883	1.369	O.K
후면저판		1800	100	3549.61	5139.2	1515.131	2178.322	1.438	O.K
벽체 (H=11.250)		2400	100	5076.14	7166	2892.23	4054.891	1.402	O.K
흉벽		800	100	1214.06	1940.4	213.947	339.302	1.586	O.K
좌측날개벽	A(T=600 mm)	600	80	3030.56	4053.6	384.631	506.698	1.317	O.K
	하부(T=450	450	80	1177.62	4053.6	108.506	351.648	3.241	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	2628.24	3096.8	335.553	392.654	1.17	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	3575.9	4053.6	450.188	506.698	1.126	O.K
우측날개벽	A(T=600 mm)	600	80	3031.39	4053.6	384.732	506.698	1.317	O.K
	하부(T=450	450	80	1365.13	4053.6	125.305	351.648	2.806	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	2620.85	3096.8	334.645	392.654	1.173	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	3692.94	5139.2	464.113	631.937	1.362	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
전면저판		133.515	150	125	371.072	O.K
후면저판		102.399	150	125	555.297	O.K
벽체 (H=11.250)		122.327	150	125	430.014	O.K
흉벽		117.218	150	125	445.574	O.K
좌측날개벽	A(T=600 mm)	115.905	150	125	510.686	O.K
	하부(T=450	45.129	150	125	1395.997	O.K
	B(T=600 mm)	131.312	150	125	427.219	O.K
	C(T=600 mm)	136.235	150	125	409.297	O.K
우측날개벽	A(T=600 mm)	115.608	150	125	512.432	O.K
	하부(T=450	52.214	150	125	1206.582	O.K
	B(T=600 mm)	130.706	150	125	429.998	O.K
	C(T=600 mm)	111.756	150	125	540.908	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
(3) 교 량 등 급 : 1 등교
(4) 교 대 총 폭 : B = 16.931 m
(5) 교 대 총 높이 : H = 13.050 m
(6) 기 초 형 식 : 직접기초
(7) SKEW : 70.000 °

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : q1 = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 496.741 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 131.570 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 50.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 42.386 ° {Φ2 = 15 + √15N}
(4) 기초지반의 점착력 : C = 0.000 kN/m²
(5) 기초지반의 최대 허용지지력 : Qa = 600.00 kN/m²
(6) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.600 ; tanΦb = 0.60, Cb = 0 : 암과 콘크리트
(7) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 27849.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법

(1) 안 정 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
(2) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
(3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
(4) 도로설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

7. 사용성 검토

1) 옹벽 설계

① 윤하중에 의한 부재력

Pv = 114.60 x Ka

= 114.60 x 0.251 = 28.765 kN

Mp = 114.60 x Ka x (H - 0.36)

= 114.60 x 0.251 x (3.890 - 0.36) = 101.525 kN.m

② 토압에 의한 부재력

Ph = 1/2 x Ka x r x H^2 x cosδ

= 1/2 x 0.251 x 20.000 x 3.890^2 x cos11.667 = 37.188 kN

Me = 1/3 x H x Ph

= 1/3 x 3.890 x 37.188 = 48.214 kN.m

③ 설계 단면력 산정

Vs = 28.765 + 37.188 = 65.952 kN

Ms = 101.525 + 48.214 = 149.739 kN.m

2) 벽체 설계

① 작용하중 집계표 : H = 11.250 m 『하중계산 참조』

구 분	수평력	작용거리	하중계수		전단력	모멘트
			평상시	지진시		
1. 교대구체(지진시)	39.535	4.449	-	1.000	39.535	175.889
2. 배면토압(평상시)	311.135	3.750	1.000	-	311.135	1166.804
3. 배면토압(지진시)	397.439	5.625	-	1.000	397.439	2235.687
4. 뒷채움 상재하중	27.655	5.625	1.000	-	27.655	155.566
5. 교량받침마찰력	70.018	7.761	1.000	-	70.018	543.406
6. 상부관성력	-	7.761	-	1.000	0.000	0.000

- 교대구체에 작용하는 수평력 및 작용거리 산출

: 검토위치(H = 1.800 m)를 제외한 교대구체에 대하여 다시 산정한다.

Ho = ∑(H② - H④) = 39.535 kN

Mo = ∑[H② x (y② - 1.800) - H④ x (y④ - 1.800)] = 175.889 kN.m

y = Mo / Ho = 175.889 / 39.535 = 4.449

② 설계 단면력 산정

구 분	전단력(kN)	모멘트(kN.m)	비 고
설계단면력	406.808	1865.776	

3) 기초 설계

① 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	1764.142	496.920	8485.315	2238.605
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+	1764.142	496.920	8485.315	2238.605
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	1656.779	662.360	7801.007	4215.938
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)	2392.453	496.920	10250.240	2238.605
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+	2392.453	566.938	10250.240	2908.043
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)	2153.520	662.360	9196.352	4215.938

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시

가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.

② 지반반력 산정

구 분	V(kN)	M(kN.m)	e(m)	Qmax(kN/m^2)	Qmin(kN/m^2)	X(m)
COMB 1	1764.142	6246.710	0.359	288.642	163.702	10.623
COMB 2	1764.142	6246.710	0.359	288.642	163.702	10.623
COMB 3	1656.779	3585.069	1.736	510.435	0.000	6.492
COMB 4	2392.453	8011.635	0.551	436.797	176.653	10.046
COMB 5	2392.453	7342.197	0.831	502.816	110.633	9.207
COMB 6	2153.520	4980.414	1.587	620.785	0.000	6.938

註) B : 기초의 폭원 (7.800m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V

- 하중의 작용위치가 저면 핵 내에 있는 경우 (사다리꼴 분포)

$$Q_{max} = \frac{V}{B}\left(1+\frac{6e}{B}\right), Q_{min} = \frac{V}{B}\left(1-\frac{6e}{B}\right)$$

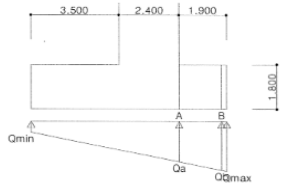
: 저면반력의 작용폭(x = 3×[B/2-e])이 B보다 큰 경우 => COMB 1,2,4,5

- 하중의 작용위치가 저면 핵 외에 있는 경우 (삼각형 분포)

$$Q_{max} = \frac{2V}{Lx}$$

: 저면반력의 작용폭(x = 3×[B/2-e])이 B보다 작은 경우 => COMB 3,6

④ 전면저판(일급)의 단면력 계산



- 기초자중에 의한 단면력

Vb = 1.800 x 0.200 x 25.000 = 9.000 kN

Ma = 1.800 x 1.900 x 25.000 x 1.900 / 2 = 81.225 kN.m

- 지반반력에 의한 단면력

Vb = Qb x 0.200 + (Qmax - Qb) / 2 x 0.200

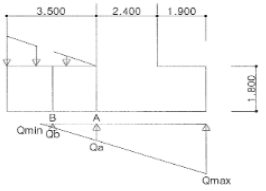
Ma = Qa x 1.900^2 / 2 + (Qmax - Qa) / 2 x 1.900^2 x 2/3

- 설계단면력 산정

구 분	지반반력			지반반력에의한 단면력		계수단면력	
	Qmax(kN)	Qa(kN/m^2)	Qb(kN/m^2)	Vb(kN/m^2)	Ma(kN.m)	Vu(kN)	Mu(kN.m)
COMB 1	288.642	258.208	285.438	57.408	502.687	48.408	421.462
COMB 2	288.642	258.208	285.438	57.408	502.687	48.408	421.462
COMB 3	-	-	-	-	-	-	-
COMB 4	436.797	373.428	430.127	86.692	750.292	77.692	669.067
COMB 5	502.816	407.285	492.760	99.558	850.105	90.558	768.88
COMB 6	-	-	-	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(COMB 3,6)은 고려하지 않는다.

⑤ 후면저판(뒷굽)의 단면력 계산



- 기초자중에 의한 단면력 : 『단면설계』 참조

- 뒷채움 토사에 의한 단면력 : 『단면설계』 참조

- 상재하중에 의한 단면력 : 『단면설계』 참조

- 토압의 연직분력에 의한 단면력 : 평상시 - 『단면설계』 참조

- 지반반력에 의한 단면력

i) 사다리꼴 반력 분포시 : COMB 1,2,4,5.

Vb = Qmin x 1.800 + (Qb - Qmin) / 2 x 1.800

Ma = Qmin x 3.500^2 / 2 + (Qa - Qmin) / 2 x 3.500^2 / 3

ii) 삼각형 반력 분포시 : COMB 3,6.
Vb = (Qb - Qmin) / 2 x (χ - 6.000)
Ma = (Qa - Qmin) / 2 x (χ - 4.300)² / 3
여기서, 반력의 작용폭 χ = 3[B/2 - e]

- 계수단면력 산정

구 분	지반반력			지반반력에의한 단면력		계수단면력	
	Qmin(kN)	Qa(kN/m²)	Qb(kN/m²)	Vb(kN/m²)	Ma(kN.m)	Vu(kN)	Mu(kN.m)
COMB 1	163.702	219.765	192.534	320.613	1117.137	236.403	759.047
COMB 2	163.702	219.765	192.534	320.613	1117.137	236.403	759.047
COMB 3	-	-	-	-	-	-	-
COMB 4	176.653	293.384	236.686	372.005	1320.324	185.011	555.86
COMB 5	110.633	286.613	201.137	280.593	1036.919	276.423	839.265
COMB 6	-	-	-	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(COMB 3,6)은 고려하지 않는다.

③ 벽체 (H=11.250)
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 1865.776 x 1000000 / [7166.000 x (2271.716 - 429.863/3)]
= 122.327 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x7166.000/1000.0 + 7x7166.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x2271.7/(7x7166.000)]
= 429.863 mm
사용철근량 = 7166.0 mm² (철근도심 : 128.3 mm)
1단 : D29 - 8.0 EA (= 5139.2 mm²)
2단 : D25 - 4.0 EA (= 2026.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 29/2 = 85.50 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 122.33) - 2.5 x 85.50 = 430.01 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 122.33) = 515.01 mm
Sa는 작은 값인 430.01 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 430.01 mm) ∴ O.K

④ 흉벽
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 149.739 x 1000000 / [1940.400 x (700.000 - 124.983/3)]
= 117.218 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x1940.400/1000.0 + 7x1940.400/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x700.0/(7x1940.400)]
= 124.983 mm
사용철근량 = 1940.4 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D19 - 4.0 EA, D16 - 4.0 EA (= 1940.4 mm²)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 19/2 = 90.50 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 117.22) - 2.5 x 90.50 = 445.57 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 117.22) = 537.46 mm
Sa는 작은 값인 445.57 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 445.57 mm) ∴ O.K

4) 사용성 검토

① 전면저판
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 788.880 x 1000000 / [3575.200 x (1700.000 - 267.747/3)]
= 133.515 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x3575.200/1000.0 + 7x3575.200/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1700.0/(7x3575.200)]
= 267.747 mm
사용철근량 = 3575.2 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D25 - 4.0 EA, D22 - 4.0 EA (= 3575.2 mm²)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 25/2 = 87.50 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 133.51) - 2.5 x 87.50 = 371.07 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 133.51) = 471.86 mm
Sa는 작은 값인 371.07 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 371.07 mm) ∴ O.K

② 후면저판
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 839.265 x 1000000 / [5139.200 x (1700.000 - 315.604/3)]
= 102.399 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x5139.200/1000.0 + 7x5139.200/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1700.0/(7x5139.200)]
= 315.604 mm
사용철근량 = 5139.2 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D29 - 8.0 EA (= 5139.2 mm²)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 29/2 = 85.50 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 102.40) - 2.5 x 85.50 = 555.30 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 102.40) = 615.24 mm
Sa는 작은 값인 555.30 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 555.30 mm) ∴ O.K

15.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 15.2.1】 서문14교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	서문14교의 주요 손상현황으로는 신축이음 차수판 볼트 체결 불량이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공미흡에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	서문14교의 주요 손상현황으로는 신축이음 차수판 볼트 체결 불량이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공미흡에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교면포장 접속도로 후타재 접속부 이격 방호벽 접속부 단차 차수판 볼트 체결불량, 후타재 균열 (0.3mm미만), 신축이음 하부 누수	양호

15.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

15.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

15.2.5 시설물 보수 이력

【표 15.2.2】 서문14교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

15.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 15.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

15.3 현장조사

15.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



연단거리 측정



비파괴시험

【사진 15.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

15.3.2 서울방향 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문14교(서울방향)은 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=70.0m 폭 16.0m(편도)로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경



바닥판 하면 전경

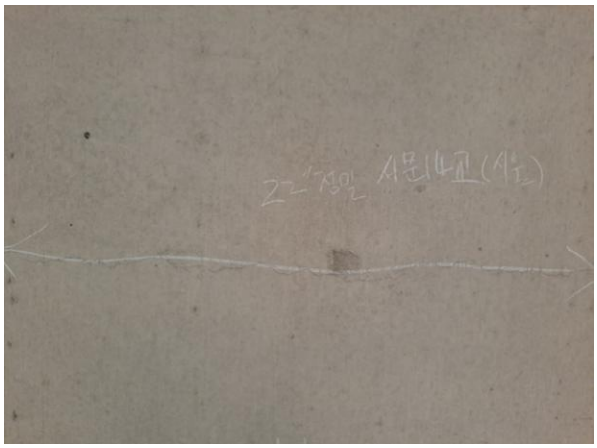
【사진 15.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 균열(0.3㎜미만)이 조사되었다.

【표 15.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
S1	4.50	1
합계	4.50	1

	
바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3㎜미만)	바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
바닥판 하면 S1 상태 양호	바닥판 하면 S1 캔틸레버부 상태 양호

【사진 15.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3㎜미만)은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 3열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 외관조사를 실시하였다.

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>거더외부 전경</td><td>거더내부 전경</td></tr>
</table>

【사진 15.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

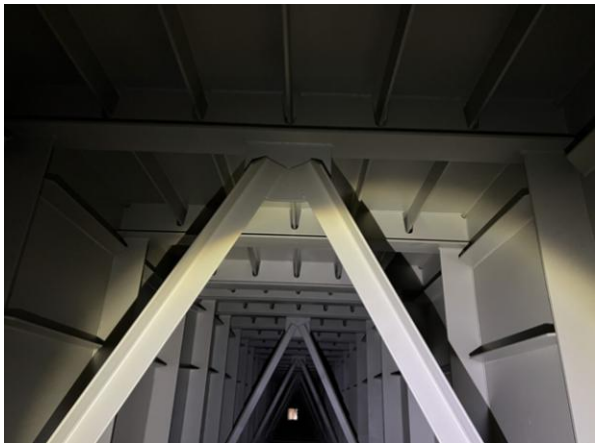
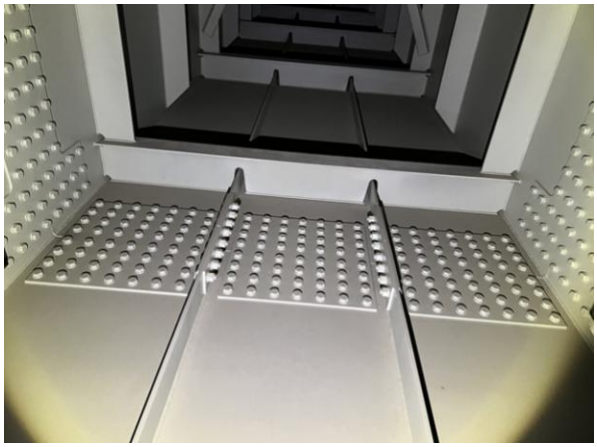
■ 거더에 대한 현장조사 결과 거더외부 및 내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 15.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	-	-
합계		-	-

【표 15.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 내부	S1	-	-
합계		-	-

	
거더외부 상태양호	거더외부 상태양호
	
거더내부 상태양호	거더내부 상태양호

【사진 15.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부 및 내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 강재로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 전경	가로보 전경

【사진 15.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 15.3.4】 가로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 15.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 서문14교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 A1은 직접기초, A2는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 15.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 균열(0.3㎜미만), 상면 체수가 조사되었다.

【표 15.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	체수 (㎡/개소)	
A1	5.00	1
A2	-	-
합계	5.00	1

	
A1 구체 상면 체수(2.5×2.0)	A2 상태 양호

【사진 15.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

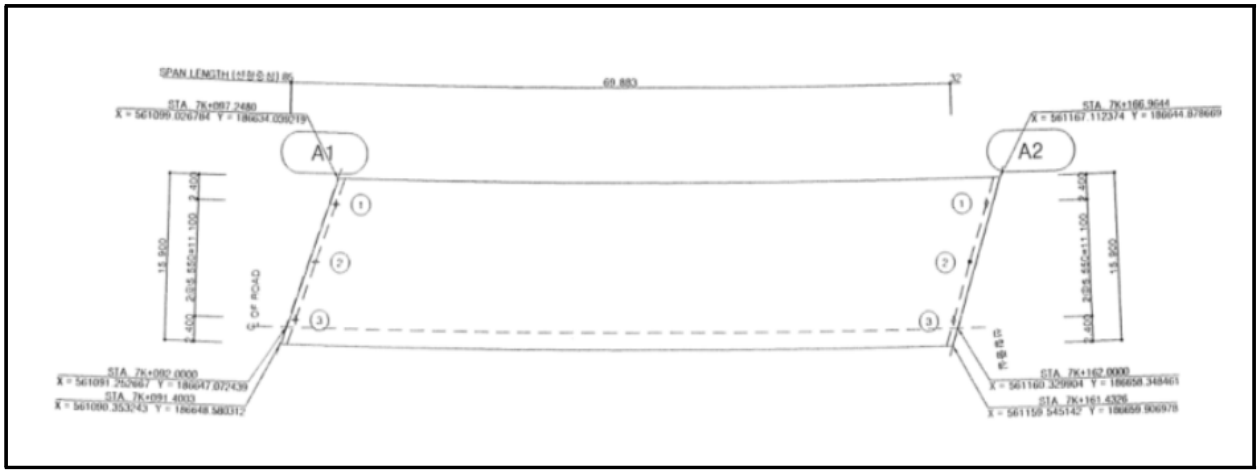
4) 검토의견

- 교대에 조사된 구체 상면 체수는 신축이음부 우수유입, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 정비(신축이음과 연계) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 서문14교의 받침은 포트받침으로 총 6기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



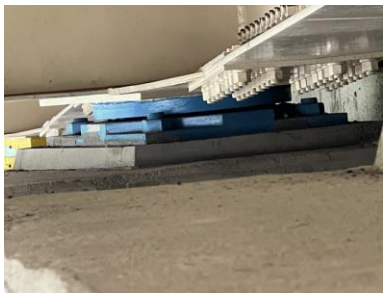
【그림 15.3.1】 교량받침 배치도



포트받침(일방향) 전경



포트받침(양방향) 전경



포트받침(고정) 전경

【사진 15.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 15.3.6】 교량받침 현장조사 결과

구분	여유량 부족 (개소)	
A1	3.00	3
A2	-	-
합계	3.00	3



A1-Sh1 상태 양호



A1-Sh2 상태 양호



A1-Sh3 상태 양호



A2-Sh3 상태 양호

【사진 15.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

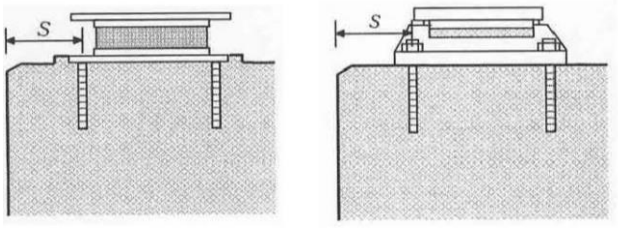
4) 검토의견

■ 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가손상 발생 여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.

5) 연단거리 검토

■ 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.

■ 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 15.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 15.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=70.0m) : 200+5×70.0 = 550(㎜)

【표 15.3.7】 연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)			검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	
A1	550	670	670	670	O.K
A2	550	650	650	650	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 15.3.13】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 15.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	44.8	15.2	0.000012	70	37.6	12.8	
A2	고정단						
1) 조사당시 온도 : 24.8℃(조사일 : 2022년 08월 24일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 15.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용 변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	80(A1)	130	-30	37.6	12.8	±50	N.G
	SH2	80(A1)	130	-30			±50	N.G
	SH3	80(A1)	130	-30			±50	N.G
A2		고정단						
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 온도변화에 따른 신장시 가동여유량을 확보하지 못하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 모두 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

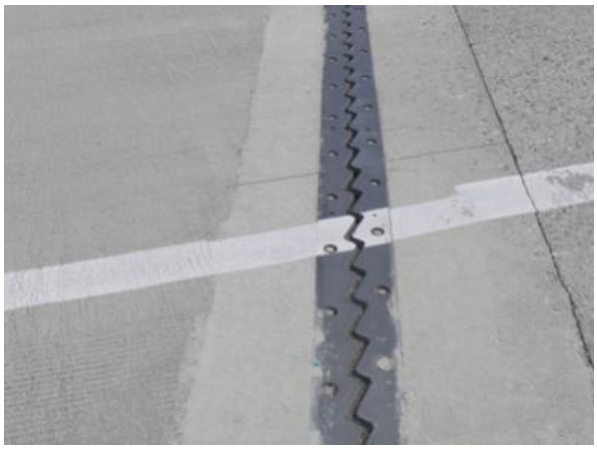
【사진 15.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 후타재 균열, 망상균열, 하부 누수가 조사되었다.

【표 15.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		후타재 망상균열 (㎡/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	12.00	24	3.60	1	1.00	1
A2 (EXP J2)	-	-	-	-	2.00	2
합계	12.00	24	3.60	1	3.00	3

	
A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	A1 후타재 망상균열(0.3×12.0)
	
A1 하부 누수(L=1.0m)	A2 본체 상태 양호

【사진 15.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 망상균열, 하부 누수의 경우, 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ $\Delta lt = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$
여기서, Δlt : 온도변화에 의한 이동량
ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10^{-5}, α(콘크리트): 1.0×10^{-5}
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 09. 30. 기온 적용: 20.7℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−20.7℃ = 19.3℃
△T(수축시) : −20.0℃−(20.7℃) = 40.7℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α (/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 15.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 15.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	40.7	19.3	0.000012	70.0	34.2	16.2	20	50	85	
A2	고정단									
1) 조사당시 온도 : 20.7℃(조사일 : 2022년 09월 30일, 평균온도, 서울), (바닥판, 거더 측정일 : 08월 24일) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 15.3.12】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	34.2	16.2	20	80	25.80	3.80	O.K
	바닥판	37.6	12.8	50	-	-	37.2	O.K
	거더			85	-	-	72.2	O.K
A2		고정단						
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 서문14교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어 있다.

	
교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

【사진 15.3.17】교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장에 대한 현장조사 결과 본선은 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 접속부 이격이 조사되었다.

【표 15.3.13】교면포장 현장조사 결과

구분	접속부 이격 (m/개소)	
S1	30.00	2
합계	30.00	2

	
S1(A2) 접속부 이격(L=15.0m)	S1(A2) 접속부 이격(L=15.0m)
	
S1(A1) 접속부 이격(L=15.0m)	S1 교면포장 상태 양호

【사진 15.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장은 전반적으로 양호한 상태이나 조사된 접속부 이격은 주행차량의 윤하중, 다짐불량 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보를 위해 실링재 충전 등의 보수대책을 수립하는 것이 요구된다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문14교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 15.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 15.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 15.3.20】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

	
방호벽 전경	중앙분리대 전경

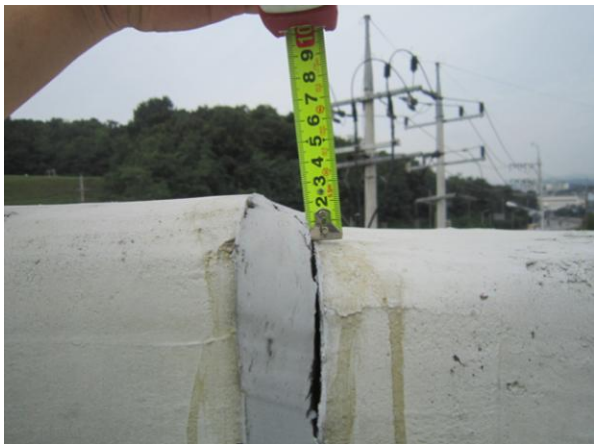
【사진 15.3.21】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 접속부 단차가 조사되었다.

【표 15.3.15】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	접속부 단차 (m/개소)	
S1	1.50	1
합계	1.50	1

	
S1 방호벽 단차(L=1.5m, T=2.5cm)	S1 방호벽 단차(L=1.5m, T=2.5cm)
	
방호벽 상태 양호	중앙분리대 상태 양호

【사진 15.3.22】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 접속부 단차는 시공미흡, 다짐불량, 잔류침하 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 차원에서 실링재 충전 등을 실시하는 것이 필요하고 지속적인 계측을 통한 유지관리가 요구된다.

차. 교량 점검시설

■ 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

카. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “서울방향 현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “서울방향 현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

15.3.3 문산방향 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문14교(문산방향)은 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=70.0m 폭 16.0m(편도)로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 15.3.23】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 15.3.16】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
바닥판 하면 S1 상태 양호	바닥판 하면 S1 캔틸레버부 상태 양호

【사진 15.3.24】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판 하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

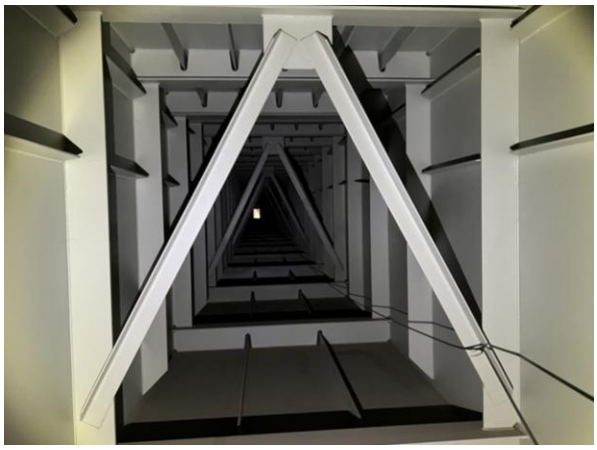
나. 거더

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 3열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 외관조사를 실시하였다.



거더외부 전경



거더내부 전경

【사진 15.3.25】 거더 전경

2) 현장조사 결과

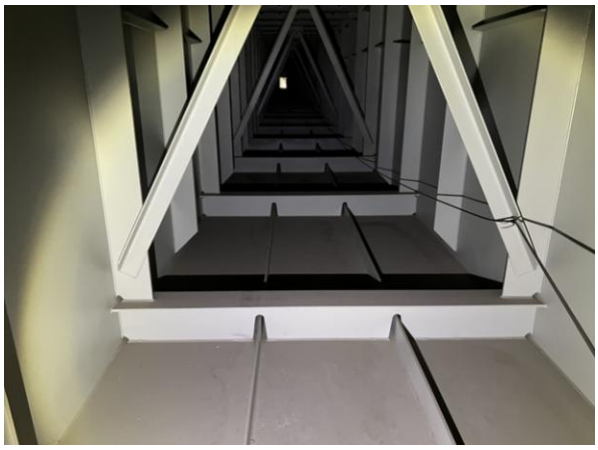
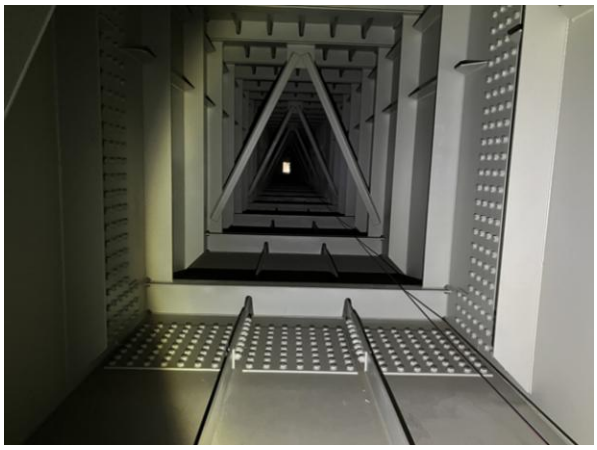
■ 거더에 대한 현장조사 결과 거더외부에 국부적인 도장긁힘이 조사되었으며, 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 15.3.17】 거더외부 현장조사 결과

구분		도장긁힘 (㎡/개소)	
거더 외부	S1	0.05	2
합계		0.05	2

【표 15.3.18】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 내부	S1	-	-
합계		-	-

	
S1-G1 도장긁힘(0.1×0.2)	S1-G3 도장긁힘(0.1×0.3)
	
거더내부 상태 양호	거더내부 상태 양호

【사진 15.3.26】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더외부에 발생한 도장긁힘은 물리적 충격, 시공 미흡 등에 의한 것으로 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위한 재도장을 실시하는 것이 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 강재로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 전경	가로보 전경

【사진 15.3.27】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 15.3.19】 가로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 15.3.28】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 서문14교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 A1은 직접기초, A2는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 15.3.29】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대에 대한 현장조사 결과 국부적인 균열(0.3㎜미만)이 조사되었다.

【표 15.3.20】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
A1	0.40	2
A2	-	-
합계	0.40	2

	
A1 구체 균열(Cw=0.3㎜미만)	A2 상태 양호

【사진 15.3.30】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

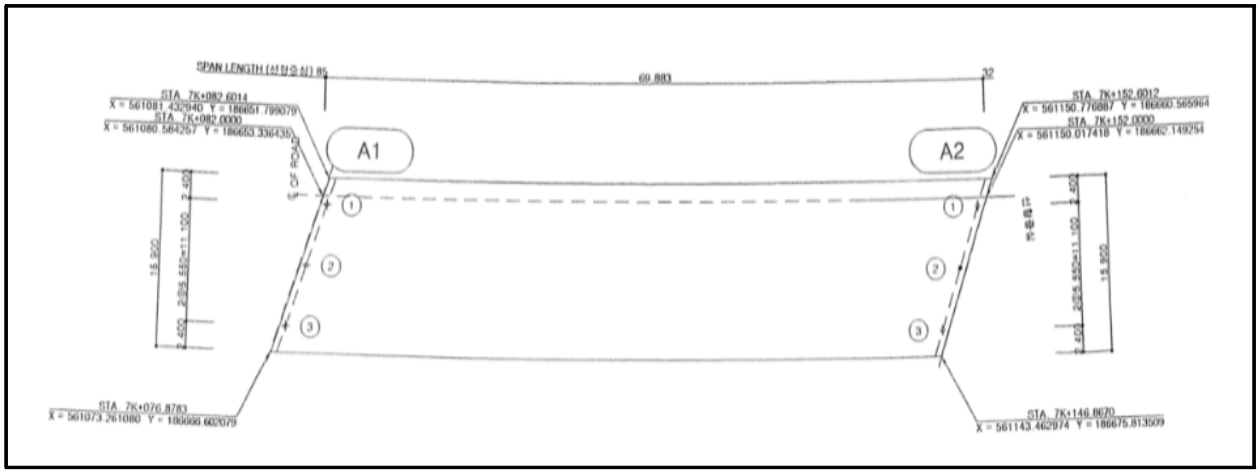
4) 검토의견

- 교대에 발생한 균열(0.3㎜미만)은 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 서문14교의 받침은 포트받침으로 총 6기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 15.3.3】 교량받침 배치도



포트받침(일방향) 전경



포트받침(양방향) 전경



포트받침(고정) 전경

【사진 15.3.31】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침에 대한 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 이동량 눈금자 미설치가 조사되었다.

【표 15.3.21】 교량받침 현장조사 결과

구분	이동량 눈금자 미설치 (개소)		여유량 부족 (개소)	
A1	2.00	2	3.00	3
A2	-	-	-	-
합계	2.00	2	3.00	3



A1-Sh1 이동량 눈금자 미설치



A1-Sh3 이동량 눈금자 미설치



A1-Sh2 상태 양호



A2-Sh3 상태 양호

【사진 15.3.32】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

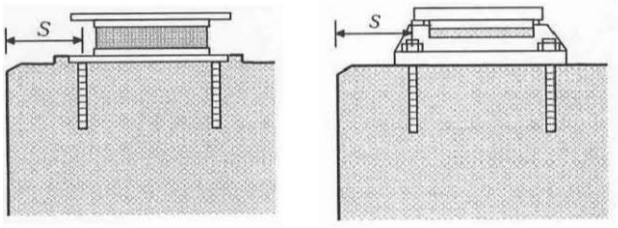
4) 검토의견

■ 교량받침에 발생한 이동량 눈금자 미설치는 시공미흡 등에 의한 것으로 판단되며, 향후 원활한 점검 및 유지관리를 위해 정비(재설치)를 실시하는 것이 필요하다.

5) 연단거리 검토

■ 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.

■ 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 15.3.4】도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 15.3.33】교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=70.0m) : 200+5×70.0 = 550(㎜)

【표 15.3.22】 연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)			검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	
A1	550	640	640	640	O.K
A2	550	660	670	670	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 15.3.34】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 15.3.23】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	44.8	15.2	0.000012	70	37.6	12.8	
A2	고정단						
1) 조사당시 온도 : 24.8℃(조사일 : 2022년 08월 24일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 15.3.24】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용 변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	50(A1)	100	0	37.6	12.8	±50	N.G
	SH2	40(A1)	90	10			±50	N.G
	SH3	50(A1)	100	0			±50	N.G
A2		고정단						
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 온도변화에 따른 신장시 가동여유량을 확보하지 못하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 모두 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

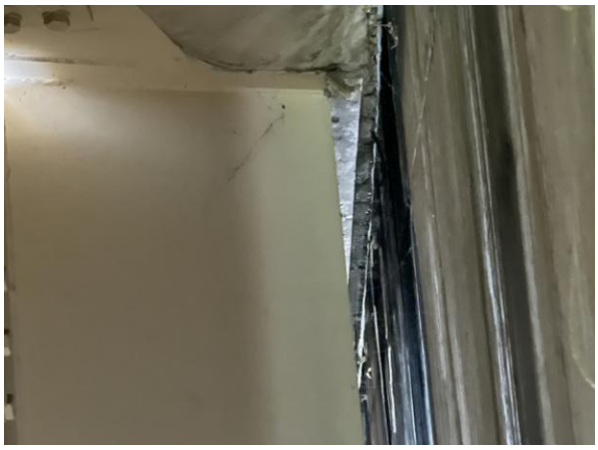
【사진 15.3.35】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 후타재 균열, 파손, 하부 누수, 차수판 볼트 체결불량이 조사되었다.

【표 15.3.25】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (0.3㎜미만) (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		하부 누수 (m/개소)		차수판 볼트 체결불량 (개소)	
A1 (EXP J1)	8.10	21	0.05	2	-	-	-	-
A2 (EXP J2)	6.50	16	-	-	2.00	2	1.00	1
합계	14.60	37	0.05	2	2.00	2	1.00	1

	
A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	A1 후타재 파손(0.1×0.4)
	
A2 하부 누수(L=1.0m)	A2 차수판 볼트 체결불량

【사진 15.3.36】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 파손, 하부 누수, 차수판 볼트 체결불량의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ $\Delta lt = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$
여기서, Δlt : 온도변화에 의한 이동량
ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10^{-5}, α(콘크리트): 1.0×10^{-5}
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 18. 기온 적용: 9.4℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−9.4℃ = 30.6℃
△T(수축시) : −20.0℃−(9.4℃) = 29.4℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 15.3.37】 신축이음 유간 측정방법

【표 15.3.26】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	29.4	30.6	0.000012	70.0	24.7	25.7	53	50	0	
A2	고정단									
1) 조사당시 온도 : 9.4℃(조사일 : 2022년 10월 18일, 평균온도, 서울), (바닥판, 거더 측정일 : 08월 24일) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 15.3.27】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	24.7	25.7	53	80	2.30	27.30	O.K
	바닥판	37.6	12.8	50	-	-	37.2	O.K
	거더			0	-	-	-12.8	N.G
A2		고정단						
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

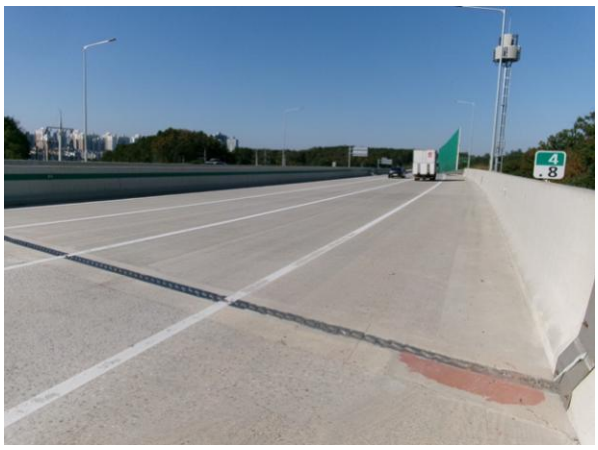
6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 신축이음부 및 바닥판에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 거더 하면이 협착된 상태로 조사되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 거더 하면 협착부에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 본교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

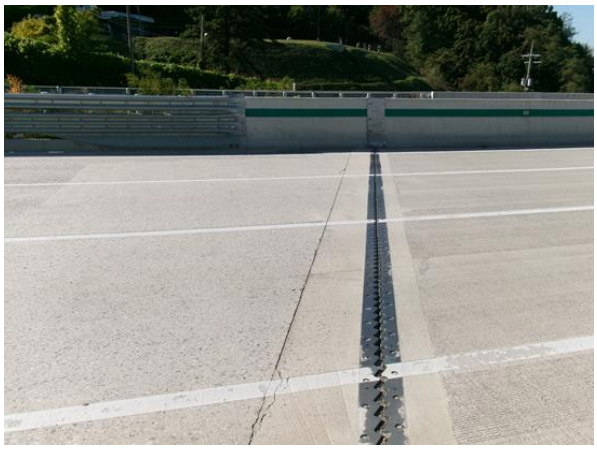
【사진 15.3.38】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장에 대한 현장조사 결과 접속부 파손, 접속부 이격이 조사되었다.

【표 15.3.28】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속부 파손 (㎡/개소)		접속부 이격 (m/개소)	
S1	0.10	1	24.00	2
합계	0.10	1	24.00	2

	
S1(A1) 접속부 파손(0.2×0.5)	S1(A1) 접속부 이격(L=12.0m)
	
S1(A2) 접속부 이격(L=12.0m)	S1 본선 교면포장 상태 양호

【사진 15.3.39】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장의 본선은 양호한 상태로 조사되었으나 금회 조사된 접속부 파손, 접속부 이격의 경우 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수, 실링재 충전 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문14교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 15.3.40】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 15.3.29】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 15.3.41】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽 전경



중앙분리대 전경

【사진 15.3.42】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 균열(0.3㎜미만), 균열부백태가 조사되었다.

【표 15.3.30】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열부백태 (㎡/개소)	
S1	3.00	3	0.70	11
합계	3.00	3	0.70	11

	
S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	S1 중분대 균열부백태(0.1×0.5)
	
S1 중분대 균열부백태(0.1×1.0)	S1 중분대 균열부백태(0.1×1.0)

【사진 15.3.43】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열(0.3㎜미만), 균열부백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 및 미관 확보를 위한 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

차. 교량 점검시설

■ 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

카. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “문산방향 현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “문산방향 현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

15.3.4 현장조사 총괄표

【표 15.3.31】 손상내용 총괄표(서울방향)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	4.50	1	
거더	외부	상태양호	-	-	-	
	내부	상태양호	-	-	-	
가로보		상태양호	-	-	-	
교대		체수	㎡	5.00	1	
교량받침		여유량 부족	EA	3.00	3	
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	12.00	24	
		후타재 망상균열	㎡	3.60	1	
		하부 누수	m	3.00	3	
교면포장		접속부 이격	m	30.00	2	
배수시설		상태양호	-	-	-	
방호벽		접속부 단차	m	1.50	1	

【표 15.3.32】 손상내용 총괄표(문산방향)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	
거더	외부	도장긁힘	㎡	0.05	2	
	내부	상태양호	-	-	-	
가로보		상태양호	-	-	-	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	0.40	2	
교량받침		이동량 눈금자 미설치	EA	2.00	2	
		여유량 부족	EA	3.00	3	
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	14.60	37	
		후타재 파손	㎡	0.05	2	
		하부 누수	m	2.00	2	
		차수판 볼트 체결불량	EA	1.00	1	
교면포장		접속부 파손	㎡	0.10	1	
		접속부 이격	m	24.00	2	
배수시설		상태양호	-	-	-	
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	3.00	3	
		균열부백태	㎡	0.70	11	

15.3.5 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

15.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

15.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 15.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	2	2	2	2	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



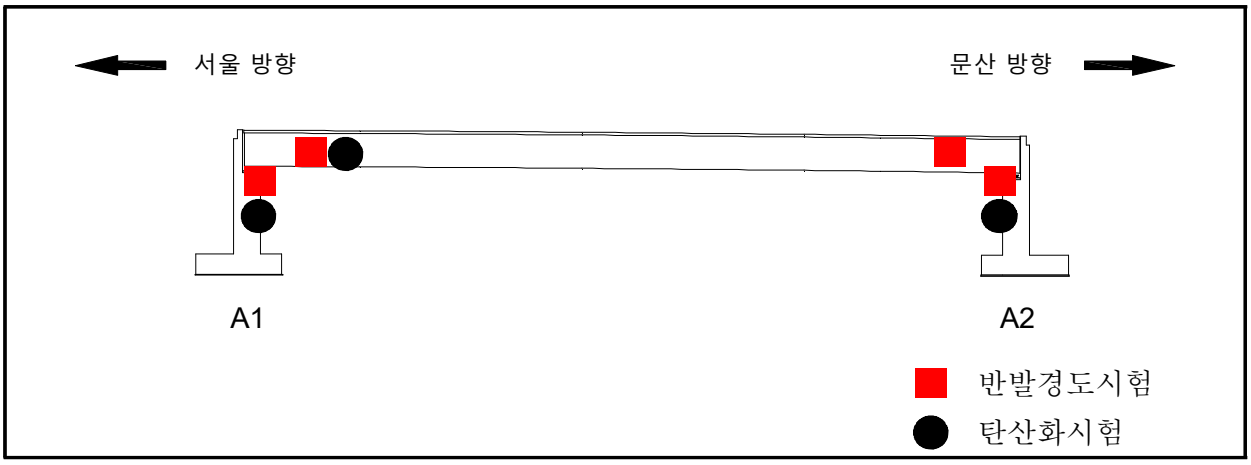
반발경도 시험 현황



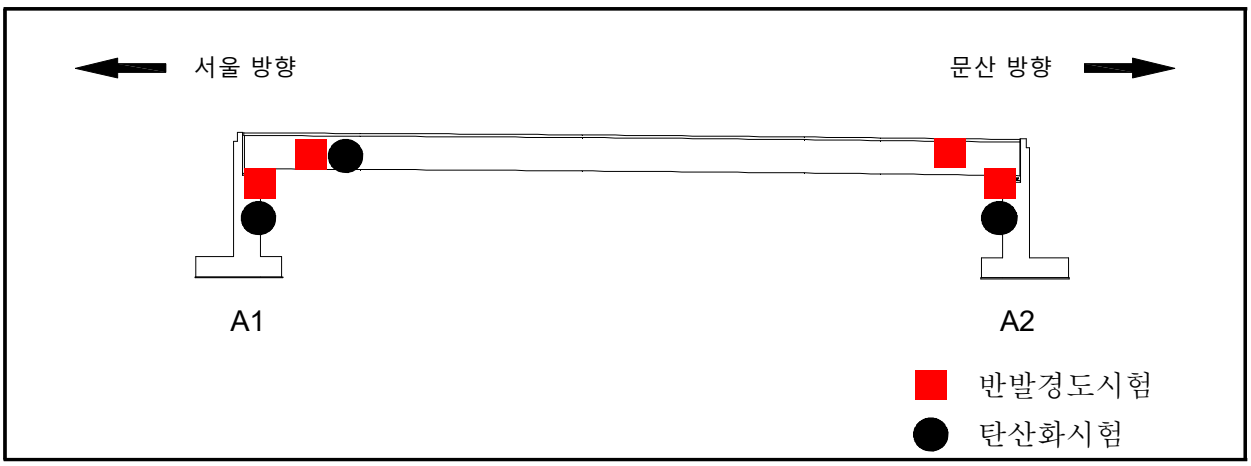
탄산화깊이 측정 현황

【사진 15.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 15.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(서울방향)



【그림 15.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(문산방향)

15.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 각 방향별로 상·하부구조에서 반발경도시험(각 2개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 15.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(서울방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1(A1)	바닥판	46.3	27.3	28.8	0.67	27.0	
	S1(A2)	바닥판	46.9	27.8	29.0			

【표 15.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(서울방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	구체	43.5	24.9	27.4	0.67	24.0	
	A2	구체	43.7	25.1	27.5			

【표 15.4.4】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(문산방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1(A1)	바닥판	46.6	27.6	28.9	0.67	27.0	
	S1(A2)	바닥판	46.3	27.3	28.8			

【표 15.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(문산방향)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	구체	43.4	24.9	27.4	0.67	24.0	
	A2	구체	44.0	25.4	27.7			

- 서울방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~29.0㎫, 하부구조 교대 24.9~27.5㎫로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 문산방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.9㎫, 하부구조 교대 24.9~27.7㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 15.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석(서울방향)

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.3~29.0	27.0	101.3~107.6
하부구조	교대	24.9~27.5	24.0	103.8~114.6

【표 15.4.7】 비파괴강도 시험결과 분석(문산방향)

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.3~28.9	27.0	101.3~107.1
하부구조	교대	24.9~27.7	24.0	103.6~115.2

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 15.4.8】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가(서울방향)

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
하부구조	A1 구체	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	A2 구체	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a

【표 15.4.9】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가(문산방향)

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
하부구조	A1 구체	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	A2 구체	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a

- 서울방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.
- 문산방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 15.4.10】 탄산화 시험결과 분석(서울방향)

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	2.0	38.0	
하부구조	2.0~3.0	97.0~98.0	

【표 15.4.11】 탄산화 시험결과 분석(문산방향)

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	2.0	38.0	
하부구조	2.0~3.0	97.0~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 15.4.12】 금회 점검 내구성조사 결과요약(서울방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.3~29.0	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.9~27.5	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

【표 15.4.13】 금회 점검 내구성조사 결과요약(문산방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.9~27.7	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

15.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

15.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 15.5.1】 상태평가 결과표(서울방향)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	b	a	a	a	a	a	c	a	a	q	a	a
	A2								c	a	a	q	–	a
평균			0.200	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.400	0.100	0.100	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.036	0.009	0.020	–	0.004	0.003
													0.145	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.145) < 0.260

【표 15.5.2】 상태평가 결과표(문산방향)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	a	b	a	a	a	b	c	a	b	q	a	a
	A2								c	a	a	q	–	a
평균			0.100	0.200	0.100	0.100	0.100	0.200	0.400	0.100	0.150	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.040	0.005	0.007	0.003	0.004	0.036	0.009	0.030	–	0.004	0.003
													0.159	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.159) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 15.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분		환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문14교	서울	0.145	B	70	2	140	0.500	0.073
	문산	0.159	B	70	2	140	0.500	0.080
합계(Σ)				140	4	280	1.000	0.152
1. 평가지수 =								0.152
2. 상태평가결과 =								B

15.5.2 기 점검 결과와의 비교

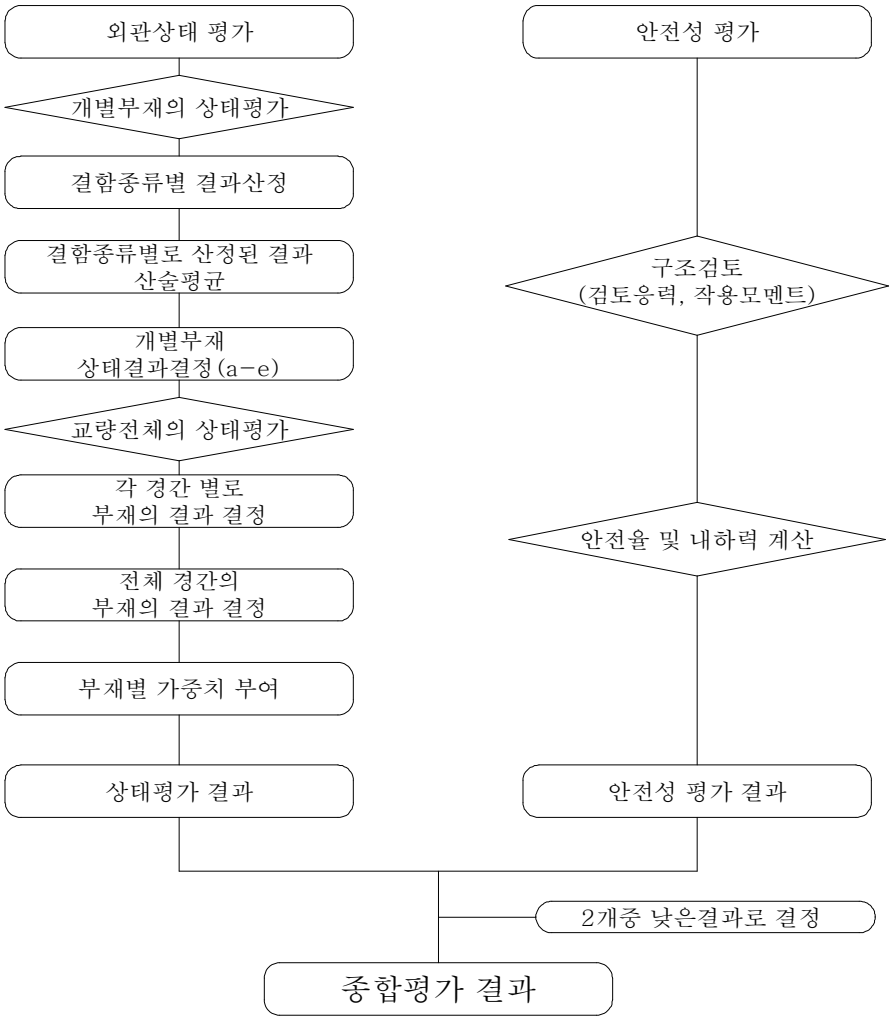
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

15.6 종합평가 및 안전등급 지정

15.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 15.6.1】 종합평가 결과 산정절차

15.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 15.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문14교	0.152	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

15.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 15.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

15.7 보수・보강 및 유지관리방안

15.7.1 보수・보강 방안

【표 15.7.1】 손상별 보수・보강 방안(서울방향)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	4.50	1	표면처리	하자
거더	외부	상태양호	-	-	-	-	-
	내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		체수	㎡	5.00	1	정비 (신축이음부)	하자
교량받침		여유량 부족	EA	3.00	3	정비(재설치)	하자
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	12.00	24	표면처리	하자
		후타재 망상균열	㎡	3.60	1	표면처리	하자
		하부 누수	m	3.00	3	정비(재설치)	하자
교면포장		접속부 이격	m	30.00	2	실링재 충전	하자
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
방호벽		접속부 단차	m	1.50	1	실링재 충전	하자

【표 15.7.2】 손상별 보수・보강 방안(문산방향)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	-	-
거더	외부	도장긁힘	㎡	0.05	2	재도장	하자
	내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		균열(0.3㎜미만)	m	0.40	2	표면처리	하자
교량받침		이동량 눈금자 미설치	EA	2.00	2	정비(재설치)	하자
		여유량 부족	EA	3.00	3	정비(재설치)	하자
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	14.60	37	표면처리	하자
		후타재 파손	㎡	0.05	2	단면보수	하자
		하부 누수	m	2.00	2	정비(재설치)	하자
		차수판 볼트 체결불량	EA	1.00	1	정비	하자
교면포장		접속부 파손	㎡	0.10	1	단면보수	하자
		접속부 이격	m	24.00	2	실링재 충전	하자
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	3.00	3	표면처리	하자
		균열부백태	㎡	0.70	11	표면처리	하자

15.7.2 개략공사비

【표 15.7.3】 개략공사비(서울방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	균열(0.3㎜미만)	표면처리	4.50	1.13	㎡	-	-	하자
교대	체수	정비	5.00	7.50	㎡	-	-	하자
교량받침	여유량 부족	정비(재설치)	3.00	3.00	EA	-	-	하자
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	표면처리	12.00	3.00	㎡	-	-	하자
	후타재 망상균열	표면처리	3.60	5.40	㎡	-	-	하자
	하부 누수	정비(재설치)	3.00	4.50	m	-	-	하자
교면포장	접속부 이격	실링재 충전	30.00	45.00	m	-	-	하자
방호벽	접속부 단차	실링재 충전	1.50	2.25	m	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

【표 15.7.4】 개략공사비(문산방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
거더외부	도장긁힘	재도장	0.05	0.08	㎡	-	-	하자
교대	균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.40	0.10	㎡	-	-	하자
교량받침	이동량 눈금자 미설치	정비(재설치)	2.00	2.00	EA	-	-	하자
	여유량 부족	정비(재설치)	3.00	3.00	EA	-	-	하자
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	표면처리	14.60	3.65	㎡	-	-	하자
	후타재 파손	단면보수	0.05	0.08	㎡	-	-	하자
	하부 누수	정비(재설치)	2.00	3.00	m	-	-	하자
	차수판 볼트 체결불량	정비	1.00	1.00	EA	-	-	하자
교면포장	접속부 파손	단면보수	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
	접속부 이격	실링재 충전	24.00	36.00	m	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	3.00	0.75	㎡	-	-	하자
	균열부백태	표면처리	0.70	1.05	㎡	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

15.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 15.7.5】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상





① 신축이음 하부 누수 및 교대 구체 상면 체수 – 진전 여부확인



② 교면포장 접속부 이격 – 진전 여부확인

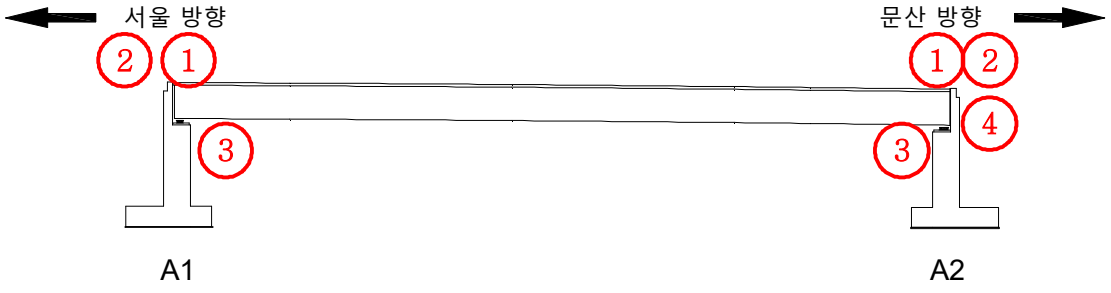




③ 교량받침 A1 가동여유량 부족 - 주기적인 계측 필요



④ 거더 A1 하면 가동여유량 부족 - 주기적인 계측 필요



15.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 고양대로 1489-1(성사동)에 위치한 교량으로 총 연장 70.0m, 폭 32.0m의 STB 거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

15.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험(서울방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3㎜미만)은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- 거더외부 및 내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 조사된 구체 상면 체수는 신축이음부 우수유입, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 정비(신축이음과 연계) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교량받침

- 교량받침은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 추가손상 발생 여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 온도변화에 따른 신장시 가동여유량을 확보하지 못하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

6) 신축이음장치

■ 신축이음에 발생한 후타재 균열, 망상균열, 하부 누수의 경우, 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

■ 교면포장은 전반적으로 양호한 상태이나 조사된 접속부 이격은 주행차량의 윤하중, 다짐불량 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보를 위해 실링재 충전 등의 보수대책을 수립하는 것이 요구된다.

8) 배수시설

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

■ 방호벽에 발생한 접속부 단차는 시공미흡, 다짐불량, 잔류침하 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 차원에서 실링재 충전 등을 실시하는 것이 필요하고 지속적인 계측을 통한 유지관리가 요구된다.

10) 교량 점검시설

■ 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

11) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12) 내구성조사

■ 서울방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~29.0㎫, 하부구조 교대 24.9~27.5㎫로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

■ 서울방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는

2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 현장조사 및 시험(문산방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) 거더

- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더외부에 발생한 도장긁힘은 물리적 충격, 시공미흡 등에 의한 것으로 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위한 재도장을 실시하는 것이 요구된다.

3) 가로보

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 발생한 균열(0.3㎜미만)은 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교량받침

- 교량받침에 발생한 이동량 눈금자 미설치는 시공미흡 등에 의한 것으로 판단되며, 향후 원활한 점검 및 유지관리를 위해 정비(재설치)를 실시하는 것이 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 온도변화에 따른 신장시 가동여유량을 확보하지 못하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

6) 신축이음장치

■ 신축이음에 발생한 후타재 균열, 파손, 하부 누수, 차수판 볼트 체결불량의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 신축이음부 및 바닥판에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 거더 하면이 협착된 상태로 조사되었으며, 이는 프리세팅 오류, 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 거더 하면 협착부에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

7) 교면포장

■ 교면포장의 본선은 양호한 상태로 조사되었으나 금회 조사된 접속부 파손, 접속부 이격의 경우 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수, 실링재 충전 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

8) 배수시설

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

■ 방호벽에 발생한 균열(0.3㎜미만), 균열부백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 및 미관 확보를 위한 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

10) 교량 점검시설

■ 교량 점검시설은 미설치된 상태이다.

11) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12) 내구성조사

- 문산방향 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.9㎫, 하부구조 교대 24.9~27.7㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 문산방향 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

다. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 서문14교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.199인 “B” 로 산정되었다.

라. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문14교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

15.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

15.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

16. 남고양IC2교

16.1 시설물 개요

16.2 자료수집 및 분석

16.3 현장조사

16.4 콘크리트 내구성조사

16.5 상태평가

16.6 종합평가 및 안전등급 지정

16.7 보수·보강 및 유지관리 방안

16.8 종합결론

16. 남고양IC2교

16.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 대덕로 426 (현천동)에 위치한 교량으로 총 연장 498.9m, 폭 11.0m로 시공되어 있다.

16.1.1 일반사항

【표 16.1.1】 남고양IC2교 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000237	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 대덕로 426 (현천동)	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		-	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=498.9m (44.828+60+82+60+42.5+2@55+42.5+27.313+29.722≒498.9m)			
	폭	B=11.0m, 2차로			
구조형식	상부	Steel Box, 합성형라멘	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교 각	현장타설말뚝
교량받침		면진받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물		-	통과높이		-
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		지에스건설㈜	설 계 자		㈜다산컨설턴트
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체		서울문산고속도로주식회사

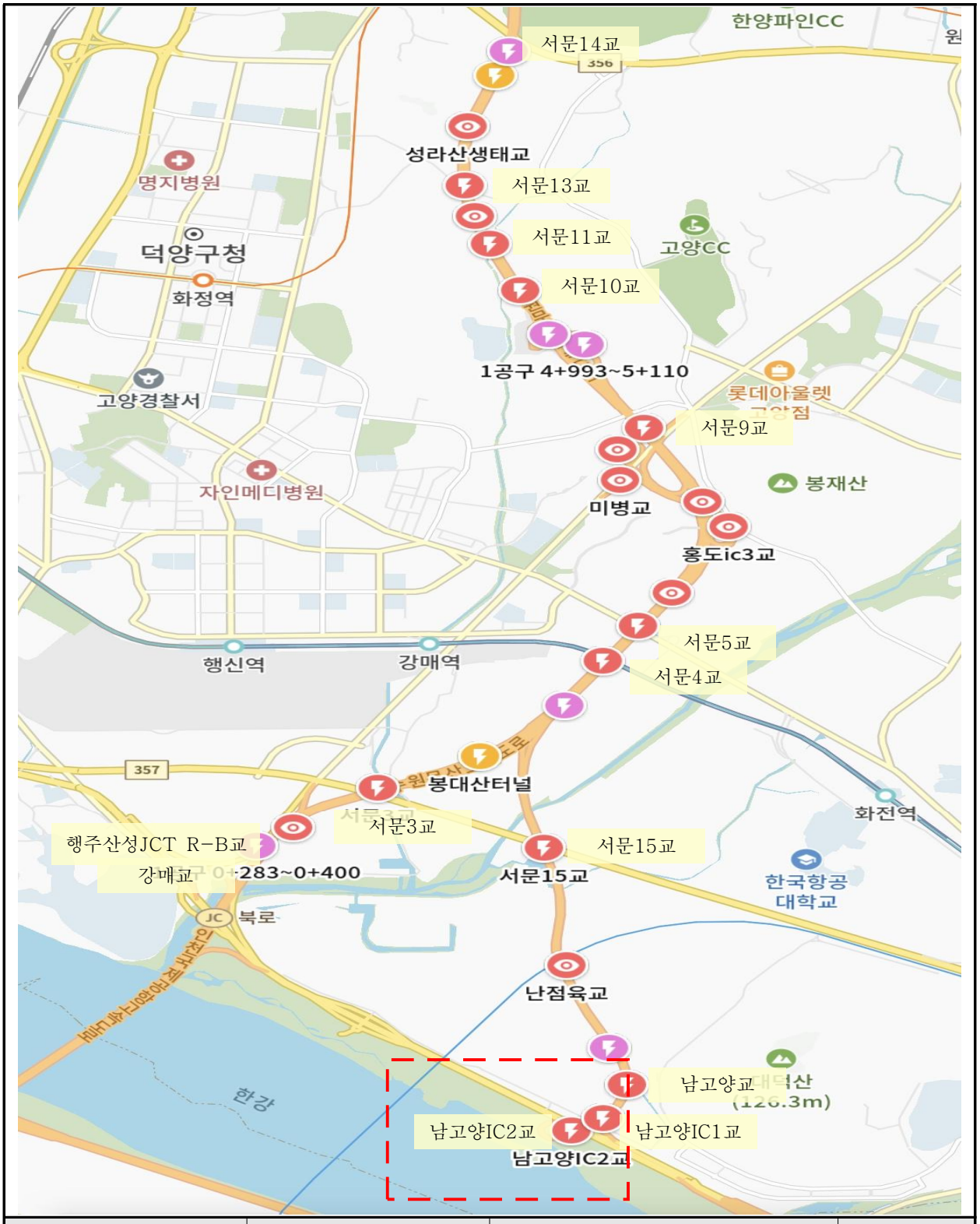


측면 전경



상부 전경

16.1.2 위치도 및 전경사진



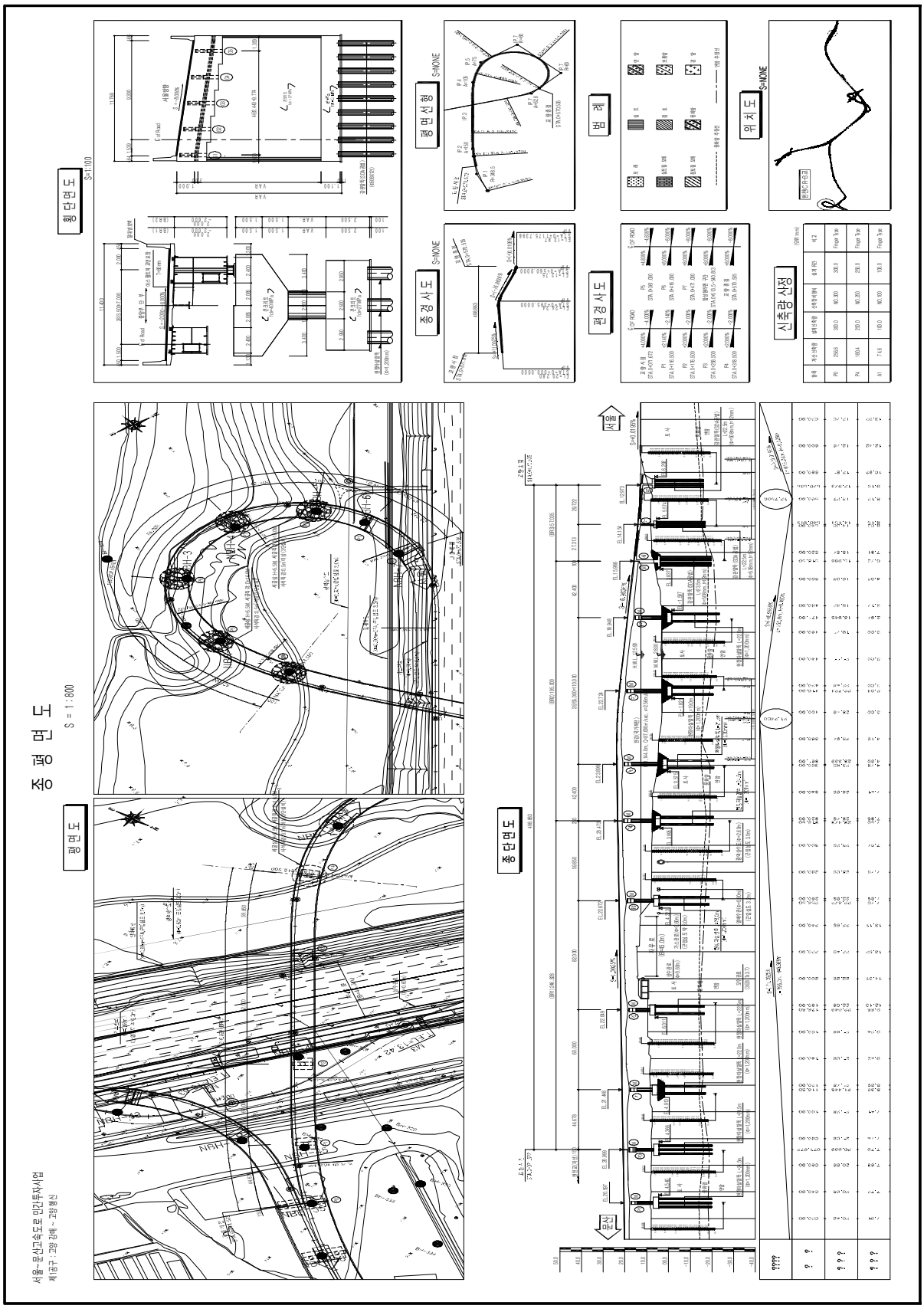
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
STB : S1~S8 합성형 라멘 : S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 16.1.1】 위치도

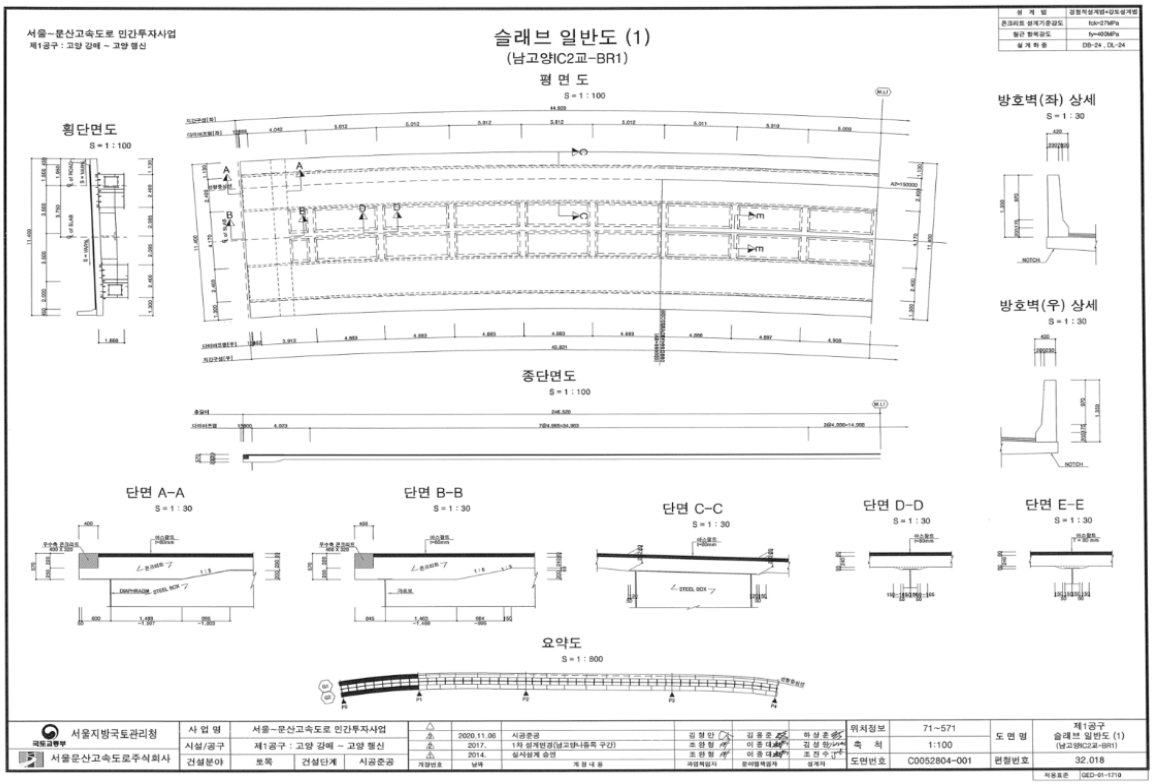
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

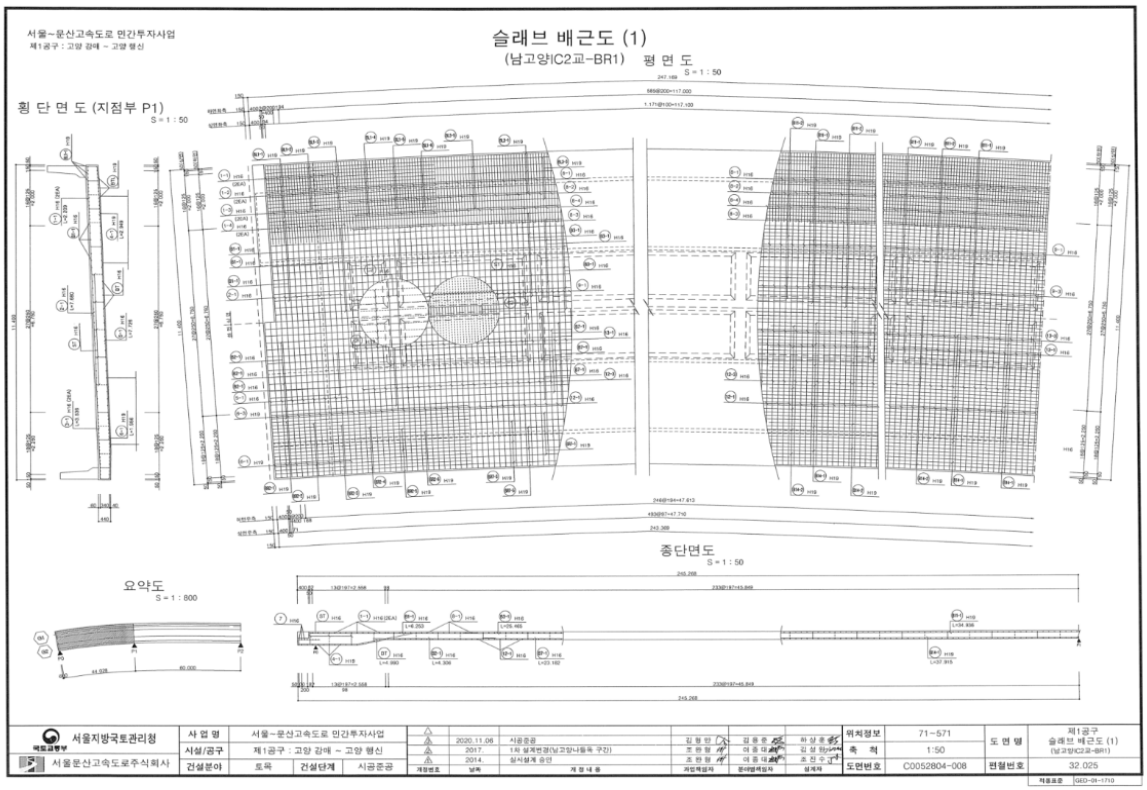
【그림 16.1.2】 부재별 현황

16.1.3 시설물 일반도

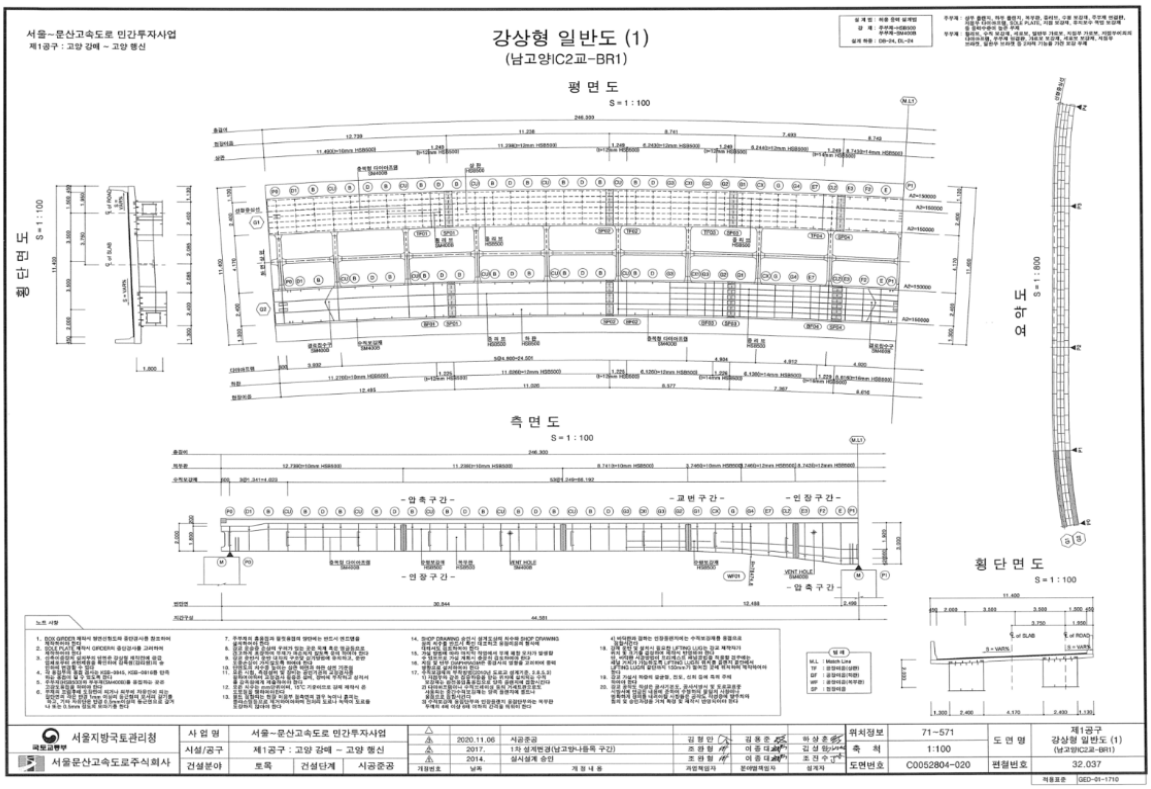


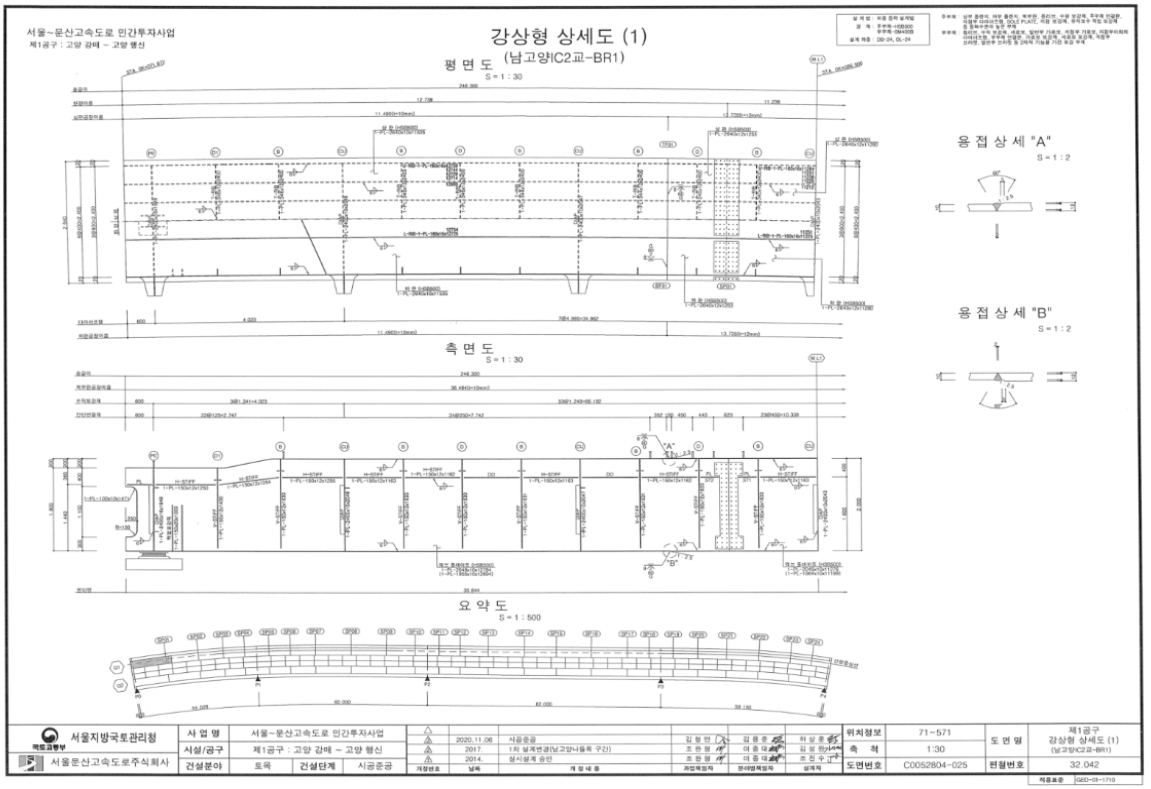
【그림 16.1.3】 평면 및 종단면도



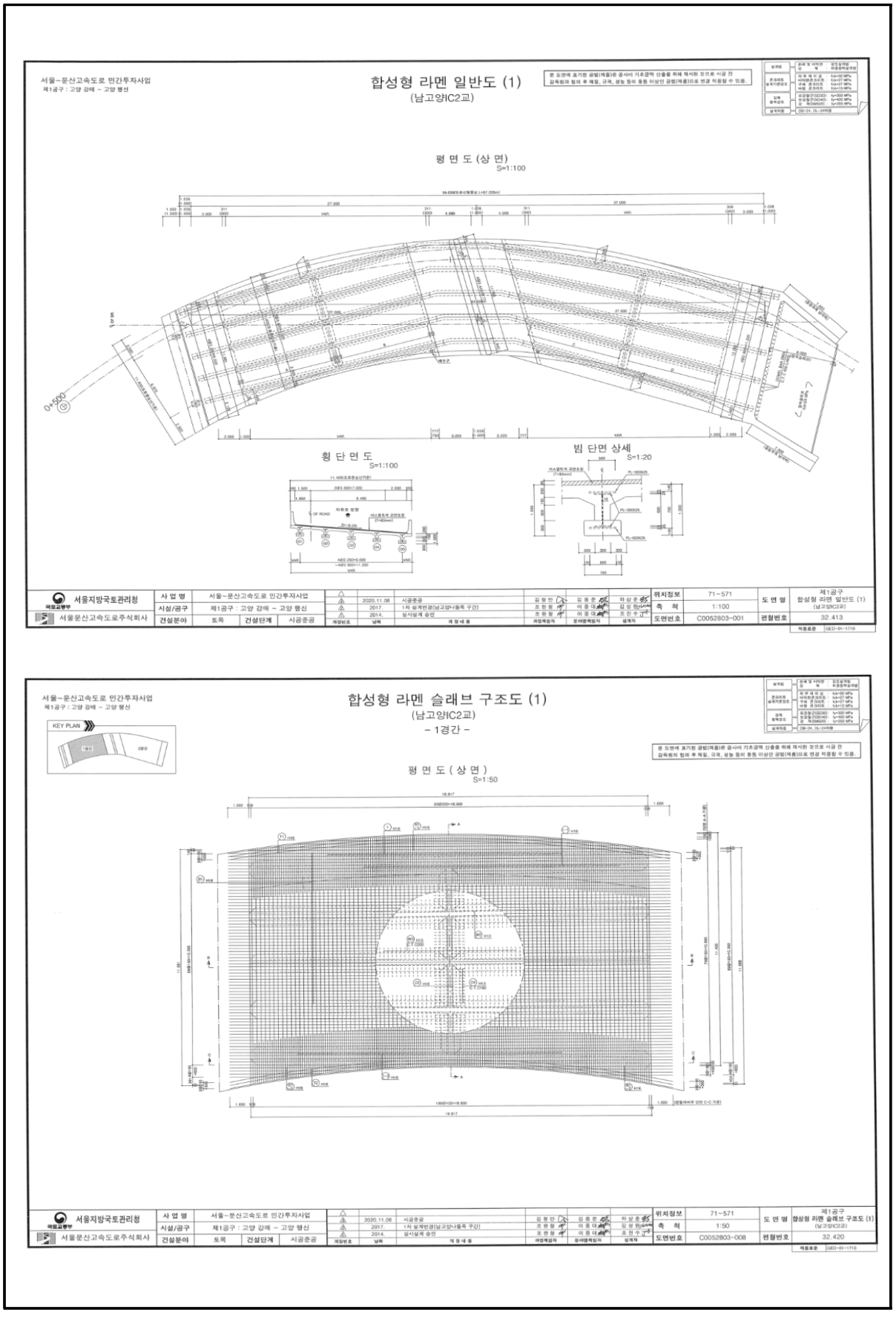


【그림 16.1.4】 바닥판하면 일반도 및 구조도

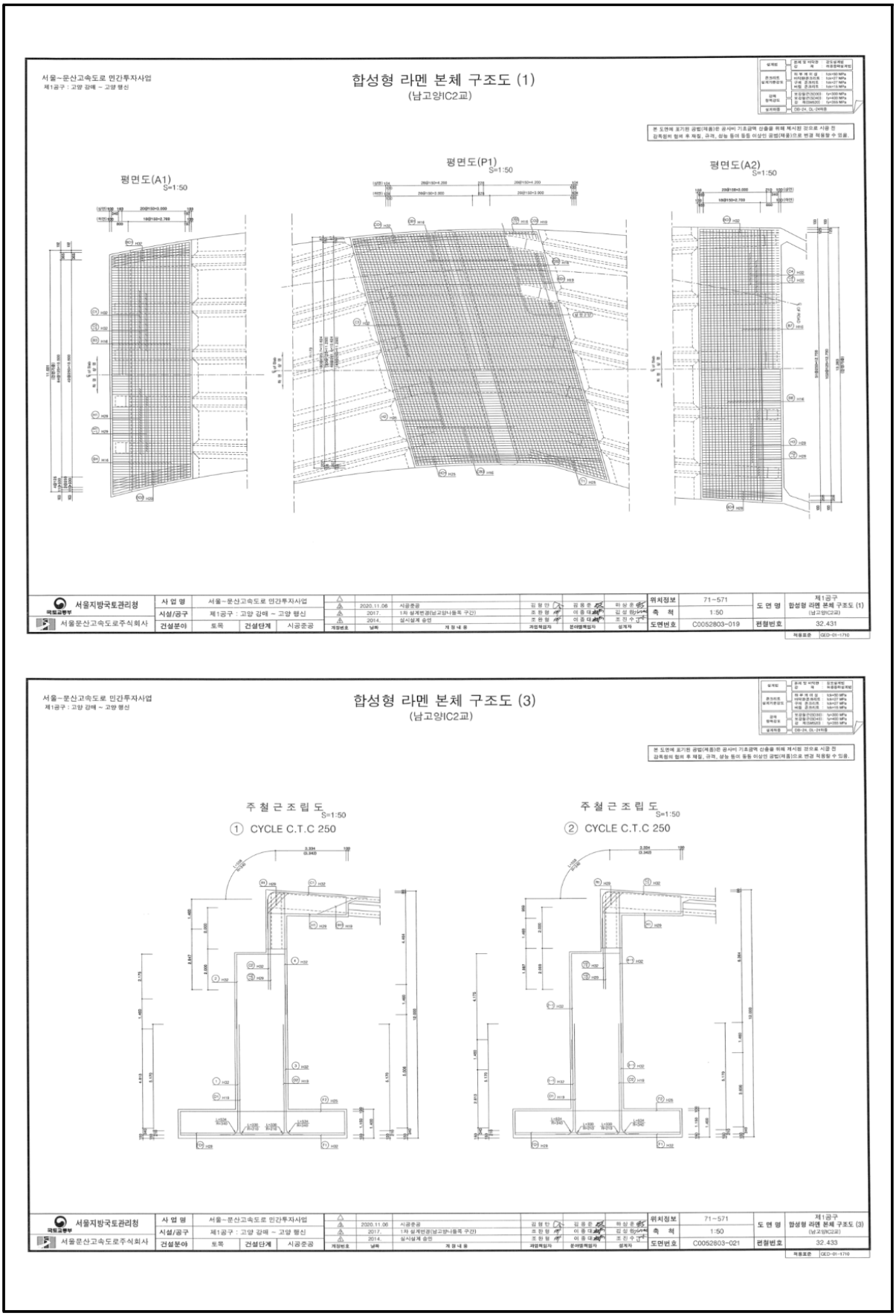




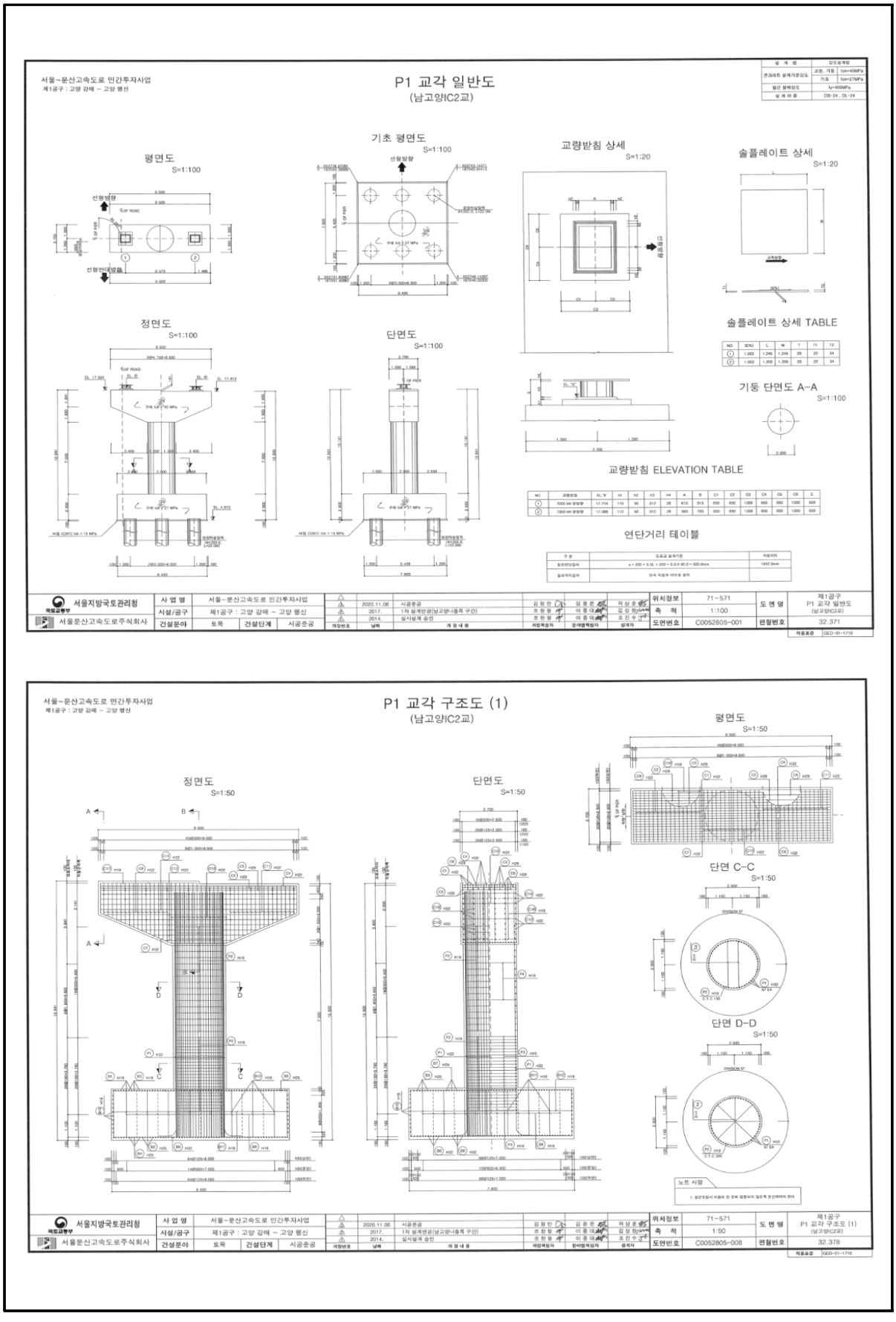
【그림 16.1.5】 강상형 일반도 및 상세도



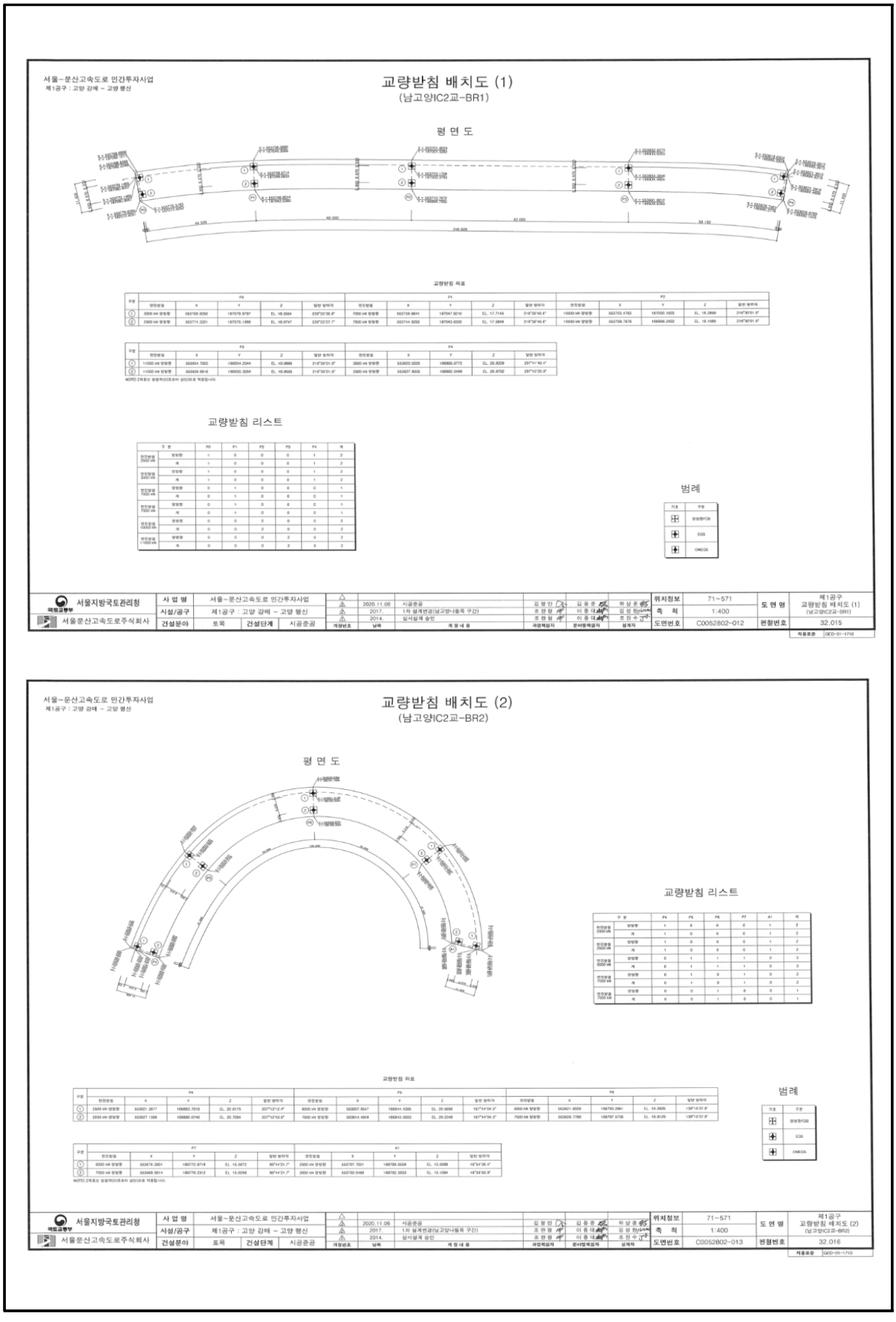
【그림 16.1.6】 합성형 라멘 바닥판하면 일반도 및 구조도



【그림 16.1.7】 합성형 라멘 교대 일반도 및 구조도



【그림 16.1.8】 교각 일반도 및 구조도



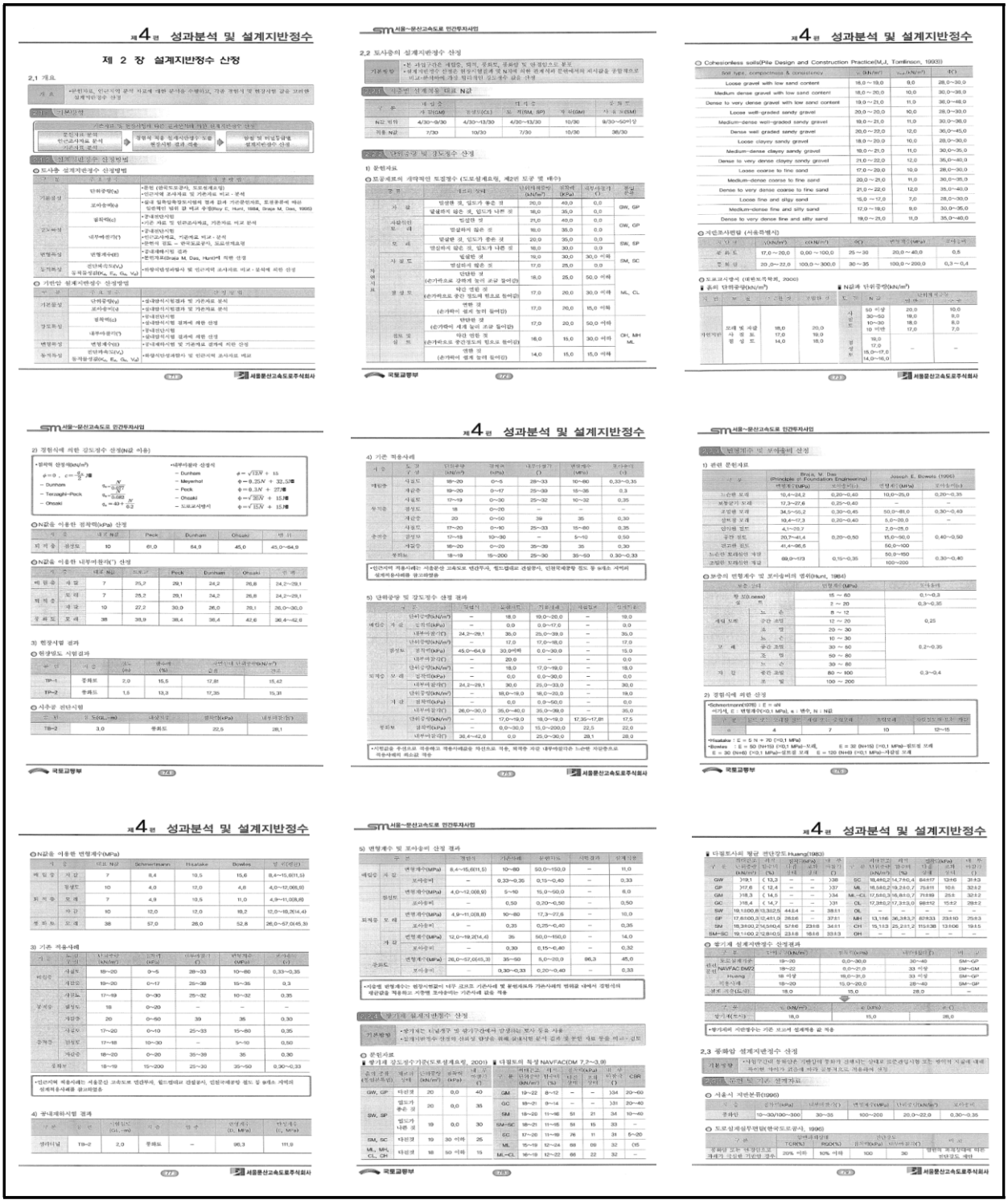
【그림 16.1.9】 교량받침 배치도

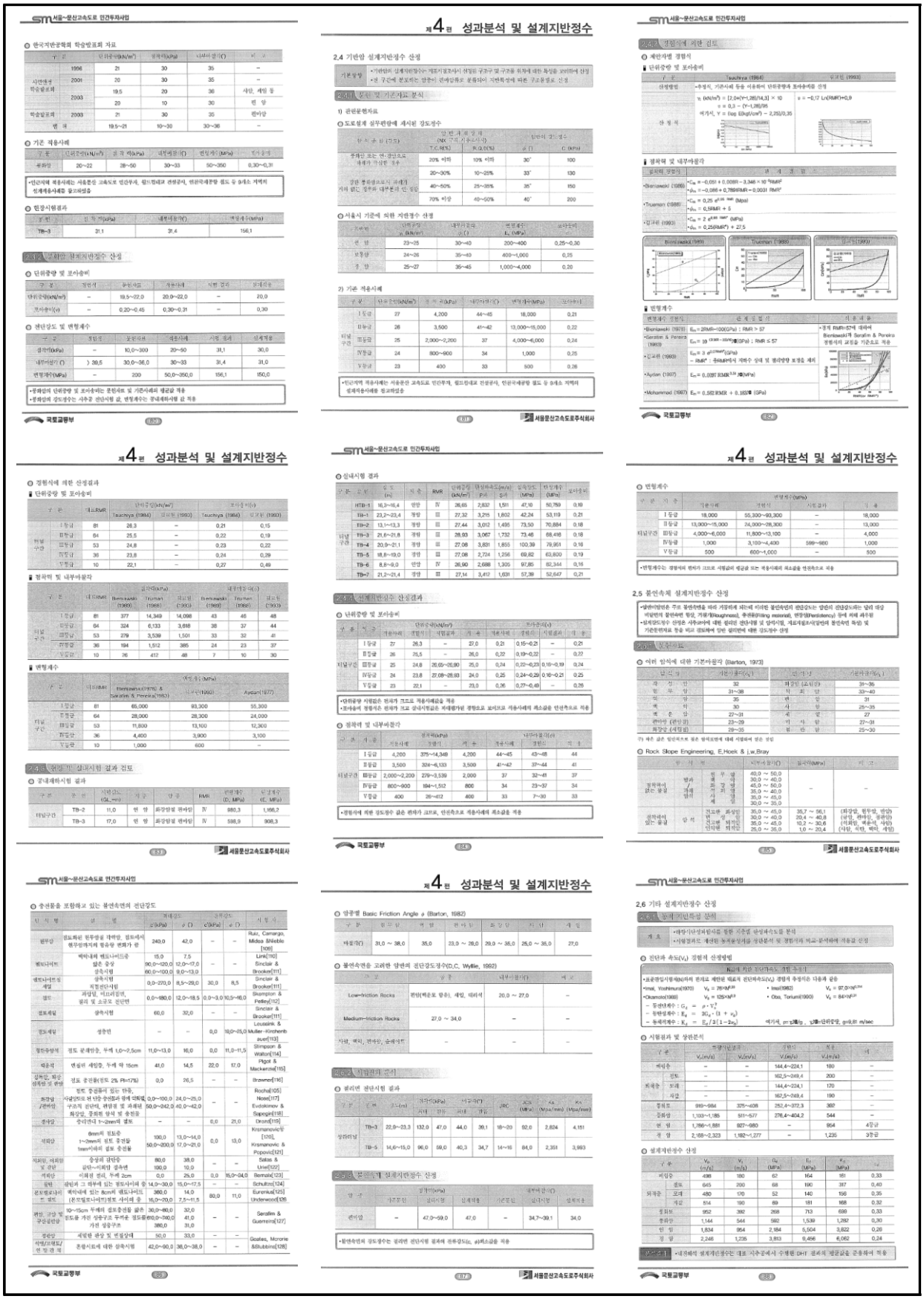
16.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

16.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질





서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비 고
시연연성 학술발표회	1996	21	30	35	–
	2001	20	30	35	–
	2003	19.5	20	36	사암, 세일 등
		20	10	30	편 암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범 위		19.5~21	10~30	30~36	–

○ 기존 적용사례

구 분	단위중량(kN/m³)	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0.30~0.31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

구 분	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31.1	31.4	156.1

2.4.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	점검식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	–	19.5~22.0	20.0~22.0	–	20.0
포아송비(ν)	–	0.20~0.45	0.30~0.31	–	0.30

○ 전단강도 및 변형계수

구 분	점검식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	–	10.0~300	20~50	31.1	30.0
내부마찰각(°)	〉39.5	30.0~36.0	30~33	31.4	31.0
변형계수(MPa)	–	200	50.0~350.0	156.1	150.0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

국토교통부 80

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향 •기반암의 설계지반정수는 기초지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정
•전 구간에 분포되는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 산정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○ 도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암 석 분 류 (기도)	암 반 파 쇄 정 계 (NX 구조 시추조사시)		암반의 강도정수	
	T.C.R(%)	R.Q.D(%)	φ (°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
	20~30%	10~25%	33°	130
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○ 서울시 기준에 의한 지반정수 산정

구 분	단위중량 γ (kN/m³)	내부마찰각 φ (°)	변형계수 E_s (MPa)	포아송비
연 암	23~25	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0.25
경 암	25~27	35~45	1,000~4,000	0.20

2) 기존 적용사례

구 분	단위중량(kN/m³)	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
I등급	27	4,200	44~45	18,000	0.21
II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0.22
III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0.24
IV등급	24	800~900	34	1,000	0.25
V등급	23	400	33	500	0.26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

81 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

2.4.2 경험식에 의한 검토

○ 제안자별 경험식

단위중량 및 포아송비

구 분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산 정 식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y−1.28)/14.3] × 10 ν = 0.3 − (Y−1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35	ν = −0.17 Ln(RMR)+0.9

점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	관 계 경 험 식
•Bieniawski (1989)	C_{ds} = −0.051 + 0.008R − 3.346 × 10⁻⁵RMR²
	ϕ_{ds} = −0.086 + 0.789RMR − 0.0031 RMR²
•Trueman (1988)	C_{ds} = 0.25 $e^{0.05 \cdot RMR}$ (Mpa)
	ϕ_{ds} = 0.5RMR + 5
•김교원 (1993)	C_{ds} = 2 $e^{0.05 \cdot RMR}$ (MPa)
	ϕ_{ds} = 0.25(RMR) + 27.5

변형계수

변형계수 경험식	관 계 경 험 식	적용 내용
•Bieniawski (1978)	E_m = 2RMR−100(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	E_m = 10 $^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	E_m = 3 $e^{0.05RMR}$(GPa) − RMR² : 풍화RMR에서 지하수 상태 및 절리량량 보정을 제외	
•Aydan (1997)	E_m = 0.0397 RMR$^{3.24}$ (MPa)	
•Mohammad (1997)	E_m = 0.582 RMR + 0.183 (GPa)	

국토교통부 82

제4편 성과분석 및 설계지반정수

○ 경험식에 의한 산정결과

단위중량 및 포아송비

구 분	대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)	포아송비(ν) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
터널구간 I등급	81	26.3	–	0.21	0.15
II등급	64	25.5	–	0.22	0.19
III등급	53	24.8	–	0.23	0.22
IV등급	36	23.8	–	0.24	0.29
V등급	10	22.1	–	0.27	0.49

점착력 및 내부마찰각

구 분	대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Trueman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(°) Bieniawski (1989)	Trueman (1988)	김교원 (1993)
터널구간 I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
V등급	10	26	412	48	7	10	30

변형계수

구 분	대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Serafim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간 I등급	81	65,000	93,300	55,300
II등급	64	28,000	28,300	24,000
III등급	53	11,800	13,100	12,300
IV등급	36	4,400	3,900	3,100
V등급	10	1,000	600	–

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구 분	공 번	시험강도 (GL.mm)	지 중	암 종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11.0	연 암	화강암질 편마암	IV	980.3	1,166.2
	TB-3	17.0	연 암	화강암질 편마암	IV	598.9	908.3

83 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 실내시험 결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	압축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	IV	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	III	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	III	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	III	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	III	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	III	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	IV	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	III	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	지 층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적 용	포아송비(ν) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	I등급	27	26.3	–	27.0	0.21	0.15~0.21	–	0.21
	II등급	26	25.5	–	26.0	0.22	0.19~0.22	–	0.22
	III등급	25	24.8	26.65~26.90	25.0	0.24	0.22~0.23	0.16~0.19	0.24
	IV등급	24	23.8	27.08~28.93	24.0	0.25	0.24~0.29	0.16~0.21	0.25
	V등급	23	22.1	–	23.0	0.26	0.27~0.49	–	0.26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 비대표적인 경험으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구 분	지 층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적 용	내부마찰각(°) 적용사례	경험식	적 용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

국토교통부 84

제4편 성과분석 및 설계지반정수

○ 변형계수

구 분	지 층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	–	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	–	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	–	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	–	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반의 암반은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비밀면의 불연속면 활성, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 변질성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•실제강도정수 산정은 시추공에서 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 기표지질조사방법에 불연속면 특성 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 입반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.6 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)	암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)
각 섬 암	32	화강암 (조립암)	31~35
현 무 암	31~38	사 회 암	33~40
역 암	35	변 암	31
백 악	30	사 암	25~35
백 운 암	27~31	세 암	27
편마암 (편암질)	23~29	미 사 암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점 판 암	25~30

(*) 표준 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험해서 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암 석 명		내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비 고
점착력이 없는 물질	반과 / 개체 암석	절 무 암 / 화 강 암 / 석 회 암 / 사 암 / 세 암	40.0 ~ 50.0 30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0 35.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 35.0	–
점착력이 있는 물질	암 석	견고한 화강암 변 성 암 견고한 퇴적암 연약한 퇴적암	35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 25.0 ~ 35.0	35.7 ~ 56.1 20.4 ~ 40.8 10.2 ~ 30.6 1.0 ~ 20.4

(화강암, 현무암, 편암)
(규암, 편마암, 점판암)
(석회암, 백운석, 사암)
(사암, 석탄, 백악, 세암)

85 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암 석 명	설 명	전체강도 ϕ(kPa)	ϕ (°)	전체강도 C(kPa)	ϕ (°)	시 험 자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큰	240.0	42.0	–	–	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [106]
편토나이트	백악내의 편토나이트층 얇은 중상 삼축시험	15.0 90.0~120.0 60.0~100.0	7.5 12.0~17.0 9.0~13.0	–	–	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
편토나이트질 세일	삼축시험 직접전단시험	0.0~270.0	8.5~29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미고리점면, 절리 및 소규모 전단면	0.0~180.0	12.0~18.5	0.0~3.0	10.5~16.0	Skempton & Petley[112]
점토세일	삼축시험	60.0	32.0	–	–	Sinclair & Brooker[111]
점토세일	성층면	–	–	0.0	10.0~25.0	Loussink & Muller-Kirchenbauer[113]
점토유암석	점토 문제암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0~13.0	16.0	0.0	11.0~11.5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 세일층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
삼축암, 화강 삼축암 및 편암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0.0	26.5	–	–	Browne[116]
화강암 /편마암	점토 충전물이 있는 타공, 사갈상으로 된 단층 충전물과 함께 연화됨, 구조적 전단면, 편암질 및 과제된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0.0~100.0 50.0~242.0	24.0~25.0 40.0~42.0	–	–	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	–	–	0.0	21.0	Drons[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0~200.0	13.0~14.0 17.0~21.0	0.0	13.0	Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 각암	충상의 감탄층 감탄~이회암 접촉면	80.0 100.0	38.0 10.0	–	–	Salas & Uriel[122]
석회암	이회암 전리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0~24.0	Bernaix[123]
풀탄	감탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14.0~30.0	15.0~17.5	–	–	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 편토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360.0 16.0~20.0	14.0 7.5~11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126]
편암, 규암 및 구산질반암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 상층구조 두께운 점토를 가진 상층구조	30.0~60.0 60.0~740.0 380.0	32.0 41.0 31.0	–	–	Serafim & Guerreiro[127]
경관암	세밀한 관상 및 변질상태	50.0	33.0	–	–	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석탄/고령토/연 장 각 석	혼합시료에 대한 삼축시험	42.0~90.0	38.0~38.0	–	–	

국토교통부 86

제4편 성과분석 및 설계지반정수

○ 암광별 Basic Friction Angle ϕ (Barton, 1982)

구 분	현무암	역 암	편마암	화강암	사 암	세 암
마찰각(°)	31.0 ~ 38.0	35.0	23.0 ~ 29.0	29.0 ~ 35.0	25.0 ~ 35.0	27.0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C, Wyllie, 1992)

구 분	암 종	내부마찰각(°)	비 고
Low-friction Rocks	편암(백운토 암층), 세일, 대리석	20.0 ~ 27.0	–
Medium-friction Rocks	27.0 ~ 34.0	–	–
사암, 백악, 편마암, 슬레이트	–	–	–

2.6.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구 분	공 번	강도(m)	점착력(kPa) 시험	점착력(kPa) 적용	내부마찰각(°) 시험	내부마찰각(°) 적용	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상태터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

2.6.3 불연속체 설계지반정수 산정

암 종	점착력(kPa) 기존문헌	점착력(kPa) 실내시험	점착력(kPa) 설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	내부마찰각(°) 실내시험	설계적용
편마암	–	47.0~59.0	47.0	–	34.7~39.1	34.0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과에 전하강도(c, ϕ)최소값을 적용

87 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개 요 •해당시단설계단사를 통한 지층별 단설파속도를 분석
•시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험식 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험식 추정식은 다음과 같음
•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76 \times N^{0.33}$ •Imai(1982) $V_s = 97.0 \times N^{0.314}$
•Okamoto(1989) $V_s = 125 \times N^{0.3}$ •Ohta, Toriumi(1990) $V_s = 84 \times N^{0.31}$
− 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$
− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$
− 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1 - 2\nu_d)$ 여기서, ρ=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구 분		측정시험결과 V_s(m/s)	V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비 고
퇴적층	퇴적층	–	–	144.4~224.1	180	–
	점토	–	–	162.5~249.4	200	–
	모래	–	–	144.4~224.1	170	–
	자갈	–	–	162.5~249.4	190	–
풍화토		919~984	375~408	252.4~372.3	392	–
풍화암		1,103~1,185	511~577	276.4~404.2	544	–
연 암		1,786~1,881	927~980	–	954	4등급
경 암		2,168~2,323	1,192~1,277	–	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구 분	V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
퇴적층	498	180	62	164	161	0.33
퇴적층 점토	645	200	68	190	317	0.40
퇴적층 모래	480	170	52	140	156	0.35
자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토	952	392	268	713	699	0.33
풍화암	1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암	1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암	2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

참고사례 •대전해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용

국토교통부 88

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성 암반	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성 암반	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성 암반	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
균열 간격이 없을때	불투수성 암반	1.0×10^{-9} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
매립층	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
퇴적층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

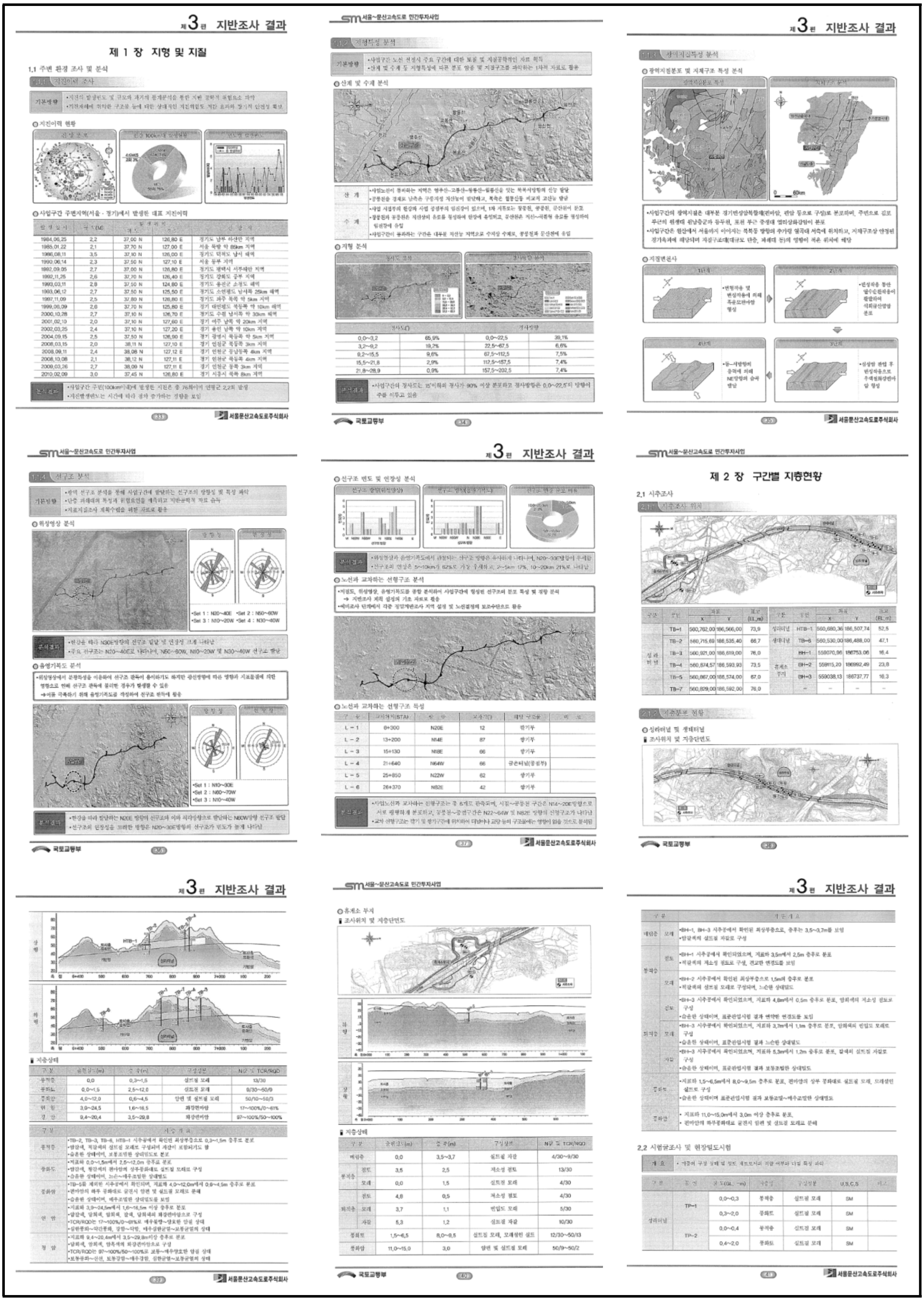
2.7.3 불연속체 설계지반정수

암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

나. 지반 및 지질 조사보고서



제3편 지반조사 결과

제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

○지진이력 현황

○사업구간 주변지역(서울 · 경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

33 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석

산 계	•사업노선이 통과하는 지역은 행주산-고봉산-황룡산-월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수 계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 저산성의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 저산~곡률형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석

경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부 34

제3편 지반조사 결과

1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석

•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 등두천, 포천 부근 중생대 염리상화강암이 분포
•사업구간은 협산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사

35 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

○위성영상 분석

분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부 36

제3편 지반조사 결과

○선구조 빈도 및 연장성 분석

분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용

○노선과 교차하는 선형구조 특성

구 분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	해당 구조물	비 고
L − 1	8+300	N20E	12	함기부	
L − 2	13+200	N14E	87	쌍기부	
L − 3	15+130	N18E	66	쌍기부	
L − 4	21+640	N64W	66	금촌터널(공정부)	
L − 5	25+850	N22W	62	쌍기부	
L − 6	26+370	N82E	42	쌍기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 관측되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

37 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
성라터널	TB−1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB−1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB−2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB−6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB−3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소 부지	BH−1	559070.96	186753.06	16.4
	TB−4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH−2	559115.20	186992.49	23.8
	TB−5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH−3	559038.13	186737.77	16.3
	TB−7	560,829.00	186,592.00	76.0		−	−	−	−

2.1.2 지층분포 현황

○성라터널 및 생태터널

▮조사위치 및 지층단면도

국토교통부 38

제3편 지반조사 결과

▮지층상태

구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연 암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경 암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

구 분	지 층 개 요
붕적층	•TB−2, TB−3, TB−6, HTB−1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB−5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연 암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 경함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경 암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▮조사위치 및 지층단면도

▮지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부 40

제3편 지반조사 결과

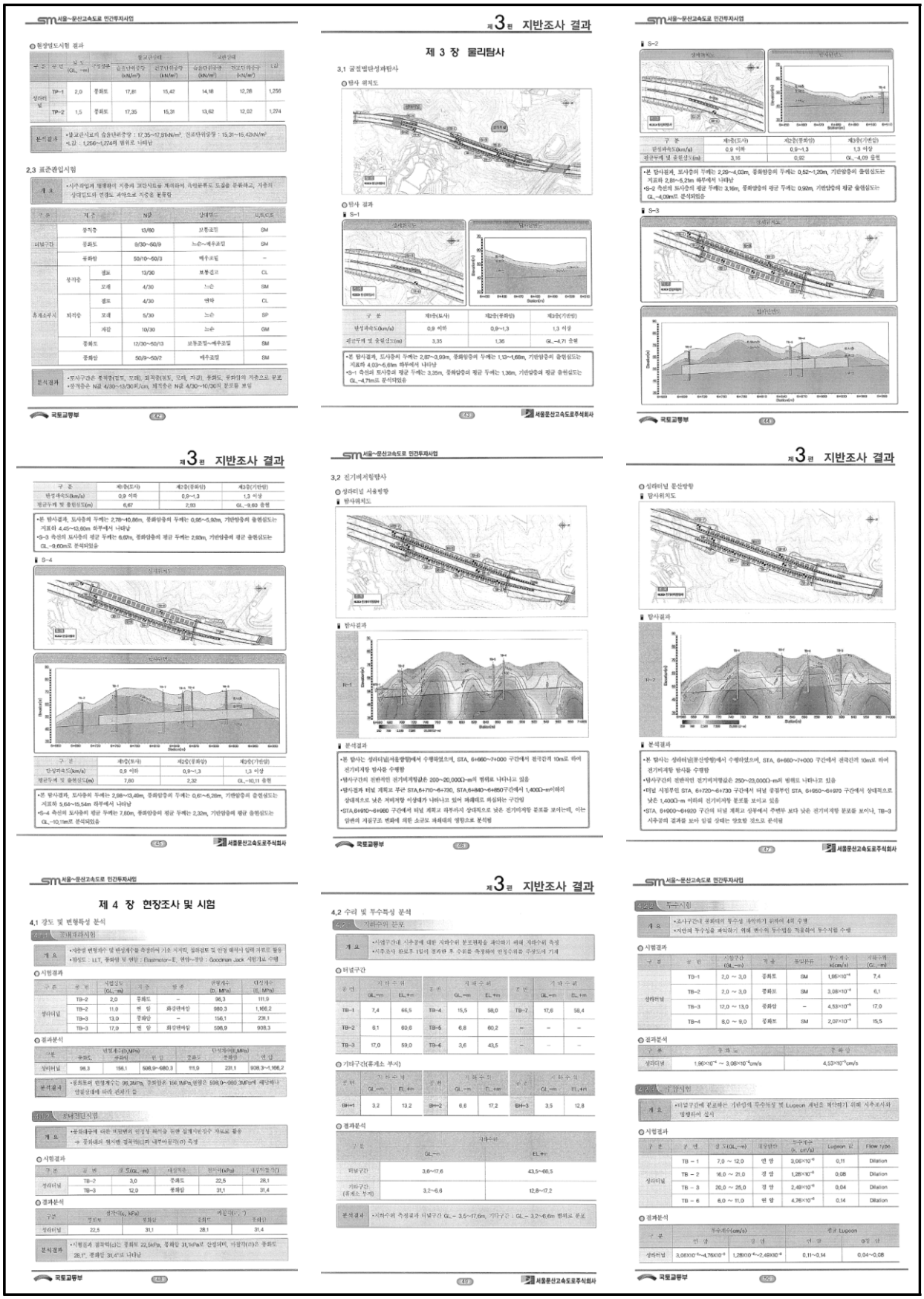
구 분		지 층 개 요
매립층	모래	•BH−1, BH−3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH−1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
	모래	•BH−2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH−3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
	모래	•BH−3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
	자갈	•BH−3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포, • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

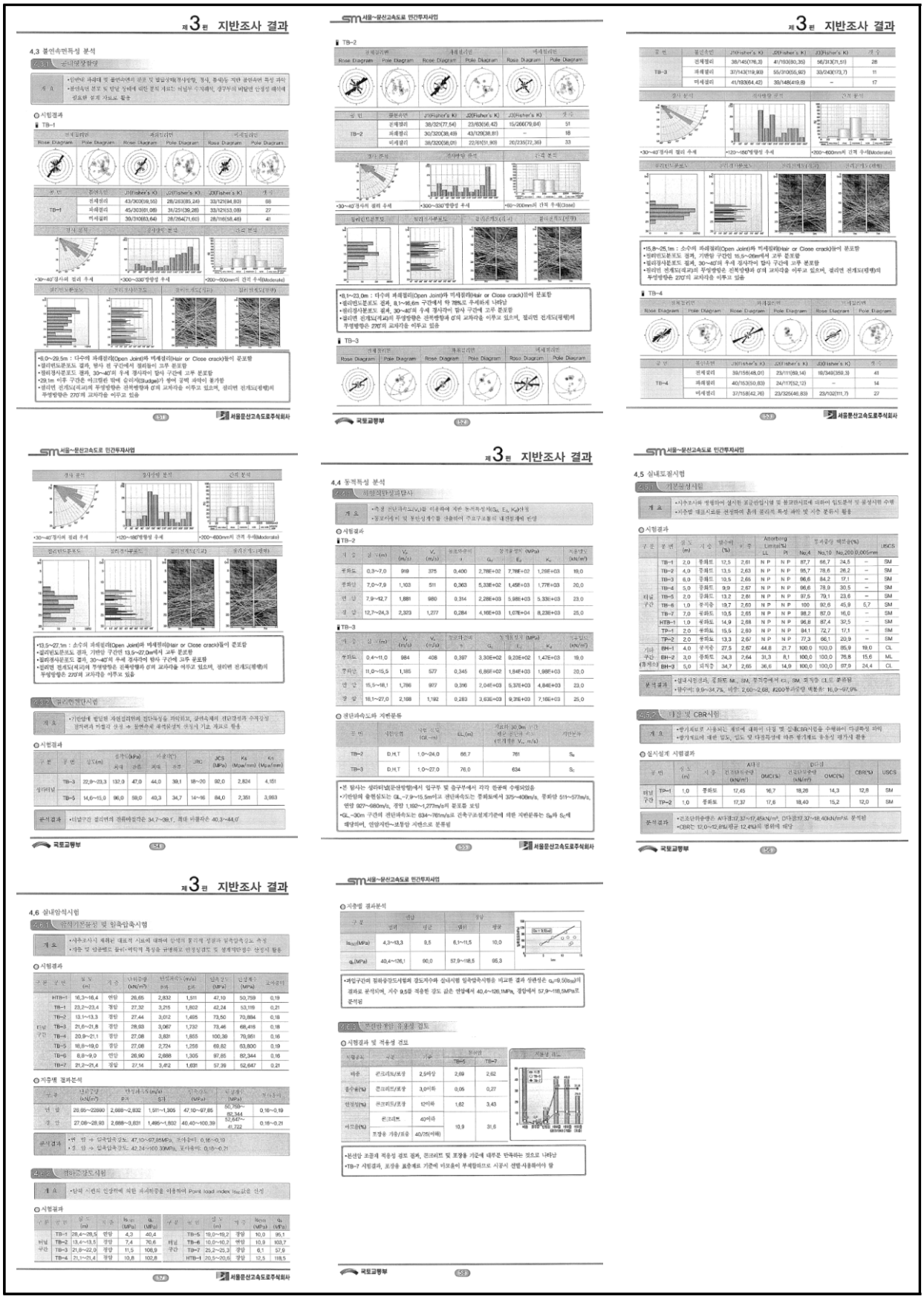
2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개 요	• 지층의 구성 상태 및 절토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구 분	공 번	심 도(GL. −m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP−1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
	TP−2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41 서울문산고속도로주식회사





다. 구조계산서 및 내진설계

구조물개요							
현장명	서울-문산 고속도로 민간투자사업사업	발주처		국토해양부			
교량명	남고양IC 2교 (br1)	교량제원	연장	44.828 + 60.000 + 82.000 + 60.000 = 246.828 m			
교량등급	1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)		폭원	11.400 m			
교량형식	Steel 박스거더교		사각	90.000 °			

바 닥 판 설 계

구분	검토위치		검토방법	최소바닥판두께	사용바닥판두께	판정	안전률	비고
최소두께검토	좌측 캔틸레버부		강도설계법	255.6 mm	290.0 mm	O.K !!	113.5%	
	우측 캔틸레버부		강도설계법	269.2 mm	290.0 mm	O.K !!	107.7%	
	중앙부	거더	경험적설계법	220.0 mm	290.0 mm	O.K !!	131.8%	
		가로보	경험적설계법	220.0 mm	240.0 mm	O.K !!	109.1%	

바 닥 판 설 계

구분	검토위치		검토항목	계수M,필요철근	공칭M,사용철근	판정	안전률	비고
단면설계	좌측 캔틸레버부 (강도)		모멘트 검토	105.9 kN·m	143.6 kN·m	O.K !!	135.7%	
			휨철근 검토	1,431.5 mm²	1,986.0 mm²	O.K !!	H16@200+H16@200	
			배력철근 검토	959.1 mm²	1,146.0 mm²	O.K !!	H16@250	
			단부강보주철근	2,863.0 mm²	3,972.0 mm²	O.K !!	H16@200(2EA)+H16@200(2EA)	
			단부보강배력철근	1,918.2 mm²	2,292.0 mm²	O.K !!	H16@125	
	우측 캔틸레버부 (강도)		모멘트 검토	124.7 kN·m	143.6 kN·m	O.K !!	115.1%	
			휨철근 검토	1,705.4 mm²	1,986.0 mm²	O.K !!	H16@200+H16@200	
			배력철근 검토	1,142.6 mm²	1,146.0 mm²	O.K !!	H16@250	
			단부보강주철근	3,410.8 mm²	3,972.0 mm²	O.K !!	H16@200(2EA)+H16@200(2EA)	
			단부보강배력철근	2,285.3 mm²	2,292.0 mm²	O.K !!	H16@125	
	중앙부 거더 및 가로보 (경間)		주철근하면철근	960.0 mm²	993.0 mm²	O.K !!	H16@400+H16@400	
			주철근상면철근	720.0 mm²	993.0 mm²	O.K !!	H16@400+H16@400	
			배력철근하면철근	720.0 mm²	794.4 mm²	O.K !!	H16@250	
			배력철근상면철근	720.0 mm²	794.4 mm²	O.K !!	H16@250	
			단부보강주철근	960.0 mm²	993.0 mm²	O.K !!	H16@400+H16@400	
			단부보강배력철근	720.0 mm²	794.4 mm²	O.K !!	H16@250	
	내부지점부		철근량 검토	3,600.0 mm²	4,584.0 mm²	O.K !!	H19@125+H19@125	
			수량률 검토	0.0035 mm/mm²	0.0040 mm/mm²	O.K !!		
구분	검토위치		검토항목	적용균열폭	허용균열폭	판정	안전률	비고
사용성검토	좌측 캔틸레버부		균열폭검토	100.0 mm	609.5 mm	O.K !!	609.5%	
	우측 캔틸레버부		균열폭검토	100.0 mm	438.1 mm	O.K !!	438.1%	

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 남고양IC 2교 (br1)
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 44.828 + 60.000 + 82.000 + 60.000 = 246.828 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 11.400 m
(6) Girder 제 원 : B = 2.400 m H = 2.000 ~ 3.000 m
(7) 사 각(Skew) : 90.000 °
(8) 곡률반경(R) : 좌측 = ∞ m 중앙 = ∞ m 우측 = ∞ m
(9) 설 계 속 도 : 120.000 km/h , 설 계 속 도(충돌하중) : 120.000 km/h
(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

• 사 용 재 료

주 부 재	HSB500(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부의 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_s)	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류 \ 강종	판두께(mm)	SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

② 바닥판 콘크리트(☞ 도.설.해 3.9.2.7, 도.설.해 3.9.2.8, 도.설.해 4.2.3, 도.설.해 4.6.3.3)

콘크리트 설계 기준강도 (f_{ck})	27.0 MPa
콘크리트 탄성계수 (E_c)	28,693.4 MPa
전단 탄성계수 (G_c)	12,297.2 MPa
탄성계수비 (n)	7.0
바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	10.000 ℃
바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 (α)	0.000012
건조수축 계수 (ε_s)	0.000270
상 대 습 도	70.0 %
CREEP 계수 (ϕ_2)	$\Phi_2 = 2\Phi_1$: 2

③ 바닥판 철근

철근 설계 항복강도 (f_y)	400.0 MPa
철근 탄성계수 (E_s)	200,000.0 MPa

2) 하 중 조 건

(1) 고 정 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.2)

① 철근 콘크리트 : 25.000 kN/m³
② 무근 콘크리트 : 23.500 kN/m³
③ 강 재 : 78.500 kN/m³
④ 포장 콘크리트 : 23.000 kN/m³

(2) 활 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.3)

① 설계 차선수 산정

W_c = 10.500 m , N = 3 차로
W = 10.500 / 3 = 3.500 m < 3.600 m
∴ 설계 차로폭 3.500m마다 3차로 연속으로 재하

② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

• DB-24 하중
- 전륜하중 : P_f = 24.000 kN
- 후륜하중 : P_r = 96.000 kN

• DL-24 하중
- 차로당 등분포 하중 : W_l = 12.700 kN/m
- 모멘트 계산시 집중하중 : P_m = 108.000 kN
- 전단력 계산시 집중하중 : P_s = 156.000 kN

② 방호벽 상단에 횡방향으로 10kN/m의 수평하중을 재하한다.
(다만, 곡률반지름 R≤200m인 곡선부에 대해서는 ①, ② 모두에 대해 그 수평충돌력은 계산된 값의 2배로 한다)

(8) 원 심 하 중

• 교량의 곡선부는 모든 설계차로에 재하된 DB하중의 백분율로서 표현되는 원심하중에 의해 설계한다.

$$CF = 0.79\frac{V^2}{R}(\%)$$

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분률
V : 설계속도 (km/h)
R : 곡선반경(m)

- 곡선부 교량에서 자동차에 의한 원심하중은 위 식과 같이 충격을 포함하지 않는 활하중에 대한 백분율로 표현되는데, 이때의 활하중이란 최대하중 효과가 발생되도록 설계 차로 위에 한데씩 재하된 DB하중을 말함.

3) 설 계 방 법

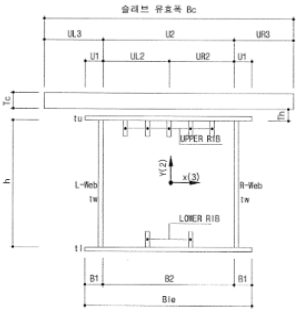
(1) 바 닥 판 : 강도설계법 + 경험적설계법
(2) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

4) 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

[G1 : 단면 - 3] : 절점 4 로 부터 이격거리 3.746 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종 : HSB500		
Bc =	5,598.3	mm
UL3 =	1,130.0	mm
UR3 =	2,068.3	mm
U1 =	120.0	mm
UL2 =	1,200.0	mm
UR2 =	1,200.0	mm
상부 플랜지 유효폭		
Bue =	2,640.0	mm
하부 플랜지 유효폭		
Ble =	2,640.0	mm
B1 =	120.0	mm
B2 =	2,400.0	mm
Tc =	240.0	mm
Th =	50.0	mm
h =	2,000.0	mm
Θ_L =	0.000	°
Θ_R =	0.000	°

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	28,693.4
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
n : 강재 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_g : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	7,560.890
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,773.210
M_w : 풍하중에의한 모멘트	kN·m	69.100
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	6,651.980
V_g : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	93.768
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	38.478
V_w : 풍하중에의한 전단력	kN	4.175
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	382.140
M_{gt} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-7.828
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	36.476
M_{wt} : 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	7.892
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	337.206

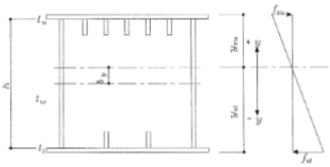
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	A_x(㎟)	Y(㎜)	$A_x \cdot Y$(㎣)	$A_x \cdot Y^2$(㎤)	I_{zo}(㎤)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	1,006.0	3.187E+07	3.206E+10	3.802E+05
UPPER RIB	5 - 160.0 × 16.0	12,800.0	920.0	1.178E+07	1.083E+10	2.731E+07
L - WEB	1 - 2,000.0 × 10.0	20,000.0	-	-	-	6.667E+09
R - WEB	1 - 2,000.0 × 10.0	20,000.0	-	-	-	6.667E+09
LOWER RIB	2 - 160.0 × 16.0	5,120.0	-920.0	-4.710E+06	4.334E+09	1.092E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 12.0	31,680.0	-1,006.0	-3.187E+07	3.206E+10	3.802E+05
강재 단면 합계		121,280.0	-	7.066E+06	7.929E+10	1.337E+10
RC. SLAB	1 - 5,598.3 × 240.0	1,343,584.8	1,170.0	1.572E+09	1.839E+12	6.449E+09
SLAB 단면 합계		1,343,584.8	-	1.572E+09	1.839E+12	6.449E+09

※ A_s = 121,280.0 ㎟ A_{ct} = 1,343,584.8 ㎟

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

• 도심축 이동량

$\delta_y = \sum A_x Y / \sum A_x$ = 7,065,600.0 / 121,280.0 = 58.259 ㎜

• 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{vu} = h/2 + t_u - \delta_y$ = 2,000.0 / 2 + 12.0 - 58.259 = 953.741 ㎜

$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \}$ = -{ 2,000.0 / 2 + 12.0 + 58.259 } = -1,070.259 ㎜

• 강재의 단면2차 모멘트

$I_s = \sum I_{zo} + \sum A_x Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2$

= 13,372,322,986.7 + 79,290,088,960.0 - 121,280.0 × 58.259² = 9.225E+10 ㎟

• 플랜지 응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.1)

$f_{vu} = M_g \cdot y_{vu} / I_s$ = 7,560.890×953.7/92,250,780,157.7 = 78.169 MPa

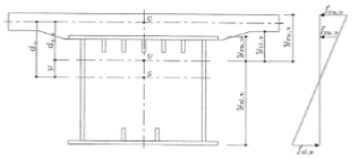
$f_{sl} = M_g \cdot y_{sl} / I_s$ = 7,560.890×-1,070.3/92,250,780,157.7 = -87.719 MPa

• 부재의 전단응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

F = 4.849E+06 ㎟

$\upsilon = V_g / A_w + M_{gt} / (2 \cdot F \cdot t_w)$

= 93.768 / 40,000.0 + 7.828 / (2 × 4,848,920.0 × 10.0) = 2.425 MPa



(2) 합 성 후

• 바닥판 콘크리트 환산단면적

$A_{cnt} = A_{ct} / n$ = 1,343,584.8 / 7.0 = 191,940.7 ㎟

• 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$I_{cnt} = I_{ct} / n$ = 6,449,207,040.0 / 7.0 = 9.213E+08 ㎟

• 합성 단면적

$A_v = A_s + A_{cnt}$ = 121,280.0 + 191,940.7 = 313,220.7 ㎟

• 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$d_v = y_{vu} - t_u + T_h + T_c/2$ = 953.7 - 12.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,111.7 ㎜

• 합성 단면의 도심축 이동량

$\upsilon = A_{cnt} \times d_v / A_v$ = 191,940.7 × 1,111.7 / 313,220.7 = 681.3 ㎜

• 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$d_{c,v} = d_v - \upsilon$ = 1,111.7 - 681.3 = 430.5 ㎜

• 합성단면의 단면2차 모멘트

$I_v = I_s + A_s \cdot \upsilon^2 + I_{cnt} + A_{cnt} \cdot d_{c,v}^2$

= 92,250,780,157.7+121,280.0×681.3² +921,315,291.4+191,940.7×430.5² = 1.850E+11 ㎟

• 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{vu,v} = y_{vu} - \upsilon$ = 953.7 - 681.3 = 272.5 ㎜

$y_{sl,v} = y_{sl} - \upsilon$ = -1,070.3 - 681.3 = -1,751.5 ㎜

• 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2$ = 430.5 + 240.0 / 2 = 550.5 ㎜

$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c$ = 550.5 - 240.0 = 310.5 ㎜

• 응 력 검 토

$f_{vu,v} = M_{sc} \cdot y_{vu,v} / I_v$ = 2,773.210×272.5/185,029,330,938.2 = 4.084 MPa

$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 2,773.210×-1,751.5/185,029,330,938.2 = -26.252 MPa

$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 2,773.210×550.5/(185,029,330,938.2×7.0) = 1.179 MPa

$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 2,773.210×310.5/(185,029,330,938.2×7.0) = 0.665 MPa

• 전단응력 검토

F_v = 4.890E+06 ㎟

$\upsilon = V_{sc} / A_w + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 38.478 / 40,000.0 + 36.476 / (2 × 4,890,230.0 × 10.0) = 1.335 MPa

(3) 활 하 중

• 응 력 검 토

$f_{vu,v} = M_v \cdot y_{vu,v} / I_v$ = 6,651.980×272.5/185,029,330,938.2 = 9.796 MPa

$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 6,651.980×-1,751.5/185,029,330,938.2 = -62.969 MPa

$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 6,651.980×550.5/(185,029,330,938.2×7.0) = 2.827 MPa

$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 6,651.980×310.5/(185,029,330,938.2×7.0) = 1.595 MPa

• 전단응력 검토

$\upsilon = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 382.140 / 40,000.0 + 337.206 / (2 × 4,890,230.0 × 10.0) = 13.001 MPa

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

• 응 력 검 토

$f_{vu,v} = M_w \cdot y_{vu,v} / I_v$ = 69.100×272.5/185,029,330,938.2 = 0.102 MPa

$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 69.100×-1,751.5/185,029,330,938.2 = -0.654 MPa

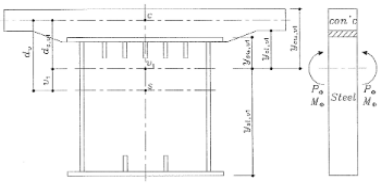
$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 69.100×550.5/(185,029,330,938.2×7.0) = 0.029 MPa

$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 69.100×310.5/(185,029,330,938.2×7.0) = 0.017 MPa

• 전단응력 검토

$\upsilon = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 4.175 / 40,000.0 + 7.892 / (2 × 4,890,230.0 × 10.0) = 0.185 MPa



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.6)

• 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 Φ_1은 2.0을 표준으로 한다.

Φ_1 = 2.0

k = 0.468 ※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

$n_1 = n \cdot (1 + \Phi_1 / 2)$ = 7.0×(1 + 2.0/2) = 14.000

$A_{vt} = A_s + A_{ct} / n_1$ = 121,280.0 + 1,343,584.8 / 14.0 = 2.173E+05 ㎟

$v_1 = (A_{ct}/n_1) \times d_v / A_{vt}$ = (1,343,584.8/14.0)×1,111.7 / 217,250.3 = 491.1 ㎜

$d_{c,vt} = d_v - v_1$ = 1,111.7 - 491.1 = 620.6 ㎜

$I_{vt} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c / n_1 + A_c / n_1 \cdot d_{c,vt}^2)$

$= (\ 92,250,780,157.7 + 121,280.0\times491.1^2\ ) + (\ 6,449,207,040.0/14.0$
$+ 1,343,584.8/14.0 \times 620.6^2\ )$ = 1.589E+11 mm^4

• 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{cu,v1} = y_{cu} - v_1$ = 953.7 - 491.1 = 462.6 mm

$y_{sl,v1} = y_{sl} - v_1$ = -1,070.3 - 491.1 = -1,561.4 mm

• 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$y_{cu,v1} = d_{c,v1} + T_c / 2$ = 620.6 + 240.0 / 2 = 740.6 mm

$y_{cl,v1} = y_{cu,v1} - T_c$ = 740.6 - 240.0 = 500.6 mm

• 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$N_c = M_{sc}\cdot d_{c,v}\cdot A_{c1}/(n\cdot I_v)$

$= 2,773.2 \times 430.5 \times 1,343,584.8 / (7.0 \times 185,029,330,938.2)$ = 1.238E+06 N

• 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$P_\Phi = N_c\cdot 2\cdot\Phi_1 / (2+\Phi_1)$ = 1,238,373.8 × 2 × 2.0 / (2 + 2.0) = 1.238E+06 N

• P_Φ에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$M_\Phi = P_\Phi \times d_{c,v1}$ = 1,238,373.8 × 620.6 = 7.686E+08 N·mm

• 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$E_{c1} = E_c / (1+\Phi_1/2)$ = 28,693.4 / (1 + 2.0 / 2) = 14,346.700 MPa

• 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$f_{cu,v} = M_{sc}\cdot y_{cu,v} / (I_v\cdot n)$ = 2,773.210×550.5/(185,029,330,938.2×7.0) = 1.179 MPa

$f_{cl,v} = M_{sc}\cdot y_{sl,v} / (I_v\cdot n)$ = 2,773.210×310.5/(185,029,330,938.2×7.0) = 0.665 MPa

• 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$f_{cu,v1} = 1/n_1\cdot(P_\Phi/A_{v1} + k\cdot M_\Phi\cdot y_{cu,v1}/I_{v1}) - E_{c1}\cdot f_{cu,v}\cdot\Phi_1/E_c$

$= (1/14.0)\times(1,238,373.8/217,250.3 + 0.458\times768,571,485.4\times740.6/158,929,023,261.1)$
$- 14,346.7\times1.179\times2.0/28,693.4$ = -0.654 MPa

$f_{cl,v1} = 1/n_1\cdot(P_\Phi/A_{v1} + k\cdot M_\Phi\cdot y_{cl,v1}/I_{v1}) - E_{c1}\cdot f_{cl,v}\cdot\Phi_1/E_c$

$= (1/14.0)\times(1,238,373.8/217,250.3 + 0.458\times768,571,485.4\times500.6/158,929,023,261.1)$
$- 14,346.7\times0.665\times2.0/28,693.4$ = -0.178 MPa

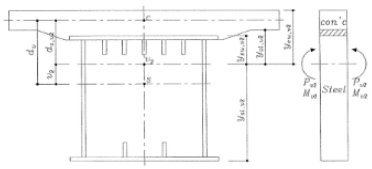
• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$f_{su,v1} = P_\Phi/A_{v1} + k\cdot M_\Phi\cdot y_{cu,v1}/I_{v1}$

$= 1,238,373.8/217,250.3 + 0.458\times768,571,485.4\times462.6/158,929,023,261.1$ = 6.725 MPa

$f_{sl,v1} = P_\Phi/A_{v1} + k\cdot M_\Phi\cdot y_{sl,v1}/I_{v1}$

$= 1,238,373.8/217,250.3 + 0.458\times768,571,485.4\times-1,561.4/158,929,023,261.1$ = 2.242 MPa



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.8)

• 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ε_s는 27×10^{-4}, 크리프계수 Φ_2는 $\Phi_2 = 2\cdot\Phi_1 = 4.0$을 표준으로 한다.

Φ_2 = 4.0

$n_{v2} = n\cdot(1+\Phi_2/2)$ = 7.0×(1 + 4.0/2) = 21.000

$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2$ = 121,280.0 + 1,343,584.8 / 21.0 = 1.853E+05 mm^2

$v_2 = (A_{c1}/n_2)\times d_w\ /\ A_{v2}$ = (1,343,584.8/21.0)×1,111.7 / 185,260.2 = 383.9 mm

$d_{c,v2} = d_w - v_2$ = 1,111.7 - 383.9 = 727.8 mm

$I_{v2} = (I_s + A_s\cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2\cdot d_{c,v2}^2)$

$= (\ 92,250,780,157.7 + 121,280.0\times383.9^2\ ) + (\ 6,449,207,040.0/21.0$
$+ 1,343,584.8/21.0 \times 727.8^2\ )$ = 1.443E+11 mm^4

• 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{cu,v2} = y_{cu} - v_2$ = 953.7 - 383.9 = 569.8 mm

$y_{sl,v2} = y_{sl} - v_2$ = -1,070.3 - 383.9 = -1,454.2 mm

• 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2$ = 727.8 + 240.0 / 2 = 847.8 mm

$y_{cl,v2} = y_{cu,v2} - T_c$ = 847.8 - 240.0 = 607.8 mm

• 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$P_{v2} = E_s\cdot\varepsilon_s\cdot A_{c1}/n_2$ = 205,000.0×0.000270×1,343,584.8 / 21.0 = 3.541E+06 N

• P_{v2}에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$M_{v2} = P_{v2}\times d_{c,v2}$ = 3,541,305.7 × 847.8 = 2.577E+09 N·mm

• 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$E_{c2} = E_s / n_2$ = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 MPa

• 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$f_{cu,v2} = 1/n_2\cdot(P_{v2}/A_{v2} + k\cdot M_{v2}\cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2}\cdot\varepsilon_s$

$= (1/21.0)\times(3,541,305.7/185,260.2 + 0.458\times2,577,354,714.9\times847.8/144,325,762,454.0)$
$- 9,761.9\times0.000270$ = -1.395 MPa

$f_{cl,v2} = 1/n_2\cdot(P_{v2}/A_{v2} + k\cdot M_{v2}\cdot y_{cl,v2}/I_{v2}) - E_{c2}\cdot\varepsilon_s$

$= (1/21.0)\times(3,541,305.7/185,260.2 + 0.458\times2,577,354,714.9\times847.8/144,325,762,454.0)$
$- 9,761.9\times0.000270$ = -1.489 MPa

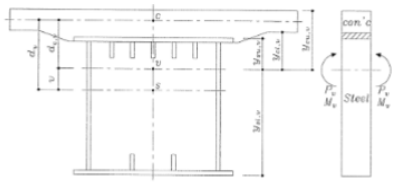
• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k\cdot M_{v2}\cdot y_{cu,v2}/I_{v2}$

$= 3,541,305.7/185,260.2 + 0.458\times2,577,354,714.9\times569.8/144,325,762,454.0$ = 23.775 MPa

$f_{sl,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k\cdot M_{v2}\cdot y_{sl,v2}/I_{v2}$

$= 3,541,305.7/185,260.2 + 0.458\times2,577,354,714.9\times-1,454.2/144,325,762,454.0$ = 7.222 MPa



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.7)

• 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선형팽계수 α는 12×10^{-6}으로 한다.

• 온도 변형률

$\varepsilon_t = \alpha\cdot\Delta t$ = 0.000012 × 10.0 = 0.000120

• 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$P_{v1} = E_s\cdot\varepsilon_t\cdot A_{c1}/n$ = 205,000.0×0.000120×1,343,584.8 / 7.0 = 4.722E+06 N

• P_{v1}에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$M_{v1} = P_{v1}\times d_{c,v}$ = 4,721,740.9 × 430.5 = 2.033E+09 N·mm

• 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$f_{cu,t} = 1/n\cdot(P_{v1}/A_v + k\cdot M_{v1}\cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c\cdot\varepsilon_t$

$= (1/7.0)\times(4,721,740.9/313,220.7 + 0.458\times2,032,566,154.9\times550.5/185,029,330,938.2)$
$- 28,693.4\times0.000120$ = -0.894 MPa

$f_{cl,t} = 1/n\cdot(P_{v1}/A_v + k\cdot M_{v1}\cdot y_{cl,v}/I_v) - E_c\cdot\varepsilon_t$

$= (1/7.0)\times(4,721,740.9/313,220.7 + 0.458\times2,032,566,154.9\times310.5/185,029,330,938.2)$
$- 28,693.4\times0.000120$ = -1.067 MPa

• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$f_{su,v2} = P_{v1}/A_v + k\cdot M_{v1}\cdot y_{cu,v}/I_v$

$= 4,721,740.9/313,220.7+0.458\times2,032,566,154.9\times272.5/185,029,330,938.2$ = 16.446 MPa

$f_{sl,v2} = P_{v1}/A_v + k\cdot M_{v1}\cdot y_{sl,v}/I_v$

$= 4,721,740.9/313,220.7+0.458\times2,032,566,154.9\times-1,751.5/185,029,330,938.2$ = 6.263 MPa

(8) 전단 및 비틀림

• 풍하중 비제하시의 전단응력

$\upsilon = (V_s+V_{sc}+V_t)/A_w + M_{st}/(2\cdot F\cdot t_w) + (M_{sct}+M_{ct})/(2\cdot F_v\cdot t_w)$

$= 514,386/40,000.0 + 7.828/96,978,400.0 + 373,682/97,804,600.0$ = 16.761 MPa

※ υ = 16.8 MPa ≤ υ_a = 135.0 MPa ····· O.K !!

• 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비제하시

$\upsilon = (V_s+V_{sc}+V_w)/A_w + M_{st}/(2\cdot F\cdot t_w) + (M_{sct}+M_{wt})/(2\cdot F_v\cdot t_w)$

$= 136,421/40,000.0 + 7.828/96,978,400.0 + 44,369/97,804,600.0$ = 3.945 MPa

※ υ = 3.9 MPa ≤ $1.2\upsilon_a$ = 162.0 MPa ····· O.K !!

- 활하중 재하시

$\upsilon = (V_s+V_{sc}+V_w/2+V_t)/A_w + M_{st}/(2\cdot F\cdot t_w) + (M_{sct}+M_{wt}/2+M_{ct})/(2\cdot F_v\cdot t_w)$

$= 516,474/40,000.0 + 7.828/96,978,400.0 + 377,628/97,804,600.0$ = 16.854 MPa

※ υ = 16.9 MPa ≤ $1.25\upsilon_a$ = 168.8 MPa ····· O.K !!

(9) 조합 응력의 검토 (☞ 도.설.해 3.4.2.3)

$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$ = 1.000

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \geq 0.0$)
f_1, f_2 : 보강된 판의 양연의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
i : 응력구배계수
n : 종리브에 의해서 구분되는 Panel의 수

• 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (HSB500 사용) (☞ 도.설.해 3.3.2)

f_{ta} = 230.0 MPa

• 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (HSB500 사용) (☞ 도.설.해 3.4.2.3)

$b\ /\ 22.0\cdot i\cdot n$ = 18.2 mm > t_u = 12 mm

⇒ f_{ca} = 230.0 MPa

$b\ /\ 44.0\cdot i\cdot n$ = 9.1 mm ≤ t_u = 12 mm < $b\ /\ 22.0\cdot i\cdot n$ = 18.2 mm

⇒ $f_{ca} = 230.0 - 5.2\{b/(t_u\cdot i\cdot n) - 22.0\}$ = 171.1 MPa

$b\ /\ 80.0\cdot i\cdot n$ = 5.0 mm ≤ t_u = 12 mm ≥ $b\ /\ 44.0\cdot i\cdot n$ = 9.1 mm

⇒ $f_{ca} = 220,000\ \{(t_u\cdot i\cdot n)/b\}^2$ = 198.0 MPa

∴ f_{ca} = 171.1 MPa

• 철근 콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1)

(f_{ck} = 27.0 MPa 사용)

$f_{ca} = 0.40\ f_{ck}$ = 10.800 MPa

$f_{ta} = 0.07\ f_{ck}$ = 1.890 MPa

• 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	78.169	-87.719	171.067	230.000
1+2+3	4.006	2.259	10.800	10.800	92.048	-176.940	171.067	230.000
1+2+3+5	3.351	2.081	10.800	10.800	98.773	-174.697	196.727	230.000
1+2+3+5+6	1.956	0.592	10.800	10.800	122.548	-167.475	196.727	230.000
1+2+3+5+6+7	1.062	-0.474	12.420	2.174	138.994	-161.212	222.387	264.500
1+2+3+5+6-7	2.850	1.659	12.420	12.420	106.103	-173.738	222.387	264.500
1+2+4	1.208	0.681	12.960	12.960	82.354	-114.625	205.280	276.000
1+2+3+0.5×4	4.020	2.268	13.500	13.500	92.099	-177.267	213.833	287.500
1+2+3+0.5×4+5	3.366	2.089	13.500	13.500	98.824	-175.024	213.833	287.500
1+2+3+0.5×4+5+6	1.971	0.600	13.500	13.500	122.599	-167.802	213.833	287.500
1+2+3+0.5×4+5+6+7	1.077	-0.466	14.580	2.552	139.045	-161.539	230.940	310.500
1+2+3+0.5×4+5+6-7	2.865	1.667	14.580	14.580	106.154	-174.065	230.940	310.500

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.209	0.145	0.015	0.015	0.224	0.161	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.290	0.592	0.015	0.015	0.305	0.607	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5	0.252	0.577	0.015	0.015	0.268	0.592	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6	0.388	0.530	0.015	0.015	0.403	0.546	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6+7	0.391	0.371	0.015	0.015	0.406	0.387	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6-7	0.228	0.431	0.015	0.015	0.243	0.447	O.K !!	O.K !!
1+2+4	0.161	0.172	0.001	0.001	0.162	0.173	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4	0.186	0.380	0.010	0.010	0.195	0.390	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.214	0.371	0.010	0.010	0.224	0.381	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.329	0.341	0.010	0.010	0.339	0.351	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.363	0.271	0.010	0.010	0.372	0.281	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.211	0.314	0.010	0.010	0.221	0.324	O.K !!	O.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \cdots\cdots \text{O.K !!}$$

[상 연]

$$\left(\frac{138.994}{222.387}\right)^2 + \left(\frac{16.761}{135.000}\right)^2 = 0.391 + 0.015 = 0.406 \leq 1.2 \cdots\cdots \text{O.K !!}$$

[하 연]

$$\left(\frac{-176.940}{230.000}\right)^2 + \left(\frac{16.761}{135.000}\right)^2 = 0.592 + 0.015 = 0.607 \leq 1.2 \cdots\cdots \text{O.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

• 압축(상부) 플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

t_{min} = 자유돌출폭/16 = 110.0 / 16.0 = 6.9 ≤ t_{use} = 12.0 ㎜ ····· O.K !!

$t_{min} = b\sqrt{(44 \cdot i \cdot n)} = 2,400.0\sqrt{(44 \times 1.0 \times 6)}$ = 9.1 ≤ t_{use} = 12.0 ㎜ ····· O.K !!

(합성형 스터드 설치시) t_{min} = 10.0 ≤ t_{use} = 12.0 ㎜ ····· O.K !!

• 인장(하부) 플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

t_{min} = 자유돌출폭/16 = 110.0 / 16.0 = 6.9 ≤ t_{use} = 12.0 ㎜ ····· O.K !!

• 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (☞ 도.설.기 3.8.4.1)

t_{min} = b/(199×1.200) = 2,000.0/(199 × 1.200) = 8.4 ≤ t_{use} = 10.0 ㎜ ····· O.K !!

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)}$ = √(230.0 / 78.169) = 1.72 ≥ 1.20 ⇒ 1.200 적용

(12) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

• 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.

• 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck}의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	101.619	-114.034	380.000	O.K !!
1+2+3	7.611	4.292	16.200	O.K !!	127.989	-283.545	380.000	O.K !!
1+2+3+7	8.505	5.359	16.200	O.K !!	144.434	-289.808	380.000	O.K !!
1+2+3+5	6.956	4.114	16.200	O.K !!	134.714	-281.303	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6	5.561	2.625	16.200	O.K !!	158.489	-274.081	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6+7	4.667	1.559	16.200	O.K !!	174.934	-267.818	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6-7	6.455	3.692	16.200	O.K !!	142.043	-280.344	380.000	O.K !!
1+2+4	1.562	0.881	16.200	O.K !!	107.030	-148.816	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4	7.625	4.301	16.200	O.K !!	128.040	-283.872	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+7	6.731	3.234	16.200	O.K !!	144.485	-277.609	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5	6.971	4.122	16.200	O.K !!	134.764	-281.630	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	5.576	2.634	16.200	O.K !!	158.540	-274.408	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	4.682	1.567	16.200	O.K !!	174.985	-268.145	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	6.470	3.700	16.200	O.K !!	142.094	-280.671	380.000	O.K !!

2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	7034.880	3504.228	O.K
		허용인발력(kN/EA)	3988.328	-	O.K
		수평변위(mm)	15.000	6.200	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	10552.320	4201.224	O.K
		허용인발력(kN/EA)	5796.730	-	O.K
		수평변위(mm)	15.000	11.731	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	7034.880	4160.347	O.K
		허용인발력(kN/EA)	3988.328	-	O.K
		수평변위(mm)	15.000	10.325	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	10552.320	4609.818	O.K
		허용인발력(kN/EA)	5796.730	-	O.K
		수평변위(mm)	15.000	10.575	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	ΦPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.009	22240.886	102740.798	4.619	O.K
	모멘트최대	0.009	14700.724	85147.749	5.792	O.K
	단성설계	0.009	11760.579	24885.998	2.116	O.K
	편심최대	0.009	11172.550	69118.443	6.186	O.K
교축직각방향	축력최대	0.009	22240.886	102740.798	4.619	O.K
	모멘트최대	0.009	18371.786	50313.421	2.739	O.K
	단성설계	0.009	11760.579	25574.173	2.175	O.K
	편심최대	0.009	10584.521	27572.592	2.605	O.K
합성부재력	축력최대	0.009	22240.886	102740.798	4.619	O.K
	모멘트최대	0.009	14700.724	34753.909	2.364	O.K
	단성설계	0.009	11760.579	14943.443	1.271	O.K
	편심최대	0.009	11172.550	23785.271	2.129	O.K
	모멘트최대	0.009	18371.786	50281.562	2.737	O.K
	편심최대	0.009	10584.521	27473.797	2.596	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		깊이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (㎟)	Use.As (㎟)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3000.4	100.0	31751.609	37235.000	-	-	1.173	O.K
	우측내민보	3000.4	100.0	32894.492	37235.000	-	-	1.132	O.K
	좌측내민보수평	2700.0	100.0	2120.014	6744.200	1871.096	5931.554	3.170	O.K
	우측내민보수평	2700.0	100.0	1892.513	6744.200	1670.594	5931.554	3.551	O.K
	교량받침1	2287.3	100.0	243.361	37235.000	174.803	25725.112	147.166	O.K
	교량받침2	2146.7	100.0	240.955	37235.000	161.557	23945.155	148.215	O.K
기초	교축방향	2500.0	150.0	24394.271	43040.800	19281.117	33736.156	1.750	O.K
	교직-지점부	2500.0	150.0	22053.640	39186.400	17436.105	30726.620	1.762	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		안정응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
두부보	좌측내민보	148.188	180.000	128.571	321.418	O.K
	우측내민보	162.731	180.000	128.571	273.929	O.K
	좌측내민보수평	110.265	180.000	250.034	504.191	O.K
	우측내민보수평	98.449	180.000	250.034	589.906	O.K
	교량받침1	12.174	180.000	128.571	5174.982	O.K
	교량받침2	16.920	180.000	128.571	3723.324	O.K
기초	교축방향	153.424	180.000	125.373	174.534	O.K
	교직-지점부	153.782	180.000	127.869	173.340	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항
1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중
1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.05

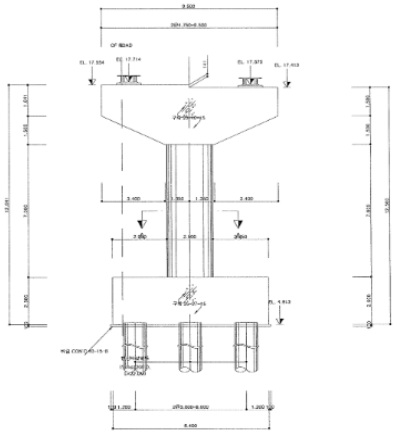
3.3 지 반 조 건
1) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도
1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 31879.1 MPa
기둥: 31879.1 MPa
기초: 28693.4 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
기둥(전단철근) 400 MPa
기초(전단철근) 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

3.5 설 계 방 법
1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌
1) 도로교 설계기준 (2010)
2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
4) 도로설계 편람 (2008)
5) 도로설계 요령 (2009)
6) 강구조 편람 (1995)
7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



5. 하 중 계 산

5.1 상부반력 및 교각자중

교좌번호	고정하중(D)	활하중(L)		
		단재하시(L1)	좌측편재하(L2)	우측편재하(L3)
1	4462.258	1612.240	1741.410	490.764
2	4538.399	1621.310	670.020	1880.800
계	9000.657	3233.550	2411.430	2371.564

※ 교각자중은 25.000 kN/m³ 의 값을 프로그램에서 자동재하

5.2 풍 하 중
1) 교축직각방향 (W-TR)
① 상부구조에 작용하는 풍하중
B/D = 11.400 / 4.680 = 2.436 [1≤ B/D< 8]
W1 = [4.0 - 0.2 x (11.400 / 4.680)] x 4.680 = 16.440 kN/m ≥ 6.0 이므로
= 16.44 kN/m
P1 = 16.440 x (44.828 + 60.000) / 2 x sin90.0
= 861.686 kN
작용위치 h = 4.680/2 + 0.500 + 0.750 = 3.59 m
작용모멘트 My = Ph x h = 861.686 x 3.590 = 3093.627 kN.m
② 하부구조에 작용하는 풍하중
W'capping = 3.000 x 3.141 x 2.700 = 25.442 kN
W'column = 1.500 x 2.500 = 3.75 kN/m (풍상측)
※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용 한다.

2) 교축방향 (W-LO)
① 하부구조에 작용하는 풍하중
W'capping = 72.211 kN (Capping 높이에 따라 재하)
W'column = 1.500 x 2.500 = 3.75 kN/m
※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용 한다.

5.3 활하중에 작용하는 풍하중
활하중에 재하되는 풍하중에 대하여는 교면상 1.5m 위치에서 1500.000 N/m의
풍하중이 재하되는 것으로 한다. [도로설계기준 P19]
Ph = 1.500 x (44.828 + 60.000)/2 x sin90.0 = 78.621 kN
작용위치 h = 3.886 + 1.500 + 0.750 = 6.136 m
작용모멘트 My = Ph x h = 78.621 x 6.136 = 482.434 kN.m

5.4 온도하중 산정
1) 교축직각방향 (G-TR)
연평균 온도변화차 ΔT = 10℃ 적용

2) 교축방향 (G-LO)
① 교각의 종방향 변위를 유발하는 수평력
δ = α x ΔT x L 0.000012 x 25.0 x 78.600 = 0.02358 m

$$\delta = \frac{P \times L^3}{3 \times E \times I} \qquad P_h = \frac{3 \times E \times I \times \delta}{L^3}$$

Ph = 3 x 31879100 x 1.91748 x 1EA x 0.02358 / 10.000³ x sin90.0
= 4323.631 kN
② 교량받침에 의한 수평력
상부고정하중 : Vd = 9000.657 kN
교량받침마찰계수 : μ = 0.050
Ph = μ x W = 9000.657 x 0.050 x sin90.0
= 450.033 kN
☞ 수평력은 ①,②중 작은값 450.033 kN를 적용한다.
③ 작용 모멘트
Mh = 450.033 x (0.500 + 1.500/2) = 562.632 kN.m

5.5 지진에 의한 하중 : 내진해석 참조

(Ig 적용)

구 분			교축 방향			교축직각방향		
위치	하중경우	기둥	전단력	모멘트	변위(m)	전단력	모멘트	변위(m)
기둥 상단	경우 1	기둥 1	1833.405	4618.331	0.02851	1244.346	8986.759	0.02244
	경우 2	기둥 1	1676.367	4162.204	0.02445	1330.971	7673.774	0.0253
기둥 하단	경우 1	기둥 1	1841.612	17431.287	0	1503.851	15376.193	0
	경우 2	기둥 1	1828.323	16554.782	0	1660.146	17054.842	0

5.6 P-Δ 효과를 고려한 지진하중

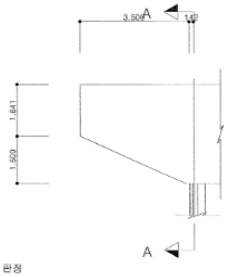
구 분				부재력			
방향	위치	하중경우	기둥	축력	전단력	모멘트	변위(m)
교축 방향	기둥상단	하중경우 1	기둥 1	-10901.550	1833.405	4929.169	0.02851
		하중경우 2	기둥 1	-10901.550	1676.367	4428.734	0.02445
	기둥하단	하중경우 1	기둥 1	-11760.579	1841.612	17766.619	0
		하중경우 2	기둥 1	-11760.579	1828.323	16842.314	0
교축 직각 방향	기둥상단	하중경우 1	기둥 1	-10901.550	1244.346	7231.371	0.02244
		하중경우 2	기둥 1	-10901.550	1330.971	7949.624	0.0253
	기둥하단	하중경우 1	기둥 1	-11760.579	1503.851	15640.080	0
		하중경우 2	기둥 1	-11760.579	1660.146	17352.428	0

지진해석에 의한 1차 모멘트에 횡방향 지진변위와 축력에 의한 2차 모멘트를 추가하여
총모멘트를 결정하여야 한다. [도로설계기준 6.8.2.3]

8. 두부보 설계

8.1 내민보의 설계 : 좌측 (절점 4)

1) 내민길이의 산정
: 원형이나 정다각형 기둥인 경우 내민 길이는 정사각형 기둥단면으로 치환하여 구한다.
[도로교 설계기준 5.4.4.1]
① 기둥의 단면적
A = π x 2.500² / 4 = 4.909 m²
② 치환단면의 한변길이
L = √4.909 = 2.216 m
☞ 위험단면은 기둥끝단으로부터 0.142m(= 1.250 - 2.216/2)에 위치한다.



2) 브래킷 판정
① 위험단면에서의 작용력 : 「단면력 집계」 참조
Vu = 10324.977 kN - "ULO-02"
Mu = 22045.908 kN.m
Nu = 0.000 kN

② 브래킷 판정
a = 22045.908 / 10324.977 = 2.135 m
d = 3.000 - 0.174 = 2.826 m
a/d = 2.135 / 2.826 = 0.755 ≤ 1.0 ∴ 브래킷으로 검토

6) 사용성 검토
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 14479.628 x 1000000 / [37235.000 x (2826.216 - 606.134/3)]
= 148.188 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -6x37235.000/2700.0 + 6x37235.000/2700.0 x √[(1 + 2x2700.0x2826.2/(6x37235.000)]
= 606.134 mm
사용철근량 = 37235.0 mm² (철근도심 : 174.2 mm)
1단 : H32 - 21.0 EA (= 16678.2 mm²)
2단 : H29 - 21.0 EA (= 13490.4 mm²)
3단 : H29 - 11.0 EA (= 7066.4 mm²)

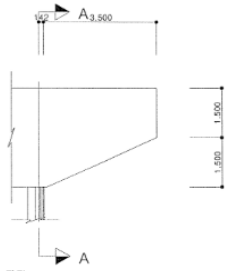
② 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 32/2 = 84.00 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 148.19) - 2.5 x 84.00 = 321.42 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 148.19) = 425.13 mm
Sa는 작은 값인 321.42 mm 를 적용
S = 2700.00 / 21.0 EA = 128.57 ≤ Sa (= 321.42 mm) ∴ O.K

7) 수평력 검토에 의한 사용성 검토
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 1871.096 x 1000000 / [6744.200 x (2600.000 - 251.678/3)]
= 110.265 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -6x6744.200/3000.4 + 6x6744.200/3000.4 x √[(1 + 2x3000.4x2600.0/(6x6744.200)]
= 251.678 mm
사용철근량 = 6744.2 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : H22 - 10.0 EA, H32 - 2.0 EA (= 5459.4 mm²)
2단 : H29 - 2.0 EA (= 1284.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 32/2 = 84.00 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 110.26) - 2.5 x 84.00 = 504.19 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 110.26) = 571.35 mm
Sa는 작은 값인 504.19 mm 를 적용
S = 3000.40 / 12.0 EA = 250.03 ≤ Sa (= 504.19 mm) ∴ O.K

8.2 내민보의 설계 : 우측 (절점 6)

1) 내민길이의 산정
: 원형이나 정다각형 기둥인 경우 내민 길이는 정사각형 기둥단면으로 치환하여 구한다.
[도로교 설계기준 5.4.4.1]
① 기둥의 단면적
A = π x 2.500² / 4 = 4.909 m²
② 치환단면의 한변길이
L = √4.909 = 2.216 m
☞ 위험단면은 기둥끝단으로부터 0.142m(= 1.250 - 2.216/2)에 위치한다.



2) 브래킷 판정
① 위험단면에서의 작용력 : 「단면력 집계」 참조
Vu = 10678.735 kN - "ULO-03"
Mu = 22832.058 kN.m
Nu = 0.000 kN

② 브래킷 판정
a = 22832.058 / 10678.735 = 2.138 m
d = 3.000 - 0.174 = 2.826 m
a/d = 2.138 / 2.826 = 0.757 ≤ 1.0 ∴ 브래킷으로 검토

6) 사용성 검토
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 15900.570 x 1000000 / [37235.000 x (2826.216 - 606.134/3)]
= 162.731 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -6x37235.000/2700.0 + 6x37235.000/2700.0 x √[(1 + 2x2700.0x2826.2/(6x37235.000)]
= 606.134 mm
사용철근량 = 37235.0 mm² (철근도심 : 174.2 mm)
1단 : H32 - 21.0 EA (= 16678.2 mm²)
2단 : H29 - 21.0 EA (= 13490.4 mm²)
3단 : H29 - 11.0 EA (= 7066.4 mm²)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 32/2 = 84.00 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 162.73) - 2.5 x 84.00 = 273.93 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 162.73) = 387.14 mm
Sa는 작은 값인 273.93 mm 를 적용
S = 2700.00 / 21.0 EA = 128.57 ≤ Sa (= 273.93 mm) ∴ O.K

7) 수평력 검토에 의한 사용성 검토
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 1670.594 x 1000000 / [6744.200 x (2600.000 - 251.678/3)]
= 98.449 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -6x6744.200/3000.4 + 6x6744.200/3000.4 x √[(1 + 2x3000.4x2600.0/(6x6744.200)]
= 251.678 mm
사용철근량 = 6744.2 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : H22 - 10.0 EA, H32 - 2.0 EA (= 5459.4 mm²)
2단 : H29 - 2.0 EA (= 1284.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 32/2 = 84.00 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 98.45) - 2.5 x 84.00 = 589.91 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 98.45) = 639.93 mm
Sa는 작은 값인 589.91 mm 를 적용
S = 3000.40 / 12.0 EA = 250.03 ≤ Sa (= 589.91 mm) ∴ O.K

9. 기둥 설계

9.1 교축직각방향

1) 기둥부재력 집계 : 하단

구 분	Pe(kN)	Pu(kN)	M1(kN.m)	M2(kN.m)	V(kN)	Δ(m)	비 고
UL001	-15288.753	-22240.886	250.102	250.102	0.000	0.00017	축력최대
UL007	-15288.753	-18371.786	10287.735	15099.332	-695.902	0.00875	모멘트최대
UL022	-11760.579	-11760.579	8092.733	17495.538	1660.146	0.02540	탄성설계
UL022	-11760.579	-11760.579	2976.884	6125.643	1660.146	0.02540	소성설계
UE026	-10584.521	-10584.521	6236.601	13798.716	-1096.052	0.00721	편심최대

註) Pe : 장기지속축력 (= 고정하중에 의한 축력 x 고정하중계수)
Pu : 전체축력, M1, M2 : 기둥상단,하단 모멘트
Vu : 전단력, Δ : 기둥상단의 변위량
※ 소성설계시 지진시 모멘트에 대하여 응답수정계수(R=3.000)로 나눈 값을 적용한다

2) 기둥검토 요약

구 분	철 근 비				축방향력, 휨				
	Pmin	Puse	Pmax	비고	ΦPn	Pu	Mu	안전도	비 고
축력최대	0.005	0.009	0.060	O.K	102740.798	22240.886	250.102	4.619	O.K
모멘트최대	0.005	0.009	0.060	O.K	50313.421	18371.786	15486.494	2.739	O.K
탄성설계	0.005	0.009	0.060	O.K	25574.173	11760.579	17834.391	2.175	O.K
편심최대	0.005	0.009	0.060	O.K	27572.592	10584.521	13909.996	2.605	O.K

3) 기둥단면 검토

① 축력최대 : (부재 9, UL001)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=40MPa, fy=400MPa, k1=0.77, Φc=0.70

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
2500	100	2,400	22240.886	250.102	11.2

㉯ 압축부재의 장주효과

㉠ 층 안정지수 산정

Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)
= 22240.886 x 0.00017 / (0.000 x 9.250)
= 0.000

여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중
Δ : 층상단의 상대변위
Vu : 층전단력
Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 9.250 m)

㉡ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100
세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22
= 2.100 × 7.000 / 0.625
= 23.520 > 22.000 ∴ 장주
여기서, r = √(I/A) = 0.625 : 부재단면의 최소회전반경
Lu : 압축부재의 비지지길이(= 7.000 m)

㉢ 모멘트 확대계수 산정

δs = 1 / (1 - Q) ≥ 1.0
= 1 / (1 - 0.000)
= 1.000

㉣ 확대 모멘트 산정

M1 = M1ns + δs x M1s
= 0.000 + 1.000 x 250.102
= 250.102 kN.m
M2 = M2ns + δs x M2s
= 0.000 + 1.000 x 250.102
= 250.102 kN.m

㉰ 철근비 검토

Ag = 4908738.52 ㎟ , Ast = 45269.40 ㎟ , Puse = 0.00922
- 1단 : H32 - 57EA (As=45269.400 ㎟), d1 = 100.000 mm
ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0092) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K
ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Φ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1045154.417 ㎟
Aeff는 ≥ ½Ag (= 2454369.261 ㎟)이어야 하므로 2454369.261 ㎟ 를 적용.

㉱ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1440.00 mm, ab = k1 x cb = 1108.04 mm
Cc = 0.85 x 40.0 x 2087805.946 = 70988.462 kN, ∑Csi = 6828.865 kN, ∑Tsi = 5205.579 kN
Pb = 70988.462 + 6828.865 - 5205.579 = 72611.748 kN
Mb = Cc x 610.798 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 53924.536 kN.m
eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 742.642 mm, e = Mu/Pu = 11.245 mm)

㉲ 공칭강도 산정

- 반복시산법를 이용하여 c = 3999.02 mm, a = k1 x c = 3063.25 mm 를 사용.
Cc = 0.85 x 40.0 x 4909276.340 = 166915.396 kN
∑Csi = 14357.559 kN, ∑Tsi = 0.000 kN
Pn = 166915.396 + 14357.559 - 0.000 = 181272.955 kN
Mn = Cc x 0.000 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 2039.448 kN.m
- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=11.251)| = 0.0056 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉳ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 2500.00 - 100.00 = 2400.000 mm
c = 3999.023 mm, a = k1 x c = 3063.252 mm
εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020
εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2400.00-3999.02) / 3999.02 = -0.00120
εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

㉴ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 146772.568 kN < Pn = 181272.955 kN
ΦPn = 0.70 x 146772.568 = 102740.798 kN ≥ Pu = 22240.886 kN ∴ O.K
ΦMn = ΦPn x 0.011 = 1155.333 kN.m ≥ Mu = 250.102 kN.m ∴ O.K

② 모멘트최대 : (부재 9, UL007)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=40MPa, fy=400MPa, k1=0.77, Φc=0.70

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
2500	100	2,400	18371.786	15486.494	842.9

㉯ 압축부재의 장주효과

㉠ 층 안정지수 산정

Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)
= 18371.786 x 0.00875 / (-695.902 x 9.250)
= 0.025

여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중
Δ : 층상단의 상대변위
Vu : 층전단력
Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 9.250 m)

㉡ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100
세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22
= 2.100 × 7.000 / 0.625
= 23.520 > 22.000 ∴ 장주
여기서, r = √(I/A) = 0.625 : 부재단면의 최소회전반경
Lu : 압축부재의 비지지길이(= 7.000 m)

㉢ 모멘트 확대계수 산정

δs = 1 / (1 - Q) ≥ 1.0
= 1 / (1 - 0.025)
= 1.026

㉣ 확대 모멘트 산정

M1 = M1ns + δs x M1s
= 0.000 + 1.026 x 10287.735
= 10551.523 kN.m
M2 = M2ns + δs x M2s
= 0.000 + 1.026 x 15099.332
= 15486.494 kN.m

㉰ 철근비 검토

Ag = 4908738.52 ㎟ , Ast = 45269.40 ㎟ , Puse = 0.00922
- 1단 : H32 - 57EA (As=45269.400 ㎟), d1 = 100.000 mm
ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0092) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K
ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Φ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 863335.808 ㎟
Aeff는 ≥ ½Ag (= 2454369.261 ㎟)이어야 하므로 2454369.261 ㎟ 를 적용.

㉮ 평형하중 산정
cb = 600 / (600 + fy) x d = 1440.00 mm, ab = k1 x cb = 1103.04 mm
Cc = 0.85 x 40.0 x 2087895.946 = 70988.462 kN, ∑Csi = 6828.865 kN, ∑Tsi = 5205.579 kN
Pb = 70988.462 + 6828.865 - 5205.579 = 72611.748 kN
Mb = Cc x 610.798 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 53924.536 kN.m
eb < e → 인장 파괴 (eb = Mb/Pb = 742.642 mm, e = Mu/Pu = 842.950 mm)

㉯ 공칭강도 산정
- 반복시산법을 이용하여 c = 1313.32 mm, a = k1 x c = 1006.01 mm 를 사용.
Cc = 0.85 x 40.0 x 1848348.883 = 62843.862 kN
∑Csi = 6406.162 kN, ∑Tsi = 6358.247 kN
Pn = 62843.862 + 6406.162 - 6358.247 = 62891.777 kN
Mn = Cc x 664.630 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 53015.146 kN.m
- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=842.958)| = 0.0085 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉰ 강도감소계수(Φ) 산정
dt = 2500.00 - 100.00 = 2400.000 mm
c = 1313.324 mm, a = k1 x c = 1006.006 mm
εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020
εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2400.00-1313.32) / 1313.32 = 0.00248
→ 계수축력이 0.10*fck*Ag보다 작으므로 εt는 최소허용변형률 이상이어야 한다.
최소허용변형률은 fy가 400 MPa 이하이므로 0.00400를 적용한다.
εy < εt < 0.00500 이므로 변화구간단면이며, Φ = 0.80 를 적용한다.
Φ = 0.700 + (0.0040-0.0020) x (0.850-0.700) / (0.00500-0.00200) = 0.800

㉱ 축방향력 및 휨에 대한 검토
MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 146772.568 kN ≥ Pn = 62891.777 kN
ΦPn = 0.80 x 62891.777 = 50313.421 kN ≥ Pu = 18371.786 kN ∴ O.K
ΦMn = ΦPn x 0.843 = 42411.691 kN.m ≥ Mu = 15486.494 kN.m ∴ O.K

③ 탄성설계 : (부재 9, UL022)
㉮ 설계조건 및 단면가정
fck=40MPa, fy=400MPa, k1=0.77, Φc=1.00

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
2500	100	2,400	11760.579	17834.391	1516.5

㉯ 압축부재의 장주효과
㉠ 층 안정지수 산정
Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)
= 11760.579 x 0.02540 / (1660.146 x 9.250)
= 0.019
여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중
Δ : 층상단의 상대변위
Vu : 층전단력
Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 9.250 m)
㉡ 세장비 검토
횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100
세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22
= 2.100 × 7.000 / 0.625
= 23.520 > 22.000 ∴ 장주
여기서, r = √(I/A) = 0.625 : 부재단면의 최소회전반경
Lu : 압축부재의 비지지길이(= 7.000 m)
㉢ 모멘트 확대계수 산정
δs = 1 / (1 - Q) ≥ 1.0
= 1 / (1 - 0.019)
= 1.019
㉣ 확대 모멘트 산정
M1 = M1ns + δs x M1s
= 0.000 + 1.019 x 8092.733
= 8249.473 kN.m
M2 = M2ns + δs x M2s
= 0.000 + 1.019 x 17495.538
= 17834.391 kN.m

㉰ 철근비 검토
Ag = 4906738.52 mm² , Ast = 45269.40 mm² , Puse = 0.00922
- 1단 : H32 - 57EA (As=45269.400 mm²), d1 = 100.000 mm
ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0092) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K
ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 552658.788 mm²
Aeff는 ≥ ½Ag (= 2454369.261 mm²)이어야 하므로 2454369.261 mm² 를 적용.

② 평형하중 산정
cb = 600 / (600 + fy) x d = 1440.00 mm, ab = k1 x cb = 1103.04 mm
Cc = 0.85 x 40.0 x 2087895.946 = 70988.462 kN, ∑Csi = 6828.865 kN, ∑Tsi = 5205.579 kN
Pb = 70988.462 + 6828.865 - 5205.579 = 72611.748 kN
Mb = Cc x 610.798 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 53924.536 kN.m
eb < e → 인장 파괴 (eb = Mb/Pb = 742.642 mm, e = Mu/Pu = 1516.455 mm)

③ 공칭강도 산정
- 반복시산법을 이용하여 c = 788.25 mm, a = k1 x c = 603.80 mm 를 사용.
Cc = 0.85 x 40.0 x 914052.013 = 31077.768 kN
∑Csi = 4566.613 kN, ∑Tsi = 10070.209 kN
Pn = 31077.768 + 4566.613 - 10070.209 = 25574.173 kN
Mn = Cc x 893.558 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 38781.906 kN.m
- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=1516.448)| = 0.0071 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

④ 축방향력 및 휨에 대한 검토
MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 146772.568 kN ≥ Pn = 25574.173 kN
ΦPn = 1.00 x 25574.173 = 25574.173 kN ≥ Pu = 11760.579 kN ∴ O.K
ΦMn = ΦPn x 1.516 = 38782.088 kN.m ≥ Mu = 17834.391 kN.m ∴ O.K

④ 편심최대 : (부재 9, UE026)
㉮ 설계조건 및 단면가정
fck=40MPa, fy=400MPa, k1=0.77, Φc=0.70

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
2500	100	2,400	10584.521	13909.996	1314.2

㉯ 압축부재의 장주효과
㉠ 층 안정지수 산정
Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)
= 10584.521 x 0.00721 / (-1096.052 x 9.250)
= 0.008
여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중
Δ : 층상단의 상대변위
Vu : 층전단력
Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 9.250 m)
㉡ 세장비 검토
횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100
세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22
= 2.100 × 7.000 / 0.625
= 23.520 > 22.000 ∴ 장주
여기서, r = √(I/A) = 0.625 : 부재단면의 최소회전반경
Lu : 압축부재의 비지지길이(= 7.000 m)
㉢ 모멘트 확대계수 산정
δs = 1 / (1 - Q) ≥ 1.0
= 1 / (1 - 0.008)
= 1.008
㉣ 확대 모멘트 산정
M1 = M1ns + δs x M1s
= 0.000 + 1.008 x 6236.601
= 6286.896 kN.m
M2 = M2ns + δs x M2s
= 0.000 + 1.008 x 13798.716
= 13909.996 kN.m

㉰ 철근비 검토
Ag = 4908738.52 mm² , Ast = 45269.40 mm² , Puse = 0.00922
- 1단 : H32 - 57EA (As=45269.400 mm²), d1 = 100.000 mm
ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0092) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K
ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 497392.904 mm²
Aeff는 ≥ ½Ag (= 2454369.261 mm²)이어야 하므로 2454369.261 mm² 를 적용.

⑤ 평형하중 산정
cb = 600 / (600 + fy) x d = 1440.00 mm, ab = k1 x cb = 1103.04 mm
Cc = 0.85 x 40.0 x 2087895.946 = 70988.462 kN, ∑Csi = 6828.865 kN, ∑Tsi = 5205.579 kN
Pb = 70988.462 + 6828.865 - 5205.579 = 72611.748 kN
Mb = Cc x 610.798 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 53924.536 kN.m
eb < e → 인장 파괴 (eb = Mb/Pb = 742.642 mm, e = Mu/Pu = 1314.183 mm)

⑤ 공칭강도 산정
- 반복시산법을 이용하여 c = 889.71 mm, a = k1 x c = 681.52 mm 를 사용.
Cc = 0.85 x 40.0 x 1083837.174 = 36850.464 kN
∑Csi = 4964.304 kN, ∑Tsi = 9376.425 kN
Pn = 36850.464 + 4964.304 - 9376.425 = 32438.343 kN
Mn = Cc x 848.686 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 42529.889 kN.m
- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=1314.182)| = 0.0008 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

⑥ 강도감소계수(Φ) 산정
dt = 2500.00 - 100.00 = 2400.000 mm
c = 889.709 mm, a = k1 x c = 681.517 mm
εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020
εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2400.00-889.71) / 889.71 = 0.00509
εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

⑦ 축방향력 및 휨에 대한 검토
MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 146772.568 kN ≥ Pn = 32438.343 kN
ΦPn = 0.85 x 32438.343 = 27572.592 kN ≥ Pu = 10584.521 kN ∴ O.K
ΦMn = ΦPn x 1.314 = 36235.427 kN.m ≥ Mu = 13909.996 kN.m ∴ O.K

2. 설계대상 교량

2.1 설계조건

2.1.1 상부형식

현천IC : STEEL BOX GIRDER
RAMP-A : STEEL BOX GIRDER
RAMP-B : STEEL BOX GIRDER

2.1.2 교량 총연장

현천IC : 40.0+4@60.0+65.0+45.0 = 390.000 m
RAMP-A : 2@60.0 = 120.000 m
RAMP-B : 45.0+6@0.0+82.0+60.0 + 42.5+2@55.0+42.5 + 57.0 = 498.900 m

2.1.3 교 폭

현천IC : 21.570 ~ 23.362 m
RAMP-A : 11.570 m
RAMP-B : 11.400 m

2.1.4 하부형식

현천IC : π형교각
RAMP-A : T형교각
RAMP-B : T형교각

2.1.5 교각기초형식

현천IC : 현장타설말뚝
RAMP-A : 현장타설말뚝
RAMP-B : 현장타설말뚝

2.1.6 내진설계상수

(1) 내진등급 : 내진 1 등급교
(2) 지진구역계수 : 0.11
(3) 위험도계수 : I = 1.4
(4) 가속도계수 : A = 0.154
(5) 지반계수 : S = 2 (지반종류 3 , 지진격리교량)
(6) 응답수정계수
(7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
(8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
(9) 받침형식 : EQS 면진받침

2.2. 참고문헌

(1) 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2010년)
(2) 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2007년)
(3) 도로설계요령 (한국도로공사, 2002년)
(4) 설계 실무 자료집 (한국도로공사, 1996년)

6.2 받침 부재력 하중조합 (UNIT:kN)

구 분		받침	용량	COMBO 1		COMBO 2		R	허용 전단력	판정	비고
				교축	교직	교축	교직				
현천IC P0	B1	OMEQS	2000	178.3	194.2	177.3	202.6	0.8	240.0	OK	
	B2	OMEQS	2500	227.1	246.0	226.2	256.8	0.8	380.0	OK	
	B3	OMEQS	2500	226.6	243.9	224.6	256.8	0.8	380.0	OK	
	B4	OMEQS	2000	178.0	192.8	176.4	201.8	0.8	240.0	OK	
현천IC P1	B1	OMEQS	6500	426.7	484.8	330.3	522.4	1.0	580.0	OK	
	B2	OMEQS	7000	477.7	549.4	366.7	590.2	1.0	650.0	OK	
	B3	OMEQS	6500	427.4	489.9	332.6	527.6	1.0	580.0	OK	
	B4	OMEQS	6500	431.5	486.0	346.4	525.0	1.0	580.0	OK	
현천IC P2	B1	EQS	7000	697.7	645.6	402.0	737.7	1.0	890.0	OK	
	B2	EQS	6500	535.2	463.2	297.4	544.6	1.0	790.0	OK	
	B3	EQS	6000	598.9	517.1	339.3	607.3	1.0	740.0	OK	
	B4	EQS	7000	702.4	641.1	395.2	737.4	1.0	890.0	OK	
현천IC P3	B1	EQS	7000	722.1	584.9	407.3	719.5	1.0	890.0	OK	
	B2	EQS	6000	625.3	438.6	358.0	581.0	1.0	740.0	OK	
	B3	EQS	6000	624.3	432.4	351.2	580.6	1.0	740.0	OK	
	B4	EQS	7000	728.3	574.1	406.3	715.5	1.0	890.0	OK	
현천IC P4	B1	EQS	7000	744.8	418.2	456.9	674.1	1.0	890.0	OK	
	B2	EQS	6000	652.6	330.6	426.5	553.3	1.0	740.0	OK	
	B3	EQS	6000	651.0	327.2	418.1	551.8	1.0	740.0	OK	
	B4	EQS	7000	757.3	404.7	479.5	667.0	1.0	890.0	OK	
현천IC P5	B1	EQS	7500	621.9	534.0	343.6	649.9	1.0	920.0	OK	
	B2	EQS	6500	549.9	434.9	319.4	547.1	1.0	790.0	OK	
	B3	EQS	6500	549.6	432.1	315.6	546.8	1.0	790.0	OK	
	B4	EQS	7500	635.0	530.3	365.3	649.3	1.0	920.0	OK	
현천IC P6	B1	OMEQS	7000	494.1	493.0	421.7	584.4	1.0	650.0	OK	
	B2	OMEQS	6500	439.7	443.3	373.8	523.4	1.0	580.0	OK	
	B3	OMEQS	6500	442.1	440.5	381.7	522.9	1.0	580.0	OK	
	B4	OMEQS	7000	493.2	481.7	418.6	582.4	1.0	650.0	OK	
현천IC A2	B1	OMEQS	2000	178.4	189.1	177.8	199.4	0.8	240.0	OK	
	B2	OMEQS	2000	178.3	182.3	177.4	197.4	0.8	240.0	OK	
	B3	OMEQS	2000	178.4	182.0	177.5	198.1	0.8	240.0	OK	
	B4	OMEQS	2500	227.1	231.2	226.0	252.5	0.8	380.0	OK	

RAMP-A A1	B1	OMEQS	3500	381.1	388.8	379.3	428.8	0.8	480.0	OK	
	B2	OMEQS	2000	178.6	194.9	178.3	203.4	0.8	240.0	OK	
RAMP-A P1	B1	EQS	6500	586.9	397.2	449.9	540.4	1.0	790.0	OK	
	B2	EQS	12000	908.2	672.9	549.2	949.7	1.0	1030.0	OK	
RAMP-A P0	B1	OMEQS	3000	299.6	335.3	297.4	368.2	0.8	460.0	OK	
	B2	OMEQS	2500	226.8	258.8	225.3	284.6	0.8	380.0	OK	
RAMP-B P0	B1	OMEQS	3000	300.5	318.8	300.4	339.0	0.8	460.0	OK	
	B2	OMEQS	2500	227.4	242.4	227.4	259.1	0.8	380.0	OK	
RAMP-B P1	B1	EQS	7000	756.1	690.8	729.4	731.7	1.0	890.0	OK	
	B2	EQS	7500	664.0	589.8	631.0	634.8	1.0	920.0	OK	
RAMP-B P2	B1	EQS	10000	943.5	908.1	928.3	916.9	1.0	1080.0	OK	
	B2	EQS	10000	946.2	894.3	933.0	935.3	1.0	1080.0	OK	
RAMP-B P3	B1	EQS	11000	765.6	1008.1	748.3	1037.8	1.0	1100.0	OK	
	B2	EQS	11000	768.3	1017.2	751.2	1050.4	1.0	1100.0	OK	
RAMP-B P4-L	B1	OMEQS	3000	300.6	425.7	300.6	436.7	0.8	460.0	OK	
	B2	OMEQS	2500	227.5	325.8	227.5	331.6	0.8	380.0	OK	
RAMP-B P4-R	B1	OMEQS	2500B	295.7	388.5	295.7	373.8	0.8	420.0	OK	
	B2	OMEQS	2000B	232.4	306.8	232.4	293.3	0.8	350.0	OK	
RAMP-B P5	B1	EQS	6000	463.9	667.6	727.9	417.9	1.0	740.0	OK	
	B2	EQS	7000	581.8	810.5	851.5	560.7	1.0	890.0	OK	
RAMP-B P6	B1	EQS	6000	510.3	624.0	635.9	538.0	1.0	740.0	OK	
	B2	EQS	7500	451.6	554.6	560.6	493.9	1.0	920.0	OK	
RAMP-B P7	B1	EQS	6000	704.8	439.0	441.5	632.0	1.0	740.0	OK	
	B2	EQS	7000	802.2	557.6	452.6	775.2	1.0	890.0	OK	
RAMP-B A2	B1	OMEQS	2500B	295.6	301.8	295.5	323.3	0.8	420.0	OK	
	B2	OMEQS	2000B	232.2	234.3	231.9	252.4	0.8	350.0	OK	

6.4 받침 변위 하중조합 (UNIT:mm)

구 분		받침	용량	COMBO 1		COMBO 2		받침허용 변위	판정	비고
				교축	교직	교축	교직			
현천IC P0	B1	OMEQS	2000	48.5	14.8	22.1	21.4	200	OK	
	B2	OMEQS	2500	54.8	14.9	23.9	21.4	200	OK	
	B3	OMEQS	2500	56.5	12.2	24.2	20.5	200	OK	
	B4	OMEQS	2000	53.0	12.3	23.0	20.5	200	OK	
현천IC P1	B1	OMEQS	6500	54.8	14.1	21.3	23.8	180	OK	
	B2	OMEQS	7000	61.3	14.1	23.0	23.9	180	OK	
	B3	OMEQS	6500	62.4	14.5	23.4	24.1	180	OK	
	B4	OMEQS	6500	58.6	14.4	22.1	24.0	180	OK	
현천IC P2	B1	EQS	7000	42.0	12.9	15.6	25.3	120	OK	
	B2	EQS	6500	48.4	13.0	17.7	25.5	120	OK	
	B3	EQS	6000	49.2	13.0	18.1	25.5	120	OK	
	B4	EQS	7000	45.5	12.9	16.9	25.3	120	OK	
현천IC P3	B1	EQS	7000	51.7	13.8	17.6	23.7	120	OK	
	B2	EQS	6000	58.5	13.9	19.9	23.8	120	OK	
	B3	EQS	6000	59.3	13.8	20.3	23.8	120	OK	
	B4	EQS	7000	55.5	13.8	19.0	23.6	120	OK	
현천IC P4	B1	EQS	7000	62.0	10.8	21.2	23.3	120	OK	
	B2	EQS	6000	68.4	10.9	23.3	23.4	120	OK	
	B3	EQS	6000	69.1	10.8	23.6	23.4	120	OK	
	B4	EQS	7000	65.3	10.8	22.2	23.2	120	OK	
현천IC P5	B1	EQS	7500	43.6	12.5	16.0	27.1	120	OK	
	B2	EQS	6500	50.0	12.6	18.1	27.3	120	OK	
	B3	EQS	6500	50.8	12.5	18.2	27.3	120	OK	
	B4	EQS	7500	46.9	12.4	17.1	27.1	120	OK	
현천IC P6	B1	OMEQS	7000	62.3	19.1	25.3	25.2	180	OK	
	B2	OMEQS	6500	69.1	19.3	27.5	25.4	180	OK	
	B3	OMEQS	6500	70.0	19.3	27.8	25.3	180	OK	
	B4	OMEQS	7000	65.8	19.1	26.4	25.2	180	OK	
현천IC A2	B1	OMEQS	2000	71.8	29.5	34.4	27.5	200	OK	
	B2	OMEQS	2000	78.2	29.5	36.4	27.6	200	OK	
	B3	OMEQS	2000	79.0	29.5	36.7	27.5	200	OK	
	B4	OMEQS	2500	75.1	29.4	35.4	27.4	200	OK	

RAMP-A A1	B1	OMEGS	3500	55.9	24.3	28.9	22.7	200	OK	
	B2	OMEGS	2000	47.2	24.6	28.1	22.9	200	OK	
RAMP-A P1	B1	EQS	6500	56.0	13.8	25.7	31.0	120	OK	
	B2	EQS	12000	45.2	13.9	19.7	30.9	80	OK	
RAMP-A P0	B1	OMEGS	3000	43.3	22.2	28.9	33.2	200	OK	
	B2	OMEGS	2500	44.9	22.2	28.5	33.3	200	OK	
RAMP-B P0	B1	OMEGS	3000	53.9	32.6	43.5	40.8	200	OK	
	B2	OMEGS	2500	55.2	32.6	42.9	40.9	200	OK	
RAMP-B P1	B1	EQS	7000	48.7	36.1	39.3	38.9	120	OK	
	B2	EQS	7500	50.2	36.2	39.1	38.9	120	OK	
RAMP-B P2	B1	EQS	10000	58.6	46.4	51.7	52.7	100	OK	
	B2	EQS	10000	59.5	46.4	51.5	52.7	100	OK	
RAMP-B P3	B1	EQS	11000	48.0	43.0	44.0	52.7	100	OK	
	B2	EQS	11000	48.8	43.0	43.9	52.7	100	OK	
RAMP-B P4-L	B1	OMEGS	3000	49.2	51.9	54.4	52.6	200	OK	
	B2	OMEGS	2500	49.8	52.0	54.8	52.7	200	OK	
RAMP-B P4-R	B1	OMEGS	2500B	83.9	68.2	102.2	69.5	180	OK	
	B2	OMEGS	2000B	83.2	68.4	99.9	69.7	180	OK	
RAMP-B P5	B1	EQS	6000	25.8	49.8	51.4	31.3	120	OK	
	B2	EQS	7000	25.2	50.0	49.6	31.5	120	OK	
RAMP-B P6	B1	EQS	6000	24.5	36.2	37.9	42.1	120	OK	
	B2	EQS	7500	25.0	36.7	37.7	42.6	120	OK	
RAMP-B P7	B1	EQS	6000	52.5	18.8	24.6	42.7	120	OK	
	B2	EQS	7000	52.2	19.1	22.7	43.0	120	OK	
RAMP-B P8	B1	OMEGS	2500B	77.5	36.0	37.1	25.0	180	OK	
	B2	OMEGS	2000B	76.0	37.0	36.1	26.2	180	OK	

7.2 교각허단 부재력 하중조합 (Unit : Kn,m)

구 분		Combo1			Combo2		
		교축전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교축모멘트	교직모멘트
현천IC	P0-L	1,200	1,219	12,777	849	1,434	8,800	5,825
	P0-R	1,200	1,219	12,780	4,937	861	1,434	8,856	5,825
	P1-L	1,433	1,287	13,046	4,617	876	1,601	7,784	5,692
	P1-R	1,437	1,286	13,060	4,617	880	1,601	7,799	5,692
	P2-L	1,590	1,448	13,383	4,404	791	1,955	6,627	5,950
	P2-R	1,596	1,448	13,403	4,404	795	1,955	6,638	5,950
	P3-L	1,756	1,204	12,908	2,884	865	1,688	6,309	4,040
	P3-R	1,755	1,204	12,871	2,884	858	1,688	6,283	4,040
	P4-L	1,846	920	9,833	1,418	1,090	1,703	5,884	2,652
	P4-R	1,839	920	9,816	1,418	1,083	1,703	5,872	2,652
	P5-L	1,501	1,226	12,166	3,519	827	1,728	6,569	4,979
	P5-R	1,496	1,226	12,151	3,519	823	1,728	6,557	4,979
	P6-L	1,643	1,205	11,421	2,666	1,215	1,556	8,289	3,717
	P6-R	1,643	1,205	11,419	2,666	1,214	1,556	8,285	3,717
RAMP-A	P1	2,165	1,013	12,051	8,199	1,369	1,610	7,411	12,700
RAMP-B	P1	1,842	1,504	17,431	15,376	1,828	1,660	16,555	17,055
	P2	2,499	1,636	19,604	18,246	2,482	1,749	19,104	19,270
	P3	1,953	2,147	21,604	26,681	1,836	2,209	20,510	27,218
	P4	1,289	1,306	17,514	19,944	1,486	1,350	19,284	19,244
	P5	1,077	2,047	17,703	30,622	1,871	1,500	28,903	20,543
	P6	1,357	1,454	22,716	22,344	1,698	1,394	27,645	19,946
	P7	1,834	1,278	25,030	13,929	880	1,881	12,144	21,016

7.4 교각상단 부재력 하중조합 (Unit : Kn,m)

구 분		Combo1			Combo2		
		교축전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교축모멘트	교직모멘트
현천IC	P0-L	1,288	1,175	6,200	4,781	873	1,373	4,250	5,641
	P0-R	1,289	1,175	6,199	4,781	887	1,373	4,229	5,641
	P1-L	1,437	1,236	6,271	4,430	878	1,498	3,673	5,411
	P1-R	1,441	1,238	6,267	4,429	882	1,498	3,671	5,411
	P2-L	1,578	1,359	7,109	4,185	790	1,834	3,483	5,647
	P2-R	1,584	1,359	7,108	4,185	793	1,834	3,485	5,647
	P3-L	1,751	1,128	7,303	2,733	886	1,600	3,550	3,845
	P3-R	1,736	1,128	7,315	2,733	855	1,600	3,559	3,845
	P4-L	1,827	856	6,169	1,326	1,095	1,606	3,672	2,473
	P4-R	1,826	856	6,175	1,326	1,089	1,606	3,677	2,473
	P5-L	1,491	1,121	6,578	3,299	841	1,601	3,461	4,693
	P5-R	1,485	1,121	6,591	3,299	837	1,601	3,467	4,693
	P6-L	1,615	1,121	6,233	2,702	1,201	1,487	4,444	3,541
	P6-R	1,614	1,121	6,233	2,702	1,200	1,487	4,445	3,541
RAMP-A	P1	1,877	902	4,700	4,938	1,166	1,439	2,796	7,326
RAMP-B	P1	1,833	1,244	4,618	6,987	1,676	1,331	4,162	7,674
	P2	2,445	1,403	5,956	10,279	2,348	1,586	5,623	10,682
	P3	1,855	1,944	4,430	9,175	1,738	1,966	4,069	9,526
	P4	1,181	1,254	2,551	6,189	1,241	1,216	2,656	5,517
	P5	953	1,550	2,317	4,025	1,564	981	4,051	2,354
	P6	1,058	1,178	2,616	2,446	1,289	1,041	3,356	2,388
	P7	1,689	913	4,552	2,380	838	1,412	2,362	3,609

7.6 교량상단 변위 하중조합 (UNIT:mm)

구 분		COMBO 1		COMBO 2		
		교축	교직	교축		교직
현천IC	P0-L	26.9	5.3	17.0		6.4
	P0-R	26.8	5.3	17.0		6.4
	P1-L	24.3	4.7	13.4		5.5
	P1-R	24.3	4.7	13.4		5.5
	P2-L	21.7	2.9	10.1		3.9
	P2-R	21.7	2.9	10.1		3.9
	P3-L	13.7	1.3	6.2		2.0
	P3-R	13.7	1.3	6.2		2.0
	P4-L	5.2	0.3	2.8		0.6
	P4-R	5.2	0.3	2.8		0.6
	P5-L	17.6	2.6	8.0		3.4
	P5-R	17.6	2.6	8.0		3.4
	P6-L	11.4	1.4	6.8		1.7
	P6-R	11.4	1.4	6.8		1.7
RAMP-A	P1	7.6	5.0	4.3		7.1
RAMP-B	P1	28.5	22.4	24.4		25.3
	P2	21.5	24.3	21.0		26.6
	P3	39.7	47.6	38.1		48.6
	P4	46.5	55.5	46.9		52.5
	P5	55.0	61.3	92.9		50.4
	P6	70.1	64.8	90.4		58.9
	P7	54.9	21.2	29.1		35.4

16.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 16.2.1】 남고양IC2교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	남고양IC2교의 주요 손상현황으로는 교량받침 몰탈 균열 및 재료분리, 바닥판하면 균열부백태 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	남고양IC2교의 주요 손상현황으로는 방호벽 파손, 교량받침 몰탈 균열 및 재료분리, 바닥판하면 균열부백태등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	방호벽 파손 교량받침 받침 몰탈균열(cw=0.3㎜미만), 받침콘크리트 재료분리 바닥판 하면 균열부백태	양호

16.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

16.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

16.2.5 시설물 보수 이력

【표 16.2.2】 남고양IC2교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

16.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 16.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

16.3 현장조사

16.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
STB : S1~S8 합성형 라멘 : S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



연단거리 측정



비파괴시험

【사진 16.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

16.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 남고양IC2교는 총 10경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=498.9m 폭 11.0m로 STB구간의 바닥판하면은 철근콘크리트 4경간 연속, 합성형 라멘 구간은 2경간 연속으로 시공되어 있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경(STB)



바닥판 하면 전경(라멘)

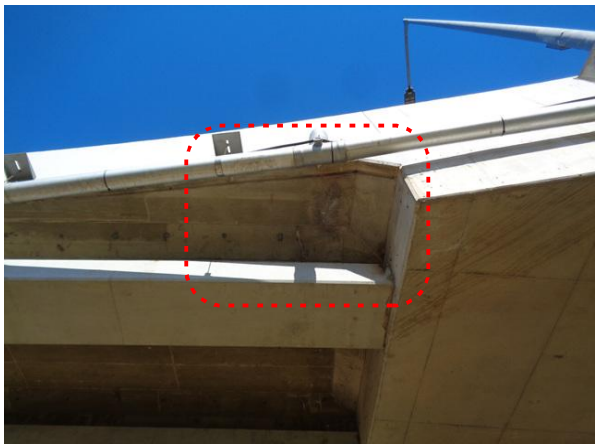
【사진 16.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 STB구간은 양호한 상태로 조사되었으며, 합성형 라멘 구간은 국부적인 균열부백태, 파손이 조사되었다.

【표 16.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분		균열부백태 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
STB	S1	-	-	-	-
	S2	-	-	-	-
	S3	-	-	-	-
	S4	-	-	-	-
	S5	-	-	-	-
	S6	-	-	-	-
	S7	-	-	-	-
	S8	-	-	-	-
합성형 라멘	S1	0.16	1	-	-
	S2	-	-	0.01	1
합계		0.16	1	0.01	1

	
바닥판 하면 라멘-S1 균열부백태(0.2×0.8)	바닥판 하면 라멘-S1 파손(0.1×0.1)
	
바닥판 하면 상태양호(STB)	바닥판 하면 캔틸레버부 상태양호(STB)

【사진 16.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 바닥판하면의 현장조사 결과 STB 구간은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 합성형 라멘 구간은 시공초기 건조수축, 온도변화, 수분침투, 물리적충격, 시공미흡 등에 의한 국부적인 균열부백태, 파손이 조사되어 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수 등을 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 STB구간 ST. BOX는 2열, 합성형 라멘 구간 콘크리트 거더는 5열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다.



거더 전경(STB)



거더 전경(라멘)

【사진 16.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 STB 구간 거더외부 및 내부는 양호한 상태로 조사되었으며, 합성형 라멘 거더는 국부적인 파손이 조사되었다.

【표 16.3.2】 거더 현장조사 결과(STB)

구분		상태양호	
STB 거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
	S8	-	-
STB 거더 내부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
	S8	-	-
합계		-	-

【표 16.3.3】 거더 현장조사 결과(합성형 라멘)

구분		파손 (㎡/개소)	
합성형 라멘 거더	S1	-	-
	S2	0.01	1
합계		0.01	1



거더 라멘 S2-G5 파손(0.1×0.1)



거더 전경(라멘)



거더외부 상태양호(STB)



거더외부 상태양호(STB)

【사진 16.3.5】 거더 손상현황

	
거더내부 상태양호(STB)	거더내부 상태양호(STB)

【사진 16.3.5】 거더 손상현황 (계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- STB구간 거더외부 및 내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 합성형 라멘구간 거더는 전반적으로 양호한 상태이나 시공시 물리적인 충격, 시공미흡 등에 의한 국부적인 파손이 조사되었으며, 내구성 확보 차원에서 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

다. 가로보 및 세로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보 및 세로보가 시공되어 있으며, STB 구간은 강재, 합성형 라멘 구간은 콘크리트로 시공되어 있고 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



가로보 및 세로보 전경(STB)



가로보 전경(라멘)

【사진 16.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보 및 세로보에 대한 현장조사 결과, STB 구간 및 합성형 라멘 구간에 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 16.3.4】 가로보 및 세로보 현장조사 결과(STB)

구분		상태양호	
STB 가로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
	S8	-	-
STB 세로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
	S8	-	-
합계		-	-

【표 16.3.5】 가로보 현장조사 결과(합성형 라멘)

구분		상태양호	
합성형 라멘 가로보	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-



가로보 및 세로보 상태양호(STB)



가로보 및 세로보 상태양호(STB)



가로보 및 세로보 상태양호(STB)



가로보 상태양호(라멘)

【사진 16.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- STB 구간의 가로보, 세로보 및 합성형 라멘 구간의 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 남고양IC2교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 16.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 국부적인 균열(0.3㎜미만), 망상균열이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 16.3.6】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
A1	5.00	2	4.00	1
A2	-	-	-	-
합계	5.00	2	4.00	1

	
A1 흉벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	A1 구체 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
A1 흉벽 망상균열(2.0×2.0)	A2 상태양호

【사진 16.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대의 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 균열(0.3㎜미만), 망상균열이 조사되었으며, 조사된 손상의 정도는 미미하나 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 바람직하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 남고양IC2교의 교각은 STB구간 T형 7기(STB P1~P7), 합성형 라멘(라멘 P1)으로 구성되어 있으며, STB 구간 현장타설말뚝(STB P1~7), 합성형 라멘 구간 강관말뚝기초(라멘 P1)로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보조사 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



교각 전경(STB)



교각 전경(라멘)

【사진 16.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과 국부적인 균열(0.3㎜미만), 망상균열이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 16.3.7】 교각 현장조사 결과

구분		균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
STB	P1	-	-	16.00	1
	P2	-	-	-	-
	P3	-	-	-	-
	P4	-	-	-	-
	P5	-	-	-	-
	P6	2.00	2	-	-
	P7	-	-	4.00	1
라멘	P1	-	-	-	-
합계		2.00	1	20.00	2

	
STB-P1 코핑부 망상균열(8.0×2.0)	STB-P6 코핑부 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
STB-P7 코핑부 망상균열(4.0×1.0)	라멘-P1 상태양호

【사진 16.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

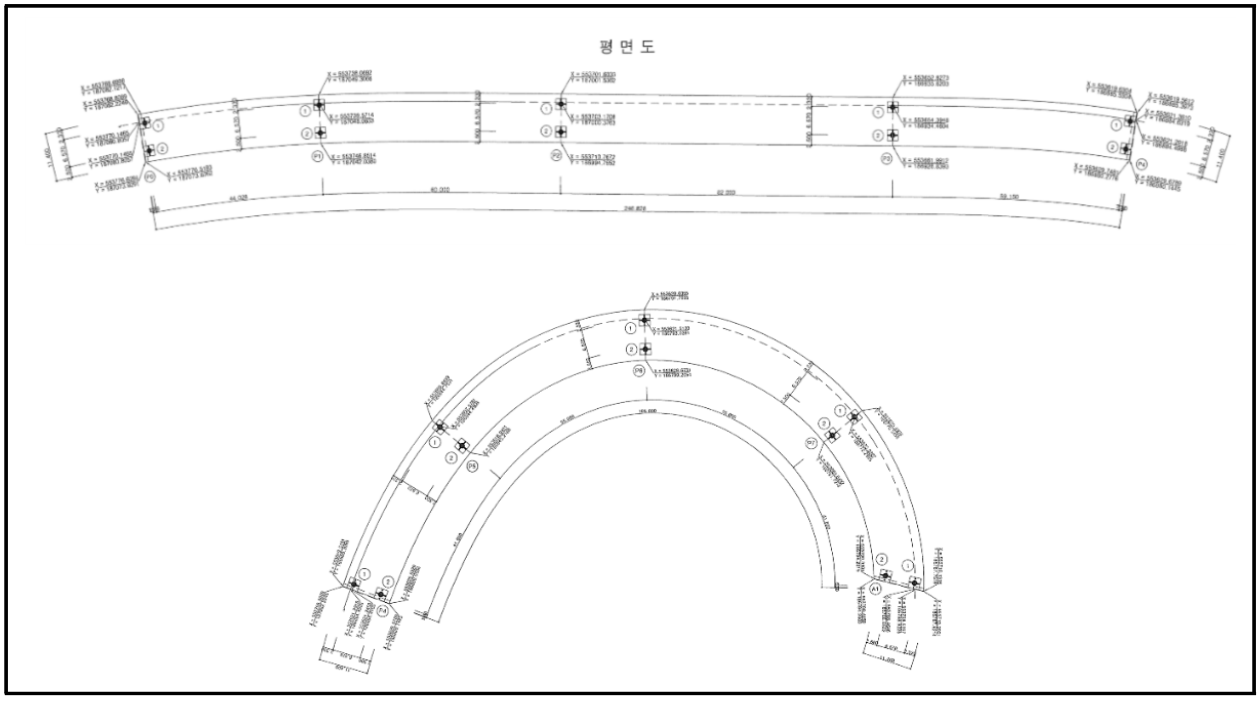
4) 검토의견

■ 교각의 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 균열(0.3㎜ 미만), 망상균열이 조사되었으며, 조사된 손상의 정도는 미미하나 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 바람직하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 남고양IC2교의 받침은 면진받침으로 총 20기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 16.3.1】 교량받침 배치도



면진받침 전경(P1)	면진받침 전경(P4)	면진받침 전경(P6)

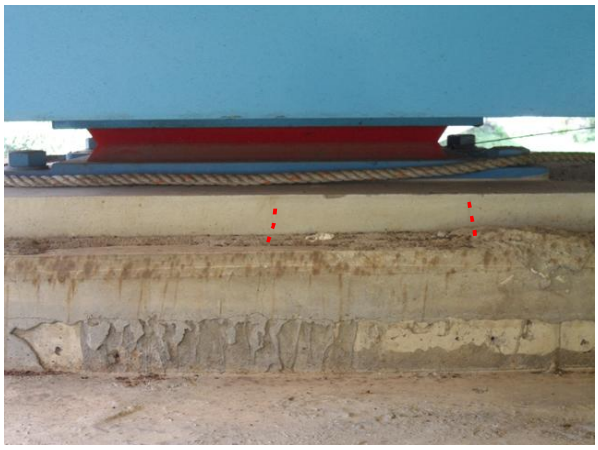
【사진 16.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침의 현장조사 결과 국부적인 받침몰탈 및 받침콘크리트 균열이 조사되었다.

【표 16.3.8】 교량받침 현장조사 결과

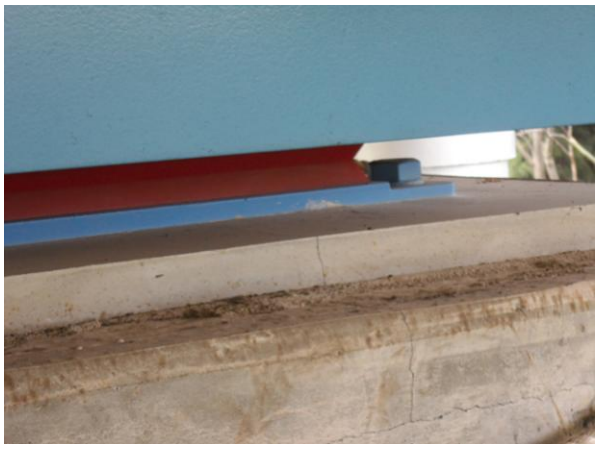
구분	받침몰탈 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		받침콘크리트 균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
P0	-	-	-	-
P1	2.40	8	3.20	3
P2	-	-	-	-
P3	-	-	-	-
P4	-	-	-	-
P5	0.90	9	-	-
P6	0.40	2	-	-
P7	0.40	1	-	-
A1	-	-	-	-
합계	4.10	20	3.20	3



P1-Sh1 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)



P1-Sh1 받침콘크리트 균열(Cw=0.3㎜미만)



P1-Sh2 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)



P1-Sh2 받침콘크리트 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 16.3.13】 교량받침 손상현황

	
P5-Sh1 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)	P5-Sh2 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
P7-Sh1 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)	P7-Sh1 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 16.3.13】 교량받침 손상현황 (계속)

3) 기 점검 결과 비교

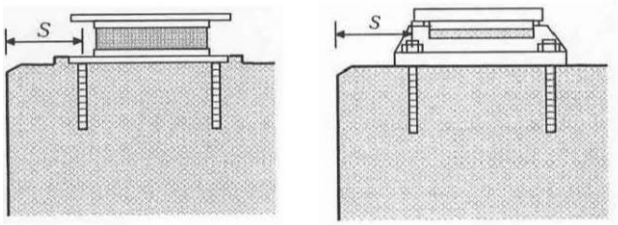
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교량받침의 현장조사 결과 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 국부적인 받침몰탈 및 받침콘크리트 균열이 조사되었으며, 조사된 손상의 정도는 미미하나 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 16.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 16.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=42.5m) : 200+5×42.5 = 413(㎜)
- 거더 경간길이(L=44.8m) : 200+5×44.8 = 424(㎜)
- 거더 경간길이(L=55.0m) : 200+5×55.0 = 475(㎜)
- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500(㎜)
- 거더 경간길이(L=82.0m) : 200+5×82.0 = 610(㎜)

【표 16.3.9】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
P0	A1측	424	620	620	O.K
P1	P0측	424	1000	1000	O.K
	A1측	500	1100	1100	O.K
P2	P0측	500	1100	1100	O.K
	A1측	610	1110	1110	O.K
P3	P0측	610	1110	1110	O.K
	A1측	500	1110	1110	O.K
P4	P0측	500	750	750	O.K
	A1측	413	600	600	O.K
P5	P0측	413	1000	1000	O.K
	A1측	475	1080	1090	O.K
P6	P0측	475	1090	1090	O.K
	A1측	475	1110	1110	O.K
P7	P0측	475	1090	1090	O.K
	A1측	424	1010	1010	O.K
A1	P0측	424	550	550	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 16.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 16.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
P0	45.4	14.6	0.000012	123.4	67.2	21.6	
P1	45.4	14.6	0.000012	78.6	42.8	13.8	
P2	45.4	14.6	0.000012	18.6	10.1	3.3	
P3	45.4	14.6	0.000012	63.4	34.5	11.1	
P4(시점)	45.4	14.6	0.000012	123.4	67.2	21.6	
P4(종점)	45.4	14.6	0.000012	97.5	53.1	17.1	
P5	45.4	14.6	0.000012	55	30.0	9.6	
P6	고정단						
P7	45.4	14.6	0.000012	55	30.0	9.6	
A1	45.4	14.6	0.000012	97.5	53.1	17.1	

1) 조사당시 온도 : 25.4℃(조사일 : 2022년 08월 23일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)

【표 16.3.11】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P0	SH1	10(P0)	210	190	67.2	21.6	±200.0	O.K
	SH2	10(P0)	210	190			±200.0	O.K
P1	SH1	10(P0)	130	110	42.8	13.8	±120.0	O.K
	SH2	10(P0)	130	110			±120.0	O.K
P2	SH1	0	100	100	10.1	3.3	±100.0	O.K
	SH2	0	100	100			±100.0	O.K
P3	SH1	5(A1)	85	75	34.5	11.1	±80.0	O.K
	SH2	5(A1)	85	75			±80.0	O.K
P4(시점)	SH1	10(A1)	210	190	67.2	21.6	±200.0	O.K
	SH2	40(A1)	240	160			±200.0	O.K
P4(종점)	SH3	10(P0)	210	190	53.1	17.1	±200.0	O.K
	SH4	20(P0)	220	180			±200.0	O.K
P5	SH1	5(P0)	125	115	30.0	9.6	±120.0	O.K
	SH2	0	120	120			±120.0	O.K
P6		고정단						
P7	SH1	0	120	120	30.0	9.6	±120.0	O.K
	SH2	0	120	120			±120.0	O.K
A1	SH1	30(A1)	230	170	53.1	17.1	±200.0	O.K
	SH2	30(A1)	230	170			±200.0	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

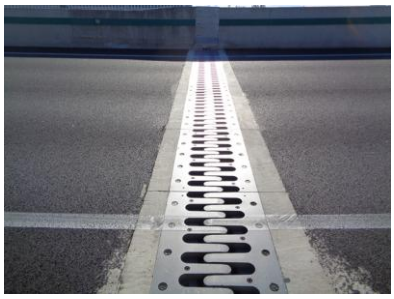
② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 P0, P4, A1 모두 강핑거 조인트로 시공된 상태이다.

		
EXP.J1(P0) 전경	EXP.J2(P4) 전경	EXP.J3(A1) 전경

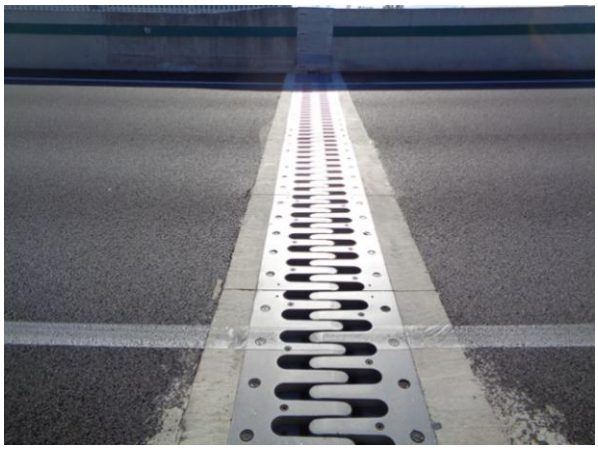
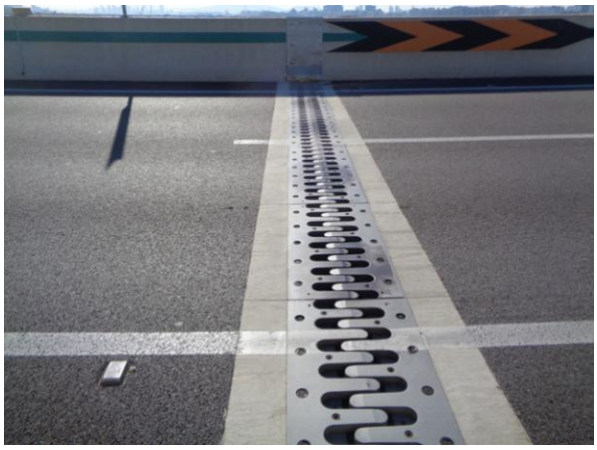
【사진 16.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 16.3.12】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	여유량 부족 (개소)	
P0 (EXP J1)	-	-
P4 (EXP J2)	-	-
A1 (EXP J3)	1.00	1
합계	1.00	1

	
P0 상태양호	P4 상태양호
	
A1 상태양호	P4 하부 상태양호

【사진 16.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음의 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 18. 기온 적용: 9.4℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−9.4℃ = 30.6℃
△T(수축시) : −20.0℃−(9.4℃) = 29.4℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 16.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 16.3.13】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
P0	29.4	30.6	0.000012	318.4	112.3	116.9	145	230	280	
P4	29.4	30.6	0.000012	220.9	77.9	81.1	115	250	300	
A1	29.4	30.6	0.000012	97.5	34.4	35.8	90	90	120	

1) 조사당시 온도 : 9.4℃(조사일 : 2022년 10월 18일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)

【표 16.3.14】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
P0	신축이음	112.3	116.9	145	300	42.70	28.10	O.K
	바닥판			230	-	-	113.1	O.K
	거더			280	-	-	163.1	O.K
P4	신축이음	77.9	81.1	115	250	57.10	33.90	O.K
	바닥판			250	-	-	168.9	O.K
	거더			300	-	-	218.9	O.K
A1	신축이음	34.4	35.8	90	100	-24.40	54.20	N.G
	바닥판			90	-	-	54.2	O.K
	거더			120	-	-	84.2	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A1 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 남고양IC2교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.

	
교면포장 전경(STB)	교면포장 전경(라멘)

【사진 16.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장의 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 16.3.15】 교면포장 현장조사 결과

구분		상태양호	
STB	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
	S8	-	-
라멘	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-

	
교면포장 상태양호(STB)	교면포장 상태양호(라멘)
	
교면포장 상태양호	교면포장 상태양호(라멘)

【사진 16.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장의 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 남고양IC2교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 16.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이나 배수관 누수가 1개소 조사되었다.

【표 16.3.16】 배수시설 현장조사 결과

구분		배수관 누수 (개소)	
STB	S1	1.00	1
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
	S8	-	-
라멘	S1	-	-
	S2	-	-
합계		1.00	1

	
STB-S1 배수관 누수	STB-S1 배수관 누수
	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 16.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 전반적으로 양호한 상태이나 시공미흡 등에 의한 배수관 누수가 조사되었으며, 부재의 내구성 확보 차원에서 정비를 실시하는 것이 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

	
방호벽 전경(우측)	방호벽 전경(좌측)

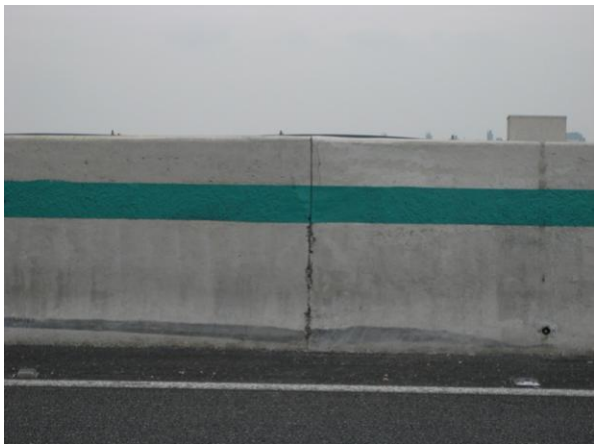
【사진 16.3.23】 방호벽 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 국부적인 균열(0.3㎜미만), 파손이 조사되었다.

【표 16.3.17】 방호벽 현장조사 결과

구분		균열(0.3㎜미만) (m/개소)		파손 (㎡/개소)	
STB	S1	-	-	-	-
	S2	-	-	-	-
	S3	15.00	10	-	-
	S4	-	-	-	-
	S5	-	-	-	-
	S6	-	-	0.15	1
	S7	-	-	-	-
	S8	-	-	-	-
라멘	S1	-	-	-	-
	S2	-	-	-	-
합계		15.00	10	0.15	1

	
STB-S3 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	STB-S6 방호벽 파손(0.1×1.5)
	
방호벽 전경(좌측)	방호벽 전경(우측)

【사진 16.3.24】 방호벽 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 물리적 충격, 시공미흡 등에 의한 국부적인 균열(0.3㎜미만), 파손이 조사되었으며, 조사된 손상의 정도는 미미하나 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 남고양IC2교의 점검로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P4~P7, A1에 강재+알루미늄 재질의 점검로가 설치되어 있다.

	
점검로 전경	점검로 전경

【사진 16.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 16.3.18】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P4	-	-
P5	-	-
P6	-	-
P7	-	-
A1	-	-
합계	-	-

	
A1 점검로 상태양호	A1 점검로 상태양호
	
A1 점검로 상태양호	P5 점검로 상태양호

【사진 16.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

16.3.3 현장조사 총괄표

【표 16.3.19】 손상내용 총괄표

구분			손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	STB		상태양호	-	-	-	
	라멘		균열부백태	㎡	0.16	1	
			파손	㎡	0.01	1	
거더	STB	거더외부	상태양호	-	-	-	
		거더내부	상태양호	-	-	-	
	라멘		파손	㎡	0.01	1	
가로보 및 세로보	STB	가로보	상태양호	-	-	-	
		세로보	상태양호	-	-	-	
	라멘	가로보	상태양호	-	-	-	
교대			균열(0.3㎜미만)	m	5.00	2	
			망상균열	㎡	4.00	1	
교각			균열(0.3㎜미만)	m	2.00	1	
			망상균열	㎡	20.00	2	
교량받침			받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	7.30	21	
			받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)	m	2.00	2	
신축이음			여유량 부족	EA	1.00	1	
교면포장			상태양호	-	-	-	
배수시설			배수관 누수	EA	1.00	1	
방호벽			균열(0.3㎜미만)	m	15.00	10	
			파손	㎡	0.15	1	
점검시설			상태양호	-	-	-	

16.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

16.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

16.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 16.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	10	10	10	10	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		2	4	2	4	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



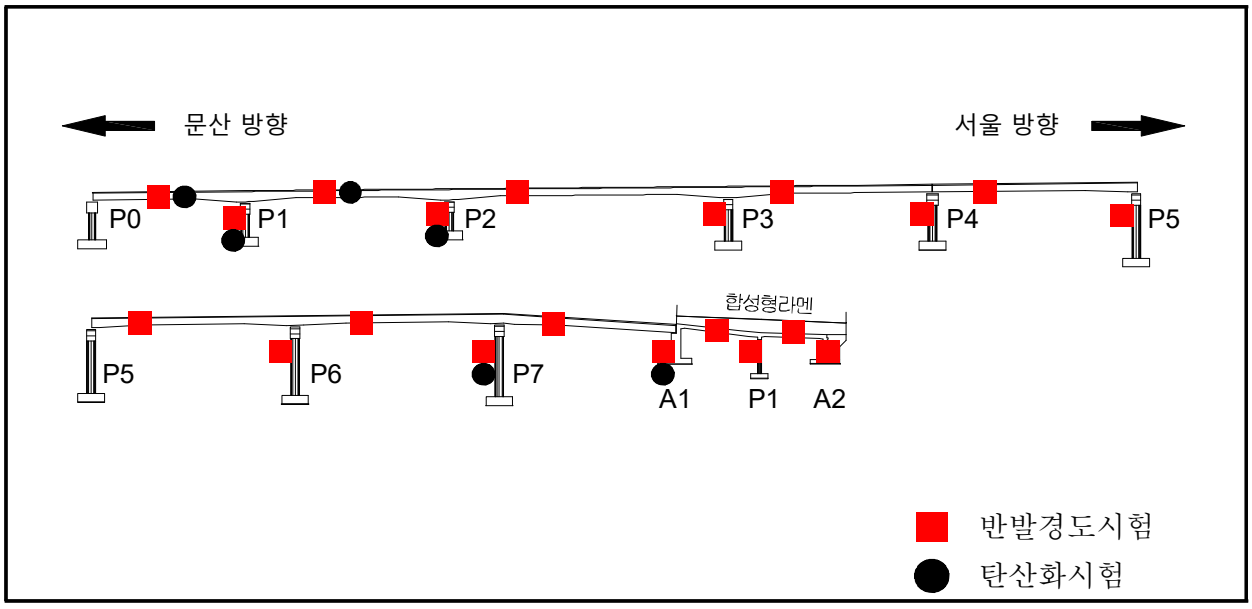
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 16.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 16.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

16.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(각 10개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 16.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판, STB)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1(STB)	바닥판	46.8	27.8	29.0	0.67	27.0	
	S2(STB)	바닥판	46.3	27.3	28.8			
	S3(STB)	바닥판	46.6	27.6	28.9			
	S4(STB)	바닥판	46.4	27.4	28.8			
	S5(STB)	바닥판	46.6	27.6	28.9			
	S6(STB)	바닥판	46.5	27.5	28.8			
	S7(STB)	바닥판	47.0	27.9	29.1			
	S8(STB)	바닥판	46.6	27.6	28.9			

【표 16.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판, 라멘)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1(라멘)	바닥판	46.8	27.8	29.0	0.67	27.0	
	S2(라멘)	바닥판	46.1	27.2	28.7			

【표 16.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대 및 교각, 라멘)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1(라멘)	교대	47.5	28.4	29.3	0.67	27.0	
	P1(라멘)	교각	47.9	28.7	29.5			
	A2(라멘)	교대	47.0	27.9	29.1			

【표 16.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각, STB)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1(STB)	교각	48.1	40.5	48.2	0.67	40.0	
	P2(STB)	교각	48.1	40.6	48.3			
	P3(STB)	교각	49.0	41.4	49.6			
	P4(STB)	교각	48.6	41.1	49.0			
	P5(STB)	교각	49.7	42.2	50.7			
	P6(STB)	교각	49.6	42.0	50.5			
	P7(STB)	교각	49.1	41.5	49.7			

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 STB구간 상부구조 바닥판하면 27.3~29.1㎫, 하부구조 교각 40.5~50.7㎫, 라멘구간 상부구조 바닥판하면 27.2~29.0㎫, 하부구조 교대 및 교각 27.9~29.5㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(STB 구간 – 바닥판: 27.0㎫, 교각: 40.0㎫, 라멘 구간 – 바닥판: 27.0㎫, 교대 및 교각: 27.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 16.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면(STB)	27.3~29.1	27.0	101.3~107.8
	바닥판 하면(라멘)	27.2~29.0	27.0	100.8~107.5
하부구조	교각(STB)	40.5~50.7	40.0	101.4~126.8
	교대 및 교각(라멘)	27.9~29.5	27.0	103.3~109.3

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 16.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	1.5	40.0	38.5	1.06	100년이상	a
	S2 바닥판	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
하부구조	P1 기둥부	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	P2 기둥부	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	P7 기둥부	2.5	100.0	97.5	1.77	100년이상	a
	A1 구체	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.5~2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~2.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 16.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.5~2.0	38.0~38.5	
하부구조	2.0~2.5	97.5~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 16.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면(STB)	27.3~29.1	27.0	■설계강도 이상(양호)
		바닥판 하면(라멘)	27.2~29.0	27.0	
	하부구조	교각(STB)	40.5~50.7	40.0	
		교대 및 교각(라멘)	27.9~29.5	27.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.5~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

16.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

16.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 문제점이 없는 최상의 상태인 'A등급'으로 산정되었다.

【표 16.5.1】 상태평가 결과표(STB)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	P0	STB	a	a	a	a	c	a	a	a	–	–	a	–
S2	P1	STB	a	a	a	a	a	a	–	b	b	q	a	a
S3	P2	STB	a	a	a	a	a	b	–	a	a	q	–	a
S4	P3	STB	a	a	a	a	a	a	–	a	a	q	–	–
S5	P4	STB	a	a	a	a	a	a	–	a	a	q	–	–
S6	P5	STB	a	a	a	a	a	c	–	b	a	q	–	–
S7	P6	STB	a	a	a	a	a	a	–	b	b	q	–	–
S8	P7	STB	a	a	a	a	a	a	–	b	b	q	–	a
	A1								a	a	b	q	–	–
평균			0.100	0.100	0.100	0.100	0.138	0.150	0.100	0.144	0.150	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.020	0.005	0.007	0.004	0.003	0.009	0.013	0.030	–	0.004	0.003
													0.116	
													A	

■ 결함도 범위 : 0 ≤ 결함도지수(0.116) < 0.130

【표 16.5.2】 상태평가 결과표(라멘)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 상,하부
S1	A1	라멘	b	a	a	a	a	a	-	-	a	q	a
S2	P1	라멘	b	b	a	a	a	a	-	-	a	q	-
	A2								-	-	a	q	-
평균			0.200	0.150	0.100	0.100	0.100	0.100	-	-	0.100	-	0.100
가중치			22	23	5	7	3	2	-	-	31	-	7
(평균×가중치) /가중치합			0.044	0.035	0.005	0.007	0.003	0.002	-	-	0.031	-	0.007
													0.134
													B

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.134) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 16.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
남고양IC2교 (STB)	0.116	A	441.828	2	884	0.886	0.103
남고양IC2교 (라멘)	0.134	B	57.035	2	114	0.114	0.015
합계(∑)			498.863	4	998	1.000	0.118
1. 평가지수 =							0.118
2. 상태평가결과 =							A

16.5.2 기 점검 결과와의 비교

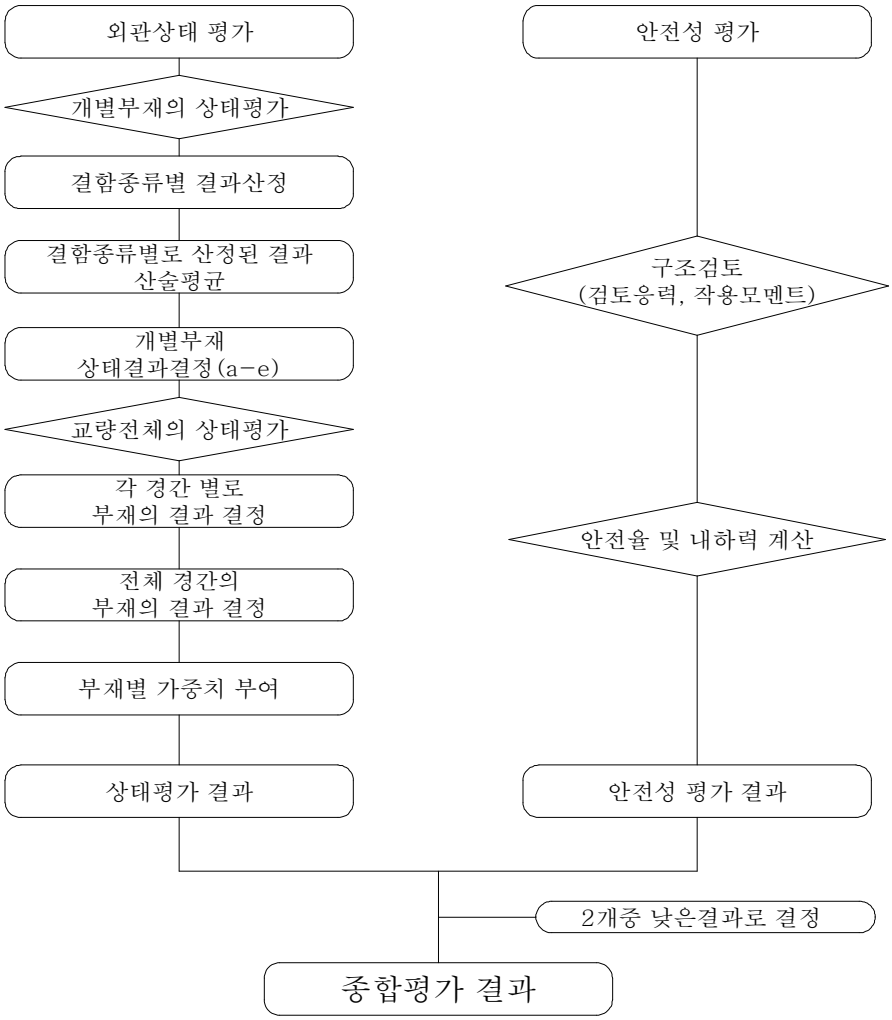
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

16.6 종합평가 및 안전등급 지정

16.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 16.6.1】 종합평가 결과 산정절차

16.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “A” 로 평가되었다.

【표 16.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
남고양IC2교	0.118	A	-	-	A
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 문제점이 없는 최상의 상태인 “A” 로 평가됨 •종합평가 결과, “A” 로 평가됨				

16.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『문제점이 없는 최상의 상태』인 **“A등급”** 으로 지정하였다.

【표 16.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

16.7 보수·보강 및 유지관리방안

16.7.1 보수·보강 방안

【표 16.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분			손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	STB		상태양호	-	-	-	-	-
	라멘		균열부백태	㎡	0.16	1	표면처리	하자
			파손	㎡	0.01	1	단면보수	하자
거더	STB	거더외부	상태양호	-	-	-	-	-
		거더내부	상태양호	-	-	-	-	-
	라멘		파손	㎡	0.01	1	단면보수	하자
가로보 및 세로보	STB	가로보	상태양호	-	-	-	-	-
		세로보	상태양호	-	-	-	-	-
	라멘	가로보	상태양호	-	-	-	-	-
교대			균열(0.3㎜미만)	m	5.00	2	표면처리	하자
			망상균열	㎡	4.00	1	표면처리	하자
교각			균열(0.3㎜미만)	m	2.00	1	표면처리	하자
			망상균열	㎡	20.00	2	표면처리	하자
교량받침			받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	7.30	21	표면처리	하자
			받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)	m	2.00	2	표면처리	하자
신축이음			여유량 부족	EA	1.00	1	정비(재설치)	하자
교면포장			상태양호	-	-	-	-	-
배수시설			배수관 누수	EA	1.00	1	정비	하자
방호벽			균열(0.3㎜미만)	m	15.00	10	표면처리	하자
			파손	㎡	0.15	1	단면보수	하자
점검시설			상태양호	-	-	-	-	-

16.7.2 개략공사비

【표 16.7.2】 개략공사비

구 분		손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	라멘	균열부백태	표면처리	0.16	0.24	㎡	-	-	하자
		파손	단면보수	0.01	0.02	㎡	-	-	하자
거더	라멘	파손	단면보수	0.01	0.02	㎡	-	-	하자
교대		균열(0.3㎜미만)	표면처리	5.00	1.25	㎡	-	-	하자
		망상균열	표면처리	4.00	6.00	㎡	-	-	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	표면처리	2.00	0.50	㎡	-	-	하자
		망상균열	표면처리	20.00	30.00	㎡	-	-	하자
교량받침		받침몰탈 균열 (0.3㎜미만)	표면처리	7.30	1.83	㎡	-	-	하자
		받침콘크리트 균열 (0.3㎜미만)	표면처리	2.00	0.50	㎡	-	-	하자
신축이음		여유량 부족	정비(재설치)	1.00	1.00	EA	-	-	하자
배수시설		배수관 누수	정비	1.00	1.00	EA	-	-	하자
방호벽		균열(0.3㎜미만)	표면처리	15.00	3.75	㎡	-	-	하자
		파손	단면보수	0.15	0.23	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)		구 분	1순위		2순위			3순위	
		순공사비	-		-			-	
		재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
		합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)			-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

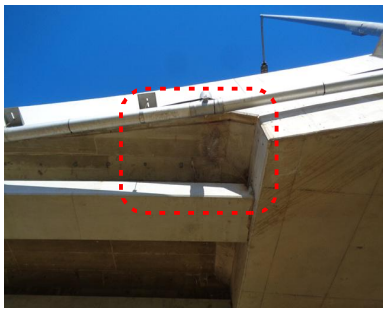
16.7.3 유지관리방안

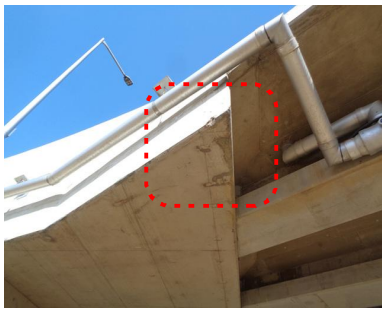
본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 16.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상





① 바닥판 하면 균열부백태, 파손 – 진전 여부확인



② 교각 균열 - 진전 여부 확인

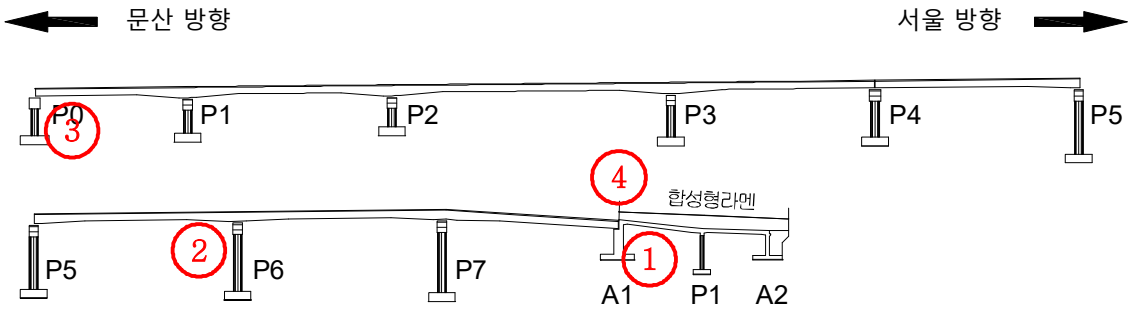




③ 배수시설 S1 배수관 누수 - 정비 및 진전 여부확인



④ 신축이음 A1 수축여유량 부족-
주기적인 계측 필요



16.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 대덕로 426 (현천동)에 위치한 교량으로 총 연장 498.9m, 폭 11.0m의 Steel Box + 합성형 라멘 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

16.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면의 현장조사 결과 STB 구간은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 합성형 라멘 구간은 시공초기 건조수축, 온도변화, 수분침투, 물리적충격, 시공미흡 등에 의한 국부적인 균열부백태, 파손이 조사되어 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수 등을 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- STB구간 거더외부 및 내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 합성형 라멘구간 거더는 전반적으로 양호한 상태이나 시공시 물리적인 충격, 시공미흡 등에 의한 국부적인 파손이 조사되었으며, 내구성 확보 차원에서 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

3) 가로보 및 세로보

- STB 구간의 가로보, 세로보 및 합성형 라멘 구간의 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대의 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 균열(0.3㎜ 미만), 망상균열이 조사되었으며, 조사된 손상의 정도는 미미하나 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 바람직하다.

5) 교각

- 교각의 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 균열(0.3㎜ 미만), 망상균열이 조사되었으며, 조사된 손상의 정도는 미미하나 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 바람직하다.

6) 교량받침

- 교량받침의 현장조사 결과 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 국부적인 받침몰탈 및 받침콘크리트 균열이 조사되었으며, 조사된 손상의 정도는 미미하나 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음의 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A1 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

8) 교면포장

- 교면포장의 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

9) 배수시설

- 배수구는 전반적으로 양호한 상태이나 시공미흡 등에 의한 배수관 누수가 조사되었으며, 부재의 내구성 확보 차원에서 정비를 실시하는 것이 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 물리적 충격, 시공미흡 등에 의한 국부적인 균열(0.3㎜미만), 파손이 조사되었으며, 조사된 손상의 정도는 미미하나 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

11) 교량 점검시설

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 STB구간 상부구조 바닥판하면 27.3~29.1㎫, 하부구조 교각 40.5~50.7㎫, 라멘구간 상부구조 바닥판하면 27.2~29.0㎫, 하부구조 교대 및 교각 27.9~29.5㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(STB 구간 – 바닥판: 27.0㎫, 교각: 40.0㎫, 라멘 구간 – 바닥판: 27.0㎫, 교대 및 교각: 27.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.5~2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~2.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 남고양IC2교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.118인 “A”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 남고양IC2교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태인」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

16.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

16.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

17. 남고양IC1교

17.1 시설물 개요

17.2 자료수집 및 분석

17.3 현장조사

17.4 콘크리트 내구성조사

17.5 상태평가

17.6 종합평가 및 안전등급 지정

17.7 보수·보강 및 유지관리 방안

17.8 종합결론

17. 남고양IC1교

17.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 자유로 88 (덕은동)에 위치한 교량으로 총 연장 120.0m, 폭 11.0m로 시공되어 있다.

17.1.1 일반사항

【표 17.1.1】 남고양IC1교 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000236	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 자유로 88 (덕은동)	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		-	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=120.0m (2@60=120m)			
	폭	B=11.0m, 2차로			
구조 형식	상부	Steel Box	기초 형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교 각	현장타설말뚝
교량받침		면진받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물		-	통과높이		-
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		지에스건설㈜	설 계 자		㈜다산컨설턴트
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체		서울문산고속도로주식회사

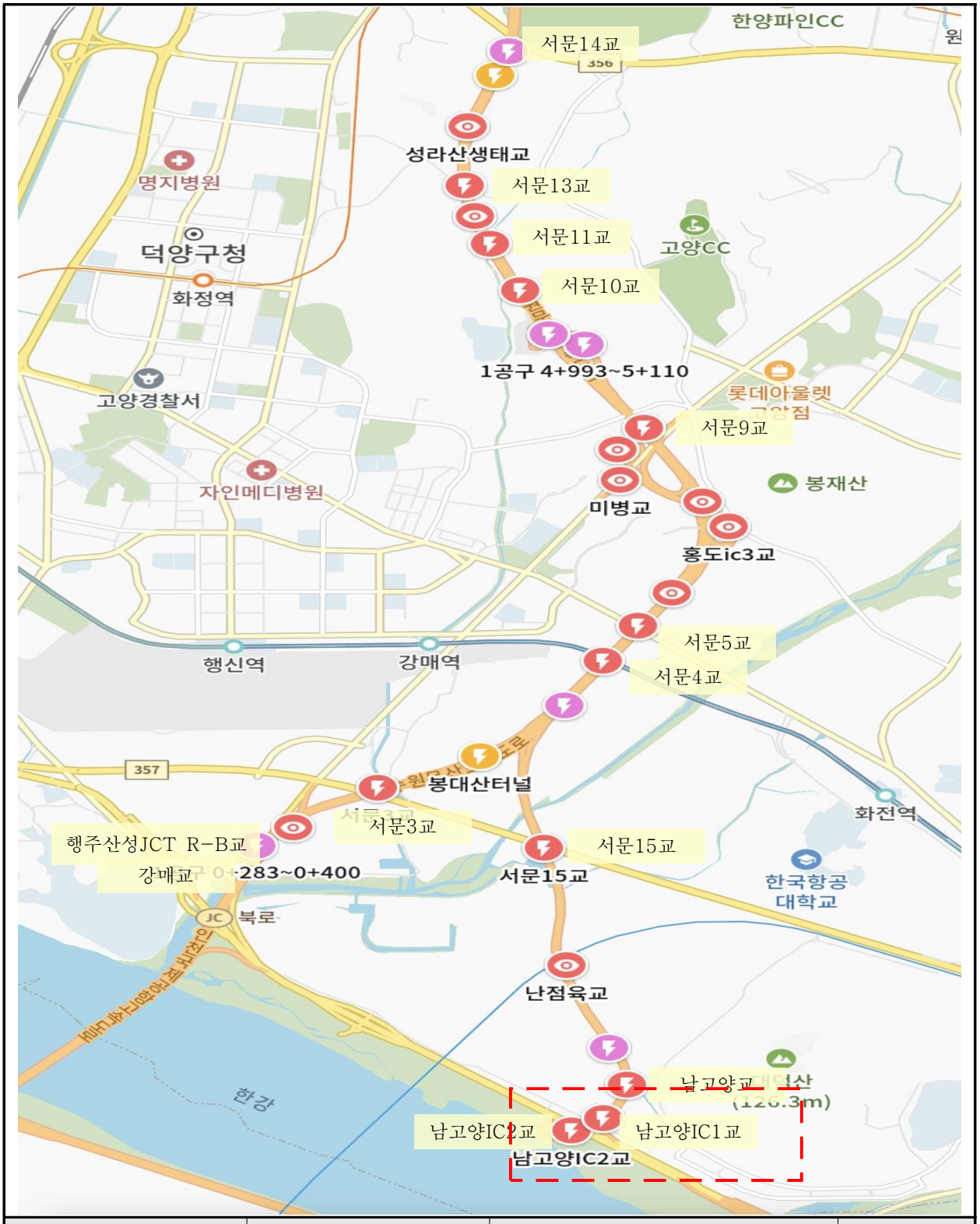


측면 전경



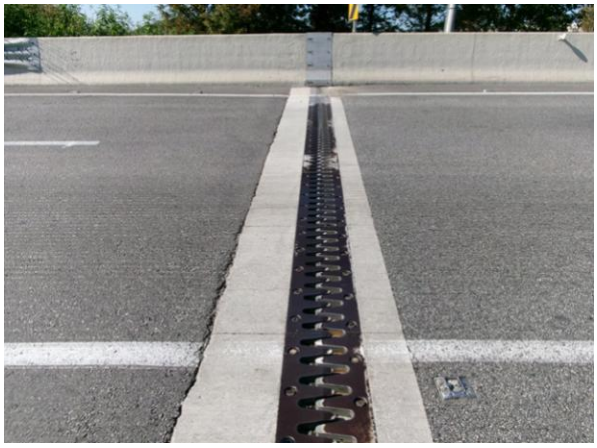
상부 전경

17.1.2 위치도 및 전경사진



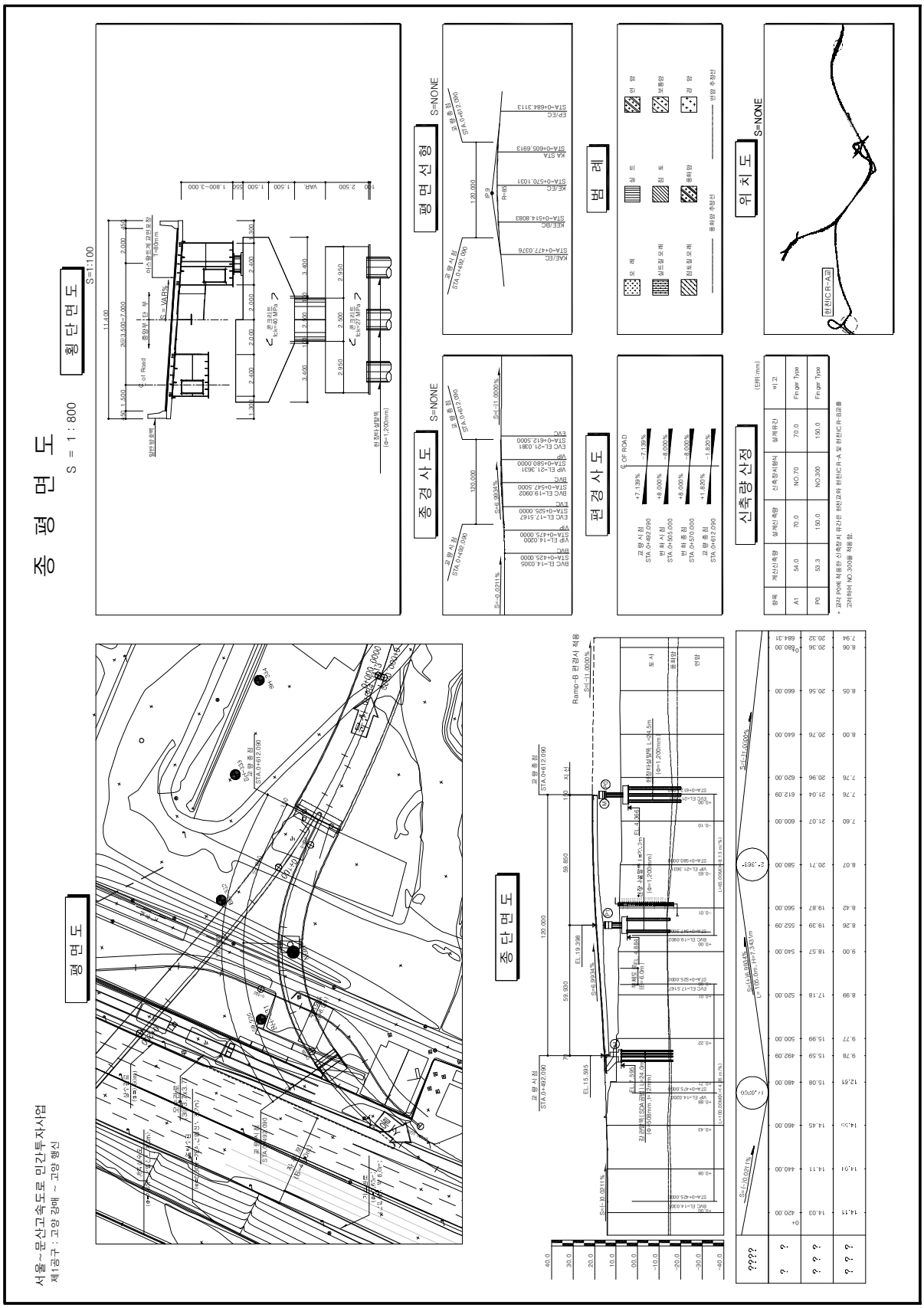
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 17.1.1】 위치도

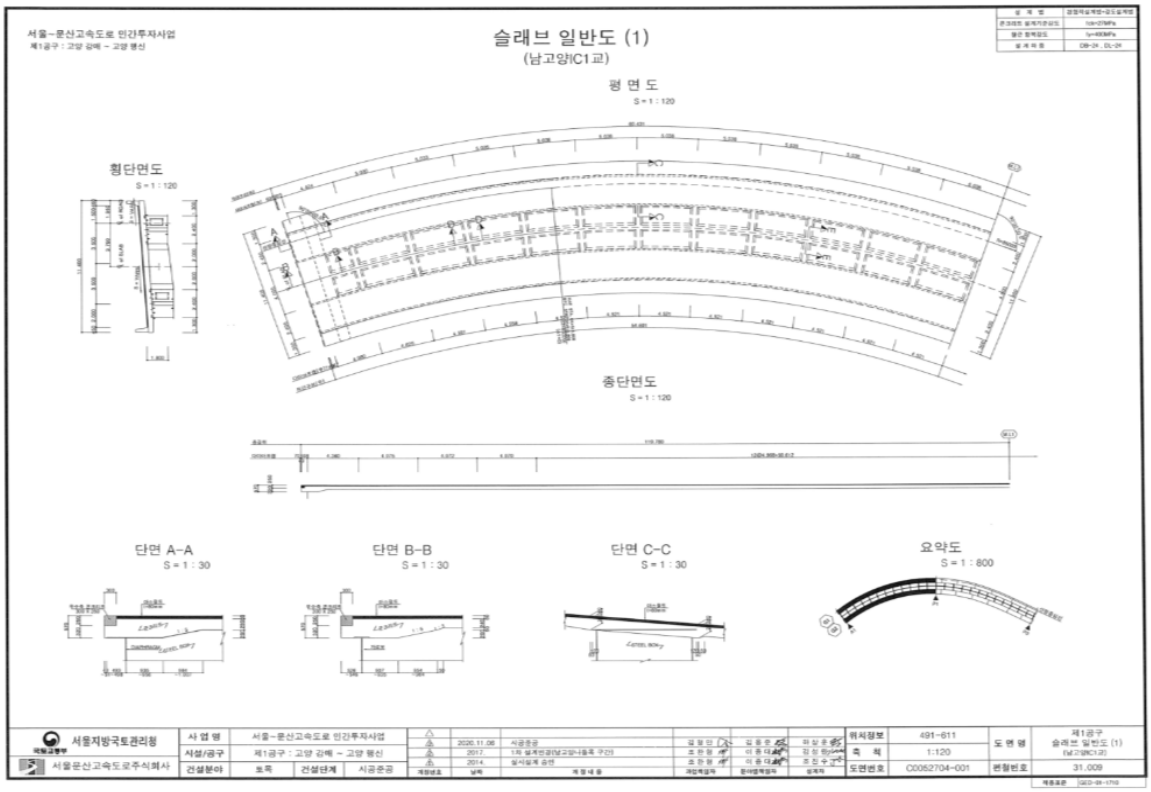
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더외부, 바닥판하면 전경	거더내부 전경
	
교대 전경	교각 전경

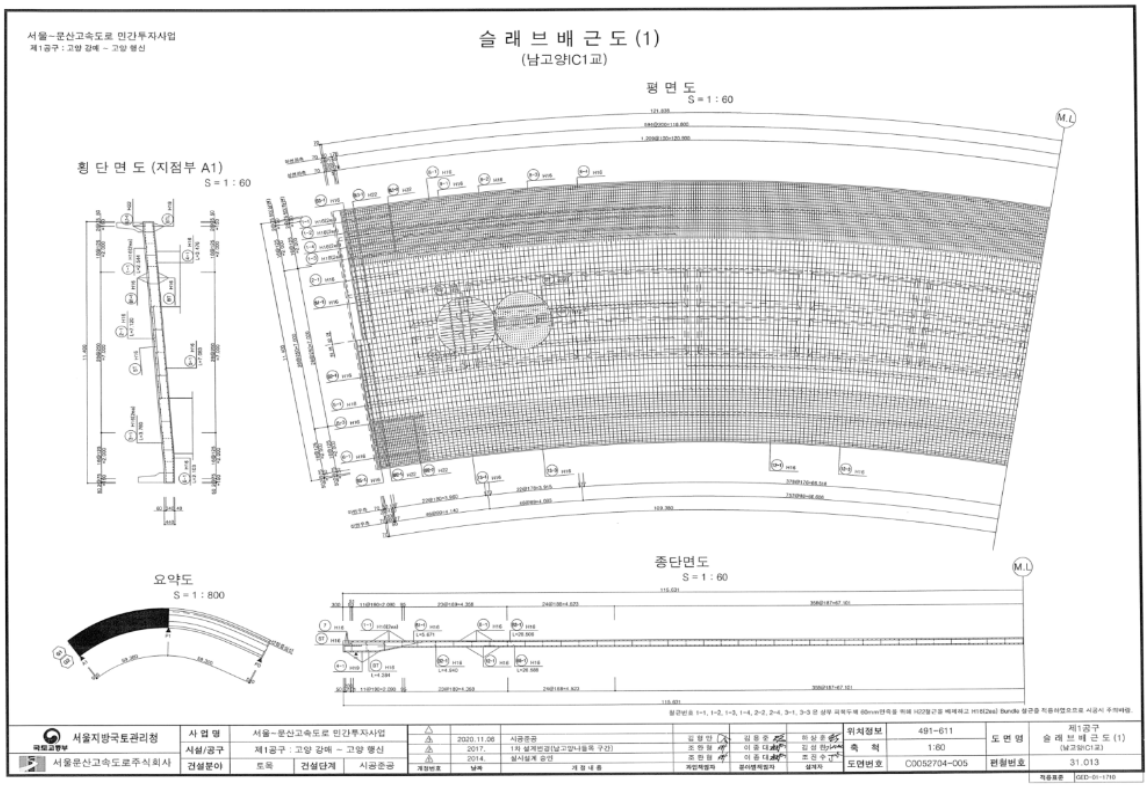
【그림 17.1.2】 부재별 현황

17.1.3 시설물 일반도

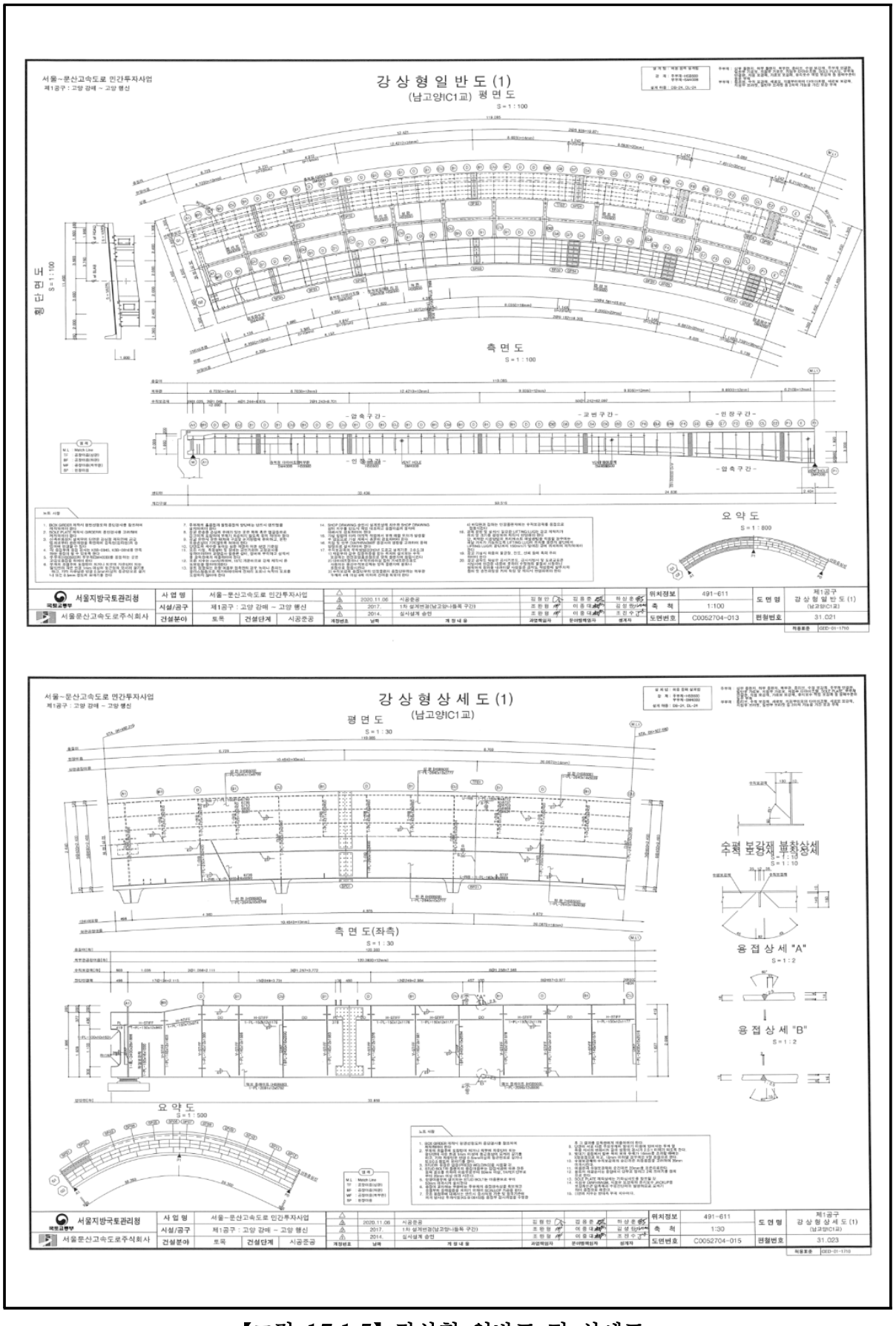


【그림 17.1.3】 평면 및 종단면도

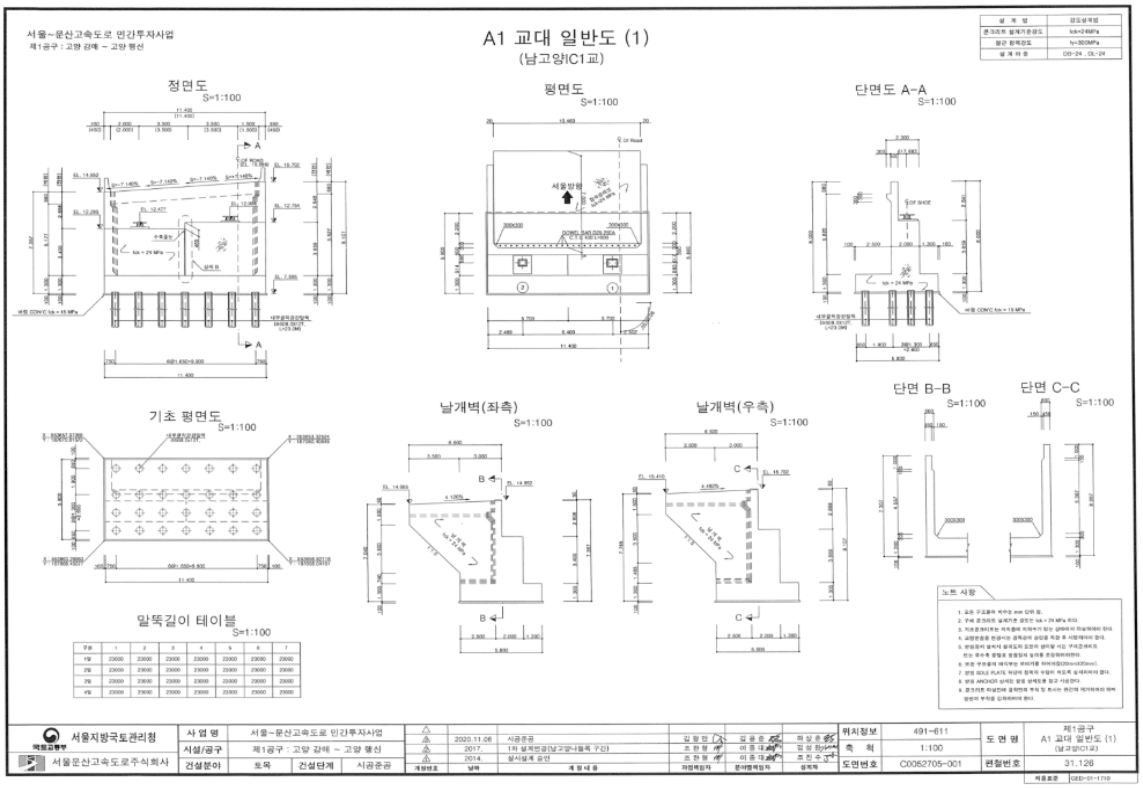


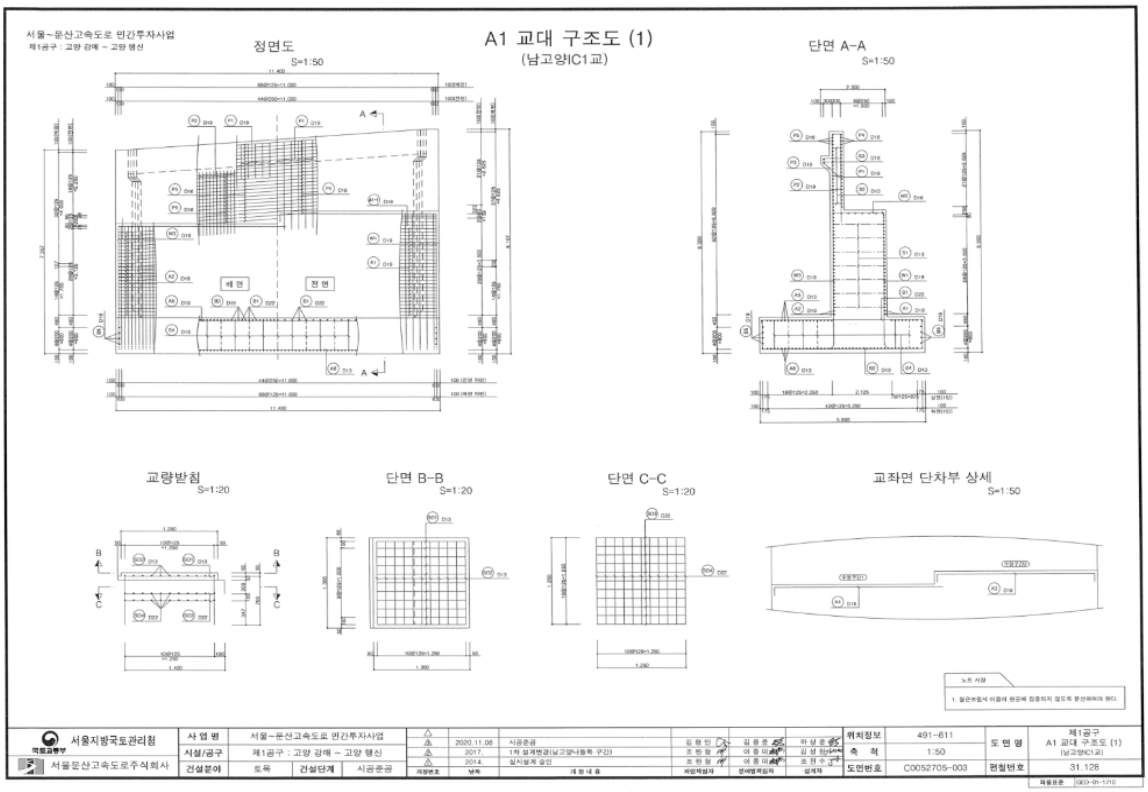


【그림 17.1.4】 바닥판하면 일반도 및 구조도

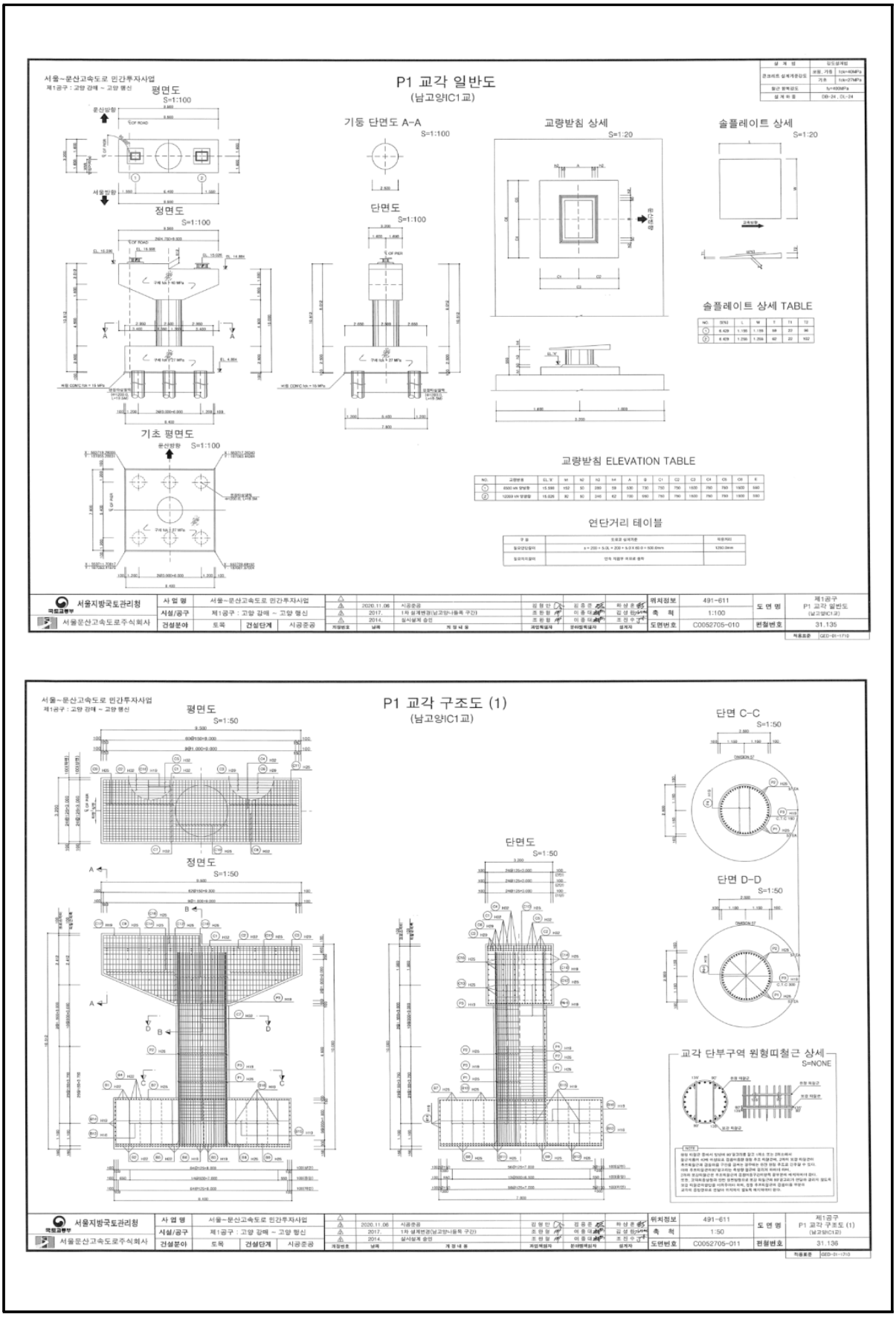


【그림 17.1.5】 강상형 일반도 및 상세도

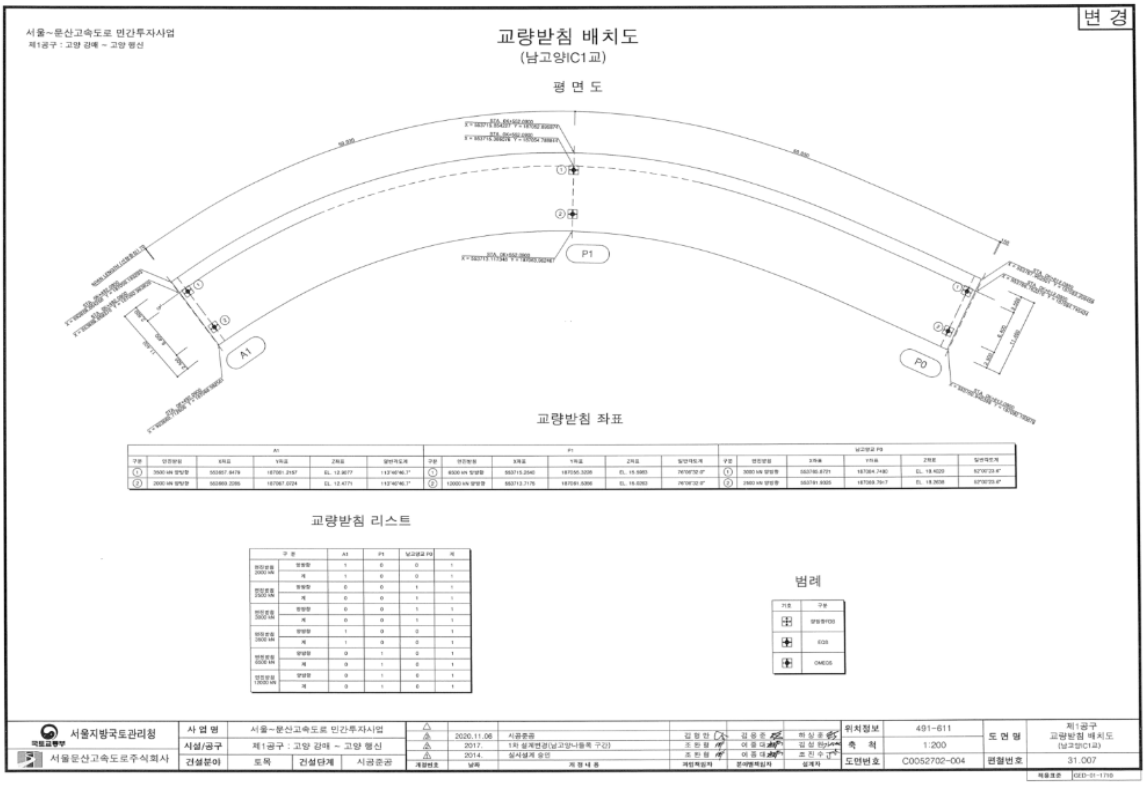


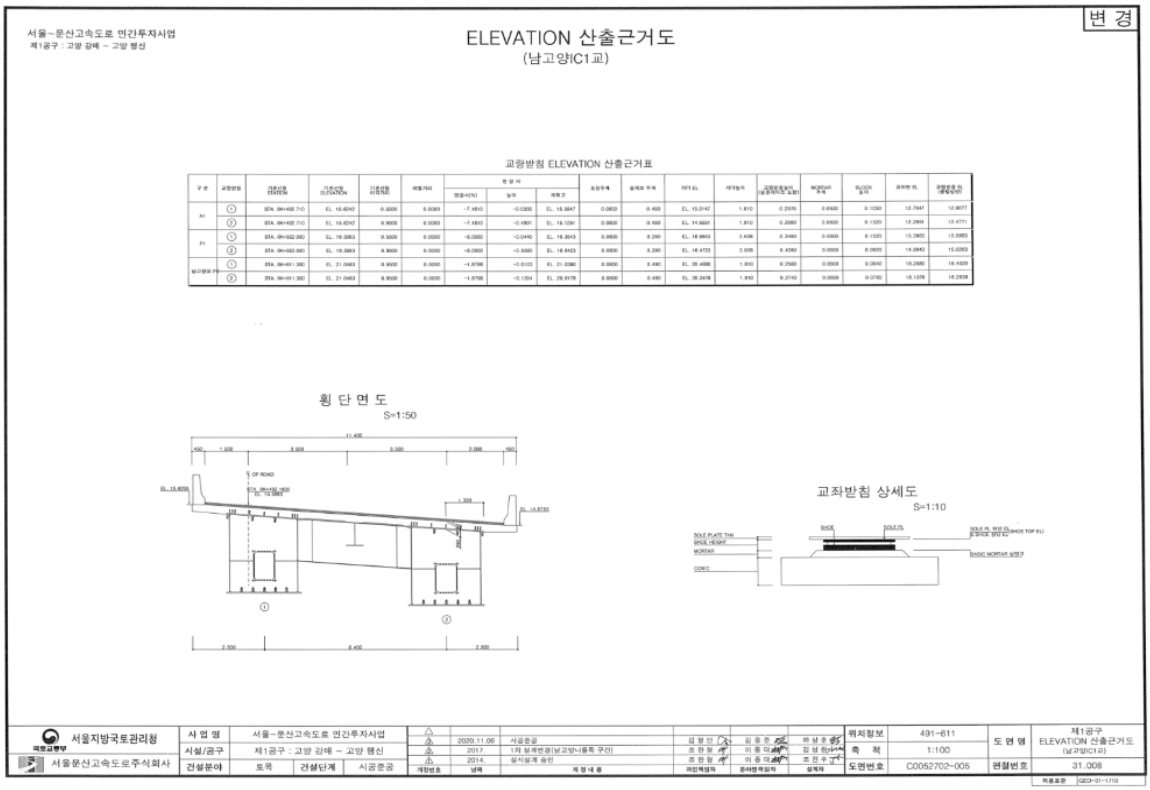


【그림 17.1.6】 교대 일반도 및 구조도



【그림 17.1.7】 교각 일반도 및 구조도





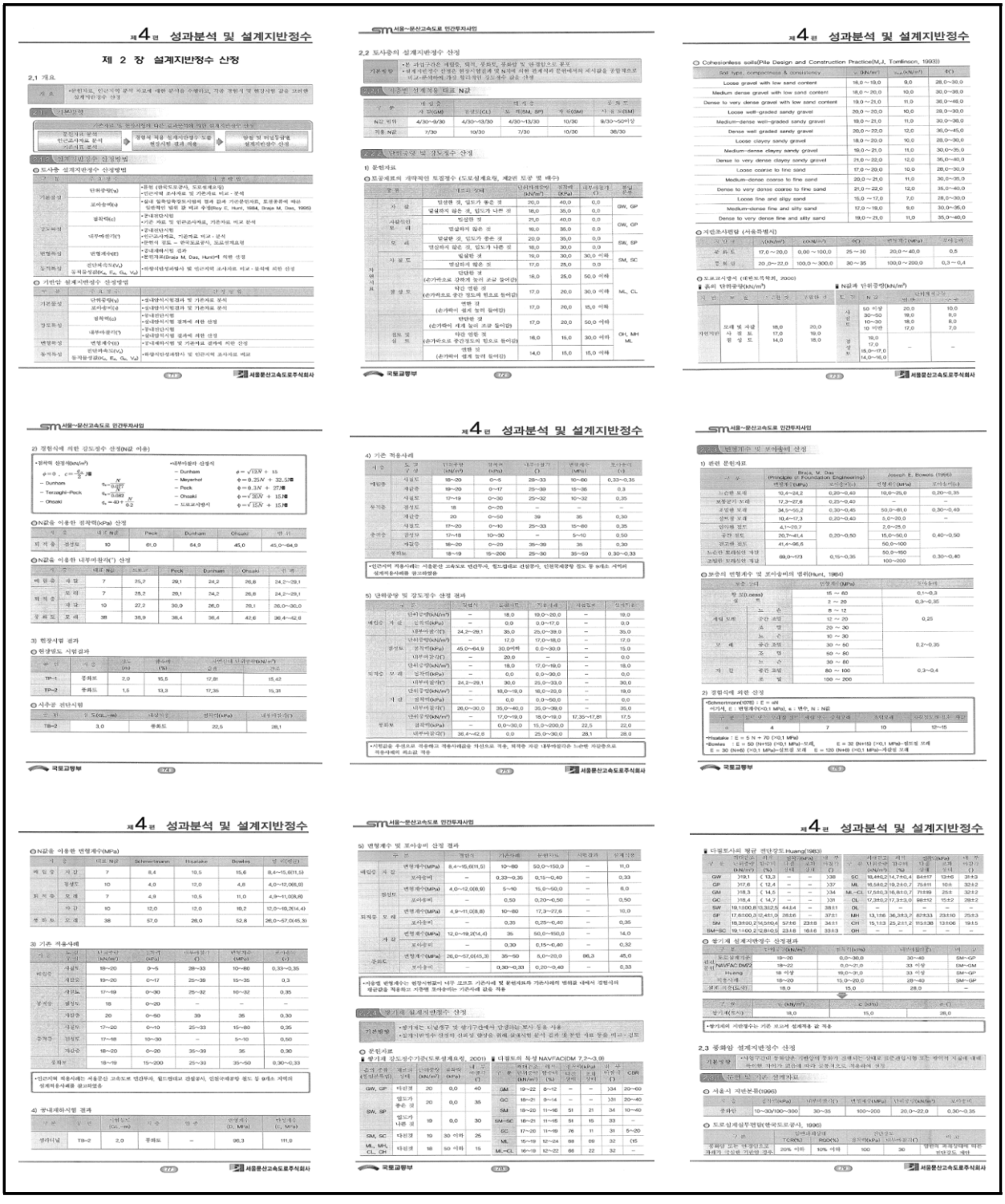
【그림 17.1.8】 교량받침 배치도

17.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

17.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비 고
시연안정 학술발표회	1996	21	30	35	–
	2001	20	30	35	–
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편 암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범 위		19.5~21	10~30	30~36	–

○ 기존 적용사례

구 분	단위중량(kN/m³)	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0.30~0.31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공 번	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31.1	31.4	156.1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	–	19.5~22.0	20.0~22.0	–	20.0
포아송비(v)	–	0.20~0.45	0.30~0.31	–	0.30

○ 전단강도 및 변형계수

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	–	10.0~300	20~50	31.1	30.0
내부마찰각 (°)	) 39.5	30.0~36.0	30~33	31.4	31.0
변형계수(MPa)	–	200	50.0~350.0	156.1	150.0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 산정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암 석 종 류 (강도)	암 반 과 쇄 상 태 (NX 규격 시추조사시)		암반의 강도정수	
	T.C.R(%)	R.Q.D(%)	φ (°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
	20~30%	10~25%	33°	130
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반명	단위중량 γ (kN/m³)	내부마찰각 φ (°)	변형계수 E_s (MPa)	포아송비 ν
연 암	23~25	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0.25
경 암	25~27	35~45	1,000~4,000	0.20

2) 기존 적용사례

구 분		단위중량(kN/m³)	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널 구간	Ⅰ등급	27	4,200	44~45	18,000	0.21
	Ⅱ등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0.22
	Ⅲ등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0.24
	Ⅳ등급	24	800~900	34	1,000	0.25
	Ⅴ등급	23	400	33	500	0.26

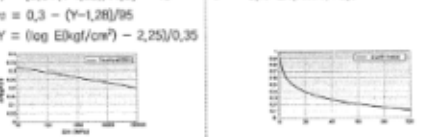
•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

○ 제안자별 경험식

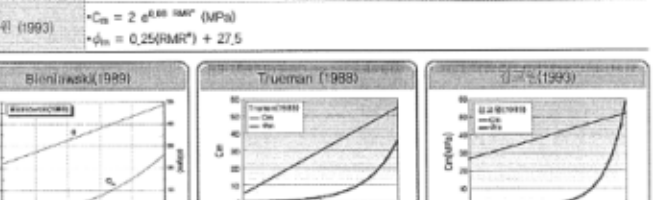
▮ 단위중량 및 포아송비

구 분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산 정 식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y-1.28)/14.3] × 10 ν = 0.3 − (Y-1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35	ν = −0.17 Ln(RMR')+0.9

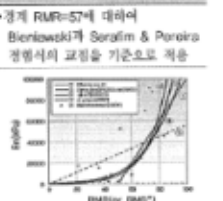


▮ 점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	관 계 경 험 식
•Bieniawski (1989)	•C_m = −0.051 + 0.008R − 3.346 × 10^{-5}RMR² •ϕ_m = −0.086 + 0.7891RMR − 0.0031 RMR²
•Trueman (1988)	•C_m = 0.25 $e^{0.05\,RMR}$ (Mpa) •ϕ_m = 0.5RMR + 5
•김교원 (1993)	•C_m = 2 $e^{0.06\,RMR'}$ (MPa) •ϕ_m = 0.25(RMR') + 27.5



▮ 변형계수

변형계수 경험식	관 계 경 험 식	적 용 내 용
•Bieniawski (1978)	E_m = 2RMR−100(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	E_m = $10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	E_m = 3 $e^{0.07RMR'}$(GPa) − RMR' : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	E_m = 0.0097 RMR$^{3.54}$ (MPa)	
•Mohammad (1997)	E_m = 0.582 RMR + 0.183 (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구 분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	단위중량(kN/m³) 김교원 (1993)	포아송비(v) Tsuchiya (1984)	포아송비(v) 김교원 (1993)
터널 구간	Ⅰ등급	81	26.3	–	0.21	0.15
	Ⅱ등급	64	25.5	–	0.22	0.19
	Ⅲ등급	53	24.8	–	0.23	0.22
	Ⅳ등급	36	23.8	–	0.24	0.29
	Ⅴ등급	10	22.1	–	0.27	0.49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구 분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	점착력(kPa) Truman (1988)	점착력(kPa) 김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	내부마찰각(φ) Truman (1988)	내부마찰각(φ) 김교원 (1993)
터널 구간	Ⅰ등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	Ⅱ등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	Ⅲ등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	Ⅳ등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	Ⅴ등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구 분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Serafim & Pereira(1983)	변형계수(MPa) 김교원(1993)	변형계수(MPa) Aydan(1977)
터널 구간	Ⅰ등급	81	65,000	93,300	55,300
	Ⅱ등급	64	28,000	28,300	24,000
	Ⅲ등급	53	11,800	13,100	12,300
	Ⅳ등급	36	4,400	3,900	3,100
	Ⅴ등급	10	1,000	600	–

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11.0	연 암	화강암질 편마암	Ⅳ	980.3	1,166.2
	TB-3	17.0	연 암	화강암질 편마암	Ⅳ	598.9	908.3

○실내시험 결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	탄성파속도(m/s) S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	Ⅳ	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	Ⅲ	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	Ⅲ	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	Ⅲ	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	Ⅲ	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	Ⅲ	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	Ⅳ	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	Ⅲ	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	지 층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적 용	포아송비(v) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	Ⅰ등급	27	26.3	–	27.0	0.21	0.15~0.21	–	0.21
	Ⅱ등급	26	25.5	–	26.0	0.22	0.19~0.22	–	0.22
	Ⅲ등급	25	24.8	26.65~26.90	25.0	0.24	0.22~0.23	0.16~0.19	0.24
	Ⅳ등급	24	23.8	27.08~28.93	24.0	0.25	0.24~0.29	0.16~0.21	0.25
	Ⅴ등급	23	22.1	–	23.0	0.26	0.27~0.49	–	0.26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 저대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구 분	지 층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적 용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적 용
터널구간	Ⅰ등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	Ⅱ등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	Ⅲ등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	Ⅳ등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	Ⅴ등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구 분	지 층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	Ⅰ등급	18,000	55,300~93,300	–	18,000
	Ⅱ등급	13,000~15,000	24,000~28,300	–	13,000
	Ⅲ등급	4,000~6,000	11,800~13,100	–	4,000
	Ⅳ등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	Ⅴ등급	500	600~1,000	–	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)	암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)
각 섬 암	32	화강암 (조립질)	31~35
현 무 암	31~38	석 회 암	33~40
역 암	35	반 암	31
백 악	30	사 암	25~35
백 운 암	27~31	셰 일	27
편마암 (편암질)	23~29	미 사 암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점 판 암	25~30

주) 작은 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & J.W.Bray

암 석 명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비 고
점착력이 없는 물질	발파 / 파쇄 암석	현무암 백악 화강암 석회암 사암 셰일	40.0 ~ 50.0 30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0 35.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 35.0	–	–
점착력이 있는 물질	암 석	견고한 화성암 변성암 견고한 퇴적암 연약한 퇴적암	35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 25.0 ~ 35.0	35.7 ~ 56.1 20.4 ~ 40.8 10.2 ~ 30.6 1.0 ~ 20.4	(화강암, 현무암, 반암) (규암, 편마암, 점판암) (석회암, 백운석, 사암) (사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암 석 명	설 명	최대강도 c'(kPa)	최대강도 φ (°)	잔류강도 c'(kPa)	잔류강도 φ (°)	시 험 자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240.0	42.0	–	–	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15.0 90.0~120.0 60.0~100.0	7.5 12.0~17.0 9.0~13.0	–	–	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0.0~270.0	8.5~29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0.0~180.0	12.0~18.5	0.0~3.0	10.5~16.0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60.0	32.0	–	–	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	–	–	0.0	19.0~25.0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
점판응암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0~13.0	16.0	0.0	11.0~11.5	Stimpson & Walton[114]
미분석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
실트암, 화상 쇄설암 및 편암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0.0	26.5	–	–	Brawner[116]
화강암 /편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 약화됨, 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0.0~100.0 50.0~242.0	24.0~25.0 40.0~42.0	–	–	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	–	–	0.0	21.0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0~200.0	13.0~14.0 17.0~21.0	0.0	13.0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80.0 100.0	38.0 10.0	–	–	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0~24.0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14.0~30.0	15.0~17.5	–	–	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360.0 16.0~20.0	14.0 7.5~11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126]
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30.0~80.0 610.0~740.0 380.0	32.0 41.0 31.0	–	–	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50.0	33.0	–	–	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42.0~90.0	36.0~38.0	–	–	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구 분	현무암	역 암	편마암	화강암	사 암	셰 일
마찰각(°)	31.0 ~ 38.0	35.0	23.0 ~ 29.0	29.0 ~ 35.0	25.0 ~ 35.0	27.0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C, Wyllie, 1992)

구 분	암 종	내부마찰각(°)	비 고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20.0 ~ 27.0	–
Medium-friction Rocks	27.0 ~ 34.0	–	–
사암, 역암, 편마암, 슬레이트	–	–	–

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암 종	점착력(kPa) 기존문헌	점착력(kPa) 실내시험	점착력(kPa) 설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	내부마찰각(°) 실내시험	내부마찰각(°) 설계적용
편마암	–	47.0~59.0	47.0	–	34.7~39.1	34.0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개 요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음

•Imai, Yoshimura(1970) V_s = 76×$N^{0.33}$ • Imai(1982) V_s = 97.0×$N^{0.314}$

•Okamoto(1989) V_s = 125×$N^{0.3}$ • Oba, Toriumi(1990) V_s = 84×$N^{0.31}$

− 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$

− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$

− 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1-2\nu_d)$ 여기서, ρ=γ/g , γ=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구 분		하향식탄성파 V_p(m/s)	하향식탄성파 V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비 고
매립층		–	–	144.4~224.1	180	–
퇴적층	점토	–	–	162.5~249.4	200	–
	모래	–	–	144.4~224.1	170	–
	자갈	–	–	162.5~249.4	190	–
풍화토		919~984	375~408	252.4~372.3	392	–
풍화암		1,103~1,185	511~577	276.4~404.2	544	–
연 암		1,786~1,881	927~980	–	954	4등급
경 암		2,168~2,323	1,192~1,277	–	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

분석결과	•내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
	일반	
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
	일반	
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
	일반	
균열 간격이 없을때	불투수성	1.0×10^{-9} 이상
	일반	

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

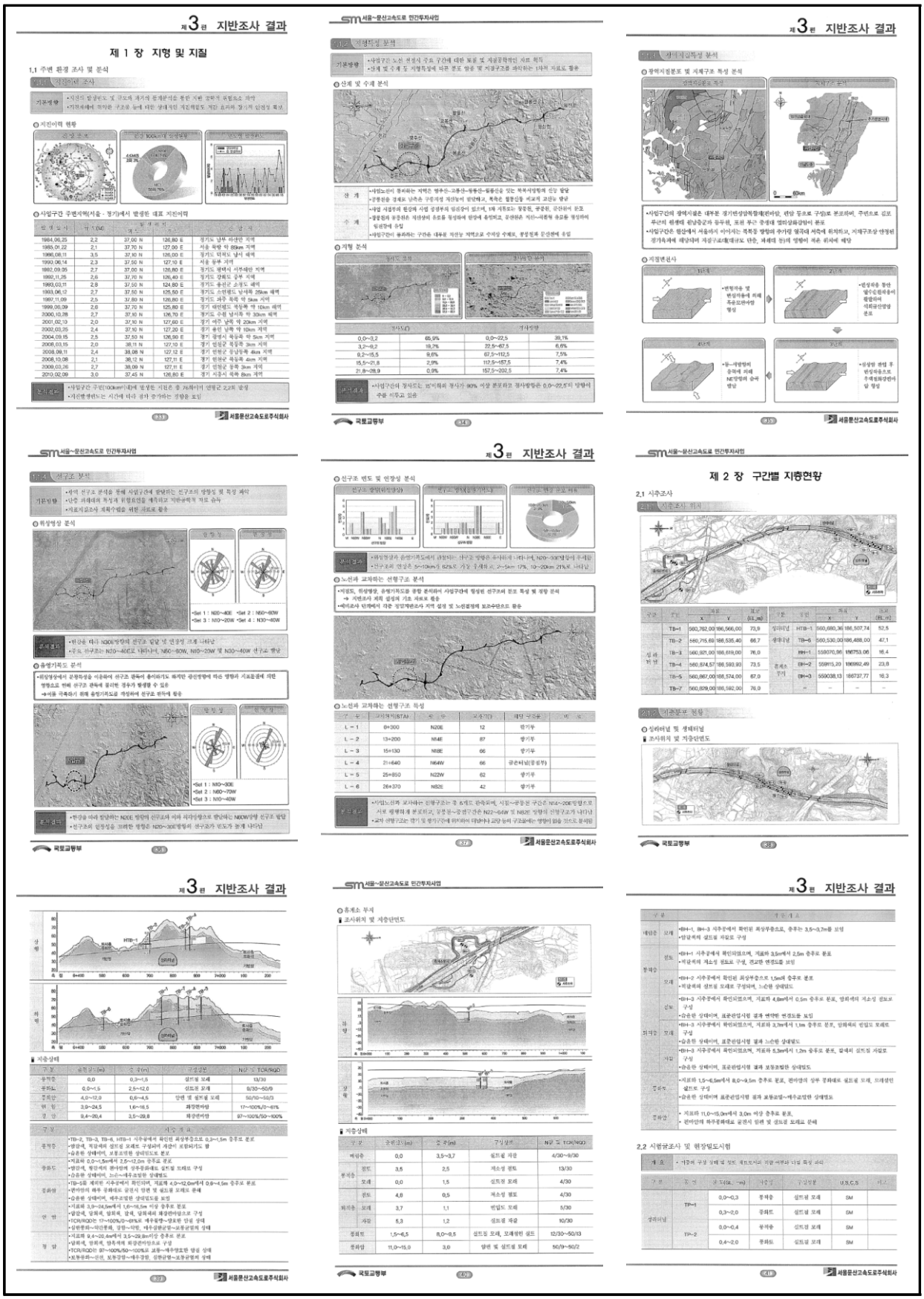
2.7.3 물안속체 설계지반정수

암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	v_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

나. 지반 및 지질 조사보고서


제3편 지반조사 결과

제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

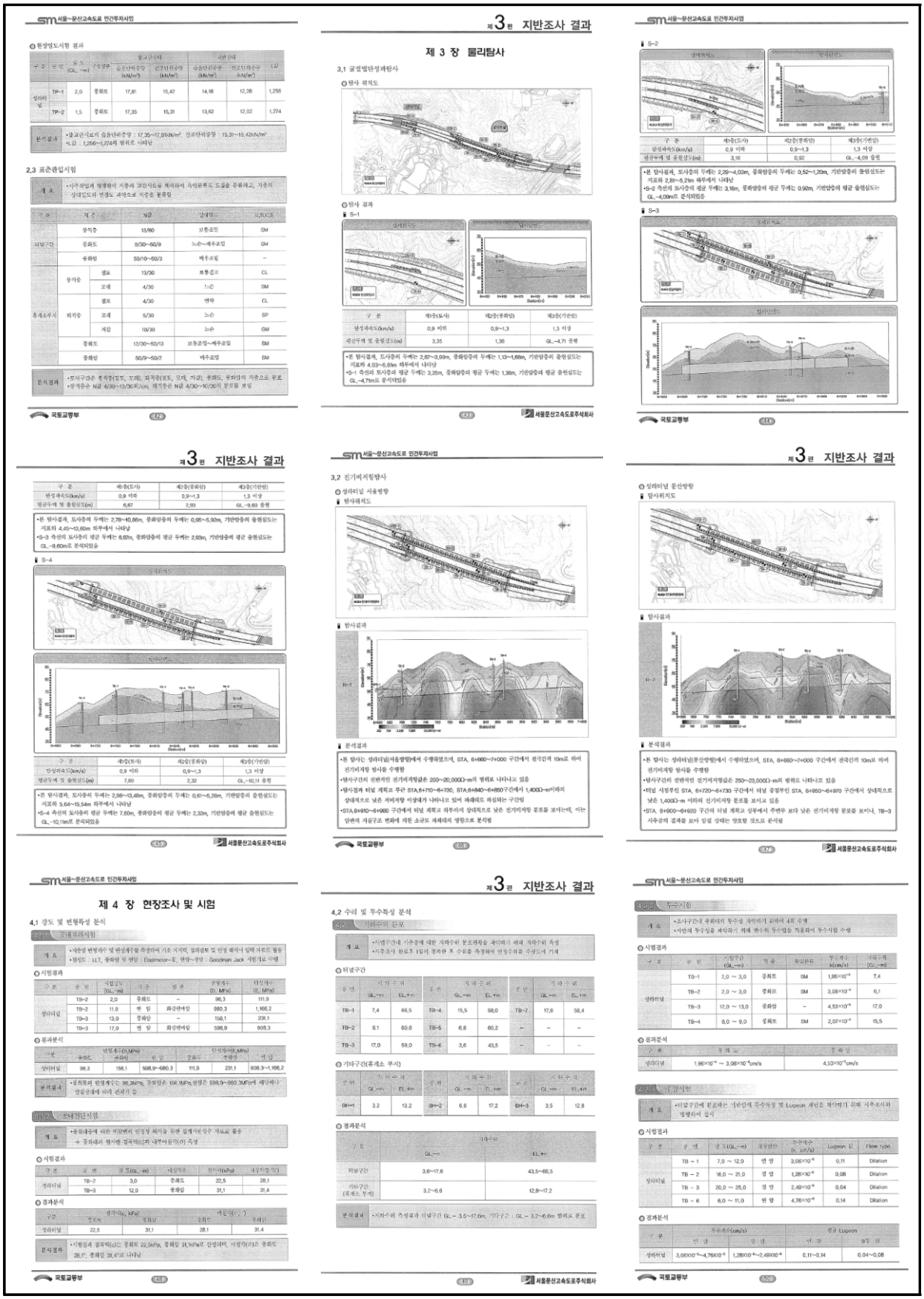
서울~문산고속도로 민간투자사업

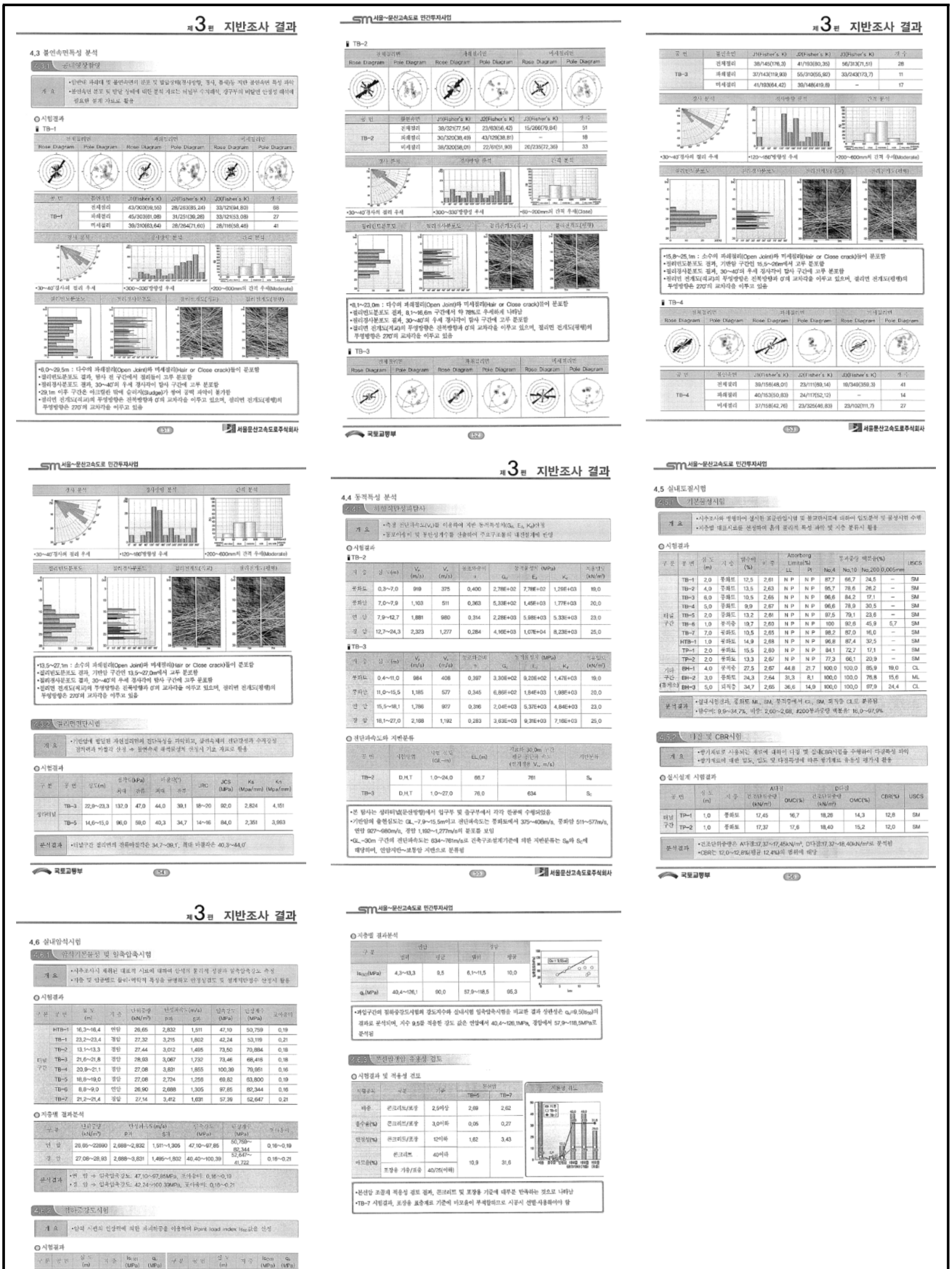
제3편 지반조사 결과

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험





제3편 지반조사 결과

4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

개 요	•암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악 •불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

○시험결과

TB-1

공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-1	전체절리	43/303(59,55)	28/263(85,24)	33/121(94,80)	68
	파쇄절리	45/303(81,08)	31/251(39,28)	33/121(53,08)	27
	미세절리	39/310(63,64)	28/264(71,60)	28/116(58,46)	41

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•6,0~29,5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29,1m 이후 구간은 아크릴관 밖에 슬러지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

51 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

TB-2

공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-2	전체절리	38/321(77,54)	23/63(56,42)	15/266(79,84)	51
	파쇄절리	30/320(38,49)	43/129(38,81)	–	18
	미세절리	38/320(58,01)	22/61(51,90)	20/235(72,36)	33

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •60~200mm의 간격 우세(Close)

•8,1~23,0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8,1~16,6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-3

국토교통부 52

제3편 지반조사 결과

공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-3	전체절리	38/145(176,3)	41/193(80,35)	56/313(71,51)	28
	파쇄절리	37/143(119,93)	55/310(55,92)	33/243(173,7)	11
	미세절리	41/193(64,42)	39/148(419,8)	–	17

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•15,8~25,1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15,5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-4

공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-4	전체절리	39/156(48,01)	23/111(89,14)	18/349(359,3)	41
	파쇄절리	40/153(50,83)	24/117(52,12)	–	14
	미세절리	37/158(42,76)	23/325(46,83)	23/102(111,7)	27

53 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•13,5~27,1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13,5~27,0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요	•기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 결과하여 마찰각 산정 → 불연속체 해석물성치 산정시 기초 자료로 활용

○시험결과

구 분	공 번	심도(m)	점착도(kPa) 최대	점착도(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22,9~23,3	132,0	47,0	44,0	39,1	18~20	92,0	2,824	4,151
	TB-5	14,6~15,0	96,0	59,0	40,3	34,7	14~16	84,0	2,351	3,993

분석결과	•터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34,7~39,1°, 최대 마찰각은 40,3~44,0°

국토교통부 54

제3편 지반조사 결과

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요	•측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_d, K_d)산정 •동포아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

○시험결과

TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 ν	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	지중밀도 (kN/m³)
풍화토	0,3~7,0	919	375	0,400	2,78E+02	7,78E+02	1,29E+03	19,0
풍화암	7,0~7,9	1,103	511	0,363	5,33E+02	1,45E+03	1,77E+03	20,0
연 암	7,9~12,7	1,881	980	0,314	2,28E+03	5,98E+03	5,33E+03	23,0
경 암	12,7~24,3	2,323	1,277	0,284	4,16E+03	1,07E+04	8,23E+03	25,0

TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 ν	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	지중밀도 (kN/m³)
풍화토	0,4~11,0	984	408	0,397	3,30E+02	9,20E+02	1,47E+03	19,0
풍화암	11,0~15,5	1,185	577	0,345	6,86E+02	1,84E+03	1,98E+03	20,0
연 암	15,5~18,1	1,786	927	0,316	2,04E+03	5,37E+03	4,84E+03	23,0
경 암	18,1~27,0	2,168	1,192	0,283	3,63E+03	9,31E+03	7,16E+03	25,0

○전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 심도 (GL.-m)	EL.(m)	지표하 30,0m 구간 평균 전단파 속도 (전계적용 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1,0~24,0	66,7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1,0~27,0	76,0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL.-7,9~15,5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL.-30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

55 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요	•시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행 •지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	Atterberg Limits(%) PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널구간	TB-1	2,0	풍화토	12,5	2,61	N P	N P	87,7	66,7	24,5	–	SM
	TB-2	4,0	풍화토	13,5	2,63	N P	N P	95,7	78,6	26,2	–	SM
	TB-3	6,0	풍화토	10,5	2,65	N P	N P	96,6	84,2	17,1	–	SM
	TB-4	5,0	풍화토	9,9	2,67	N P	N P	96,6	78,9	30,5	–	SM
	TB-5	2,0	풍화토	13,2	2,61	N P	N P	97,5	79,1	23,6	–	SM
	TB-6	1,0	붕적층	19,7	2,60	N P	N P	100	92,6	45,9	5,7	SM
	TB-7	7,0	풍화토	10,5	2,65	N P	N P	98,2	87,0	16,0	–	SM
	HTB-1	1,0	풍화토	14,9	2,68	N P	N P	96,8	87,4	32,5	–	SM
	TP-1	2,0	풍화토	15,5	2,60	N P	N P	84,1	72,7	17,1	–	SM
	TP-2	2,0	풍화토	13,3	2,67	N P	N P	77,3	66,1	20,9	–	SM
기타구간(휴게소)	BH-1	4,0	붕적층	27,5	2,67	44,8	21,7	100,0	100,0	85,9	19,0	CL
	BH-2	3,0	풍화토	24,3	2,64	31,3	8,1	100,0	100,0	76,8	15,6	ML
	BH-3	5,0	퇴적층	34,7	2,65	36,6	14,9	100,0	100,0	97,9	24,4	CL

분석결과	•실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 붕적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨 •함수비: 9,9~34,7%, 비중: 2,60~2,68, #200통과중량 백분율: 16,0~97,9%

4.5.2 다짐 및 CBR시험

개 요	•쌓기재료로 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악 •쌓기재료에 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 쌓기재료 유용성 평가시 활용

○실시설계 시험결과

공 번		심 도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널구간	TP-1	1,0	풍화토	17,45	16,7	18,26	14,3	12,8	SM
	TP-2	1,0	풍화토	17,37	17,6	18,40	15,2	12,0	SM

분석결과	•건조단위중량은 A다짐:17,37~17,45kN/m³, D다짐:17,37~18,40kN/m³로 분석됨 •CBR는 12,0~12,8%(평균 12,4%)의 범위에 해당

국토교통부 56

제3편 지반조사 결과

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요	•시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정 •지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	탄성파속도(m/s) S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16,3~16,4	연암	26,65	2,832	1,511	47,10	50,759	0,19
	TB-1	23,2~23,4	경암	27,32	3,215	1,802	42,24	53,119	0,21
	TB-2	13,1~13,3	경암	27,44	3,012	1,495	73,50	70,884	0,18
	TB-3	21,6~21,8	경암	28,93	3,067	1,732	73,46	68,416	0,18
	TB-4	20,9~21,1	경암	27,08	3,831	1,855	100,39	79,951	0,16
	TB-5	18,8~19,0	경암	27,08	2,724	1,256	69,82	63,800	0,19
	TB-6	8,8~9,0	연암	26,90	2,688	1,305	97,85	82,344	0,16
	TB-7	21,2~21,4	경암	27,14	3,412	1,631	57,39	52,647	0,21

○지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	탄성파속도(m/s) S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26,65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47,10~97,85	50,759~82,344	0,16~0,19
경 암	27,08~28,93	2,688~3,831	1,495~1,802	40,40~100,39	52,647~41,722	0,16~0,21

분석결과	•연 암 → 일축압축강도: 47,10~97,85MPa, 포아송비: 0,16~0,19 •경 암 → 일축압축강도: 42,24~100,39MPa, 포아송비: 0,16~0,21

4.6.2 점하중강도시험

개 요	•암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index I_{s50}값을 산정

○시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널구간	TB-1	28,4~28,5	연암	4,3	40,4	터널구간	TB-5	19,0~19,2	경암	10,0	95,1
	TB-2	13,4~13,5	경암	7,4	70,6		TB-6	10,0~10,2	연암	10,9	103,7
	TB-3	21,8~22,0	경암	11,5	108,9		TB-7	25,2~25,3	경암	6,1	57,9
	TB-4	21,1~21,4	경암	10,8	102,8		HTB-1	20,5~20,6	경암	12,5	118,5

57 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
$I_{s(50)}$(MPa)	4,3~13,3	9,5	6,1~11,5	10,0
q_u(MPa)	40,4~126,1	90,0	57,9~118,5	95,3

•관입구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9,5(I_{s50})의 결과로 분석되며, 지수 9,5를 적용한 강도 값은 연암에서 40,4~126,1MPa, 경암에서 57,9~118,5MPa로 분석됨

4.6.3 본선발생암 유용성 검토

○시험결과 및 적용성 검토

시험종목	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2,5이상	2,69	2,62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3,0이하	0,05	0,27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1,62	3,43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10,9	31,6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

국토교통부 58

다. 구조계산서

구 조 물 개 요							
현 장 명	서울-문산 고속도로 민간투자사업		발 주 처		서울지방국토관리청		
교 량 명	남고양IC 1교		교량제원	연 장	60.000 + 60.000 = 120.000 m		
교량등급	1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)			폭 원	11.400 m		
교량형식	Steel 박스거더교			사 각	90.000 °		

바 닥 판 설 계							
구 분	검토위치		검토방법	최소바닥판두께	사용바닥판두께	판 정	안전률	비고
최소두께검토	좌측 캔틸레버부		강도설계법	269.2 mm	290.0 mm	O.K !!	107.7%	
	우측 캔틸레버부		강도설계법	269.2 mm	290.0 mm	O.K !!	107.7%	
	중앙부	거더	경험적설계법	220.0 mm	290.0 mm	O.K !!	131.8%	
		가로보	경험적설계법	220.0 mm	240.0 mm	O.K !!	109.1%	

바 닥 판 설 계								
구 분	검토위치		검토항목	계수M,필요철근	공칭M,사용철근	판 정	안전률	비고
단면설계	좌측 캔틸레버부 (강도)		모멘트 검토	104.4 kN·m	143.6 kN·m	O.K !!	137.5%	
			휨철근 검토	1,410.6 mm²	1,986.0 mm²	O.K !!	H16@200+H16@200	
			배력철근 검토	945.1 mm²	1,588.8 mm²	O.K !!	H16@125	
			단부강보주철근	2,821.3 mm²	2,865.0 mm²	O.K !!	H19@200+H19@200	
			단부부강배력철근	1,890.2 mm²	2,292.0 mm²	O.K !!	H19@125	
	우측 캔틸레버부 (강도)		모멘트 검토	104.4 kN·m	143.6 kN·m	O.K !!	137.5%	
			휨철근 검토	1,410.6 mm²	1,986.0 mm²	O.K !!	H16@200+H16@200	
			배력철근 검토	945.1 mm²	1,588.8 mm²	O.K !!	H16@125	
			단부보강주철근	2,821.3 mm²	2,865.0 mm²	O.K !!	H19@200+H19@200	
			단부보강배력철근	1,890.2 mm²	2,292.0 mm²	O.K !!	H19@125	
	중앙부	거더 및 가로보 (경험)	주철근하면철근	960.0 mm²	993.0 mm²	O.K !!	H16@400+H16@400	
			주철근상면철근	720.0 mm²	993.0 mm²	O.K !!	H16@400+H16@400	
			배력철근하면철근	720.0 mm²	794.4 mm²	O.K !!	H16@250	
			배력철근상면철근	720.0 mm²	794.4 mm²	O.K !!	H16@250	
			단부보강주철근	960.0 mm²	993.0 mm²	O.K !!	H16@400+H16@400	
			단부보강배력철근	720.0 mm²	794.4 mm²	O.K !!	H16@250	
	내부지점부		휨근량 검토	3,600.0 mm²	4,584.0 mm²	O.K !!	H19@125+H19@125	
			주장률 검토	0.0035 mm/mm²	0.0040 mm/mm²	O.K !!		
구 분	검토위치		검토항목	적용균열폭	허용균열폭	판 정	안전률	비고
사용성검토	좌측 캔틸레버부		균열폭검토	100.0 mm	461.5 mm	O.K !!	461.5%	
	우측 캔틸레버부		균열폭검토	100.0 mm	461.5 mm	O.K !!	461.5%	

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 남고양IC 1교
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 60.000 + 60.000 = 120.000 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 11.400 m
(6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 2.000 ~ 3.000 m
(7) 사 각(Skew) : 90.000 °
(8) 곡률반경(R) : 선형중심 = 85.000 m
(9) 설 계 속 도 : 50.000 km/h
(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

• 사 용 재 료

주 부 재	HSB500(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 일반부 가로보, 지점부 가로보슬플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보,)
강재 탄성계수 (E_{st})	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 400	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

② 바닥판 콘크리트(☞ 도.설.해 3.9.2.7, 도.설.해 3.9.2.8, 도.설.해 4.2.3, 도.설.해 4.6.3.3)

콘크리트 설계 기준강도 (f_{ck})	27.0 MPa
콘크리트 탄성계수 (E_c)	27,804.0 MPa
전단 탄성계수 (G_c)	12,297.2 MPa
탄성계수비 (n)	7.0
바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	10.000 ℃
바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 (α)	0.000012
건조수축 계수 (ε_s)	0.000270
상 대 습 도	70.0 %
CREEP 계수 (Φ_2)	$\Phi_2 = 2\Phi_1$: 2

③ 바닥판 철근

철근 설계 항복강도 (f_y)	400.0 MPa
철근 탄성계수 (E_s)	200,000.0 MPa

2) 하 중 조 건

(1) 고 정 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.2)

① 철근 콘크리트 : 25.000 kN/m³
② 무근 콘크리트 : 23.500 kN/m³
③ 강 재 : 78.500 kN/m³
④ 포장 콘크리트 : 23.000 kN/m³

(2) 활 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.3)

① 설계 차선수 산정

W_c = 10.500 m , N = 3 차로
W = 3.000 m
∴ 설계 차로폭 3.000m마다 3차로 연속으로 재하

② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

• DB-24 하중
- 전륜하중 : P_f = 24.000 kN
- 후륜하중 : P_r = 96.000 kN

• DL-24 하중
- 차로당 등분포 하중 : W_l = 12.700 kN/m
- 모멘트 계산시 집중하중 : P_m = 108.000 kN
- 전단력 계산시 집중하중 : P_s = 156.000 kN

③ 충 격 계 수

• 1 지간
i = 15 / (40 + L) = 0.151 < 0.300 ∴ i = 0.151

• 2 지간
i = 15 / (40 + L) = 0.151 < 0.300 ∴ i = 0.151

(3) 콘크리트의 Creep와 건조수축의 영향

• 철근 콘크리트의 바닥판의 Creep와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

(4) 지점침하에 의한 영향

• 각 지점에서 발생할 수 있는 부등침하의 발생을 가정하여 가장 불리한 단면력을 산정한다.

(5) 온도변화에 대한 영향

• 바닥판과 주형의 온도차 발생시 생기는 단면력 및 응력을 산정하고 이때의 온도 변화는 직선변화 한다고 가정한다.

(7) 충 돌 하 중 (☞ 도.설.해 2.4.3.3, 도.설.해 2.4.3.6)

• 다음에 제시된 충돌력은 난간인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며, 이 충돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

수 평 력 (kN/m)		작용 높이	수 직 력 (kN/m)
도심 도로상	일반 도로상		
3.750	2.500	난간 상단부	1.000

• 다음에 제시된 충돌력은 벽식 강성 방호 울타리인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며, 이 충돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

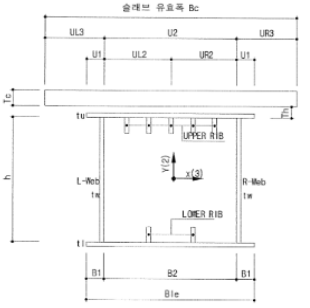
① 수평 충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 고속을 따라 1.0m마다 작용하면 다음 식에 의하여 구한다.

$$H = (\frac{V}{60})^2 \times 7.5 + 2.5\ (kN/m)$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 10kN/m의 수평하중을 재하한다.
(다만, 곡률반지름 R≤200m인 곡선부에 대해서는 ①, ② 모두에 대해 그 수평충돌력은 계산된 값의 2배로 한다)

[G1 : 단면 - 3] : 절점 20 로 부터 이격거리 3.740 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종 : HSB500		
Bc =	5,700.0	mm
UL3 =	1,300.0	mm
UR3 =	2,000.0	mm
U1 =	120.0	mm
UL2 =	1,200.0	mm
UR2 =	1,200.0	mm
상부 플랜지 유효폭		
Bue =	2,640.0	mm
하부 플랜지 유효폭		
Ble =	2,640.0	mm
B1 =	120.0	mm
B2 =	2,400.0	mm
Tc =	240.0	mm
Th =	50.0	mm
h =	2,000.0	mm
Θ_L =	0.000	°
Θ_R =	0.000	°

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ε_{cs} : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축률	-	0.000270
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
Φ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_p : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	10,142.500
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	3,836.220
M_w : 풍하중에의한 모멘트	kN·m	32.786
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	8,042.470
V_p : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-86.193
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-32.746
V_w : 풍하중에의한 전단력	kN	-0.749
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	-338.574
M_{pl} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	314.813
M_{wl} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	120.887
M_{wl} : 풍하중에의한 비틀림 모멘트	kN·m	15.579
M_{vl} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	774.987

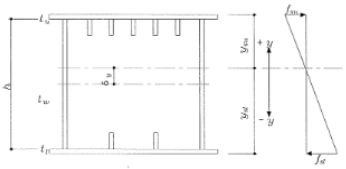
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	A_s(mm²)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm³)	$A_s \cdot Y^2$(mm⁴)	I_{zo}(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 14.0	36,960.0	1,007.0	3.722E+07	3.748E+10	6.037E+05
UPPER RIB	5 - 160.0 × 16.0	12,800.0	920.0	1.178E+07	1.083E+10	2.731E+07
L - WEB	1 - 2,000.0 × 12.0	24,000.0	-	-	-	8.000E+09
R - WEB	1 - 2,000.0 × 12.0	24,000.0	-	-	-	8.000E+09
LOWER RIB	2 - 160.0 × 16.0	5,120.0	-920.0	-4.710E+06	4.334E+09	1.092E+07
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 16.0	42,240.0	-1,008.0	-4.258E+07	4.292E+10	9.011E+05
강재 단면 합계		145,120.0	-	1.706E+06	9.557E+10	1.604E+10
RC. SLAB	1 - 5,700.0 × 240.0	1,368,000.0	1,170.0	1.601E+09	1.873E+12	6.566E+09
SLAB 단면 합계		1,368,000.0	-	1.601E+09	1.873E+12	6.566E+09

※ A_s = 145,120.0 mm² A_{c1} = 1,368,000.0 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

• 도심축 이동량

$\delta_y = \Sigma A_s Y / \Sigma A_s$ = 1,706,400.0 / 145,120.0 = 11.759 mm

• 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y$ = 2,000.0 / 2 + 14.0 - 11.759 = 1,002.241 mm

$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \}$ = -{ 2,000.0 / 2 + 16.0 + 11.759 } = -1,027.759 mm

• 강재의 단면2차 모멘트

$I_s = \Sigma I_{zo} + \Sigma A_s y^2 - A_s \cdot \delta_y^2$

= 16,039,734,133.3 + 95,565,282,400.0 - 145,120.0 × 11.759² = 1.116E+11 mm⁴

• 플랜지 응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.1)

$f_{su} = M_p \cdot y_{su} / I_s$ = 10,142.500×1,002.2/111,584,951,752.7 = 91.099 MPa

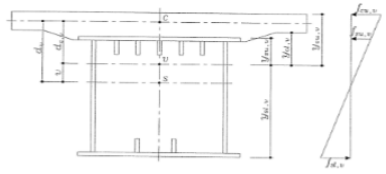
$f_{sl} = M_p \cdot y_{sl} / I_s$ = 10,142.500×-1,027.8/111,584,951,752.7 = -93.418 MPa

• 부재의 전단응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

F = 4.860E+06 mm²

$\upsilon = V_s/A_w + M_{sl}/(2 \cdot F \cdot t_w)$

= 86.193 / 48,000.0 + 314.813 / (2 × 4,860,180.0 × 12.0) = 4.495 MPa



(2) 합 성 후

• 바닥판 콘크리트 환산단면적

$A_{cnt} = A_{ct} / n$ = 1,368,000.0 / 7.0 = 195,428.6 mm²

• 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$I_{cnt} = I_{ct} / n$ = 6,566,400,000.0 / 7.0 = 9.381E+08 mm⁴

• 합성 단면적

$A_v = A_s + A_{cnt}$ = 145,120.0 + 195,428.6 = 340,548.6 mm²

• 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$d_v = y_{su} - t_u + T_h + T_c/2$ = 1,002.2 - 14.0 + 50.0 + 240.0/2 = 1,158.2 mm

• 합성 단면의 도심축 이동량

$\upsilon = A_{cnt} \times d_v / A_v$ = 195,428.6 × 1,158.2 / 340,548.6 = 664.7 mm

• 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$d_{c,v} = d_v - \upsilon$ = 1,158.2 - 664.7 = 493.6 mm

• 합성단면의 단면2차 모멘트

$I_v = I_s + A_s \cdot \upsilon^2 + I_{cnt} + A_{cnt} \cdot d_{c,v}^2$

= 111,584,951,752.7+145,120.0×664.7² +938,057,142.9+195,428.6×493.6² = 2.242E+11 mm⁴

• 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su,v} = y_{su} - \upsilon$ = 1,002.2 - 664.7 = 337.6 mm

$y_{sl,v} = y_{sl} - \upsilon$ = -1,027.8 - 664.7 = -1,692.4 mm

• 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2$ = 493.6 + 240.0 / 2 = 613.6 mm

$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c$ = 613.6 - 240.0 = 373.6 mm

• 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v$ = 3,836.220×337.6/224,243,921,404.8 = 5.775 MPa

$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 3,836.220×-1,692.4/224,243,921,404.8 = -28.953 MPa

$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 3,836.220×613.6/(224,243,921,404.8×7.0) = 1.500 MPa

$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 3,836.220×373.6/(224,243,921,404.8×7.0) = 0.913 MPa

• 전단응력 검토

F_v = 4.902E+06 mm²

$\upsilon = V_{sc}/A_w + M_{wl}/(2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 32.746 / 48,000.0 + 120.887 / (2 × 4,901,530.0 × 12.0) = 1.710 MPa

(3) 활 하 중

• 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v$ = 8,042.470×337.6/224,243,921,404.8 = 12.107 MPa

$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 8,042.470×-1,692.4/224,243,921,404.8 = -60.699 MPa

$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 8,042.470×613.6/(224,243,921,404.8×7.0) = 3.144 MPa

$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 8,042.470×373.6/(224,243,921,404.8×7.0) = 1.914 MPa

• 전단응력 검토

$\upsilon = V_v/A_w + M_{vl}/(2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 338.574 / 48,000.0 + 774.987 / (2 × 4,901,530.0 × 12.0) = 13.642 MPa

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

• 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v$ = 32.786×337.6/224,243,921,404.8 = 0.049 MPa

$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 32.786×-1,692.4/224,243,921,404.8 = -0.247 MPa

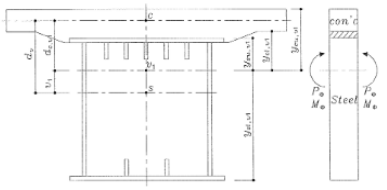
$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 32.786×613.6/(224,243,921,404.8×7.0) = 0.013 MPa

$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 32.786×373.6/(224,243,921,404.8×7.0) = 0.008 MPa

• 전단응력 검토

$\upsilon = V_w/A_w + M_{wl}/(2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 0.749 / 48,000.0 + 15.579 / (2 × 4,901,530.0 × 12.0) = 0.148 MPa



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.6)

• 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 Φ_1은 2.0을 표준으로 한다.

Φ_1 = 2.0

k = 0.389 ※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

$n_1 = n \cdot (1 + \Phi_1/2)$ = 7.0×(1 + 2.0/2) = 14.000

$A_{vt} = A_s + A_{ct}/n_1$ = 145,120.0 + 1,368,000.0 / 14.0 = 2.428E+05 mm²

$v_1 = (A_{ct}/n_1) \times d_v / A_{vt}$ = (1,368,000.0/14.0)×1,158.2 / 242,834.3 = 466.1 mm

$d_{c,vt} = d_v - v_1$ = 1,158.2 - 466.1 = 692.2 mm

$I_{vt} = (I_s + A_s \cdot v_t^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,vt}^2)$

$= (111,584,951,752.7 + 145,120.0 \times 466.1^2) + (6,566,400,000.0/14.0 + 1,368,000.0/14.0 \times 692.2^2)$ = 1.904E+11 mm⁴

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su,vt} = y_{su} - v_t$ = 1,002.2 - 466.1 = 536.2 mm

$y_{st,vt} = y_{st} - v_t$ = -1,027.8 - 466.1 = -1,493.8 mm

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$y_{cu,vt} = d_{c,vt} + T_c / 2$ = 692.2 + 240.0 / 2 = 812.2 mm

$y_{ct,vt} = y_{cu,vt} - T_c$ = 812.2 - 240.0 = 572.2 mm

- 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{ct} / (n \cdot I_v)$

= 3,836.2 × 493.6 × 1,368,000.0 / (7.0 × 224,243,921,404.8) = 1.650E+06 N

- 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$P_a = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1)$ = 1,650,130.1 × 2 × 2.0 / (2 + 2.0) = 1.650E+06 N

- P_a에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$M_\phi = P_\phi \times d_{c,vt}$ = 1,650,130.1 × 692.2 = 1.142E+09 N·mm

- 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2)$ = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 MPa

- 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 3,836.220×613.6/(224,243,921,404.8×7.0) = 1.500 MPa

$f_{ct,v} = M_{sc} \cdot y_{st,v} / (I_v \cdot n)$ = 3,836.220×373.6/(224,243,921,404.8×7.0) = 0.913 MPa

- 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$f_{cu,vt} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{vt} + k \cdot M_\phi \cdot y_{cu,vt} / I_{vt}) - E_{c1} \cdot f_{cu,v} \cdot \phi_1 / E_c$

= (1/14.0)×(1,650,130.1/242,834.3 + 0.389×1,142,180,036.4×812.2/190,392,170,999.7) - 13,902.0×1.500×2.0/27,804.0 = -0.879 MPa

$f_{ct,vt} = 1/n_1 \cdot (P_\phi / A_{vt} + k \cdot M_\phi \cdot y_{ct,vt} / I_{vt}) - E_{c1} \cdot f_{ct,v} \cdot \phi_1 / E_c$

= (1/14.0)×(1,650,130.1/242,834.3 + 0.389×1,142,180,036.4×572.2/190,392,170,999.7) - 13,902.0×0.913×2.0/27,804.0 = -0.332 MPa

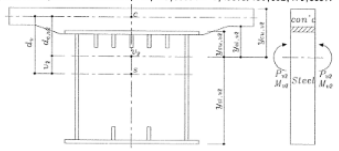
- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

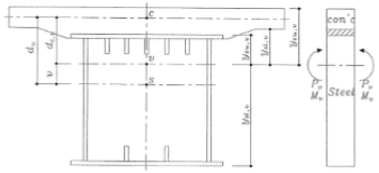
$f_{su,vt} = P_\phi / A_{vt} + k \cdot M_\phi \cdot y_{su,vt} / I_{vt}$

= 1,650,130.1/242,834.3 + 0.389×1,142,180,036.4×536.2/190,392,170,999.7 = 8.046 MPa

$f_{st,vt} = P_\phi / A_{vt} + k \cdot M_\phi \cdot y_{st,vt} / I_{vt}$

= 1,650,130.1/242,834.3 + 0.389×1,142,180,036.4×-1,493.8/190,392,170,999.7 = 3.310 MPa





(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.7)

- 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α는 12×10⁻⁶으로 한다.
- 온도 변형률

$\epsilon_t = \alpha \cdot \Delta t$ = 0.000012 × 10.0 = 0.000120

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$P_{vt} = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_{ct} / n$ = 205,000.0×0.000120×1,368,000.0 / 7.0 = 4.808E+06 N

- P_{vt}에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$M_{vt} = P_{vt} \times d_{c,v}$ = 4,807,542.9 × 493.6 = 2.373E+09 N·mm

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{vt}/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$

= (1/7.0)×(4,807,542.9/340,548.6 + 0.389×2,372,851,045.0×613.6/224,243,921,404.8) - 27,804.0×0.000120 = -0.959 MPa

$f_{ct,t} = 1/n \cdot (P_{vt}/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot y_{ct,v}/I_v) - E_c \cdot \epsilon_t$

= (1/7.0)×(4,807,542.9/340,548.6 + 0.389×2,372,851,045.0×373.6/224,243,921,404.8) - 27,804.0×0.000120 = -1.100 MPa

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$f_{su,vt} = P_{vt}/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot y_{su,v}/I_v$

= 4,807,542.9/340,548.6+0.389×2,372,851,045.0×337.6/224,243,921,404.8 = 15.506 MPa

$f_{st,vt} = P_{vt}/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot y_{st,v}/I_v$

= 4,807,542.9/340,548.6+0.389×2,372,851,045.0×-1,692.4/224,243,921,404.8 = 7.152 MPa

(8) 전단 및 비틀림

- 동하중 비재하시의 전단응력

$\upsilon = (V_s+V_{sc}+V_u)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct}+M_{ut})/(2 \cdot F_w \cdot t_w)$

= 457.514/48,000.0 + 314.813/116,644,320.0 + 895.874/117,636,720.0 = 19.846 MPa

※ υ = 19.8 MPa ≤ υ_a = 135.0 MPa ····· O.K !!

- 동하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$\upsilon = (V_s+V_{sc}+V_u)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct}+M_{ut})/(2 \cdot F_w \cdot t_w)$

(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.8)

- 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s는 27×10^{-5}, 크리프계수 Φ_2는 $\Phi_2 = 2 \cdot \Phi_1 = 4.0$을 표준으로 한다.

Φ_2 = 4.0

$n_2 = n \cdot (1 + \phi_2/2)$ = 7.0×(1 + 4.0/2) = 21.000

$A_{v2} = A_s + A_{c1}/n_2$ = 145,120.0 + 1,368,000.0 / 21.0 = 2.103E+05 mm²

$v_2 = (A_{c1}/n_2) \times d_w / A_{v2}$ = (1,368,000.0/21.0)×1,158.2 / 210,262.9 = 358.8 mm

$d_{c,v2} = d_w - v_2$ = 1,158.2 - 358.8 = 799.4 mm

$I_{v2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2)$

= (111,584,951,752.7 + 145,120.0×358.8²) + (6,566,400,000.0/21.0 + 1,368,000.0/21.0 × 799.4²) = 1.722E+11 mm⁴

- 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su,v2} = y_{su} - v_2$ = 1,002.2 - 358.8 = 643.4 mm

$y_{st,v2} = y_{st} - v_2$ = -1,027.8 - 358.8 = -1,386.6 mm

- 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2$ = 799.4 + 240.0 / 2 = 919.4 mm

$y_{ct,v2} = y_{cu,v2} - T_c$ = 919.4 - 240.0 = 679.4 mm

- 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$P_{v2} = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_{c1}/n_2$ = 205,000.0×0.000270×1,368,000.0 / 21.0 = 3.606E+06 N

- P_{v2}에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2}$ = 3,605,657.1 × 919.4 = 2.882E+09 N·mm

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$E_{c2} = E_s / n_2$ = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 MPa

- 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$

= (1/21.0)×(3,605,657.1/210,262.9 + 0.389×2,882,360,125.0×919.4/172,213,246,970.7) - 9,761.9×0.000270 = -1.534 MPa

$f_{ct,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ct,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \epsilon_s$

= (1/21.0)×(3,605,657.1/210,262.9 + 0.389×2,882,360,125.0×919.4/172,213,246,970.7) - 9,761.9×0.000270 = -1.609 MPa

- 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$

= 3,605,657.1/210,262.9 + 0.389×2,882,360,125.0×643.4/172,213,246,970.7 = 21.337 MPa

$f_{st,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{st,v2}/I_{v2}$

= 3,605,657.1/210,262.9 + 0.389×2,882,360,125.0×-1,386.6/172,213,246,970.7 = 8.122 MPa

= 119,689/48,000.0 + 314,813/116,644,320.0 + 136,466/117,636,720.0 = 6.352 MPa

※ υ = 6.4 MPa ≤ $1.2\upsilon_a$ = 162.0 MPa ····· O.K !!

- 활하중 재하시

$\upsilon = (V_s+V_{sc}+V_w/2+V_b)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct}+M_{wt}/2+M_{bt})/(2 \cdot F_w \cdot t_w)$

= 457,888/48,000.0 + 314,813/116,644,320.0 + 903,664/117,636,720.0 = 19.920 MPa

※ υ = 19.9 MPa ≤ $1.25\upsilon_a$ = 168.8 MPa ····· O.K !!

(9) 조합 응력의 검토 (☞ 도.설.해 3.4.2.3)

$i = 0.65(\phi/n_1)^2 + 0.13(\phi/n_1) + 1.0$ = 1.000

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양연의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (HSB500 사용) (☞ 도.설.해 3.3.2)

f_{ta} = 230.0 MPa

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (HSB500 사용) (☞ 도.설.해 3.4.2.3)

$b / 22.0 \cdot i \cdot n$ = 18.2 mm > t_u = 14 mm

⇒ f_{ca} = 230.0 MPa

$b / 44.0 \cdot i \cdot n$ = 9.1 mm ≤ t_u = 14 mm < $b / 22.0 \cdot i \cdot n$ = 18.2 mm

⇒ f_{ca} = 230.0 - 5.2 { $b/(t_u \cdot i \cdot n)$ - 22.0 } = 195.8 MPa

$b / 80.0 \cdot i \cdot n$ = 5.0 mm ≤ t_u = 14 mm ≥ $b / 44.0 \cdot i \cdot n$ = 9.1 mm

⇒ f_{ca} = 220.000 $\{(t_u \cdot i \cdot n)/b\}^2$ = 269.5 MPa

f_{ca} = 230.0 MPa (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)

∴ f_{ca} = 230.0 MPa

- 철근 콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1)

f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 MPa (f_{ck} = 27.0 MPa 사용)

f_{ta} = 0.07 f_{ck} = 1.890 MPa

- 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	91.099	-93.418	195.829	230.000
1+2+3	4.643	2.827	10.800	10.800	108.980	-183.070	230.000	230.000
1+2+3+5	3.764	2.495	10.800	10.800	117.027	-179.760	264.500	230.000
1+2+3+5+6	2.230	0.886	10.800	10.800	138.363	-171.638	264.500	230.000
1+2+3+5+6+7	1.271	-0.214	12.420	2.174	153.870	-164.486	299.000	264.500
1+2+3+5+6-7	3.189	1.986	12.420	12.420	122.857	-178.790	299.000	264.500
1+2+4	1.512	0.921	12.960	12.960	96.923	-122.618	276.000	276.000
1+2+3+0.5×4	4.650	2.831	13.500	13.500	109.005	-183.194	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5	3.771	2.499	13.500	13.500	117.051	-179.884	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5+6	2.237	0.890	13.500	13.500	138.388	-171.762	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5+6+7	1.278	-0.210	14.580	2.552	153.894	-164.610	310.500	310.500
1+2+3+0.5×4+5+6-7	3.196	1.990	14.580	14.580	122.882	-178.913	310.500	310.500

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(v/v_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.216	0.165	0.022	0.022	0.238	0.187	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.225	0.634	0.022	0.022	0.246	0.655	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5	0.196	0.611	0.022	0.022	0.217	0.632	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6	0.274	0.557	0.022	0.022	0.295	0.579	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6+7	0.265	0.387	0.022	0.022	0.286	0.408	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6-7	0.169	0.457	0.022	0.022	0.190	0.479	O.K !!	O.K !!
1+2+4	0.123	0.197	0.002	0.002	0.125	0.199	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4	0.144	0.406	0.014	0.014	0.158	0.420	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.166	0.391	0.014	0.014	0.180	0.405	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.232	0.357	0.014	0.014	0.246	0.371	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.246	0.281	0.014	0.014	0.260	0.295	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.157	0.332	0.014	0.014	0.171	0.346	O.K !!	O.K !!

$$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 \leq 1.2 \quad \cdots\cdots \text{O.K !!}$$

[상 연]

$$\left(\frac{138.363}{264.500}\right)^2 + \left(\frac{19.846}{135.000}\right)^2 = 0.274 + 0.022 = 0.295 \leq 1.2 \quad \cdots\cdots \text{O.K !!}$$

[하 연]

$$\left(\frac{-183.070}{230.000}\right)^2 + \left(\frac{19.846}{135.000}\right)^2 = 0.634 + 0.022 = 0.655 \leq 1.2 \quad \cdots\cdots \text{O.K !!}$$

(11) 판의 최소두께 검토

• 압축(상부) 플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

t_{min} = 자유돌출폭/16 = 108.0 / 16.0 = 6.8 ≤ t_{use} = 14.0 mm ····· O.K !!

$t_{min} = b\sqrt{(44 \cdot k \cdot n_y)}$ = 2,400.0 /(44 × 1.0× 6) = 9.1 ≤ t_{use} = 14.0 mm ····· O.K !!

(합성형 스터드 설치시) t_{min} = 10.0 ≤ t_{use} = 14.0 mm ····· O.K !!

• 인장(하부) 플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

t_{min} = 자유돌출폭/16 = 108.0 / 16.0 = 6.8 ≤ t_{use} = 16.0 mm ····· O.K !!

• 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (☞ 도.설.기 3.8.4.1)

t_{min} = b/(199×1.200) = 2,000.0 /(199 × 1.200) = 8.4 ≤ t_{use} = 12.0 mm ····· O.K !!

여기서, $\sqrt{(f_{cu}/f_c)}$ = √(230.0 / 91.099) = 1.59 ≥ 1.20 ⇒ 1.200 적용

(12) 합복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

• 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.

• 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck}의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	118.428	-121.443	380.000	O.K !!
1+2+3	8.708	5.302	16.200	O.K !!	151.965	-289.585	380.000	O.K !!
1+2+3+7	9.667	6.402	16.200	O.K !!	167.472	-296.737	380.000	O.K !!
1+2+3+5	7.829	4.970	16.200	O.K !!	160.012	-286.275	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6	6.295	3.361	16.200	O.K !!	181.348	-278.153	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6+7	5.336	2.261	16.200	O.K !!	196.854	-271.001	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6-7	7.254	4.461	16.200	O.K !!	165.842	-285.305	380.000	O.K !!
1+2+4	1.962	1.195	16.200	O.K !!	125.985	-159.330	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4	8.715	5.306	16.200	O.K !!	151.990	-289.708	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+7	7.756	4.206	16.200	O.K !!	167.496	-282.557	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5	7.836	4.974	16.200	O.K !!	160.036	-286.399	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	6.302	3.365	16.200	O.K !!	181.373	-278.276	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	5.343	2.265	16.200	O.K !!	196.879	-271.125	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	7.261	4.465	16.200	O.K !!	165.867	-285.428	380.000	O.K !!

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	938.450	651.714	O.K
	허용인발력(kN/EA)	828.013	-	O.K
	휨응력(MPa)	133.000	102.705	O.K
	전단응력(MPa)	76.000	11.169	O.K
	수평변위(mm)	15.000	13.770	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1407.670	753.426	O.K
	허용인발력(kN/EA)	1242.019	-	O.K
	휨응력(MPa)	199.500	105.360	O.K
	전단응력(MPa)	114.000	15.953	O.K
	수평변위(mm)	15.000	11.082	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1300	150	1233.07	1940.4	358.748	561.963	1.566	O.K
후면저판		1300	100	1827.6	2694.4	552.983	810.874	1.466	O.K
벽체 (H=6.807)		2000	100	1473.3	2292	709.744	1100.624	1.551	O.K
음벽		500	100	1331.09	2292	132.449	223.934	1.691	O.K
좌측날개벽	D(T=600 mm)	600	80	1546.39	2569.6	200.568	328.349	1.637	O.K
	A(T=600 mm)	600	80	4360.1	5139.2	542.504	631.937	1.165	O.K
	화부(T=450	450	80	2422.68	5139.2	217.575	435.362	2.001	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	1557.83	2292	202.018	294.069	1.456	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	3492.87	4053.6	440.279	506.698	1.151	O.K
우측날개벽	D(T=600 mm)	600	80	1563.09	2569.6	202.685	328.349	1.62	O.K
	A(T=600 mm)	600	80	4467.65	5139.2	554.985	631.937	1.139	O.K
	화부(T=450	450	80	2542.25	5139.2	227.743	435.362	1.912	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	1693.33	2292	219.159	294.069	1.342	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	3104.24	4053.6	393.554	506.698	1.287	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
전면저판		109.452	150	125	368.243	O.K
후면저판		110.339	150	125	491.213	O.K
벽체 (H=6.807)		88.735	150	125	661.228	O.K
음벽		113.381	150	125	468.311	O.K
좌측날개벽	D(T=600 mm)	90.619	150	250	695.219	O.K
	A(T=600 mm)	125.178	150	125	465.356	O.K
	화부(T=450	71.582	150	125	880.112	O.K
	B(T=600 mm)	102.382	150	125	592.931	O.K
	C(T=600 mm)	129.169	150	125	440.915	O.K
우측날개벽	D(T=600 mm)	91.666	150	250	687.279	O.K
	A(T=600 mm)	128.333	150	125	449.889	O.K
	화부(T=450	75.036	150	125	839.6	O.K
	B(T=600 mm)	111.848	150	125	527.83	O.K
	C(T=600 mm)	116.026	150	125	509.976	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
(3) 교 량 등 급 : 1 등교
(4) 교 대 총 폭 : B = 11.400 m
(5) 교 대 총 높 이 : H = 8.107 m
(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
(7) SKEW : 90.000 °

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m²
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 256.828 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 147.988 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.050

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 검 토

(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 27849.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 (2010)
2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
4) 도로설계 편람 (2008)
5) 도로설계 요령 (2009)
6) 강구조 편람 (1995)
7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

7. 사용성 검토

1) 흉벽 설계

① 윤하중에 의한 부재력

Pv = 114.60 x Ka
= 114.60 x 0.251 = 28.765 kN
Mp = 114.60 x Ka x (H - 0.36)
= 114.60 x 0.251 x (2.948 - 0.36) = 74.437 kN.m

② 토압에 의한 부재력

Ph = 1/2 x Ka x r x H² x cos δ
= 1/2 x 0.251 x 20.000 x 2.948² x cos11.667 = 21.360 kN
Me = 1/3 x H x Ph
= 1/3 x 2.948 x 21.360 = 20.989 kN.m

③ 설계 단면력 산정

Vs = 28.765 + 21.360 = 50.125 kN
Ms = 74.437 + 20.989 = 95.426 kN.m

2) 벽체 설계

① 작용하중 집계표 : H = 6.807 m 「하중계산 참조」

구 분	수평력	작용거리	하중계수		전단력	모멘트
			평상시	지진시		
1. 교대구체(지진시)	17.955	2.522	-	1.000	17.955	45.282
2. 배면토압(평상시)	113.902	2.269	1.000	-	113.902	258.447
3. 배면토압(지진시)	145.497	3.404	-	1.000	145.497	495.206
4. 뒷채움 상재하중	16.733	3.404	1.000	-	16.733	56.952
5. 교량받침마찰력	12.841	4.309	1.000	-	12.841	55.336
6. 상부관성력	39.277	4.309	-	1.000	39.277	169.256

- 교대구체에 작용하는 수평력 및 작용거리 산출
: 검토위치(H = 1.300 m)를 제외한 교대구체에 대하여 다시 산정한다.
Ho = ∑(H② ~ H⑦) = 17.955 kN
Mo = ∑[H② x (y② - 1.300) ~ H⑦ x (y⑦ - 1.300)] = 45.282 kN.m
y = Mo / Ho = 45.282 / 17.955 = 2.522

② 설계 단면력 산정

구 분	전단력(kN)	모멘트(kN.m)	비 고
설계단면력	143.476	370.735	

3) 기초 설계

① 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	809.735	200.085	2893.654	570.389
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+	809.735	200.085	2893.654	570.389
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	759.342	264.846	2653.786	1036.430
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)	1214.551	200.085	3777.368	570.389
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+	1214.551	212.926	3777.368	642.417
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)	1016.170	304.123	3214.441	1256.746

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시
가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.

① 말뚝도심에서의 작용하중 계산

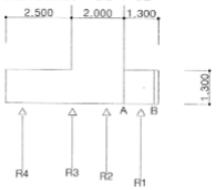
∑M = ∑Mr - ∑Mo
e = 말뚝도심(=2.750) - ∑M/∑V : 말뚝도심의 계산은 「4. 안정검토」 참조
Mc = V x e

- 하중조합별 작용력

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	e(m)	Mc(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	9230.979	2280.969	-0.119	-1098.487
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5	9230.979	2280.969	-0.119	-1098.487
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	8656.499	3019.244	0.62	5367.029
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10	13845.881	2280.969	0.11	1523.047
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5	13845.881	2427.356	0.169	2339.954
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)	11584.338	3467.002	0.823	9533.91

각 작용력은 교대의 전폭(11.400 m)를 고려한 결과값임.

② 전면저판(앞굽)의 단면력 계산



R1 = Ru1 x 7분 / 11.400 (kN/m)
R2 = Ru2 x 7분 / 11.400 (kN/m)
R3 = Ru3 x 7분 / 11.400 (kN/m)
R4 = Ru4 x 7분 / 11.400 (kN/m)

구 분	Ru1	Ru2	Ru3	Ru4
COMB 1	396.360	348.680	322.280	333.480
COMB 2	396.360	348.680	322.280	333.480
COMB 3	533.880	394.770	274.500	142.780
COMB 4	625.640	538.050	470.240	417.340
COMB 5	651.710	547.990	464.900	391.700
COMB 6	753.430	543.140	352.150	118.180

- 기초자중에 의한 단면력

Vb = 1.300 x 0.150 x 25.000 = 4.875 kN

Ma = 1.300 x 1.300 x 25.000 x 1.300 / 2 = 27.463 kN.m

- 말뚝반력에 의한 단면력

Vb = 0.00

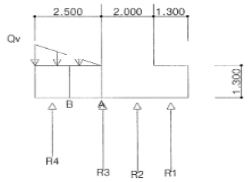
Ma = R1 x 0.650

- 설계단면력 산정

구 분	말뚝반력에 의한 단면력		설계단면력	
	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(kN)	Ms(kN.m)
COMB 1	0.000	158.196	4.875	130.734
COMB 2	0.000	158.196	4.875	130.734
COMB 3	-	-	-	-
COMB 4	0.000	249.707	4.875	222.245
COMB 5	0.000	260.112	4.875	232.650
COMB 6	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(3,6)은 고려하지 않는다.

③ 후면저판(뒷굽)의 단면력 계산



R1 = Ru1 x 7본 / 11.400 (kN/m)

R2 = Ru2 x 7본 / 11.400 (kN/m)

R3 = Ru3 x 7본 / 11.400 (kN/m)

R4 = Ru4 x 7본 / 11.400 (kN/m)

구 분	Ru1	Ru2	Ru3	Ru4
COMB 1	306.970	314.630	301.000	231.310
COMB 2	306.970	314.630	301.000	231.310
COMB 3	454.740	364.620	255.660	52.340
COMB 4	542.620	506.430	450.470	322.470
COMB 5	565.050	514.980	444.260	292.660
COMB 6	672.330	512.240	332.850	25.500

- 기초자중에 의한 단면력 : 「단면설계」 참조

- 뒷채움 토사에 의한 단면력 : 「단면설계」 참조

- 상재하중에 의한 단면력 : 「단면설계」 참조

- 토압의 연직분력에 의한 단면력 : 평상시 - 「단면설계」 참조

- 말뚝반력에 의한 단면력

Vb = R4

Ma = R4 x 1.850

- 설계단면력 산정

구 분	말뚝반력에 의한 단면력		설계단면력	
	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(kN)	Ms(kN.m)
COMB 1	142.032	262.760	109.745	337.458
COMB 2	142.032	262.760	109.745	337.458
COMB 3	-	-	-	-
COMB 4	198.008	366.315	53.769	233.903
COMB 5	179.704	332.451	72.073	267.766
COMB 6	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(3,6)은 고려하지 않는다.

4) 사용성 검토

① 전면저판

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 232.650 x 1000000 / [1940.400 x (1150.000 - 163.688/3)]

= 109.452 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]

= -7x1940.400/1000.0 + 7x1940.400/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1150.0/(7x1940.400)]

= 163.688 mm

사용철근량 = 1940.4 ㎟ (철근도심 : 150.0 mm)

1단 : D19 - 4.0 EA, D16 - 4.0 EA (= 1940.4 ㎟)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 150.00 - 19/2 = 140.50 mm

여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 109.45) - 2.5 x 140.50 = 368.24 mm

300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 109.45) = 575.59 mm

Sa는 작은 값인 368.24 mm 를 적용

S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 368.24 mm) ∴ O.K

② 후면저판

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 337.458 x 1000000 / [2694.400 x (1200.000 - 194.731/3)]

= 110.339 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]

= -7x2694.400/1000.0 + 7x2694.400/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1200.0/(7x2694.400)]

= 194.731 mm

사용철근량 = 2694.4 ㎟ (철근도심 : 100.0 mm)

1단 : D22 - 4.0 EA, D19 - 4.0 EA (= 2694.4 ㎟)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 22/2 = 89.00 mm

여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 110.34) - 2.5 x 89.00 = 491.21 mm

300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 110.34) = 570.97 mm

Sa는 작은 값인 491.21 mm 를 적용

S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 491.21 mm) ∴ O.K

③ 벽체 (H=6.807)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 370.735 x 1000000 / [2292.000 x (1900.000 - 231.392/3)]

= 88.735 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]

= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1900.0/(7x2292.000)]

= 231.392 mm

사용철근량 = 2292.0 ㎟ (철근도심 : 100.0 mm)

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 ㎟)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 19/2 = 90.50 mm

여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 88.73) - 2.5 x 90.50 = 661.23 mm

300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 88.73) = 709.98 mm

Sa는 작은 값인 661.23 mm 를 적용

S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 661.23 mm) ∴ O.K

④ 옹벽

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 95.426 x 1000000 / [2292.000 x (400.000 - 98.379/3)]

= 113.381 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]

= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x400.0/(7x2292.000)]

= 98.379 mm

사용철근량 = 2292.0 ㎟ (철근도심 : 100.0 mm)

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 ㎟)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 19/2 = 90.50 mm

여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 113.38) - 2.5 x 90.50 = 468.31 mm

300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 113.38) = 555.65 mm

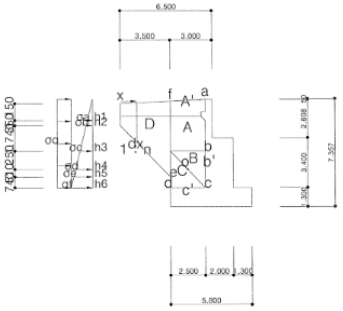
Sa는 작은 값인 468.31 mm 를 적용

S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 468.31 mm) ∴ O.K

8. 날개벽 설계

1) 좌측 날개벽

(1) 단면력 산정



U = 1.700 · H + 2.150 · L

정지토압계수 Ko = 1 - sinΦ = 1 - sin(35.0°) = 0.426

3D Plate 해석 시 자중은 프로그램 내부에서 고려함.

① 해석 모델



사용철근량 = 5139.2 ㎟ (철근도심 : 80.0 ㎜)
1단 : D29 - 8.0 EA (= 5139.2 ㎟)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 80.00 - 29/2 = 65.50 ㎜
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(㎜)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 71.58) - 2.5 x 65.50 = 936.39 ㎜
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 71.58) = 880.11 ㎜
Sa는 작은 값인 880.11 ㎜ 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 880.11 ㎜) ∴ O.K

④ B(T=600 ㎜)
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 113.096 x 1000000 / [2292.000 x (520.000 - 114.122/3)]
= 102.382 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x2292.000)]
= 114.122 ㎜
사용철근량 = 2292.0 ㎟ (철근도심 : 80.0 ㎜)
1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 ㎟)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 80.00 - 19/2 = 70.50 ㎜
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(㎜)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 102.38) - 2.5 x 70.50 = 592.93 ㎜
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 102.38) = 615.34 ㎜
Sa는 작은 값인 592.93 ㎜ 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 592.93 ㎜) ∴ O.K

⑤ C(T=600 ㎜)
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 246.836 x 1000000 / [4053.600 x (520.000 - 145.738/3)]
= 129.169 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x4053.600/1000.0 + 7x4053.600/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x4053.600)]
= 145.738 ㎜
사용철근량 = 4053.6 ㎟ (철근도심 : 80.0 ㎜)
1단 : D25 - 8.0 EA (= 4053.6 ㎟)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 80.00 - 25/2 = 67.50 ㎜
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(㎜)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 129.17) - 2.5 x 67.50 = 440.91 ㎜
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 129.17) = 487.73 ㎜

(3) 사용성 검토
① D(T=600 ㎜)
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 111.773 x 1000000 / [2569.600 x (520.000 - 119.963/3)]
= 90.619 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2569.600/1000.0 + 7x2569.600/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x2569.600)]
= 119.963 ㎜
사용철근량 = 2569.6 ㎟ (철근도심 : 80.0 ㎜)
1단 : D29 - 4.0 EA (= 2569.6 ㎟)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 80.00 - 29/2 = 65.50 ㎜
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(㎜)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 90.62) - 2.5 x 65.50 = 705.27 ㎜
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 90.62) = 695.22 ㎜
Sa는 작은 값인 695.22 ㎜ 를 적용
S = 1000.00 / 4.0 EA = 250.00 ≤ Sa (= 695.22 ㎜) ∴ O.K

② A(T=600 ㎜)
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 300.048 x 1000000 / [5139.200 x (520.000 - 160.768/3)]
= 125.178 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x5139.200/1000.0 + 7x5139.200/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x5139.200)]
= 160.768 ㎜
사용철근량 = 5139.2 ㎟ (철근도심 : 80.0 ㎜)
1단 : D29 - 8.0 EA (= 5139.2 ㎟)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 80.00 - 29/2 = 65.50 ㎜
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(㎜)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 125.18) - 2.5 x 65.50 = 465.36 ㎜
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 125.18) = 503.28 ㎜
Sa는 작은 값인 465.36 ㎜ 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 465.36 ㎜) ∴ O.K

③ A변화부(T=450 ㎜)
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 120.037 x 1000000 / [5139.200 x (370.000 - 131.104/3)]
= 71.582 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x5139.200/1000.0 + 7x5139.200/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x370.0/(7x5139.200)]
= 131.104 ㎜

Sa는 작은 값인 440.91 ㎜ 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 440.91 ㎜) ∴ O.K

17.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 17.2.1】 남고양IC1교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	남고양IC1교의 현장조사 및 분석 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 시설물의 전반적인 안정성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로 판단된다. 해당 구조물의 경우 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	남고양IC1교의 현장조사 및 분석 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 시설물의 전반적인 안정성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로 판단된다. 해당 구조물의 경우 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	상태양호	양호

17.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

17.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

17.2.5 시설물 보수 이력

【표 17.2.2】 남고양IC1교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

17.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 17.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

17.3 현장조사

17.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

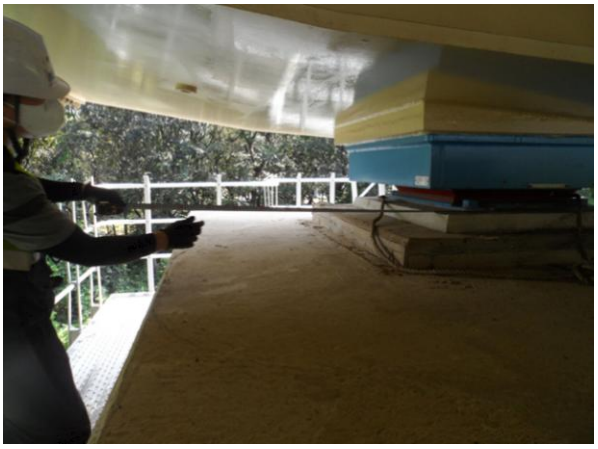
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



제원조사



비파괴시험

【사진 17.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

17.3.2 외관조사 결과

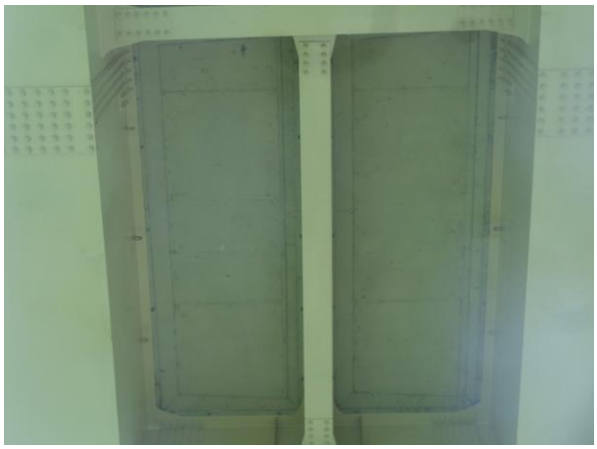
가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 남고양IC1교는 총 2경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=120.0m 폭 11.0m로 바닥판 하면은 철근콘크리트로 시공되어 있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경



바닥판 하면 전경

【사진 17.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 전반적으로 양호한 상태이나 국부적인 망상균열, 재료분리(철근노출)이 조사되었다.

【표 17.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)		재료분리(철근노출) (㎡/개소)	
S1	-	-	0.06	1	-	-
S2	10.50	2	-	-	0.50	1
합계	10.50	2	0.06	1	0.50	1

	
바닥판 하면 S1 재료분리(0.3×0.2)	바닥판 하면 S1 망상균열(3.5×1.5)
	
바닥판 하면 S1 망상균열(3.5×1.5)	바닥판 하면 S1 재료분리(철근노출)(0.5×1.0)

【사진 17.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 조사된 망상균열, 재료분리(철근노출)은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기 탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수(방청) 등을 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 2열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 외관조사를 실시하였다.



거더외부 전경



거더내부 전경

【사진 17.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 거더내부는 양호한 상태로 조사되었으며, 거더외부는 변형, 긁힘 등의 손상이 조사되었다.

【표 17.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		도장긁힘 (㎡/개소)		변형 (m/개소)	
거더 내부	S1	2.76	3	0.10	1
	S2	-	-	-	-
합계		2.76	3	0.10	1

【표 17.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	-	-
	S2		
합계		-	-

	
S1-G1 도장긁힘(0.1×0.2)	S1-G1 변형(L=0.1m)
	
S1-G1 도장긁힘(0.2×1.2)	거더내부 상태양호

【사진 17.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이나 거더외부는 시공시 물리적충격, 시공미흡 등에 의한 도장긁힘, 변형이 조사되었으며, 조사된 손상은 재도장, 정비(주의관찰)를 실시하고 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요구된다.

다. 가로보 및 세로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 강재로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경



세로보 전경

【사진 17.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보 및 세로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 17.3.4】 가로보 및 세로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
세로보	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
세로보 상태양호	세로보 상태양호

【사진 17.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보 및 세로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 남고양IC1교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)

【사진 17.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1에 대한 현장조사 결과 누수흔적이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 17.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	누수흔적 (㎡/개소)	
A1	1.85	2
합계	1.85	2

	
A1 흉벽 누수흔적(0.3×2.0)	A1 누수흔적(0.3×2.0)
	
A1 흉벽 누수흔적(0.5×2.5)	A1 구체 상태양호

【사진 17.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대의 현장조사 결과 신축이음부 우수유입 등에 의한 누수흔적이 조사되었으며, 조사된 손상은 신축이음과 연계하여 정비(재설치), 표면처리 등을 실시하는 것이 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 남고양IC1교의 교각은 T형, 기초는 현장타설말뚝으로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보조사를 통한 근접조사를 실시하였다.



교각 전경(P1)



교각 전경(P1)

【사진 17.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과 기둥부 망상균열이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 17.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)	
P1	14.00	4
합계	14.00	4

	
P1 기둥부 망상균열(8.0×2.0)	P1 코핑부 상태양호

【사진 17.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

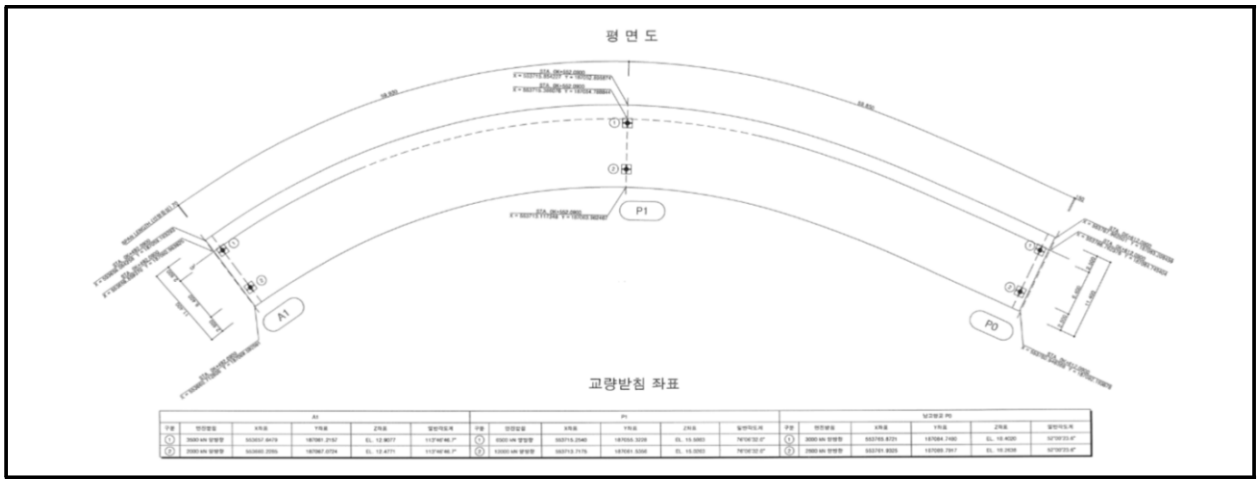
4) 검토의견

- 교각의 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 망상균열이 조사되었으며, 조사된 손상의 정도는 미미하나 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 바람직하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 남고양IC1교의 받침은 면진받침으로 총 6기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 17.3.1】 교량받침 배치도



면진받침 전경(A1)



면진받침 전경(P1)



면진받침 전경(P0)

【사진 17.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침의 현장조사 결과 국부적인 받침몰탈 균열(0.3㎜미만)이 조사되었다.

【표 17.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
A1	-	-
P1	1.20	4
P0	1.20	4
합계	2.40	8

	
P1-Sh1 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)	P1-Sh2 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
A1-Sh1 상태양호	A1-Sh2 상태양호

【사진 17.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

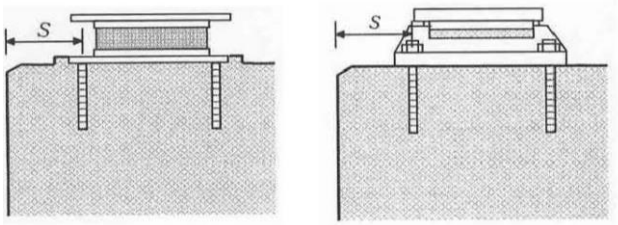
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교량받침의 현장조사 결과 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 국부적인 받침몰탈 균열(0.3㎜미만)이 조사되었으며, 조사된 손상의 정도는 미미하나 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 17.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 17.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500(㎜)

【표 17.3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1	P0측	500	800	800	O.K
P1	A1측	500	1310	1310	O.K
	P0측	500	1300	1300	O.K
P0	A1측	500	650	650	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 17.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 17.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	45.4	14.6	0.000012	60.0	32.7	10.5	
P1	고정단						
P0	45.4	14.6	0.000012	60.0	32.7	10.5	
1) 조사당시 온도 : 25.4℃(조사일 : 2022년 08월 23일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 17.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	0	200	200	32.7	10.5	±200.0	O.K
	SH2	0	200	200			±200.0	O.K
P1	고정단							
P0	SH1	30(P0)	230	170	32.7	10.5	±200.0	O.K
	SH2	30(P0)	230	170			±200.0	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, P0 모두 강핑거 조인트로 시공된 상태이다.



EXP.J1(A1) 전경



EXP.J2(P0) 전경

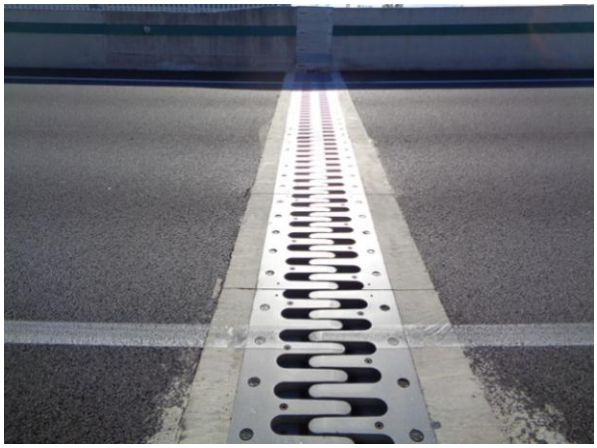
【사진 17.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3㎜미만)이 조사되었다.

【표 17.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		여유량 부족 (개소)	
A1 (EXP J1)	3.50	7	1.00	1
P0 (EXP J2)	-	-	-	-
합계	3.50	7	1.00	1

	
A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
A1 하부 전경	P0 상태양호

【사진 17.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

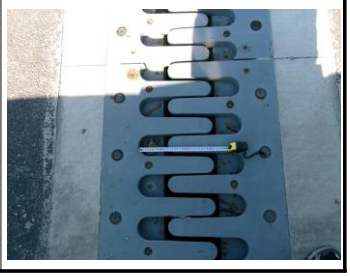
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음의 현장조사 결과 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 거푸집 조기탈형 등에 의한 후타재 균열(0.3㎜미만)이 조사되었으며, 구조물의 내구성 확보 차원에서 표면처리 등을 통한 보수가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 18. 기온 적용: 9.4℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−9.4℃ = 30.6℃
△T(수축시) : −20.0℃−(9.4℃) = 29.4℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 17.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 17.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	29.4	30.6	0.000012	60.0	21.2	22	68	82	132	
P0	29.4	30.6	0.000012	255.0	90	93.6	120	230	280	

1) 조사당시 온도 : 9.4℃(조사일 : 2022년 10월 18일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)

【표 17.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	21.2	22	68	70	-19.20	46.00	N.G
	바닥판			82	-	-	60.0	O.K
	거더			132	-	-	110.0	O.K
P0	신축이음	90	93.6	120	300	90.00	26.40	O.K
	바닥판			230	-	-	136.4	O.K
	거더			280	-	-	186.4	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

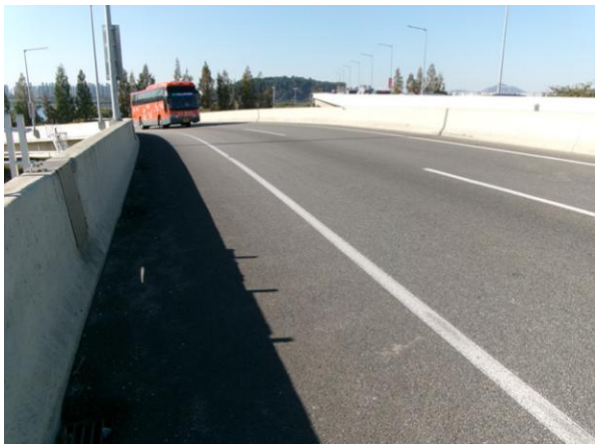
6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A1 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 남고양IC1교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.

	
교면포장 전경	교면포장 전경

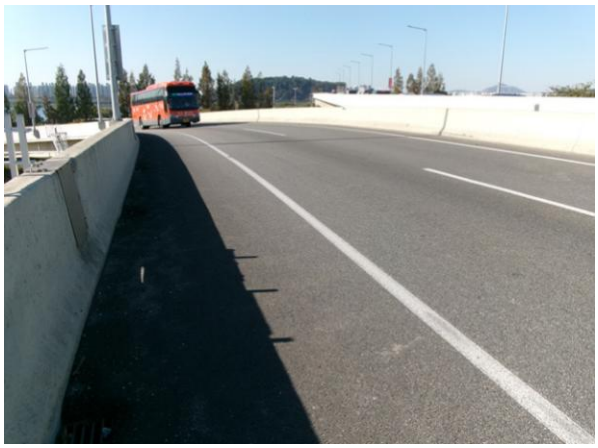
【사진 17.3.19】교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장의 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 17.3.14】교면포장 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
합계	-	-

	
교면포장 상태양호	교면포장 상태양호

【사진 17.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장의 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 남고양IC1교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 17.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이나 배수구 막힘이 조사되었다.

【표 17.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수구 막힘 (개소)	
S1	2.00	2
S2	-	-
합계	2.00	2

	
S1 배수구 막힘	배수관 상태 양호

【사진 17.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 배수구는 전반적으로 양호한 상태이나 공용기간 경과, 차량통행에 의한 비산물퇴적 등에 의한 배수구 막힘이 조사되었으며, 정비를 통한 유지관리를 실시하는 것이 요구된다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

	
방호벽 전경	방호벽 전경

【사진 17.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 국부적인 균열(0.3㎜미만, 이상), 균열부백태가 조사되었다.

【표 17.3.16】 방호벽 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)		균열부백태 (㎡/개소)	
S1	6.00	2	1.10	1	0.90	8
S2	1.10	1	4.00	2	2.70	27
합계	7.10	3	5.10	3	3.60	35

	
S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜이상)	S1 방호벽 균열부백태(0.1×1.0)
	
S2 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	S2 방호벽 균열부백태(0.1×1.0)

【사진 17.3.24】 방호벽 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투 등에 의한 국부적인 균열(0.3㎜미만, 이상), 균열부백태가 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 및 미관 확보 차원에서 표면처리, 주입보수 등을 실시하는 것이 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 남고양IC1교의 점검로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1에 강재+알루미늄 재질의 점검로가 설치되어 있다.

	
점검로 전경	점검로 전경

【사진 17.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 17.3.17】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
합계	-	-

	
P1 점검로 상태양호	P1 점검로 상태양호
	
P1 점검로 상태양호	P1 점검로 상태양호

【사진 17.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

17.3.3 외관조사 총괄표

【표 17.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		망상균열	㎡	10.50	2	
		재료분리	㎡	0.06	1	
		재료분리(철근노출)	㎡	0.50	1	
거더	거더외부	도장긁힘	㎡	2.76	3	
		변형	m	0.10	1	
	거더내부	상태양호	-	-	-	
가로보 및 세로보		상태양호	-	-	-	
교대		누수흔적	㎡	1.85	2	
교각		망상균열	㎡	14.00	4	
교량받침		받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	2.40	8	
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	3.50	7	
		여유량 부족	EA	1.00	1	
교면포장		상태양호	-	-	-	
배수시설		배수구 막힘	EA	2.00	2	
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	7.10	3	
		균열(0.3㎜이상)	m	5.10	3	
		균열부백태	㎡	3.60	35	
점검시설		상태양호	-	-	-	

17.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

17.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

17.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 17.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	3	3	3	3	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



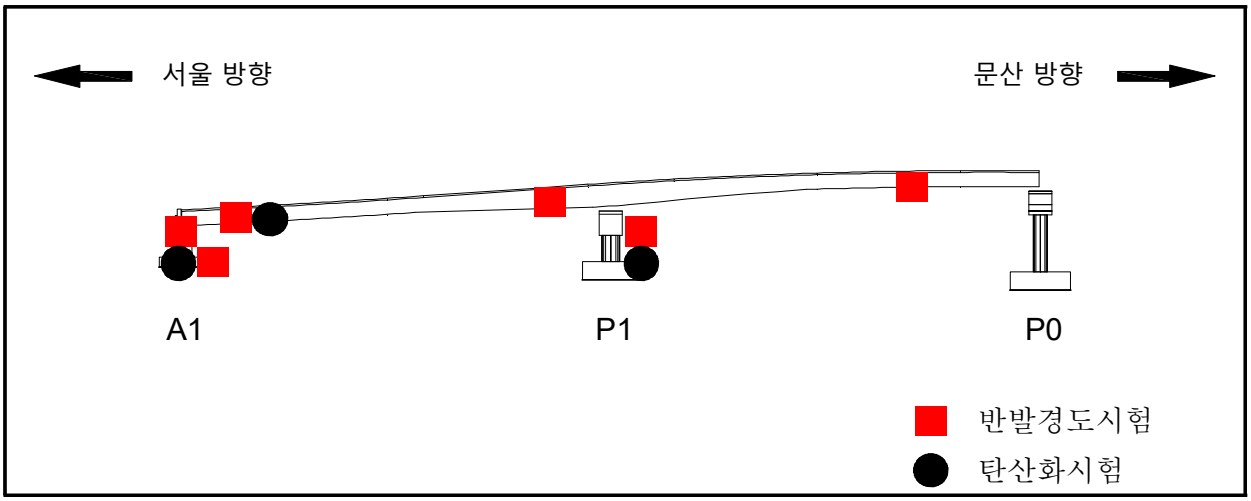
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 17.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 17.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

17.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(각 3개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 17.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1(A1)	바닥판	46.3	27.3	28.7	0.67	27.0	
	S1(P1)	바닥판	46.5	27.5	28.9			
	S2	바닥판	46.3	27.3	28.8			

【표 17.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	흉벽	44.2	25.5	27.8	0.67	24.0	
	A1	구체	44.4	25.7	27.8			

【표 17.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	기둥부	49.5	42.0	50.4	0.67	40.0	

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.9㎫, 하부구조 교대 25.5~27.8㎫, 교각 42.0~50.4㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 17.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.3~28.9	27.0	101.1~106.9
하부구조	교대	25.5~27.8	24.0	106.5~116.0
	교각	42.0~50.4	40.0	105.0~126.0

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 17.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	P1 기둥부	2.5	100.0	97.5	1.77	100년이상	a

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~2.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 17.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	2.0	38.0	
하부구조	2.0~2.5	97.5~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 17.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	25.5~27.8	24.0	
		교각	42.0~50.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.5~98.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

17.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

17.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 17.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	b	c	a	a	c	b	b	a	a	q	a	a
S2	P1	STB	c	a	a	a	a	b	–	b	b	q	–	a
	P0								a	b	–	–	–	–
평균			0.300	0.250	0.100	0.100	0.250	0.200	0.150	0.167	0.150	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.054	0.050	0.005	0.007	0.008	0.004	0.014	0.015	0.030	–	0.004	0.003
													0.193	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.193) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 17.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
남고양IC1교	0.193	B	120	2	240	1.000	0.193
합계(Σ)			120	2	240	1	0.193
1. 평가지수 =							0.193
2. 상태평가결과 =							B

17.5.2 기 점검 결과와의 비교

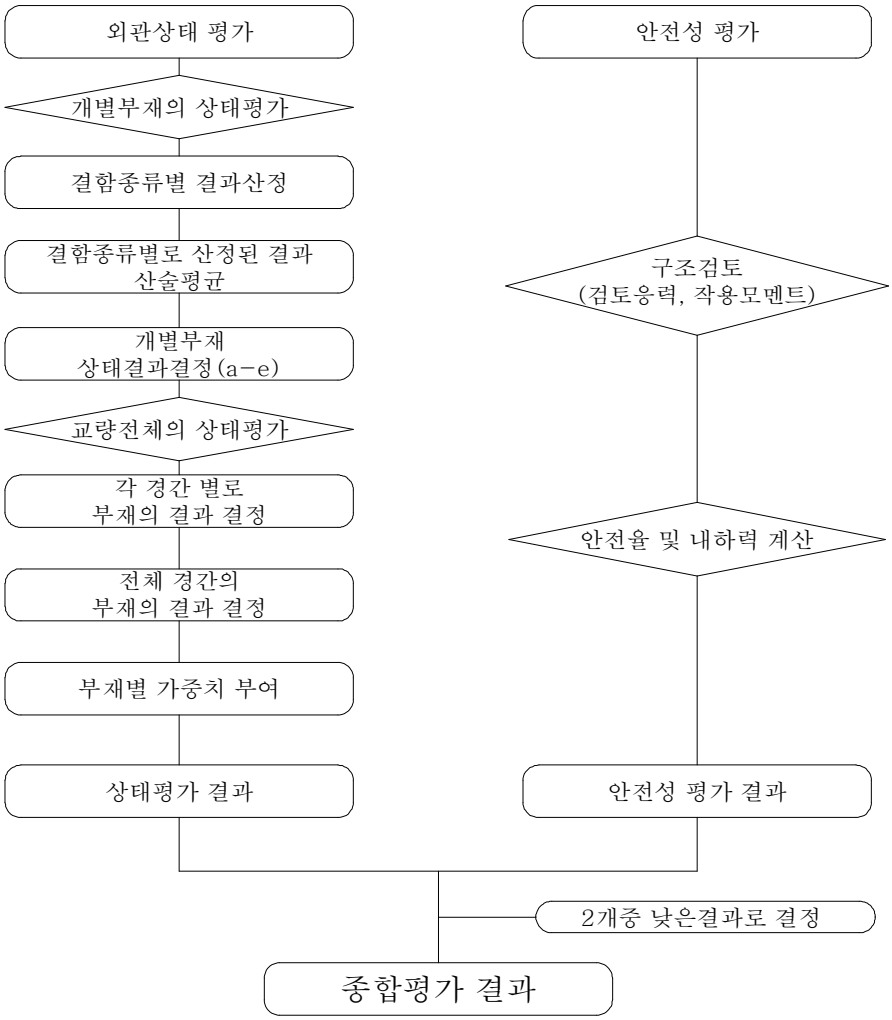
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

17.6 종합평가 및 안전등급 지정

17.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 17.6.1】 종합평가 결과 산정절차

17.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 17.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
남고양IC1교	0.193	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

17.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 17.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

17.7 보수·보강 및 유지관리방안

17.7.1 보수·보강 방안

【표 17.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		망상균열	㎡	10.50	2	표면처리	하자
		재료분리	㎡	0.06	1	단면보수	하자
		재료분리(철근노출)	㎡	0.50	1	단면보수(방청)	하자
거더	거더외부	도장긁힘	㎡	2.76	3	재도장	하자
		변형	m	0.10	1	정비(주의관찰)	하자
	거더내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보 및 세로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		누수흔적	㎡	1.85	2	표면처리(정비)	하자
교각		망상균열	㎡	14.00	4	표면처리	하자
교량받침		받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	2.40	8	표면처리	하자
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	3.50	7	표면처리	하자
		여유량 부족	EA	1.00	1	정비(재설치)	하자
교면포장		상태양호	-	-	-	-	-
배수시설		배수구 막힘	EA	2.00	2	정비(청소)	하자
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	7.10	3	표면처리	하자
		균열(0.3㎜이상)	m	5.10	3	주입보수	하자
		균열부백태	㎡	3.60	35	표면처리	하자
점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

17.7.2 개략공사비

【표 17.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	망상균열	표면처리	10.50	15.75	㎡	-	-	하자
	재료분리	단면보수	0.06	0.09	㎡	-	-	하자
	재료분리(철근노출)	단면보수(방청)	0.50	0.75	㎡	-	-	하자
거더외부	도장긁힘	재도장	2.76	4.14	㎡	-	-	하자
	변형	정비(주의관찰)	0.10	0.15	m	-	-	하자
교대	누수흔적	표면처리(정비)	1.85	2.78	㎡	-	-	하자
교각	망상균열	표면처리	14.00	21.00	㎡	-	-	하자
교량받침	받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	표면처리	2.40	0.60	㎡	-	-	하자
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	표면처리	3.50	0.88	㎡	-	-	하자
	여유량 부족	정비(재설치)	1.00	1.00	EA	-	-	하자
배수시설	배수구 막힘	정비(청소)	2.00	2.00	EA	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	7.10	1.78	㎡	-	-	하자
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	5.10	7.65	m	-	-	하자
	균열부백태	표면처리	3.60	5.40	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

17.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 17.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상



① 바닥판 하면 재료분리(철근노출) – 진전 여부확인





② 교대 누수흔적 – 진전 여부확인

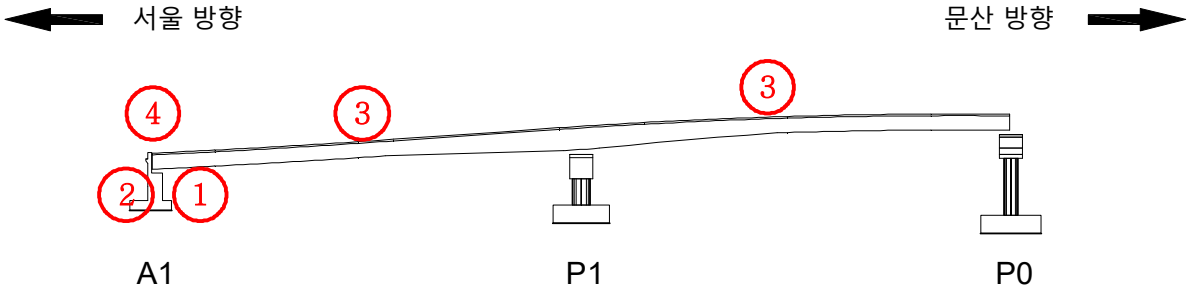




③ 방호벽 균열, 균열부백태 - 정비 및 진전 여부확인



④ 신축이음 A1 수축여유량 부족- 주기적인 계측 필요



17.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 자유로 88 (덕은동)에 위치한 교량으로 총 연장 120.0m, 폭 11.0m의 Steel Box 거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

17.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 조사된 망상균열, 재료분리(철근노출)은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수(방청) 등을 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이나 거더외부는 시공시 물리적충격, 시공미흡 등에 의한 도장긁힘, 변형이 조사되었으며, 조사된 손상은 재도장, 정비(주의관찰)를 실시하고 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요구된다.

3) 가로보 및 세로보

- 가로보 및 세로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대의 현장조사 결과 신축이음부 우수유입 등에 의한 누수흔적이 조사되었으며, 조사된 손상은 신축이음과 연계하여 정비(재설치), 표면처리 등을 실시하는 것이 필요하다.

5) 교각

- 교각의 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 망상균열이 조사되었으며, 조사된 손상의 정도는 미미하나 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 바람직하다.

6) 교량받침

- 교량받침의 현장조사 결과 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 국부적인 받침몰탈 균열(0.3㎜미만)이 조사되었으며, 조사된 손상의 정도는 미미하나 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음의 현장조사 결과 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 거푸집 조기탈형 등에 의한 후타재 균열(0.3㎜미만)이 조사되었으며, 구조물의 내구성 확보 차원에서 표면처리 등을 통한 보수가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A1 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

8) 교면포장

- 교면포장의 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

9) 배수시설

- 배수구는 전반적으로 양호한 상태이나 공용기간 경과, 차량통행에 의한 비산물퇴적 등에 의한 배수구 막힘이 조사되었으며, 정비를 통한 유지관리를 실시하는 것이 요구된다.

10) 방호벽

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투 등에 의한 국부적인 균열(0.3㎜미만, 이상), 균열부백태가 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 및 미관 확보 차원에서 표면처리, 주입보수 등을 실시하는 것이 필요하다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.9㎫, 하부구조 교대 25.5~27.8㎫, 교각 42.0~50.4㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~2.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 남고양IC1교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.193인 “B” 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 남고양IC1교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

17.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

17.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

18. 남고양교

18.1 시설물 개요
18.2 자료수집 및 분석
18.3 현장조사
18.4 콘크리트 내구성조사
18.5 상태평가
18.6 종합평가 및 안전등급 지정
18.7 보수·보강 및 유지관리 방안
18.8 종합결론

18. 남고양교

18.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 대덕로 426 (현천동)에 위치한 교량으로 총 연장 390.0m, 폭 25.0m로 시공되어 있다.

18.1.1 일반사항

【표 18.1.1】 남고양교 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000233	관리번호	-	
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 대덕로 426 (현천동)	준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		-	노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=390.0m (40+4@60+65+45=390m)			
	폭	B=25.0m, 4차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교 각	현장타설말뚝
교량받침		고무받침(면진받침)	신축이음	강핑거죠인트	
교차시설물		-	통과높이	-	
부착시설내용		-	설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		지에스건설㈜	설 계 자	㈜다산컨설턴트	
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체	서울문산고속도로주식회사	

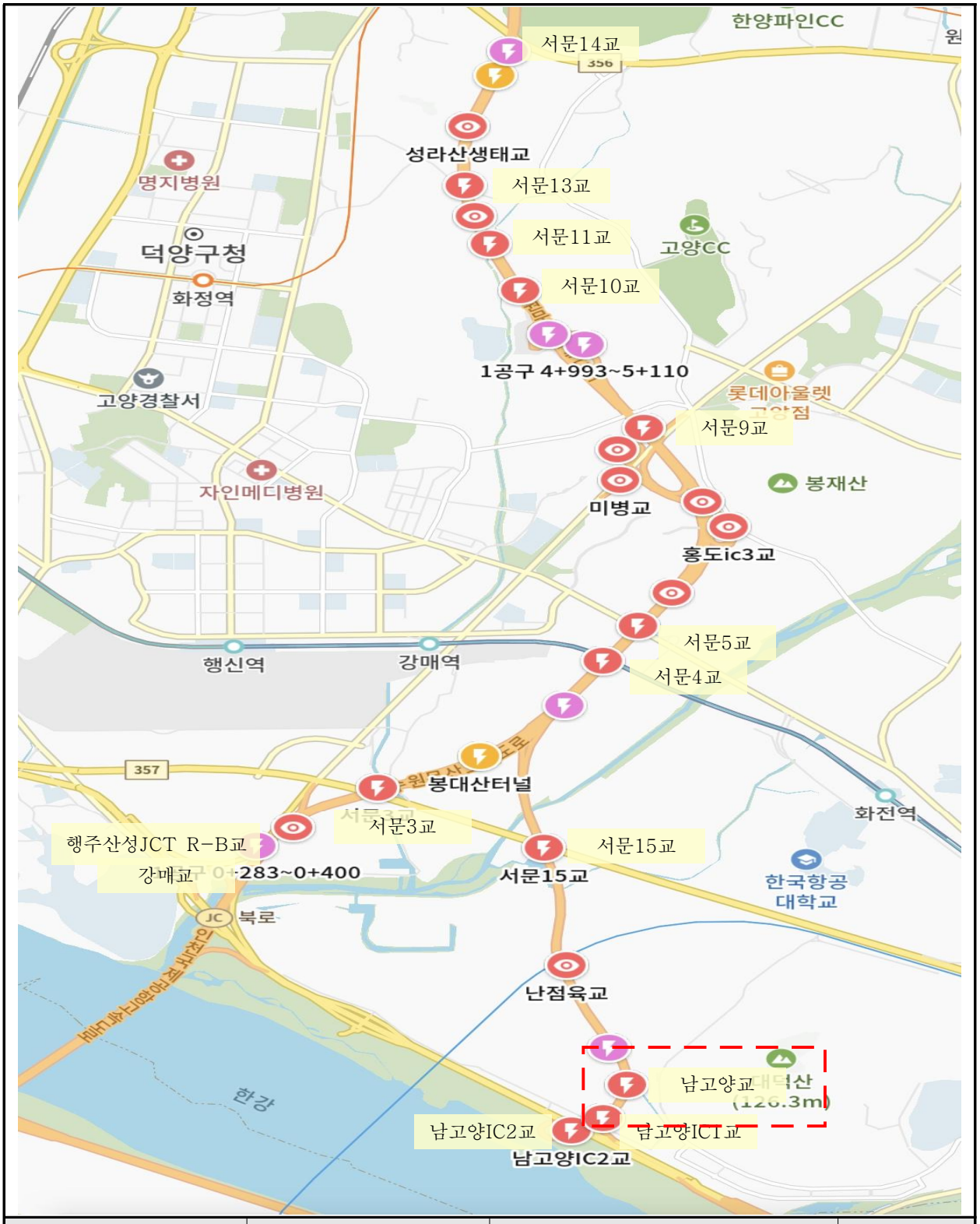


측면 전경



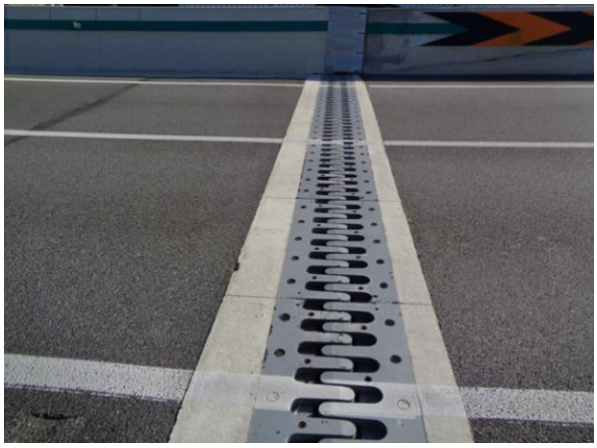
상부 전경

18.1.2 위치도 및 전경사진



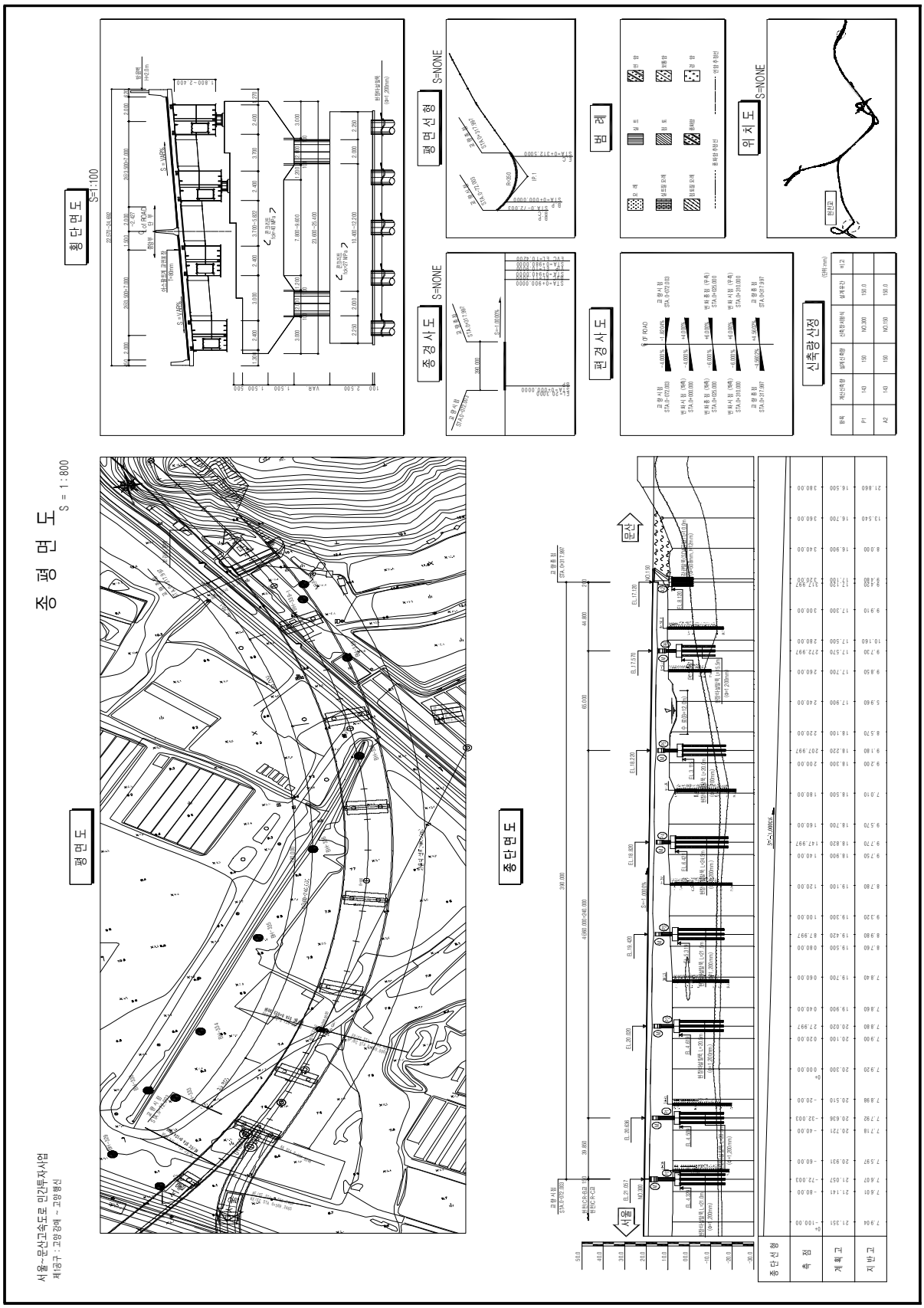
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S7	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 18.1.1】 위치도

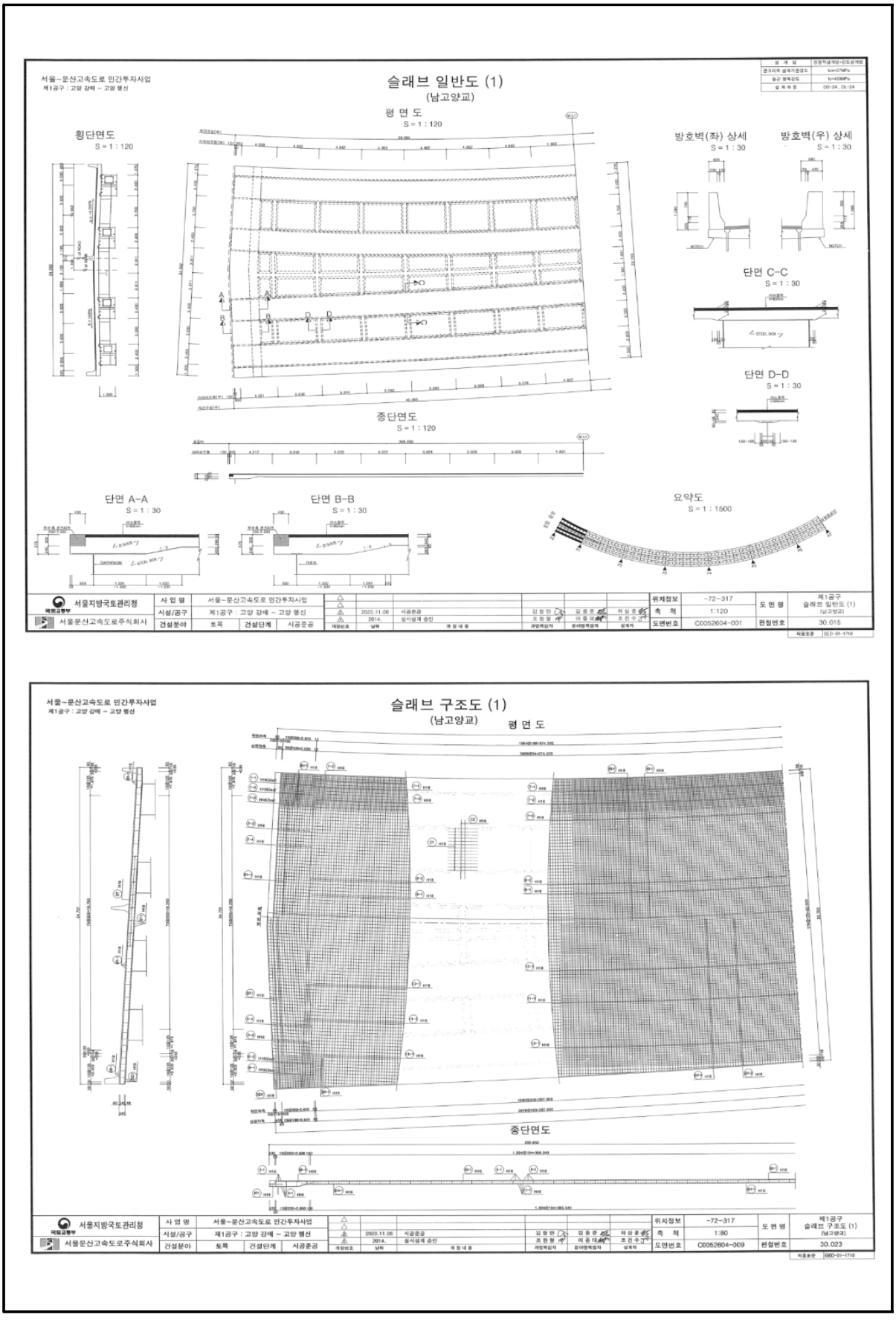
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 18.1.2】 부재별 현황

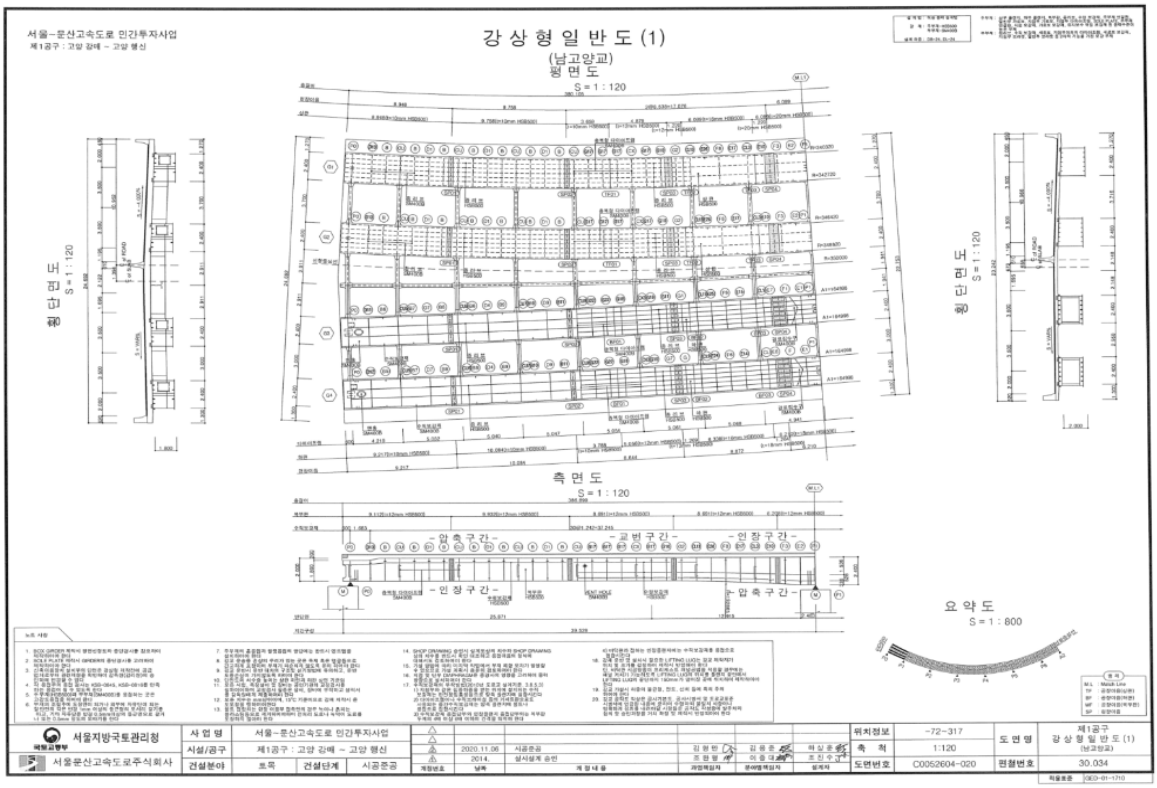
18.1.3 시설물 일반도

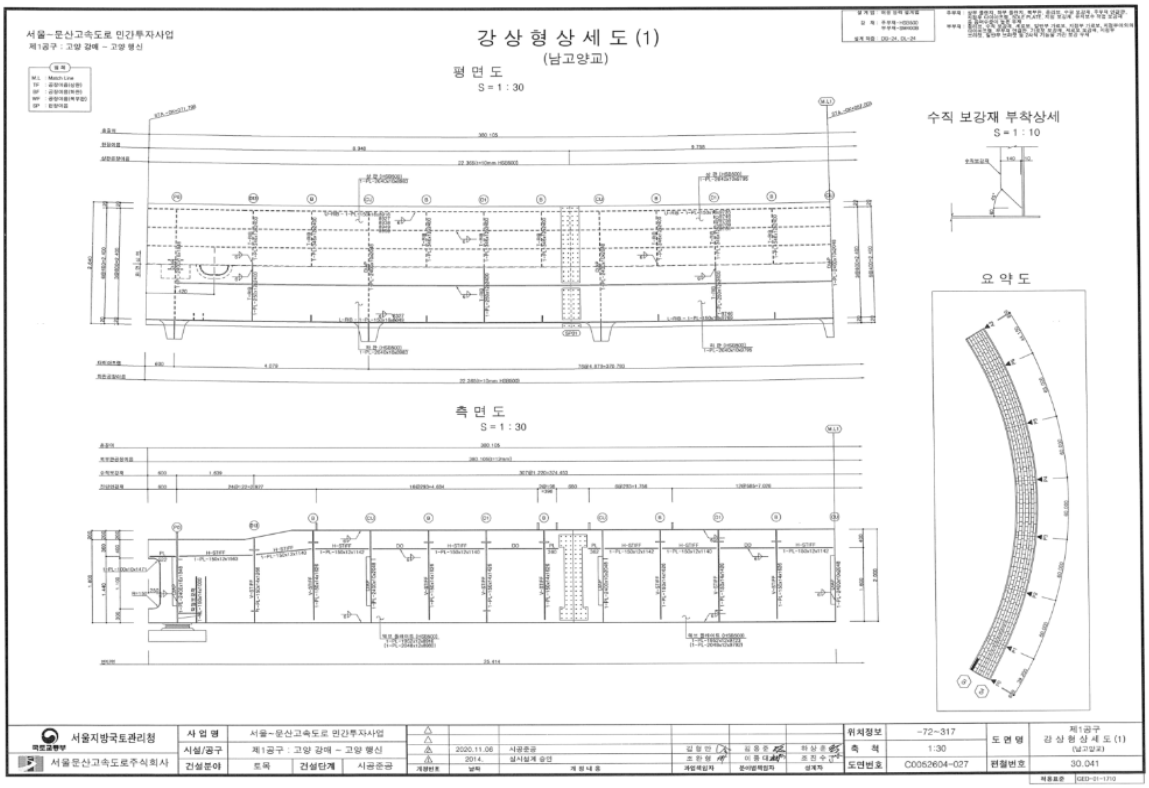


【그림 18.1.3】 평면 및 종단면도

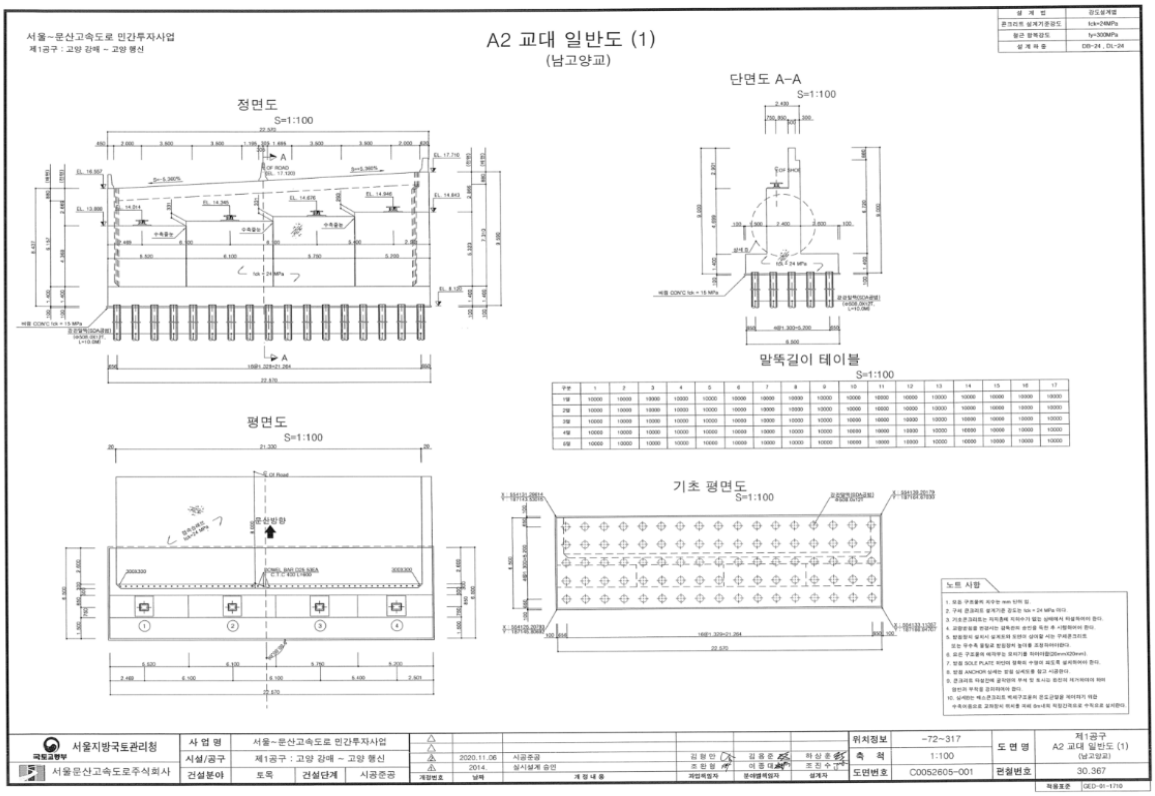


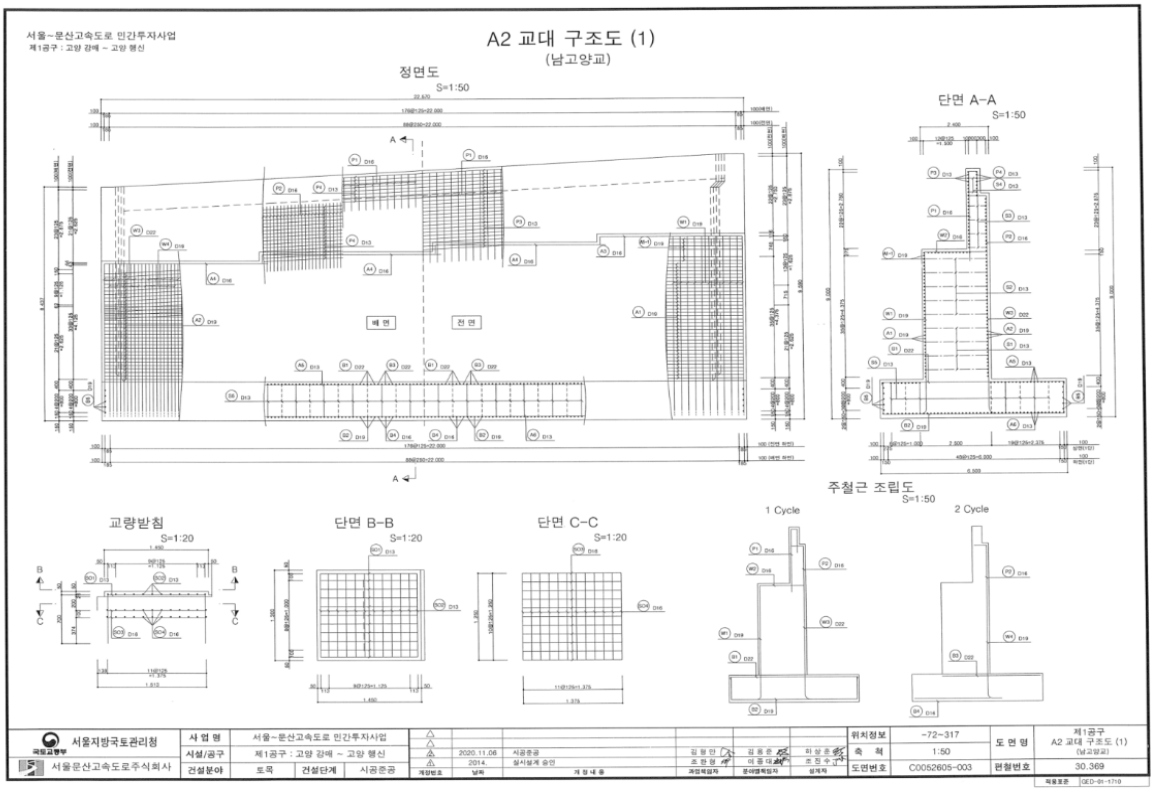
【그림 18.1.4】 바닥판하면 일반도 및 구조도



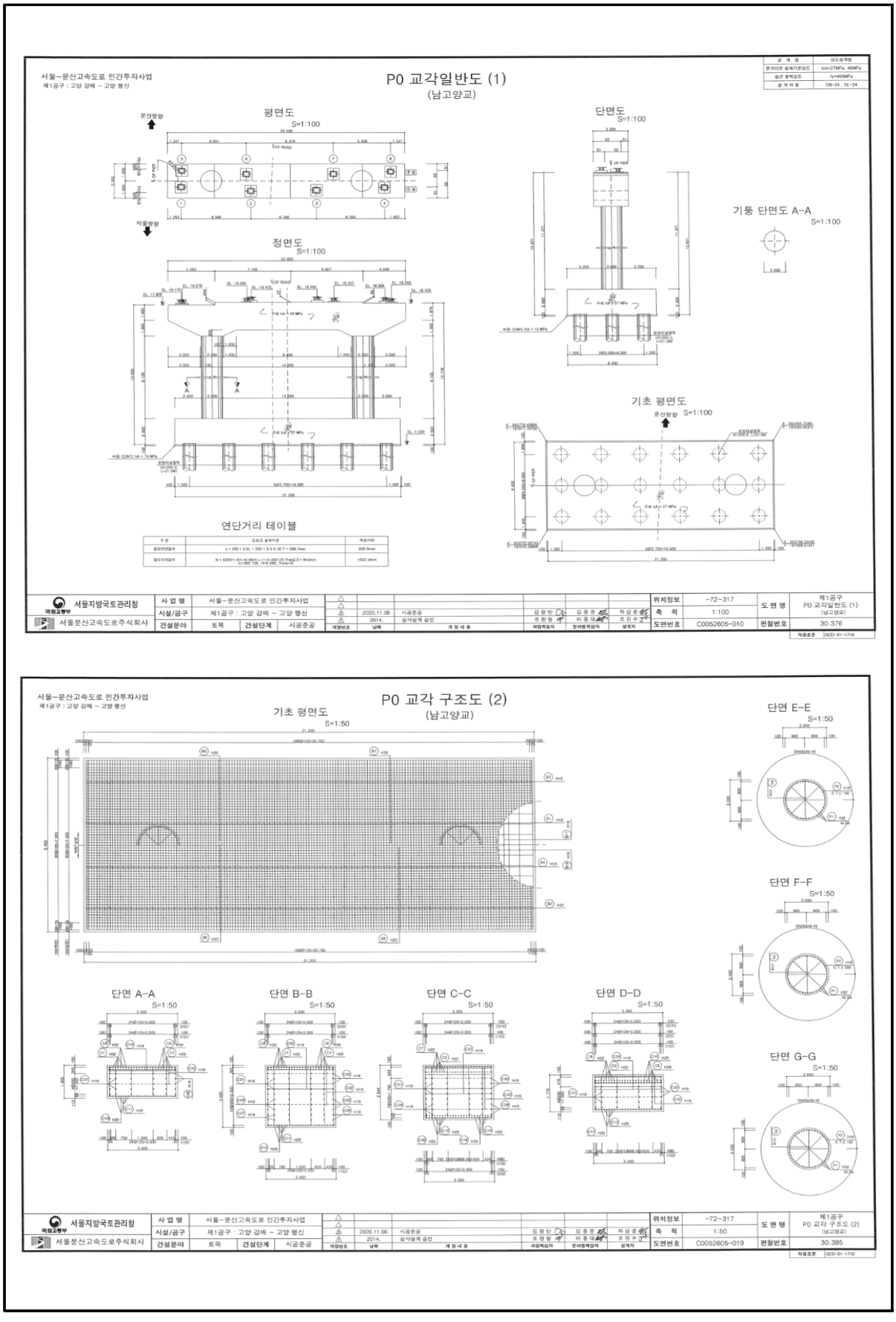


【그림 18.1.5】 강상형 일반도 및 상세도



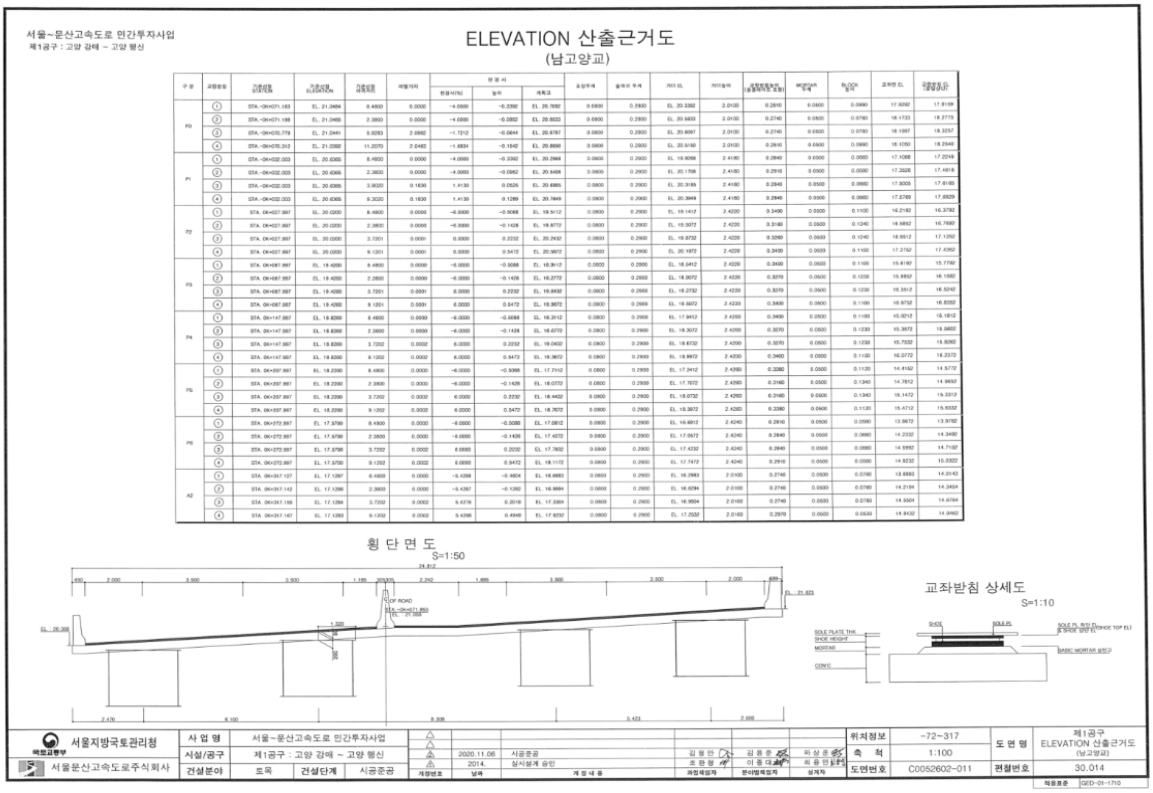


【그림 18.1.6】 교대 일반도 및 구조도



【그림 18.1.7】 교각 일반도 및 구조도





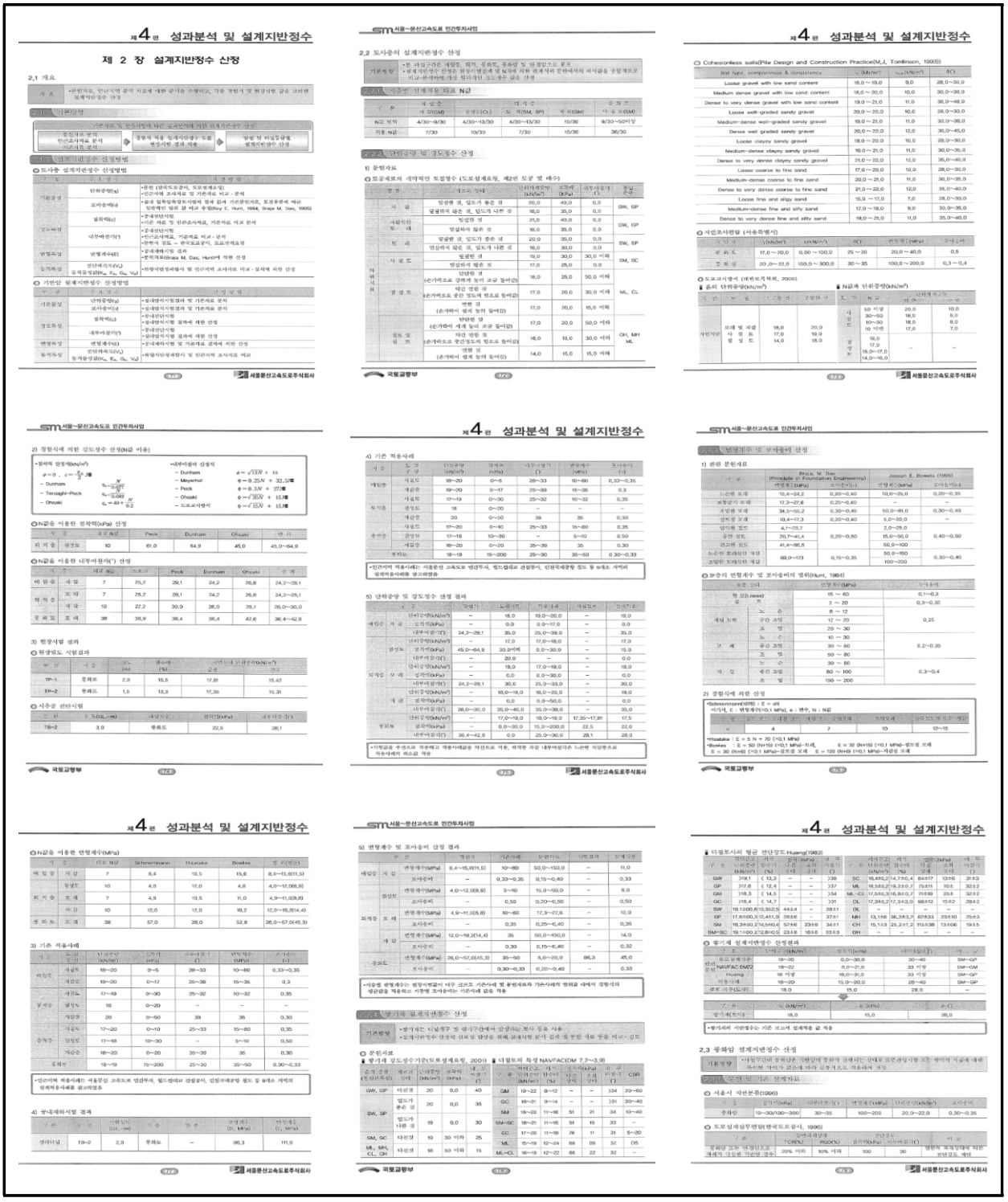
【그림 18.1.8】교량받침 배치도

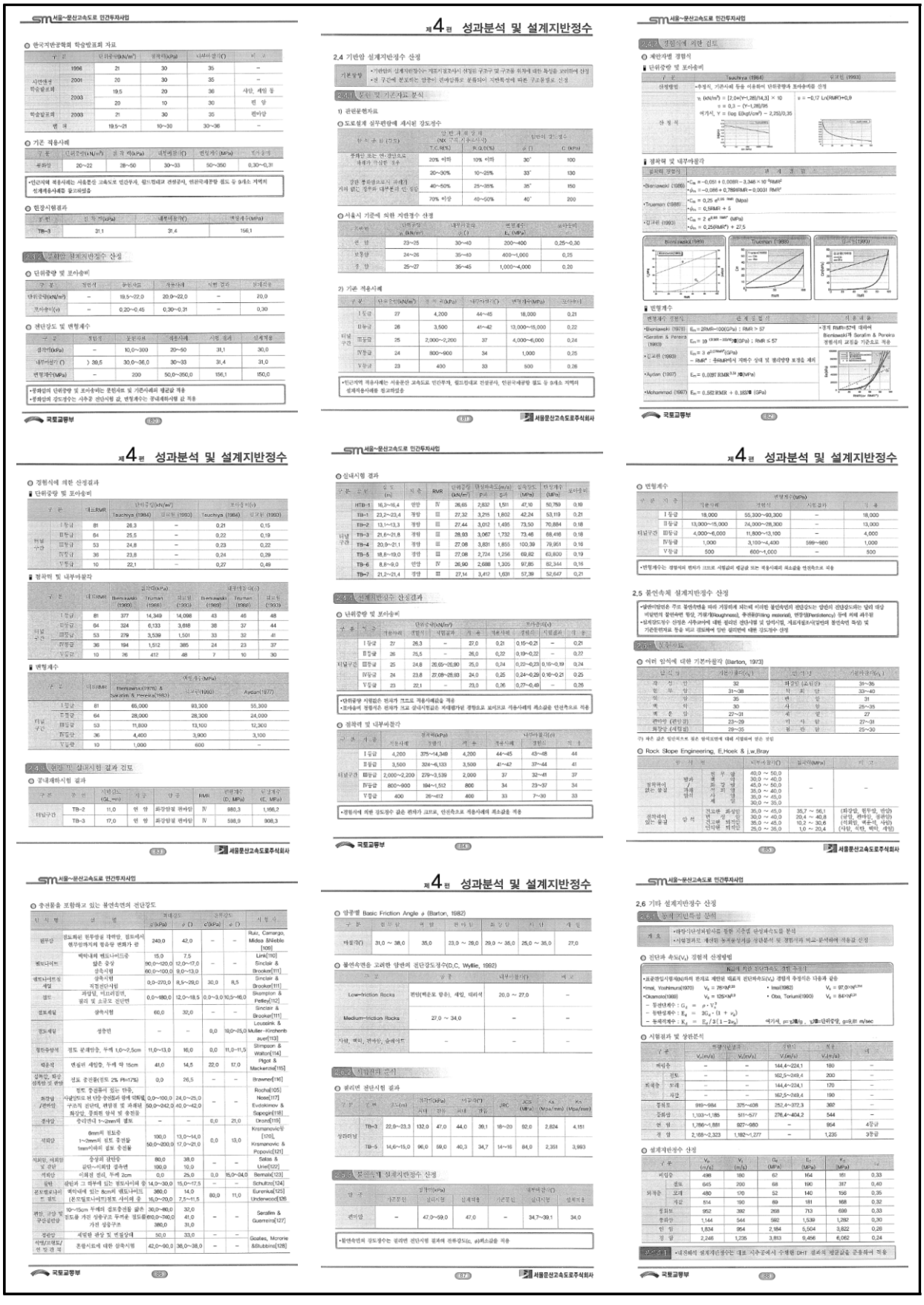
18.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

18.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질





제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
	일반	
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
	일반	
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
	일반	
균열 간격이 없을때	불투수성	1.0×10^{-9} 이상
	일반	

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

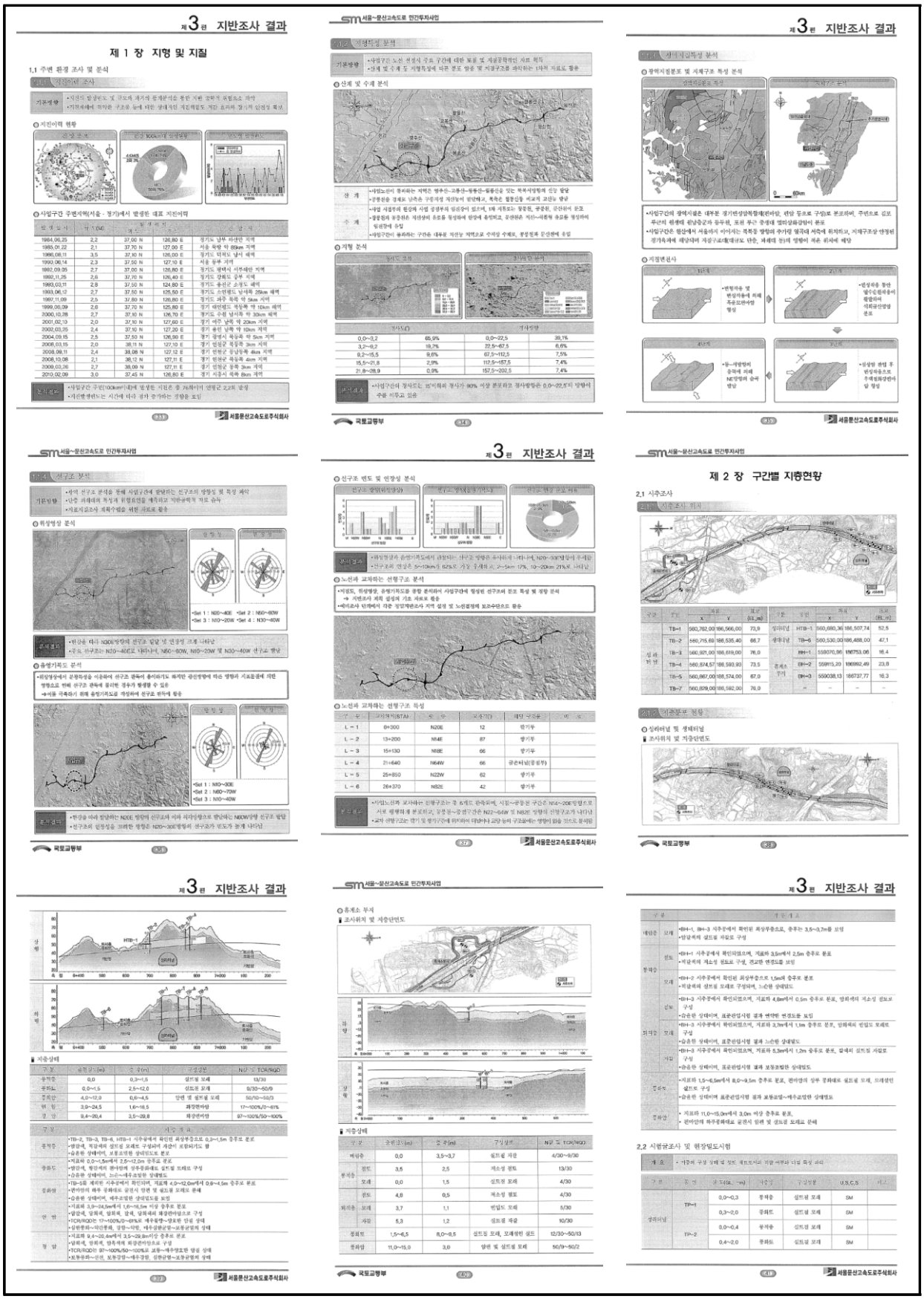
2.7.3 물안속제 설계지반정수

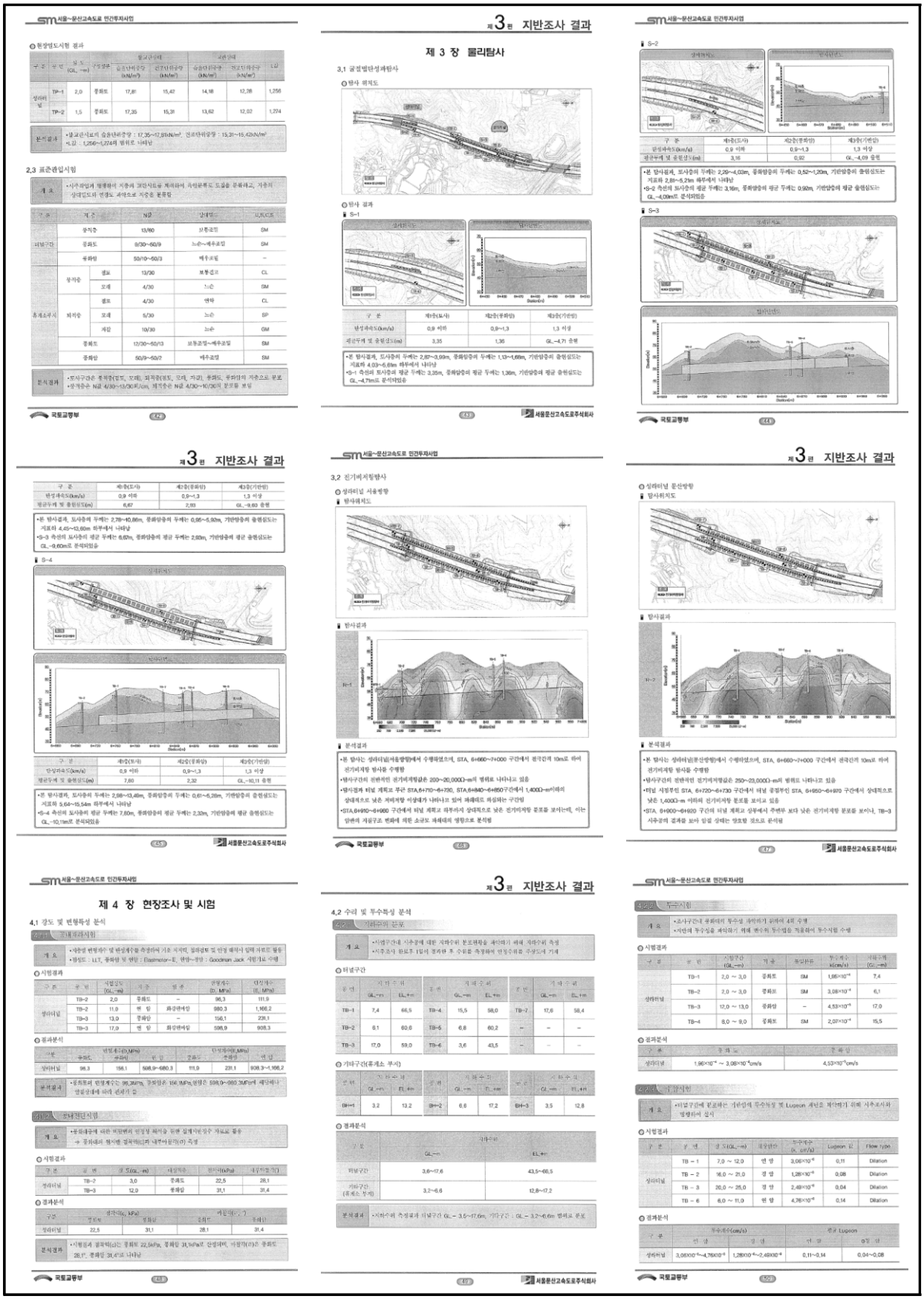
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	v_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

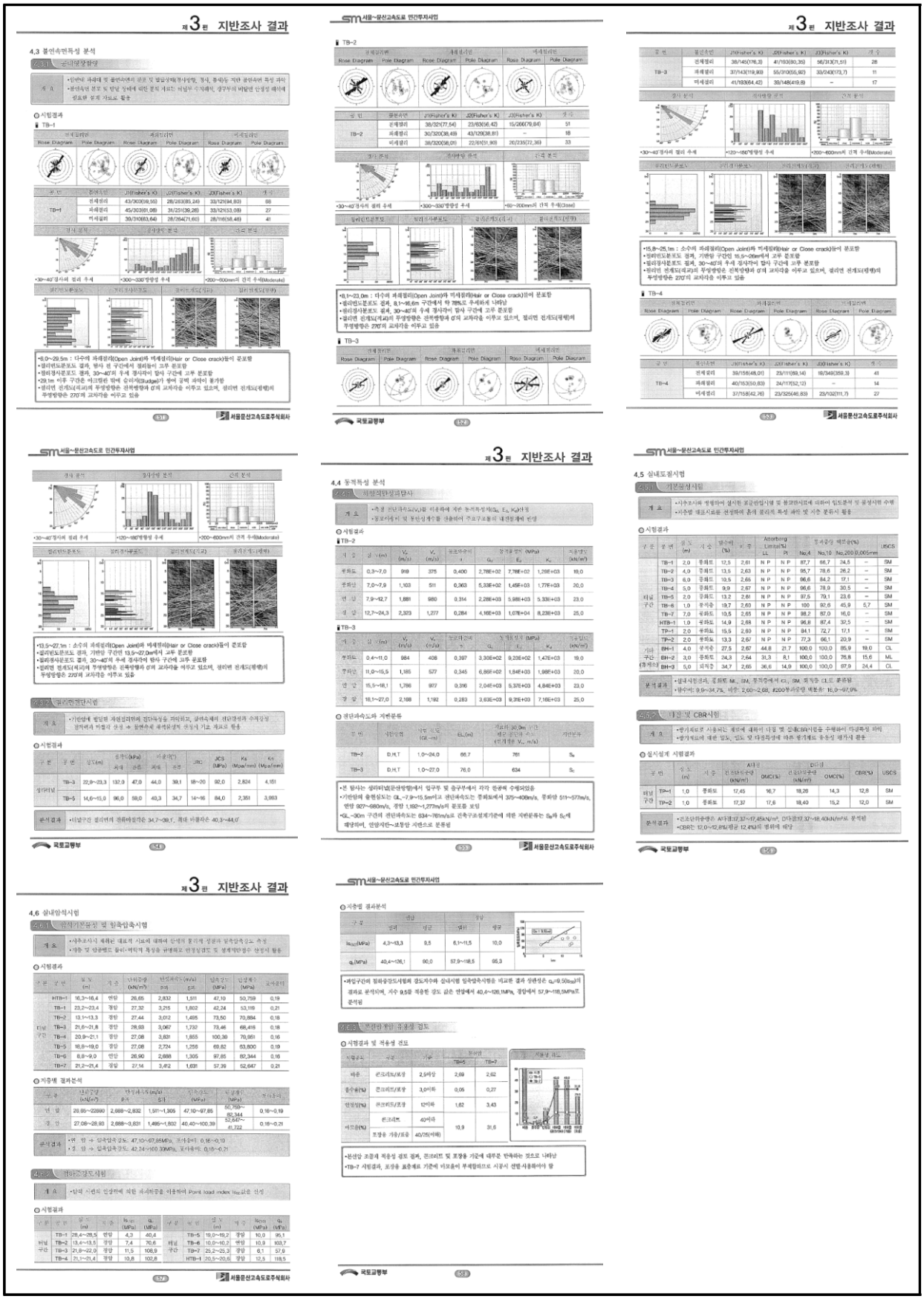
나. 지반 및 지질 조사보고서





제 3 장 물리탐사

제 3 장 현장조사 및 시험



제3편 지반조사 결과

4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

개 요 •암반의 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 통과)등 지반 불연속면 특성 파악
•불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수직해석, 경구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

시험결과

TB-1

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-1	전체절리	43/303(59,55)	28/263(85,24)	33/121(94,80)	68
	파쇄절리	45/303(61,08)	31/251(39,28)	33/121(53,08)	27
	미세절리	39/310(63,64)	28/264(71,60)	28/116(58,48)	41

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(직교) / 절리전개도(평행)

•8.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 암사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 암사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 이크랑한 밖에 슬리지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-2

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-2	전체절리	38/321(77,54)	23/63(56,42)	15/266(79,84)	51
	파쇄절리	30/320(38,49)	43/129(38,81)	–	18
	미세절리	38/320(58,01)	22/61(51,90)	26/235(72,36)	33

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •60~200mm의 간격 우세(Close)

절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(직교) / 절리전개도(평행)

•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 암사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-3

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-3	전체절리	38/145(176,3)	41/193(80,35)	56/313(71,51)	28
	파쇄절리	37/143(119,93)	55/310(55,92)	33/243(173,7)	11
	미세절리	41/193(64,42)	39/148(419,8)	–	17

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(직교) / 절리전개도(평행)

•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 암사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-4

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-4	전체절리	39/156(48,01)	23/111(89,14)	19/349(359,3)	41
	파쇄절리	40/153(50,83)	24/117(52,12)	–	14
	미세절리	37/158(42,76)	23/325(46,83)	23/102(111,7)	27

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(직교) / 절리전개도(평행)

•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 암사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요 •기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 설계속에서 전단강성과 수직강성 결정에서 마찰각 산정 → 불연속에 해석분석의 산정시 기초 자료로 활용

시험결과

구 분	공 번	심도(m)	절각(kPa) 최대	절각(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
절리터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과 •터널구간 절리면의 전류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요 •측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_o, E_o, K_o)산정
•동모아레미 및 동반성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

시험결과

TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 n	동적물성치 (MPa) G_o	E_o	K_o	지층밀도 (kN/m³)
풍화토	0.3~7.0	919	375	0.400	2.76E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 n	동적물성치 (MPa) G_o	E_o	K_o	지층밀도 (kN/m³)
풍화토	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.23E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	977	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,188	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 속도 (GL~m)	EL(m)	기초와 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (전개경우 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL~7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL~30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요 •시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
•지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	풍적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타구간 (참조용)	BH-1	4.0	풍적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과 •실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 풍적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨
•함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 터널 및 CBR시험

개 요 •평가재료로 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악
•평가재료의 대한 입도, 입도 및 다짐특성에 따른 평가재료 유용성 평가시 활용

실시설계 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.28	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과 •건조단위중량은 A다짐17.37~17.45kN/m³, D다짐17.37~18.40kN/m³로 분석됨
•CBR는 12.0~12.8%(평균 12.4%)의 범위에 해당

4.6 실내압축시험

4.6.1 음식기본물성 및 압축압축시험

개 요 •시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 압축의 물리적 성질과 압축압축강도 측정
•지층 및 암분별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계적반영수 산정시 활용

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	압축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,418	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,258	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	압축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과 •연 암 → 압축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19
•경 암 → 압축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

개 요 •압축 시험의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index I_{50}값을 산정

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	I_{50}(m) (MPa)	q_u (MPa)	구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	I_{50}(m) (MPa)	q_u (MPa)
터널구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

지층별 결과분석

구 분	연암 절리	연암 평균	경암 절리	경암 평균
I_{50}(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3

•파일구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 압축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.50I_{50}의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 콘전단계압 유용성 검토

시험결과 및 적용성 검토

시험공도	구분	기준	분석안 TB-5	분석안 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

시험성 검토

•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

다. 구조계산서

구 조 물 개 요							
현 장 명	서울~문산간 고속도로		발 주 처	서울문산고속도로(주)			
교 량 명	남고양교	교량제원	연 장	40.000 + 60.000 + 60.000 + 60.000 + 60.000 + 65.000 + 45.000 = 390.000 m			
교량등급	1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)		폭 원	22.570 m			
교량형식	Steel 박스거더교		사 각	90.000 °			

바 닥 판 설 계							
구 분	검토위치	검토방법	최소바닥판두께	사용바닥판두께	판 정	안전률	비고
최소두께검토	좌측 캔틸레버부	강도설계법	266.6 mm	290.0 mm	O.K !!	108.7%	
	우측 캔틸레버부	강도설계법	255.6 mm	290.0 mm	O.K !!	113.5%	
	중앙부 거더	경험적설계법	220.0 mm	290.0 mm	O.K !!	131.8%	
	중앙부 가로보	경험적설계법	237.4 mm	240.0 mm	O.K !!	101.1%	

바 닥 판 설 계							
구 분	검토위치	검토항목	계수M,필요철근	공칭M,사용철근	판 정	안전률	비고
단면설계	좌측 캔틸레버부 (강도)	모멘트 검토	124.0 kN·m	143.6 kN·m	O.K !!	115.9%	
		휨철근 검토	1,693.9 mm²	1,986.0 mm²	O.K !!	H16@200+H16@200	
		배력철근 검토	1,134.9 mm²	1,146.0 mm²	O.K !!	H19@250	
		단부강보주철근	3,387.8 mm²	3,871.0 mm²	O.K !!	H22@200+H22@200	
		단부보강배력철근	2,269.9 mm²	2,292.0 mm²	O.K !!	H19@125	
	우측 캔틸레버부 (강도)	모멘트 검토	113.0 kN·m	143.6 kN·m	O.K !!	127.1%	
		휨철근 검토	1,534.8 mm²	1,986.0 mm²	O.K !!	H16@200+H16@200	
		배력철근 검토	1,028.3 mm²	1,146.0 mm²	O.K !!	H19@250	
		단부보강주철근	3,069.6 mm²	3,871.0 mm²	O.K !!	H22@200+H22@200	
		단부보강배력철근	2,056.6 mm²	2,292.0 mm²	O.K !!	H19@125	
	중앙부 거더 및 가로보 (경험)	주철근하면철근	960.0 mm²	993.0 mm²	O.K !!	H16@400+H16@400	
		주철근상면철근	720.0 mm²	993.0 mm²	O.K !!	H16@400+H16@400	
		배력철근하면철근	720.0 mm²	794.4 mm²	O.K !!	H16@250	
		배력철근상면철근	720.0 mm²	794.4 mm²	O.K !!	H16@250	
		단부보강주철근	960.0 mm²	993.0 mm²	O.K !!	H16@400+H16@400	
		단부보강배력철근	720.0 mm²	794.4 mm²	O.K !!	H16@250	
	내부지점부	철근량 검토	3,600.0 mm²	4,584.0 mm²	O.K !!	H19@125+H19@125	
		주상률 검토	0.0035 mm/mm²	0.0040 mm/mm²	O.K !!		
구 분	검토위치	검토항목	적용균열폭	허용균열폭	판 정	안전률	비고
사용성검토	좌측 캔틸레버부	균열폭검토	100.0 mm	488.3 mm	O.K !!	488.3%	
	우측 캔틸레버부	균열폭검토	100.0 mm	524.8 mm	O.K !!	524.8%	

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 남고양교
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 40.000 + 60.000 + 60.000 + 60.000 + 60.000 + 65.000 + 45.000 = 390.000 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 22.570 m
(6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 2.000 ~ 2.400 m
(7) 사 각(Skew) : 90.000 °
(8) 곡률반경(R) : 선형중심 = 350.000 m
(9) 설 계 속 도 : 80.000 km/h
(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

• 사 용 재 료

주 부 재	HSB500(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부의 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_{st})	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

② 바닥판 콘크리트(☞ 도.설.해 3.9.2.7, 도.설.해 3.9.2.8, 도.설.해 4.2.3, 도.설.해 4.6.3.3)

콘크리트 설계 기준강도 (f_{ck})	27.0 MPa
콘크리트 탄성계수 (E_c)	27,804.0 MPa
전단 탄성계수 (G_c)	12,297.2 MPa
탄성계수비 (n_1)	7.0
바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	10.000 ℃
바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 (α)	0.000012
건조수축 계수 (ε_{sh})	0.000270
상 대 습 도	70.0 %
CREEP 계수 (Φ_2)	$\Phi_2 = 2\Phi_1$: 2

③ 바닥판 철근

철근 설계 항복강도 (f_y)	400.0 MPa
철근 탄성계수 (E_s)	200,000.0 MPa

③ 충 격 계 수

• 1 지간
$i = 15 / (40 + L) = 0.189 < 0.300 \therefore i = 0.189$
• 2 지간
$i = 15 / (40 + L) = 0.150 < 0.300 \therefore i = 0.150$
• 3 지간
$i = 15 / (40 + L) = 0.150 < 0.300 \therefore i = 0.150$
• 4 지간
$i = 15 / (40 + L) = 0.150 < 0.300 \therefore i = 0.150$
• 5 지간
$i = 15 / (40 + L) = 0.150 < 0.300 \therefore i = 0.150$
• 6 지간
$i = 15 / (40 + L) = 0.143 < 0.300 \therefore i = 0.143$
• 7 지간
$i = 15 / (40 + L) = 0.178 < 0.300 \therefore i = 0.178$

2) 하 중 조 건

(1) 고 정 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.2)

① 철근 콘크리트 : 25.000 kN/m³
② 무근 콘크리트 : 23.500 kN/m³
③ 강 재 : 78.500 kN/m³
④ 포장 콘크리트 : 23.000 kN/m³

(2) 활 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.3)

① 설계 차선수 산정

$W_c = 20.890$ m , $N = 6$ 차로
$W = 20.890 / 6 = 3.482$ m < 3.600 m
∴ 설계 차로폭 3.482m마다 6차로 연속으로 재하

② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

• DB-24 하중
- 전륜하중 : $P_f = 24.000$ kN
- 후륜하중 : $P_r = 96.000$ kN

• DL-24 하중
- 차로당 등분포 하중 : $W_l = 12.700$ kN/m
- 모멘트 계산시 집중하중 : $P_m = 108.000$ kN
- 전단력 계산시 집중하중 : $P_s = 156.000$ kN

(3) 콘크리트의 Creep와 건조수축의 영향

• 철근 콘크리트의 바닥판의 Creep와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

(4) 지점침하에 의한 영향

• 각 지점에서 발생할 수 있는 부등침하의 발생을 가정하여 가장 불리한 단면력을 산정한다.

(5) 온도변화에 대한 영향

• 바닥판과 주형의 온도차 발생시 생기는 단면력 및 응력을 산정하고 이때의 온도 변화는 직선변화 한다고 가정한다.

(6) 풍 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.9)

단 면 형 상	풍 하 중
$1 \le B/D < 8$	$(4.0 - 0.2(B/D))\ D \ge 6.0$
$8 \le B/D$	$2.4\ D \ge 6.0$

(7) 충 돌 하 중 (☞ 도.설.해 2.4.3.3, 도.설.해 2.4.3.6)

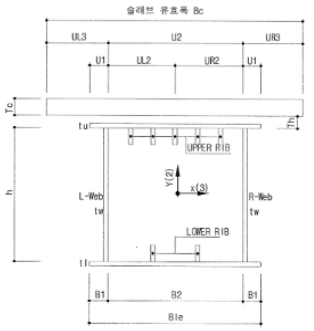
• 다음에 제시된 충돌력은 난간인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며, 이 충돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

수 평 력 (kN/m)		작용 높이	수 직 력 (kN/m)
도심 도로상	일반 도로상		
3.750	2.500	난간 상단부	1.000

4.6 단 면 검 토(정모멘트)

[G1 : 단면 - 1] : 절점 1 로 부터 이격거리 0.000 m

1) 단면가정 및 설계조건



주부재 강종: HSB500

Bc	= 5,200.0	mm
UL3	= 1,500.0	mm
UR3	= 1,300.0	mm
U1	= 120.0	mm
UL2	= 1,200.0	mm
UR2	= 1,200.0	mm

상부 플랜지 유효폭

Bue	= 2,640.0	mm

하부 플랜지 유효폭

Ble	= 2,640.0	mm
B1	= 120.0	mm
B2	= 2,400.0	mm
Tc	= 440.0	mm
Th	= 50.0	mm
h	= 1,800.0	mm
Θ_L	= 0.000	°
Θ_R	= 0.000	°

구 분	단 위	입력 Data
E_s : 강재 탄성계수	MPa	205,000.0
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	27,804.0
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율	-	0.000270
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수	-	0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수	-	4.0
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비	-	7.0
Δt : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10.0
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	1,706.040
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	832.999
M_w : 풍하중에의한 모멘트	kN·m	22.321
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	1,521.990
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	577.176
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	290.807
V_w : 풍하중에의한 전단력	kN	6.944
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	595.666
M_{sl} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-148.777
M_{scl} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-334.065
M_{wl} : 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN·m	-26.620
M_{vl} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	-707.066

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

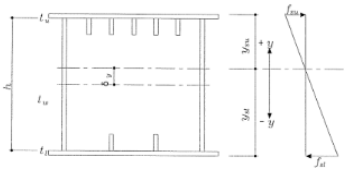
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	A_s(mm²)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm³)	$A_s \cdot Y^2$(mm⁴)	I_{zo}(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	905.0	2.389E+07	2.162E+10	2.200E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 16.0	12,000.0	825.0	9.900E+06	8.168E+09	2.250E+07
L - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
R - WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 16.0	4,800.0	-825.0	-3.960E+06	3.267E+09	9.000E+06
LOWER FL.	1 - 2,640.0 × 10.0	26,400.0	-905.0	-2.389E+07	2.162E+10	2.200E+05
	강재 단면 합계	112,800.0	-	5.940E+06	5.468E+10	1.170E+10
RC. SLAB	1 - 5,200.0 × 440.0	2,288,004.4	1,170.0	2.677E+09	3.132E+12	3.691E+10
	SLAB 단면 합계	2,288,004.4	-	2.677E+09	3.132E+12	3.691E+10

※ A_s = 112,800.0 mm² A_{c1} = 2,288,004.4 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

• 도심축 이동량

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = 5,940,000.0 / 112,800.0 = 52.660 mm

• 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y$ = 1,800.0 / 2 + 10.0 - 52.660 = 857.340 mm

$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \}$ = -{ 1,800.0 / 2 + 10.0 + 52.660 } = -962.660 mm

• 강재의 단면2차 모멘트

$I_s = \sum I_{zo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2$

= 11,695,940,000.0 + 54,679,020,000.0 - 112,800.0 × 52.660² = 6.606E+10 mm⁴

• 플랜지 응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.1)

$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s$ = 1,706.040×857.3/66,062,162,127.7 = 22.141 MPa

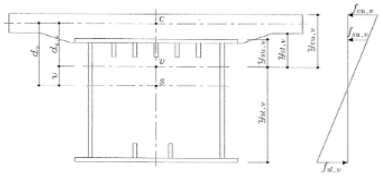
$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s$ = 1,706.040×-962.7/66,062,162,127.7 = -24.860 MPa

• 부재의 전단응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

F = = 4.366E+06 mm²

$\upsilon = V_s / A_w + M_{sl} / (2 \cdot F \cdot t_w)$

= 577.176 / 43,200.0 + 148.777 / (2 × 4,365,720.0 × 12.0) = 14.780 MPa



(2) 합 성 후

• 바닥판 콘크리트 환산단면적

$A_{cv} = A_{c1} / n$ = 2,288,004.4 / 7.0 = 326,857.8 mm²

• 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$I_{cv} = I_{c1} / n$ = 36,913,137,653.3 / 7.0 = 5.273E+09 mm⁴

• 합성 단면적

$A_v = A_s + A_{cv}$ = 112,800.0 + 326,857.8 = 439,657.8 mm²

• 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$d_v = y_{su} - t_u + T_A + T_c/2$ = 857.3 - 10.0 + 50.0 + 440.0/2 = 1,117.3 mm

• 합성 단면의 도심축 이동량

$\upsilon = A_{cv} \times d_v / A_v$ = 326,857.8 × 1,117.3 / 439,657.8 = 830.7 mm

• 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$d_{c,v} = d_v - \upsilon$ = 1,117.3 - 830.7 = 286.7 mm

• 합성단면의 단면2차 모멘트

$I_v = I_s + A_s \cdot \upsilon^2 + I_{cv} + A_{cv} \cdot d_{c,v}^2$

= 66,062,162,127.7+112,800.0×830.7² +5,273,305,379.0+326,857.8×286.7² = 1.760E+11 mm⁴

• 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su,v} = y_{su} - \upsilon$ = 857.3 - 830.7 = 26.7 mm

$y_{sl,v} = y_{sl} - \upsilon$ = -962.7 - 830.7 = -1,793.3 mm

• 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하연까지의 거리

$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_c / 2$ = 286.7 + 440.0 / 2 = 506.7 mm

$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_c$ = 506.7 - 440.0 = 66.7 mm

• 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v$ = 832.999×26.7/176,030,044,016.4 = 0.126 MPa

$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 832.999×-1,793.3/176,030,044,016.4 = -8.486 MPa

$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 832.999×506.7/(176,030,044,016.4×7.0) = 0.343 MPa

$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 832.999×66.7/(176,030,044,016.4×7.0) = 0.045 MPa

• 전단응력 검토

F_v = = 4.442E+06 mm²

$\upsilon = V_{sc} / A_w + M_{scl} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 290.807 / 43,200.0 + 334.065 / (2 × 4,441,530.0 × 12.0) = 9.866 MPa

(3) 활 하 중

• 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v$ = 1,521,990×26.7/176,030,044,016.4 = 0.231 MPa

$f_{st,v} = M_v \cdot y_{st,v} / I_v$ = 1,521,990×-1,793.3/176,030,044,016.4 = -15.505 MPa

$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 1,521,990×506.7/(176,030,044,016.4×7.0) = 0.626 MPa

$f_{ct,v} = M_v \cdot y_{ct,v} / (I_v \cdot n)$ = 1,521,990×66.7/(176,030,044,016.4×7.0) = 0.082 MPa

• 전단응력 검토

$\upsilon = V_v / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 595.666 / 43,200.0 + 707.066 / (2 × 4,441,530.0 × 12.0) = 20.422 MPa

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

• 응 력 검 토

$f_{cu,w} = M_w \cdot y_{cu,w} / I_v$ = 22.321×26.7/176,030,044,016.4 = 0.003 MPa

$f_{st,w} = M_w \cdot y_{st,w} / I_v$ = 22.321×-1,793.3/176,030,044,016.4 = -0.227 MPa

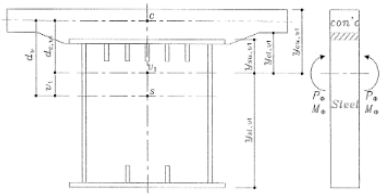
$f_{cu,w} = M_w \cdot y_{cu,w} / (I_v \cdot n)$ = 22.321×506.7/(176,030,044,016.4×7.0) = 0.009 MPa

$f_{ct,w} = M_w \cdot y_{ct,w} / (I_v \cdot n)$ = 22.321×66.7/(176,030,044,016.4×7.0) = 0.001 MPa

• 전단응력 검토

$\upsilon = V_w / A_w + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 6.944 / 43,200.0 + 26.620 / (2 × 4,441,530.0 × 12.0) = 0.410 MPa



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.6)

• 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 Φ_1은 2.0을 표준으로 한다.

Φ_1 = 2.0

k = 0.927 ※ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

$n_1 = n \cdot (1 + \Phi_1/2)$ = 7.0×(1 + 2.0/2) = 14.000

$A_{vt} = A_s + A_{ct}/n_1$ = 112,800.0 + 2,288,004.4 / 14.0 = 2.762E+05 mm²

$v_1 = (A_{ct}/n_1) \times d_v / A_{vt}$ = (2,288,004.4/14.0)×1,117.3 / 276,228.9 = 661.1 mm

$d_{c,vt} = d_v - v_1$ = 1,117.3 - 661.1 = 456.3 mm

$I_{vt} = (I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_c/n_1 + A_c/n_1 \cdot d_{c,vt}^2)$

= (66,062,162,127.7 + 112,800.0×661.1²) + (36,913,137,653.3/14.0 + 2,288,004.4/14.0 × 456.3²) = 1.520E+11 mm⁴

• 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su,vt} = y_{su} - v_1$ = 857.3 - 661.1 = 196.3 mm

$y_{st,vt} = y_{st} - v_1$ = -962.7 - 661.1 = -1,623.7 mm

• 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$y_{cu,vt} = d_{c,vt} + T_c / 2$ = 456.3 + 440.0 / 2 = 676.3 mm

$y_{ct,vt} = y_{cu,vt} - T_c$ = 676.3 - 440.0 = 236.3 mm

• 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$N_c = M_{sc} \cdot d_{c,v} \cdot A_{ct} / (n \cdot I_v)$

= 833.0 × 286.7 × 2,288,004.4 / (7.0 × 176,030,044,016.4) = 4.434E+05 N

• 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

$P_\Phi = N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1)$ = 443,400.7 × 2 × 2.0 / (2 + 2.0) = 4.434E+05 N

• P_Φ에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$M_\Phi = P_\Phi \times d_{c,vt}$ = 443,400.7 × 456.3 = 2.023E+08 N·mm

• 콘크리트의 응력을 계산하기 위해

$E_{ct} = E_c / (1 + \Phi_1 / 2)$ = 27,804.0 / (1 + 2.0 / 2) = 13,902.000 MPa

• 2차 고정하중에 의한 합성단면에서 콘크리트 바닥판 상·하연 응력

$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 832.999×506.7/(176,030,044,016.4×7.0) = 0.343 MPa

$f_{ct,v} = M_{sc} \cdot y_{st,v} / (I_v \cdot n)$ = 832.999×66.7/(176,030,044,016.4×7.0) = 0.045 MPa

• 바닥판 콘크리트의 응력 변화량

$f_{cu,vt} = 1/n_1 \cdot (P_\Phi / A_{vt} + k \cdot M_\Phi \cdot y_{cu,vt} / I_{vt}) - E_{ct} \cdot f_{cu,v} \cdot \Phi_1 / E_c$

= (1/14.0)×(443,400.7/276,228.9 + 0.927×202,312,107.9×676.3/152,017,009,563.4) - 13,902.0×0.343×2.0/27,804.0 = -0.168 MPa

$f_{ct,vt} = 1/n_1 \cdot (P_\Phi / A_{vt} + k \cdot M_\Phi \cdot y_{ct,vt} / I_{vt}) - E_{ct} \cdot f_{ct,v} \cdot \Phi_1 / E_c$

= (1/14.0)×(443,400.7/276,228.9 + 0.927×202,312,107.9×236.3/152,017,009,563.4) - 13,902.0×0.045×2.0/27,804.0 = 0.090 MPa

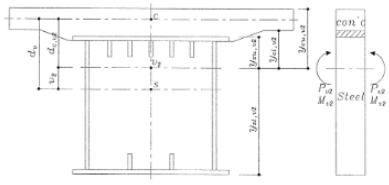
• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$f_{su,vt} = P_\Phi / A_{vt} + k \cdot M_\Phi \cdot y_{su,vt} / I_{vt}$

= 443,400.7/276,228.9 + 0.927×202,312,107.9×196.3/152,017,009,563.4 = 1.847 MPa

$f_{st,vt} = P_\Phi / A_{vt} + k \cdot M_\Phi \cdot y_{st,vt} / I_{vt}$

= 443,400.7/276,228.9 + 0.927×202,312,107.9×-1,623.7/152,017,009,563.4 = -0.397 MPa



(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.8)

• 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ε_s는 27×10^{-5}, 크리프계수 Φ_2는 $\Phi_2 = 2 \cdot \Phi_1 = 4.0$을 표준으로 한다.

Φ_2 = 4.0

$n_2 = n \cdot (1 + \Phi_2/2)$ = 7.0×(1 + 4.0/2) = 21.000

$A_{v2} = A_s + A_{ct}/n_2$ = 112,800.0 + 2,288,004.4 / 21.0 = 2.218E+05 mm²

$v_2 = (A_{ct}/n_2) \times d_v / A_{v2}$ = (2,288,004.4/21.0)×1,117.3 / 221,752.6 = 549.0 mm

$d_{c,v2} = d_v - v_2$ = 1,117.3 - 549.0 = 568.4 mm

$I_{v2} = (I_s + A_s \cdot v_2^2) + (I_c/n_2 + A_c/n_2 \cdot d_{c,v2}^2)$

= (66,062,162,127.7 + 112,800.0×549.0²) + (36,913,137,653.3/21.0 + 2,288,004.4/21.0 × 568.4²) = 1.370E+11 mm⁴

• 합성단면도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su,v2} = y_{su} - v_2$ = 857.3 - 549.0 = 308.4 mm

$y_{st,v2} = y_{st} - v_2$ = -962.7 - 549.0 = -1,511.6 mm

• 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$y_{cu,v2} = d_{c,v2} + T_c / 2$ = 568.4 + 440.0 / 2 = 788.4 mm

$y_{ct,v2} = y_{cu,v2} - T_c$ = 788.4 - 440.0 = 348.4 mm

• 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

$P_{v2} = E_s \cdot \varepsilon_s \cdot A_{ct}/n_2$ = 205,000.0×0.000270×2,288,004.4 / 21.0 = 6.031E+06 N

• P_{v2}에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$M_{v2} = P_{v2} \times d_{c,v2}$ = 6,030,525.9 × 788.4 = 3.428E+09 N·mm

• 바닥판 콘크리트의 응력변화량을 계산하기 위해

$E_{c2} = E_s / n_2$ = 205,000.0 / 21.0 = 9,761.905 MPa

• 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$f_{cu,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{cu,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \varepsilon_s$

= (1/21.0)×(6,030,525.9/221,752.6 + 0.927×3,427,528,664.0×788.4/137,010,830,965.8) - 9,761.9×0.000270 = -0.470 MPa

$f_{ct,v2} = 1/n_2 \cdot (P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{ct,v2}/I_{v2}) - E_{c2} \cdot \varepsilon_s$

= (1/21.0)×(6,030,525.9/221,752.6 + 0.927×3,427,528,664.0×788.4/137,010,830,965.8) - 9,761.9×0.000270 = -0.956 MPa

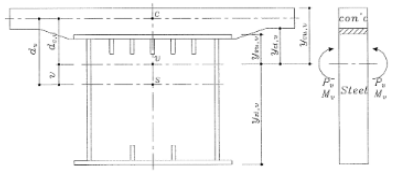
• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$f_{su,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{su,v2}/I_{v2}$

= 6,030,525.9/221,752.6 + 0.927×3,427,528,664.0×308.4/137,010,830,965.8 = 34.343 MPa

$f_{st,v2} = P_{v2}/A_{v2} + k \cdot M_{v2} \cdot y_{st,v2}/I_{v2}$

= 6,030,525.9/221,752.6 + 0.927×3,427,528,664.0×-1,511.6/137,010,830,965.8 = -7.848 MPa



(7) 바닥판 콘크리트와 강재보와의 온도차 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.7)

• 바닥판 콘크리트의 강재 주거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다. 온도분포는 강재 주거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다. 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 α는 12×10^{-6}으로 한다.

• 온도 변화률

$\varepsilon_t = \alpha \cdot \Delta t$ = 0.000012 × 10.0 = 0.000120

• 바닥판 콘크리트에 작용하는 축력

$P_{vt} = E_s \cdot \varepsilon_t \cdot A_{ct}/n$ = 205,000.0×0.000120×2,288,004.4 / 7.0 = 8.041E+06 N

• P_{vt}에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

$M_{vt} = P_{vt} \times d_{c,v}$ = 8,040,701.2 × 286.7 = 2.305E+09 N·mm

• 바닥판 콘크리트의 응력변화량

$f_{cu,t} = 1/n \cdot (P_{vt}/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot y_{cu,v}/I_v) - E_c \cdot \varepsilon_t$

= (1/7.0)×(8,040,701.2/439,657.8 + 0.927×2,305,015,126.4×506.7/176,030,044,016.4) - 27,804.0×0.000120 = 0.154 MPa

$f_{ct,t} = 1/n \cdot (P_{vt}/A_v + k \cdot M_{vt} \cdot y_{ct,v}/I_v) - E_c \cdot \varepsilon_t$

= (1/7.0)×(8,040,701.2/439,657.8 + 0.927×2,305,015,126.4×66.7/176,030,044,016.4) - 27,804.0×0.000120 = -0.608 MPa

• 강재보 상·하부 플랜지 응력 변화량

$f_{su,ve} = P_{ve}/A_v + k \cdot M_{ve} \cdot y_{su,v}/I_v$

= 8,040,701.2/439,657.8+0.927×2,305,015,126.4×26.7/176,030,044,016.4 = 18.612 MPa

$f_{sl,ve} = P_{ve}/A_v + k \cdot M_{ve} \cdot y_{sl,v}/I_v$

= 8,040,701.2/439,657.8+0.927×2,305,015,126.4×-1,793.3/176,030,044,016.4 = -3.472 MPa

(8) 전단 및 비틀림

• 풍하중 비재하시의 전단응력

$\upsilon = (V_s+V_{sc}+V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct}+M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 1,463.649/43,200.0 + 148.777/104,777,280.0 + 1,041.131/106,596,720.0 = 45.068 MPa

※ υ = 45.1 MPa ≤ υ_a = 135.0 MPa ····· O.K !!

• 풍하중 재하시의 전단응력

- 활하중 비재하시

$\upsilon = (V_s+V_{sc}+V_w)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct}+M_{wt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 874.927/43,200.0 + 148.777/104,777,280.0 + 360.685/106,596,720.0 = 25.057 MPa

※ υ = 25.1 MPa ≤ $1.2\upsilon_a$ = 162.0 MPa ····· O.K !!

- 활하중 재하시

$\upsilon = (V_s+V_{sc}+V_w/2+V_v)/A_w + M_{st}/(2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct}+M_{wt}/2+M_{vt})/(2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 1,467.121/43,200.0 + 148.777/104,777,280.0 + 1,054.441/106,596,720.0 = 45.273 MPa

※ υ = 45.3 MPa ≤ $1.25\upsilon_a$ = 168.8 MPa ····· O.K !!

(9) 조합 응력의 검토 (☞ 도.설.해 3.4.2.3)

$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$ = 1.000

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \leq 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양연의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$이며 압축응력을 정(+)으로 한다)

i : 응력구배계수

n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

• 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (HSB500 사용) (☞ 도.설.해 3.3.2)

f_{ta} = 230.0 MPa

• 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (HSB500 사용) (☞ 도.설.해 3.4.2.3)

$b / 22.0 \cdot i \cdot n$ = 18.2 mm > t_w = 10 mm

⇒ f_{ca} = 230.0 MPa

$b / 44.0 \cdot i \cdot n$ = 9.1 mm ≤ t_w = 10 mm < $b / 22.0 \cdot i \cdot n$ = 18.2 mm

⇒ f_{ca} = 230.0 - 5.2 {$b/(t_w \cdot i \cdot n)$ - 22.0 } = 136.4 MPa

$b / 80.0 \cdot i \cdot n$ = 5.0 mm ≤ t_w = 10 mm ≥ $b / 44.0 \cdot i \cdot n$ = 9.1 mm

⇒ f_{ca} = 220,000 {$(t_w \cdot i \cdot n)/b$}^{2} = 137.5 MPa

f_{ca} = 230.0 MPa (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, π형 단면과 같이 응좌굴이 일어나기 어려운 경우)

∴ f_{ca} = 230.0 MPa

[상 연]

$(\frac{77.300}{299.000})^2 + (\frac{45.068}{135.000})^2$ = 0.067 + 0.111 = 0.178 ≤ 1.2 ····· O.K !!

[하 연]

$(\frac{-57.097}{230.000})^2 + (\frac{45.068}{135.000})^2$ = 0.062 + 0.111 = 0.173 ≤ 1.2 ····· O.K !!

(11) 판의 최소두께 검토

• 압축(상부) 플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

t_{min} = 자유돌출폭/16 = 119.0 / 16.0 = 7.4 ≤ t_{use} = 10.0 mm ····· O.K !!

$t_{min} = b/(44 \cdot i \cdot n)$ = 2,400.0 /(44 × 1.0× 6) = 9.1 ≤ t_{use} = 10.0 mm ····· O.K !!

(합성형 스터드 설치시) t_{min} = 10.0 ≥ t_{use} = 10.0 mm ····· O.K !!

• 인장(하부) 플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

t_{min} = 자유돌출폭/16 = 120.0 / 16.0 = 7.5 ≤ t_{use} = 10.0 mm ····· O.K !!

• 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (☞ 도.설.기 3.8.4.1)

$t_{min} = b/(199 \times 1.200)$ = 1,800.0 /(199 × 1.200) = 7.5 ≤ t_{use} = 12.0 mm ····· O.K !!

여기서, $\sqrt{(f_{ca}/f_c)}$ = √(230.0 / 22.141) = 3.22 ≥ 1.20 ⇒ 1.200 적용

(12) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

• 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.

• 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck}의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	28.783	-32.319	380.000	O.K !!
1+2+3	1.791	0.236	16.200	O.K !!	29.443	-76.688	380.000	O.K !!
1+2+3+7	1.945	0.844	16.200	O.K !!	48.055	-80.160	380.000	O.K !!
1+2+3+5	1.623	0.326	16.200	O.K !!	31.290	-77.085	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6	1.152	-0.630	16.200	O.K !!	65.633	-84.933	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6+7	1.307	-1.238	16.200	O.K !!	84.245	-88.405	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6-7	0.998	-0.022	16.200	O.K !!	47.021	-81.461	380.000	O.K !!
1+2+4	0.454	0.060	16.200	O.K !!	28.950	-43.578	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4	1.795	0.236	16.200	O.K !!	29.444	-76.801	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+7	1.950	-0.372	16.200	O.K !!	48.056	-80.273	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5	1.627	0.327	16.200	O.K !!	31.292	-77.199	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	1.157	-0.630	16.200	O.K !!	65.635	-85.047	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	1.311	-1.238	16.200	O.K !!	84.247	-88.519	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	1.002	-0.021	16.200	O.K !!	47.023	-81.574	380.000	O.K !!

• 철근 콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1)

f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 MPa (f_{ck} = 27.0 MPa 사용)

f_{ta} = 0.07 f_{ck} = 1.890 MPa

• 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	22.141	-24.860	136.400	230.000
1+2+3	0.968	0.127	10.800	10.800	22.497	-48.852	230.000	230.000
1+2+3+5	0.800	0.218	10.800	10.800	24.345	-49.250	264.500	230.000
1+2+3+5+6	0.330	-0.738	10.800	1.890	58.688	-57.097	264.500	230.000
1+2+3+5+6+7	0.484	-1.347	12.420	2.174	77.300	-60.570	299.000	264.500
1+2+3+5+6-7	0.175	-0.130	12.420	2.174	40.076	-53.625	299.000	264.500
1+2+4	0.352	0.046	12.960	12.960	22.270	-33.574	276.000	276.000
1+2+3+0.5×4	0.973	0.128	13.500	13.500	22.499	-48.966	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5	0.805	0.218	13.500	13.500	24.346	-49.363	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5+6	0.334	-0.738	13.500	2.363	58.690	-57.211	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.489	-1.346	14.580	2.552	77.302	-60.683	310.500	310.500
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.180	-0.129	14.580	2.552	40.078	-53.739	310.500	310.500

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(\upsilon/\upsilon_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.026	0.012	0.111	0.111	0.138	0.123	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.010	0.045	0.111	0.111	0.121	0.157	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5	0.008	0.046	0.111	0.111	0.120	0.157	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6	0.049	0.062	0.111	0.111	0.161	0.173	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6+7	0.067	0.052	0.111	0.111	0.178	0.164	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6-7	0.018	0.041	0.111	0.111	0.129	0.153	O.K !!	O.K !!
1+2+4	0.007	0.015	0.024	0.024	0.030	0.039	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4	0.006	0.029	0.072	0.072	0.078	0.101	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.007	0.029	0.072	0.072	0.079	0.101	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.042	0.040	0.072	0.072	0.114	0.112	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.062	0.038	0.072	0.072	0.134	0.110	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.017	0.030	0.072	0.072	0.089	0.102	O.K !!	O.K !!

$(f/f_a)^2 + (\upsilon/\upsilon_a)^2 \leq 1.2$ ····· O.K !!

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	938.45	563.772	O.K
	허용인발력(kN/EA)	130.747	-	O.K
	휨응력(MPa)	140	97.1	O.K
	전단응력(MPa)	80	9.737	O.K
	수평변위(mm)	15	14.44	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1407.67	674.345	O.K
	허용인발력(kN/EA)	196.12	-27.762	O.K
	휨응력(MPa)	210	103.206	O.K
	전단응력(MPa)	120	12.911	O.K
	수평변위(mm)	15	10.788	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면지판		1400	150	1588.74	1940.4	501.677	611.443	1.219	O.K
후면지판		1400	100	2213.68	3096.8	724.647	1008.608	1.392	O.K
벽체 : H=8.190		2400	100	1727.76	2694.4	1007.732	1566.653	1.555	O.K
흉벽		800	100	714.217	1588.8	126.531	278.868	2.204	O.K
좌측날개벽	A(T=500 mm)	500	80	1100.03	1588.8	115.545	165.427	1.432	O.K
	B(T=500 mm)	500	80	927.604	1588.8	97.733	165.427	1.693	O.K
	C(T=500 mm)	500	80	1307.44	2292	136.822	235.623	1.722	O.K
우측날개벽	D(T=900 mm)	900	80	1794.66	2569.6	389.225	524.923	1.422	O.K
	A(T=900 mm)	900	80	3862.51	5139.2	779.677	1025.085	1.315	O.K
	B(T=900 mm)	900	80	1868.2	3096.8	384.096	629.559	1.639	O.K
	C(T=900 mm)	900	80	3389.75	4053.6	687.251	816.798	1.189	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장휨력(fs)	허용휨력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sg)	비 고
전면지판		138.92	150	125	215.624	O.K
후면지판		115.45	150	125	459.613	O.K
벽체 : H=8.190		98.592	150	125	576.244	O.K
흉벽		86.901	150	125	676.205	O.K
좌측날개벽	A(T=500 mm)	105.397	150	125	567.177	O.K
	B(T=500 mm)	89.708	150	125	697.852	O.K
	C(T=500 mm)	88.334	150	125	713.2	O.K
우측날개벽	D(T=900 mm)	105.063	150	250	585.797	O.K
	A(T=900 mm)	112.536	150	125	536.027	O.K
	B(T=900 mm)	92.006	150	125	683.422	O.K
	C(T=900 mm)	126.845	150	125	452.089	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
- (1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
- (2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
- (3) 교 량 등 급 : 1 등교
- (4) 교 대 총 폭 : B = 22.570 M
- (5) 교 대 총높이 : H = 9.590 M
- (6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
- (7) SKEW : 90.000 °

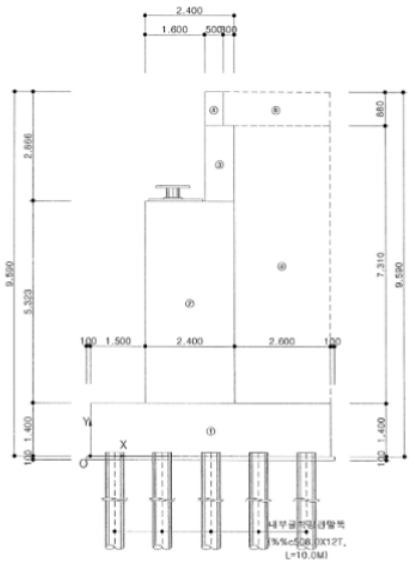
2) 하 중
- (1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
- (4) 과 재 하 중 : q1 = 10.000 kN/m
- (5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 188.775 kN/m
- (6) 상부 활하중 반력 : Rl = 111.669 kN/m
- (7) 교량방침 마찰계수 : fs = 0.050

3) 지 반 조 건
- (1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
- (2) 기초지반의 N치 : N = 7.000
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 25.247 ° {Φ2 = 15 + √15N}
- (4) 기초지반의 점착력 : C = 0.000 kN/m²
- (5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.303 : TAN(2/3 · Φ2) : 흙과 콘크리트
- (6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
  - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
  - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
  - 탄성계수 : Ec = 27849.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
  - 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
- (1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
- (2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

2. 단 면 가 정



※ 교량말침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	계
고정하중	1017.165	1088.378	859.247	1295.858	4260.648
활하중	517.121	733.500	628.040	641.714	2520.376

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	계
교축방향	142.747	142.744	142.743	181.675	609.909
직각방향	161.888	160.571	159.569	202.897	684.925

7. 사용성 검토

1) 흉벽 설계

① 유하중에 의한 부재력
- Pv = 114.60 x Ka
  = 114.60 x 0.251 = 28.765 kN
- Mp = 114.60 x Ka x (H - 0.36)
  = 114.60 x 0.251 x (2.866 - 0.36) = 72.096 kN.m

② 토압에 의한 부재력
- Ph = 1/2 x Ka x r x H² x cos δ
  = 1/2 x 0.251 x 20.000 x 2.866² x cos11.667 = 20.197 kN
- Mo = 1/3 x H x Ph
  = 1/3 x 2.866 x 20.197 = 19.298 kN.m

③ 설계 단면력 산정
- Vs = 28.765 + 20.197 = 48.962 kN
- Ms = 72.096 + 19.298 = 91.394 kN.m

2) 벽체 설계

① 작용하중 집계표 : H = 8.190 m 『하중계산 참조』

구 분	수평력	작용거리	하중계수 평상시	하중계수 지진시	전단력	모멘트
1. 교대구체	28.499	3.205	-	1.000	28.499	91.343
2. 배면토압(평상시)	164.868	2.730	1.000	-	164.868	450.069
3. 배면토압(지진시)	210.600	4.095	-	1.000	210.600	862.368
4. 뒷채움 상재하중	20.131	4.095	1.000	-	20.131	82.433
5. 교량말침마찰력	9.439	5.723	1.000	-	9.439	54.021
6. 상부관성력	9.439	5.723	-	1.000	9.439	54.021

- 교대구체에 작용하는 수평력 및 작용거리 산출
  : 검토위치(H = 1.400 m)를 제외한 교대구체에 대하여 다시 산정한다.
  Ho = ∑(H② ~ H④) = 28.499 kN
  Mo = ∑[H② x (y② - 1.400) ~ H④ x (y④ - 1.400)] = 91.343 kN.m
  y = Mo / Ho = 91.343 / 28.499 = 3.205

② 설계 단면력 산정

구 분	전단력(kN)	모멘트(kN.m)	비 고
설계단면력	194.438	586.523	

3) 기초 설계

① 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	1094.517	275.202	4365.415	921.231
COMB 2	고정하중+활하중+토압+은도하중(1+3+5+7+	1094.517	275.202	4365.415	921.231
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	1028.762	367.972	4011.912	1711.944
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)	1394.961	275.202	5041.414	921.231
COMB 5	고정하중+활하중+토압+은도하중(1+3+5+7+	1394.961	284.641	5041.414	988.467
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)	1217.537	377.411	4436.656	1779.180

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시
가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)를 건설기계의 하중을 뜻함.

① 말뚝도심에서의 작용하중 계산

$\sum M = \sum Mr - \sum Mo$

e = 말뚝도심(=3.250) - $\sum M/\sum V$: 말뚝도심의 계산은 『4. 안정검토』 참조

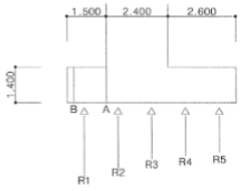
Mc = V x e

- 하중조합별 작용력

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	e(m)	Mc(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	24703.249	6211.309	0.103	2544.435
COMB 2	고정하중+활하중+토압+은도하중(1+3+	24703.249	6211.309	0.103	2544.435
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	23219.158	8305.128	1.014	23544.227
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+1	31484.270	6211.309	0.296	9319.344
COMB 5	고정하중+활하중+토압+은도하중(1+3+	31484.270	6424.347	0.345	10862.073
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)	27479.810	8518.166	1.067	29320.957

註) COMB 1,2,3 : 상부하중 비재하시(가설시), COMB 4,5,6 : 상부하중 재하시
각 작용력은 교대의 전폭(22.570 m)을 고려한 결과값임.

② 전면저판(앞굽)의 단면력 계산



R1 = Ru1 x 1개분 / 22.570 (kN/m)
R2 = Ru2 x 1개분 / 22.570 (kN/m)
R3 = Ru3 x 1개분 / 22.570 (kN/m)
R4 = Ru4 x 1개분 / 22.570 (kN/m)
R5 = Ru5 x 1개분 / 22.570 (kN/m)

구 분	Ru1	Ru2	Ru3	Ru4	Ru5
COMB 1	321.920	301.390	280.870	216.570	152.270
COMB 2	321.920	301.390	280.870	216.570	152.270
COMB 3	486.240	379.700	273.170	123.590	-25.980
COMB 4	463.010	411.830	360.640	267.100	173.550
COMB 5	476.600	418.620	360.640	259.080	157.510
COMB 6	588.640	455.970	323.290	147.770	-27.760

- 기초자중에 의한 단면력 : 『단면설계』 참조

- 뒷채움 토사에 의한 단면력 : 『단면설계』 참조

- 상재하중에 의한 단면력 : 『단면설계』 참조

- 토압의 연직분력에 의한 단면력 : 생상시 - 『단면설계』 참조

- 말뚝반력에 의한 단면력

Vb = R5

Ma = R4 x 0.650 + R5 x 1.950

- 설계단면력 산정

구 분	말뚝반력에 의한 단면력		설계단면력	
	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(kN)	Ms(kN.m)
COMB 1	114.692	329.679	186.425	438.957
COMB 2	114.692	329.679	186.425	438.957
COMB 3	-	-	-	-
COMB 4	130.720	385.673	170.397	382.962
COMB 5	118.638	358.187	182.479	410.448
COMB 6	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(3,6)은 고려하지 않는다.

구 분	Ru1	Ru2	Ru3	Ru4	Ru5
COMB 1	409.460	345.160	280.870	260.340	239.820
COMB 2	409.460	345.160	280.870	260.340	239.820
COMB 3	572.310	422.740	273.170	166.630	60.100
COMB 4	547.740	454.190	360.640	309.460	258.280
COMB 5	563.770	462.210	360.640	302.660	244.680
COMB 6	674.350	498.820	323.290	190.620	57.940

- 기초자중에 의한 단면력

Vb = 1.400 x 0.250 x 25.000 = 8.750 kN

Ma = 1.400 x 1.500 x 25.000 x 1.500 / 2 = 39.375 kN.m

- 말뚝반력에 의한 단면력

Vb = 0.00

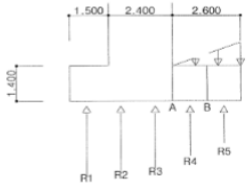
Ma = R1 x 0.850

- 설계단면력 산정

구 분	말뚝반력에 의한 단면력		설계단면력	
	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(kN)	Ms(kN.m)
COMB 1	0.000	262.149	8.750	222.774
COMB 2	0.000	262.149	8.750	222.774
COMB 3	-	-	-	-
COMB 4	0.000	350.680	8.750	311.305
COMB 5	0.000	360.943	8.750	321.568
COMB 6	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(3,6)은 고려하지 않는다.

② 후면저판(뒷굽)의 단면력 계산



R1 = Ru1 x 1개분 / 22.570 (kN/m)
R2 = Ru2 x 1개분 / 22.570 (kN/m)
R3 = Ru3 x 1개분 / 22.570 (kN/m)
R4 = Ru4 x 1개분 / 22.570 (kN/m)
R5 = Ru5 x 1개분 / 22.570 (kN/m)

4) 사용성 검토

(1) 전면저판

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 321.568 x 1000000 / [1940.400 x (1250.000 - 171.191/3)]
= 138.920 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x1940.400/1000.0 + 7x1940.400/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1250.0/(7x1940.400)]
= 171.191 mm

사용철근량 = 1940.4 mm² (철근도심 : 150.0 mm)
1단 : D19 - 4.0 EA, D16 - 4.0 EA (= 1940.4 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 150.00 - 19/2 = 140.50 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 138.92) - 2.5 x 140.50 = 215.62 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 138.92) = 453.50 mm
Sa는 작은 값인 215.62 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 215.62 mm) ∴ O.K

(2) 후면저판

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 438.957 x 1000000 / [3096.800 x (1300.000 - 216.716/3)]
= 115.450 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x3096.800/1000.0 + 7x3096.800/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1300.0/(7x3096.800)]
= 216.716 mm

사용철근량 = 3096.8 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D22 - 8.0 EA (= 3096.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 22/2 = 89.00 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 115.45) - 2.5 x 89.00 = 459.61 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 115.45) = 545.69 mm
Sa는 작은 값인 459.61 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 459.61 mm) ∴ O.K

(3) 벽체 : H=8.190

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 586.523 x 1000000 / [2694.400 x (2300.000 - 276.292/3)]
= 98.592 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2694.400/1000.0 + 7x2694.400/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x2300.0/(7x2694.400)]
= 276.292 mm

사용철근량 = 2694.4 ㎟ (철근도심 : 100.0 ㎜)
1단 : 022 - 4.0 EA, 019 - 4.0 EA (= 2694.4 ㎟)

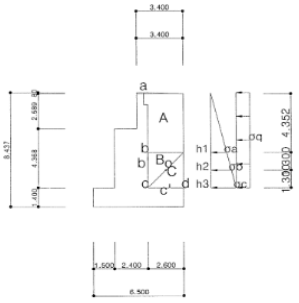
② 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 22/2 = 89.00 ㎜
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(㎜)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 98.59) - 2.5 x 89.00 = 576.24 ㎜
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 98.59) = 638.99 ㎜
Sa는 작은 값인 576.24 ㎜ 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 576.24 ㎜) ∴ O.K

(4) 용벽
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 91.394 x 1000000 / [1588.800 x (700.000 - 114.154/3)]
= 86.901 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x1588.800/1000.0 + 7x1588.800/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x700.0/(7x1588.800)]
= 114.154 ㎜
사용철근량 = 1588.8 ㎟ (철근도심 : 100.0 ㎜)
1단 : D16 - 8.0 EA (= 1588.8 ㎟)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 16/2 = 92.00 ㎜
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(㎜)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 86.90) - 2.5 x 92.00 = 676.20 ㎜
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 86.90) = 724.96 ㎜
Sa는 작은 값인 676.20 ㎜ 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 676.20 ㎜) ∴ O.K

8. 날개벽 설계

1) 좌측 날개벽
(1) 단면력 산정



U = 1.700 · H + 2.150 · L
정지토압계수 Ko = 1 - sinΦ = 1 - sin(35.0°) = 0.426
3D Plate 해석 시 자중은 프로그램 내부에서 고려됨.

① 해석 모델



(3) 사용성 검토
① A(T=500 ㎜)
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 65.521 x 1000000 / [1588.800 x (420.000 - 86.171/3)]
= 105.397 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x1588.800/1000.0 + 7x1588.800/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x420.0/(7x1588.800)]
= 86.171 ㎜
사용철근량 = 1588.8 ㎟ (철근도심 : 80.0 ㎜)
1단 : D16 - 8.0 EA (= 1588.8 ㎟)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 80.00 - 16/2 = 72.00 ㎜
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(㎜)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 105.40) - 2.5 x 72.00 = 567.18 ㎜
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 105.40) = 597.74 ㎜
Sa는 작은 값인 567.18 ㎜ 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 567.18 ㎜) ∴ O.K

② B(T=500 ㎜)
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 55.768 x 1000000 / [1588.800 x (420.000 - 86.171/3)]
= 89.708 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x1588.800/1000.0 + 7x1588.800/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x420.0/(7x1588.800)]
= 86.171 ㎜
사용철근량 = 1588.8 ㎟ (철근도심 : 80.0 ㎜)
1단 : D16 - 8.0 EA (= 1588.8 ㎟)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 80.00 - 16/2 = 72.00 ㎜
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(㎜)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 89.71) - 2.5 x 72.00 = 697.85 ㎜
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 89.71) = 702.28 ㎜
Sa는 작은 값인 697.85 ㎜ 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 697.85 ㎜) ∴ O.K

③ C(T=500 ㎜)
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 78.208 x 1000000 / [2292.000 x (420.000 - 101.150/3)]
= 88.334 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x420.0/(7x2292.000)]
= 101.150 ㎜

사용철근량 = 2292.0 ㎟ (철근도심 : 80.0 ㎜)
1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 ㎟)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 80.00 - 19/2 = 70.50 ㎜
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(㎜)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 88.33) - 2.5 x 70.50 = 715.25 ㎜
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 88.33) = 713.20 ㎜
Sa는 작은 값인 713.20 ㎜ 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 713.20 ㎜) ∴ O.K

18.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 18.2.1】 남고양교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	남고양교의 주요 손상현황으로는 바닥판하면 균열부백태 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡으로 인한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	남고양교의 주요 손상현황으로는 바닥판하면 균열부백태, 교대 균열, 망상균열 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡으로 인한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	바닥판 하면 균열부백태 교대 균열(0.3mm미만), 망상균열	양호

18.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

18.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

18.2.5 시설물 보수 이력

【표 18.2.2】 남고양교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

18.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 18.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

18.3 현장조사

18.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S7	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



연단거리 측정



비파괴시험

【사진 18.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

18.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 남고양교는 총 7경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=390.0m 폭 25.0m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경



바닥판 하면 전경

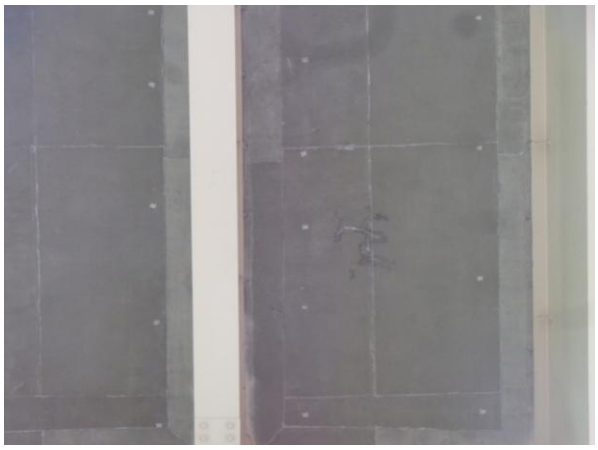
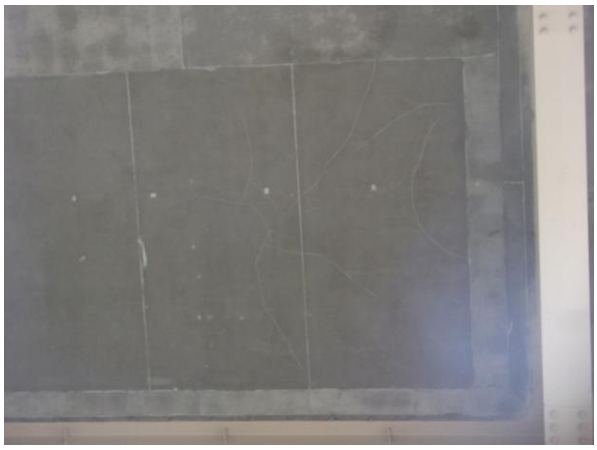
【사진 18.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

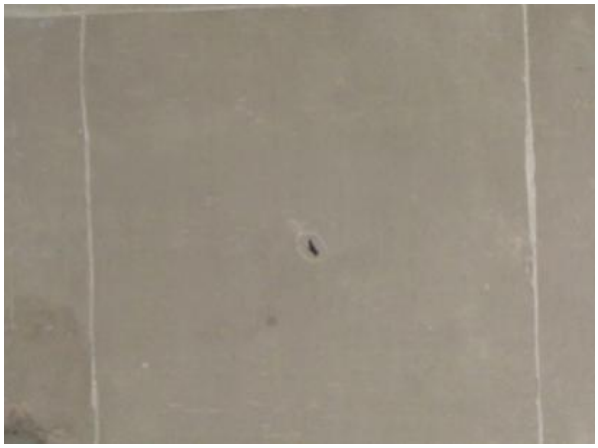
- 바닥판 하면 현장조사 결과 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 균열부백태, 재료분리가 조사되었다.

【표 18.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		균열부백태 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)	
S1	-	-	12.50	1	0.70	6	-	-
S2	-	-	-	-	1.00	10	-	-
S3	-	-	-	-	3.02	18	-	-
S4	-	-	-	-	7.14	21	-	-
S5	10.00	2	50.00	4	1.87	11	0.01	1
S6	-	-	-	-	0.56	6	-	-
S7	-	-	-	-	6.48	21	-	-
합계	10.00	2	62.50	5	20.77	93	0.01	1

	
바닥판 하면 S1 균열부백태(0.2×0.4)	바닥판 하면 S1 망상균열(2.5×5.0)
	
바닥판 하면 S2 균열부백태(0.2×1.0)	바닥판 하면 S2 망상균열(3.0×4.0)
	
바닥판 하면 S3 균열부백태(0.2×0.4, 0.2×1.0)	바닥판 하면 S4 균열부백태(0.2×1.0)

【사진 18.3.3】 바닥판하면 전경

	
바닥판 하면 S4 균열부백태(0.2×2.5 ×2EA)	바닥판 하면 S4 망상균열(3.0×4.0)
	
바닥판 하면 S5 재료분리(0.1×0.1)	바닥판 하면 S6 균열부백태(0.2×0.5)

【사진 18.3.3】 바닥판하면 전경(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판 하면의 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 균열부백태, 재료분리가 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수 등을 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 4열로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 현장조사를 실시하였다.



거더외부 전경



거더내부 전경

【사진 18.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 거더외부 및 거더내부 모두 양호한 상태로 조사되었다.

【표 18.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
합계		-	-

【표 18.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 내부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
합계		-	-



거더외부 상태양호



거더외부 상태양호



거더내부 상태양호



거더내부 상태양호

【사진 18.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부 및 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보 및 세로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보 및 세로보는 강재로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 전경	세로보 전경

【사진 18.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보 및 세로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 18.3.4】 가로보 및 세로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
세로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
세로보 상태양호	세로보 상태양호

【사진 18.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보 및 세로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 남고양교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A2)

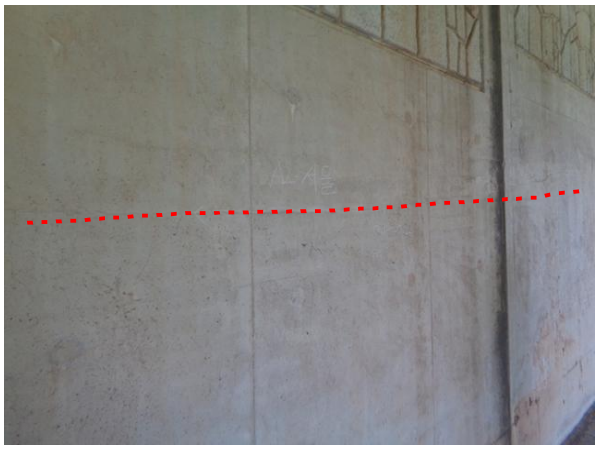
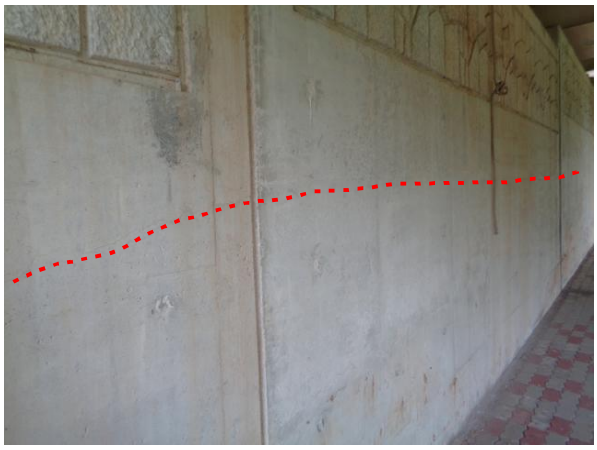
【사진 18.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A2에 대한 현장조사 결과 균열(0.3㎜미만), 망상균열 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 18.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
A2	32.00	2	16.00	2
합계	32.00	2	16.00	2

	
교대 A2 구체 균열(Cw=0.3㎜미만)	A2 구체 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
교대 A2 구체 망상균열(5.0×2.0)	교대 A2 구체 망상균열(6.0×1.0)

【사진 18.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대의 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 균열(0.3㎜ 미만), 망상균열이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리 등을 실시하는 것이 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 남고양교의 교각은 π형으로 구성되어 있으며, P0~P6 현장타설말뚝으로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보조사 및 고소점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



교각 전경(P2)



교각 전경(P4)

【사진 18.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 망상균열이 조사되었다.

【표 18.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)	
P0	24.00	1
P1	-	-
P2	-	-
P3	4.00	1
P4	24.00	1
P5	24.00	1
P6	-	-
합계	76.00	4

	
교각 P3 기둥부 망상균열(4.0×1.0)	교각 P3 기둥부 망상균열(4.0×1.0)
	
교각 P4 코핑부 망상균열(12.0×2.0)	교각 P5 코핑부 망상균열(12.0×2.0)

【사진 18.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

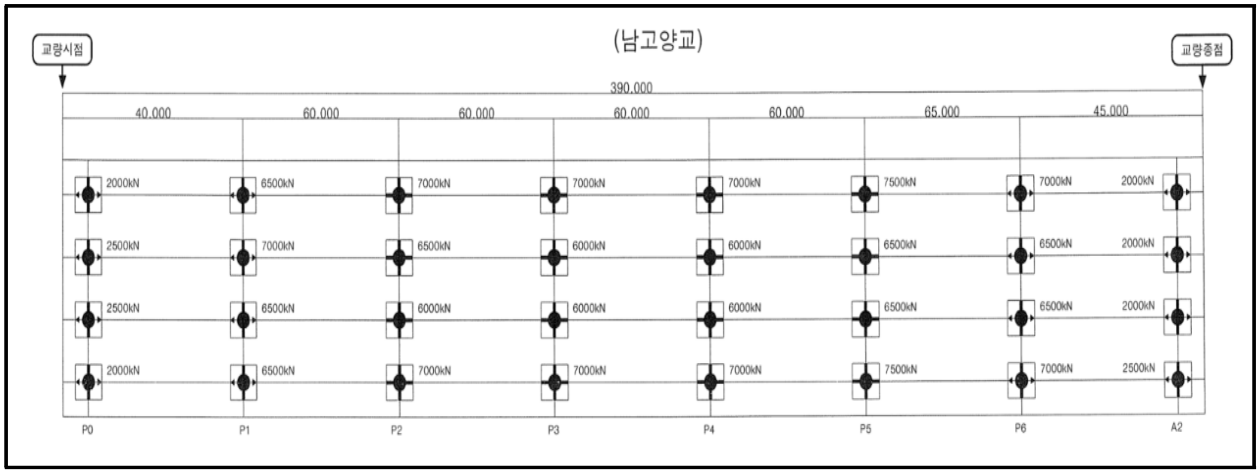
4) 검토의견

- 교각에 발생한 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 손상으로 내구성 확보 차원에서 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 남고양교의 받침은 면진받침으로 총 32기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 18.3.1】 교량받침 배치도



면진받침 전경(P0)



면진받침 전경(P3)



면진받침 전경(A2)

【사진 18.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

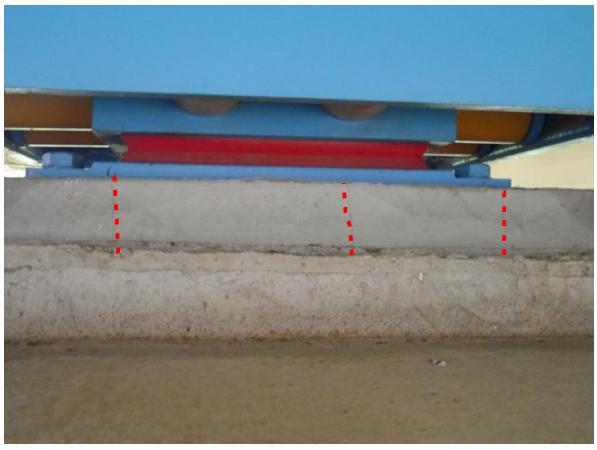
■ 교량받침의 현장조사 결과 받침몰탈 균열(0.3㎜미만)이 조사되었다.

【표 18.3.7】 교량받침 현장조사 결과

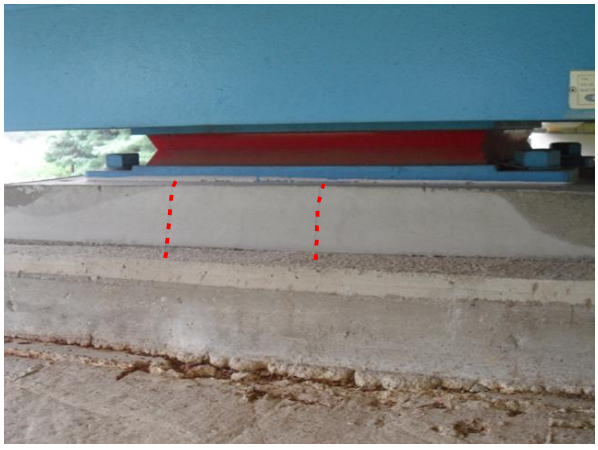
구분	받침몰탈 균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
P0	3.00	6
P1	6.90	23
P2	9.30	31
P3	7.80	26
P4	9.00	30
P5	7.80	26
P6	-	-
A2	-	-
합계	43.80	142



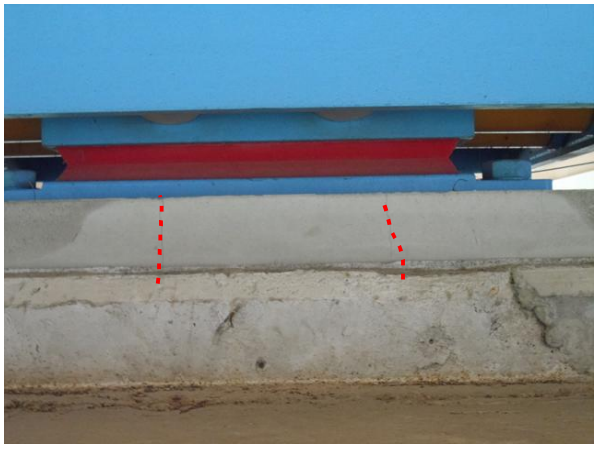
P0-Sh7 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)



P4-Sh3 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)



P5-Sh1 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)



P5-Sh2 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 18.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

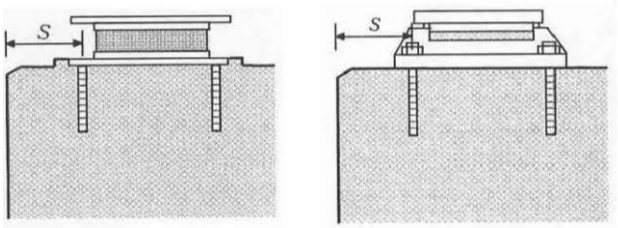
4) 검토의견

■ 교량받침의 현장조사 결과 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 받침몰탈 균열(0.3㎜미만)이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

5) 연단거리 검토

■ 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.

■ 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 18.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 18.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=40.0m) : 200+5×40.0 = 400(㎜)
- 거더 경간길이(L=45.0m) : 200+5×45.0 = 425(㎜)
- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500(㎜)
- 거더 경간길이(L=65.0m) : 200+5×65.0 = 525(㎜)

【표 18.3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)				검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
P0	A1측	400	650	650	640	640	O.K
P1	A1측	400	1040	1040	1040	1040	O.K
	A2측	500	1030	1030	1030	1030	O.K
P2	A1측	500	1050	1050	1050	1050	O.K
	A2측	500	1050	1050	1050	1050	O.K
P3	A1측	500	1050	1050	1040	1050	O.K
	A2측	500	1050	1040	1050	1050	O.K
P4	A1측	500	1010	1010	1010	1010	O.K
	A2측	500	1010	1010	1010	1010	O.K
P5	A1측	500	1010	1010	1010	1010	O.K
	A2측	525	1040	1040	1040	1040	O.K
P6	A1측	525	1050	1050	1050	1050	O.K
	A2측	425	1000	1000	990	1000	O.K
A2	A1측	425	710	710	720	720	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 18.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 18.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
P0	45.4	14.6	0.000012	195.0	106.2	34.2	
P1	45.4	14.6	0.000012	155.0	84.4	27.2	
P2	45.4	14.6	0.000012	95.0	51.8	16.6	
P3	45.4	14.6	0.000012	35.0	19.1	6.1	
P4	45.4	14.6	0.000012	25.0	13.6	4.4	
P5	45.4	14.6	0.000012	85.0	46.3	14.9	
P6	45.4	14.6	0.000012	150.0	81.7	26.3	
A1	45.4	14.6	0.000012	195.0	106.2	34.2	

1) 조사당시 온도 : 25.4℃(조사일 : 2022년 08월 23일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)

【표 18.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P0	SH1	30(P0)	230	170	106.2	34.2	±200	O.K
	SH2	20(P0)	220	180			±200	O.K
	SH3	20(P0)	220	180			±200	O.K
	SH4	20(P0)	220	180			±200	O.K
P1	SH1	40(P0)	220	140	84.4	27.2	±180	O.K
	SH2	40(P0)	220	140			±180	O.K
	SH3	40(P0)	220	140			±180	O.K
	SH4	40(P0)	220	140			±180	O.K
P2	SH1	20(P0)	140	100	51.8	16.6	±120	O.K
	SH2	20(P0)	140	100			±120	O.K
	SH3	20(P0)	140	100			±120	O.K
	SH4	20(P0)	140	100			±120	O.K
P3	SH1	0	120	120	19.1	6.1	±120	O.K
	SH2	0	120	120			±120	O.K
	SH3	0	120	120			±120	O.K
	SH4	5(A2)	125	115			±120	O.K
P4	SH1	10(A2)	130	110	13.6	4.4	±120	O.K
	SH2	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH3	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH4	10(A2)	130	110			±120	O.K
P5	SH1	10(A2)	130	110	46.3	14.9	±120	O.K
	SH2	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH3	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH4	10(A2)	130	110			±120	O.K
P6	SH1	60(A2)	240	120	81.7	26.3	±180	O.K
	SH2	60(A2)	240	120			±180	O.K
	SH3	60(A2)	240	120			±180	O.K
	SH4	60(A2)	240	120			±180	O.K
A2	SH1	100(A2)	300	100	106.2	34.2	±200	O.K
	SH2	100(A2)	300	100			±200	O.K
	SH3	100(A2)	300	100			±200	O.K
	SH4	100(A2)	300	100			±200	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 P0, A2 모두 강핑거조인트로 시공된 상태이다.



EXP.J1(P0) 전경



EXP.J2(A2) 전경

【사진 18.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 이물질퇴적, 차수판 파손, 차수판 볼트탈락이 조사되었다.

【표 18.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	이물질퇴적 (m/개소)		차수판 파손 (개소)		차수판 볼트탈락 (개소)		여유량 부족 (개소)	
P0 (EXP J1)	-	-	-	-	6.00	6	-	-
A2 (EXP J2)	1.00	1	1.00	1	3.00	3	1.00	1
합계	1.00	1	1.00	1	9.00	9	1.00	1

	
신축이음 P0 차수판 볼트탈락	신축이음 A2 이물질퇴적(L=1.0m)
	
신축이음 A2 차수판 파손	신축이음 A2 차수판 볼트탈락

【사진 18.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

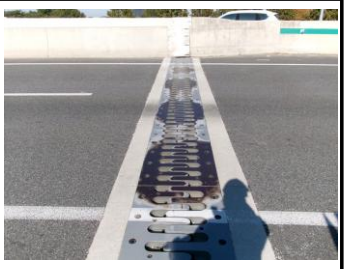
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 이물질퇴적, 차수판 파손 및 볼트탈락의 경우 초기 건조수축, 차량 통행 하중 및 충격, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 내구성 및 미관 확보를 위한 정비를 실시하는 것이 요구된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 18. 기온 적용: 9.4℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−9.4℃ = 30.6℃
△T(수축시) : −20.0℃−(9.4℃) = 29.4℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 18.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 18.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
P0 (서울)	29.4	30.6	0.000012	318.4	112.3	116.9	145	230	280	
P0 (문산)	29.4	30.6	0.000012	255	90.0	93.6	120	230	280	
A2	29.4	30.6	0.000012	195	68.8	71.6	120	170	200	

1) 조사당시 온도 : 9.4℃(조사일 : 2022년 10월 18일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)

【표 18.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
P0 (서울)	신축이음	112.3	116.9	145	300	42.70	28.10	O.K
	바닥판			230	-	-	113.1	O.K
	거더			280	-	-	163.1	O.K
P0 (문산)	신축이음	90.0	93.6	120	300	90.00	26.40	O.K
	바닥판			230	-	-	136.4	O.K
	거더			280	-	-	186.4	O.K
A2	신축이음	68.8	71.6	120	150	-38.80	48.40	N.G
	바닥판			170	-	-	98.4	O.K
	거더			200	-	-	128.4	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

※ 구조계산서 신축량 계산에 따르면 A2 최대허용 신축량은 200㎜로 계산되었으나, 준공도면에 150㎜를 적용한 것으로 나타났으며, 이에 보수적으로 판단되는 150㎜를 적용하여 계산함.

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A2 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 남고양교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.

	
교면포장 전경	교면포장 전경

【사진 18.3.19】교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장의 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 18.3.14】교면포장 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
합계	-	-

	
교면포장 상태양호	교면포장 상태양호

【사진 18.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장의 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 남고양교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌, 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 18.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 18.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 18.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽 전경



중분대 전경

【사진 18.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과, 균열 및 재균열(0.3㎜이상), 균열부백태가 확인되었다.

【표 18.3.16】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜이상) (m/개소)		재균열(0.3㎜이상) (m/개소)		균열부 백태 (㎡/개소)	
S1	8.00	8	-	-	-	-
S2	1.00	1	6.00	6	-	-
S3	-	-	10.00	10	-	-
S4	1.00	1	10.00	10	-	-
S5	-	-	12.00	12	-	-
S6	1.00	1	3.00	3	0.40	4
S7	-	-	-	-	0.30	1
합계	11.00	11	41.00	41	0.70	5

	
S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜이상)	S4 방호벽 재균열(Cw=0.3㎜이상)
	
S5 방호벽 재균열(Cw=0.3㎜이상)	S7 방호벽 균열부백태(0.2×1.5)

【사진 18.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열 및 재균열(0.3㎜이상), 균열부백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 주입보수 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 남고양교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P0에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

【사진 18.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 18.3.17】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P0	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 18.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

18.3.3 현장조사 총괄표

【표 18.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	10.00	2	
		망상균열	㎡	62.50	5	
		균열부백태	㎡	20.77	93	
		재료분리	㎡	0.01	1	
거더	거더외부	상태양호	-	-	-	
	거더내부	상태양호	-	-	-	
가로보 및 세로보		상태양호	-	-	-	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	32.00	2	
		망상균열	㎡	16.00	2	
교각		망상균열	㎡	76.00	4	
교량받침		받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	43.80	142	
신축이음		이물질퇴적	m	1.00	1	
		차수판 파손	EA	1.00	1	
		차수판 볼트탈락	EA	9.00	9	
교면포장		상태양호	-	-	-	
배수시설		상태양호	-	-	-	
방호벽		균열(0.3㎜이상)	m	11.00	11	
		재균열(0.3㎜이상)	m	41.00	41	
		균열부백태	㎡	0.70	5	
점검시설		상태양호	-	-	-	

18.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

18.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

18.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 18.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	8	8	8	8	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		2	4	2	4	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



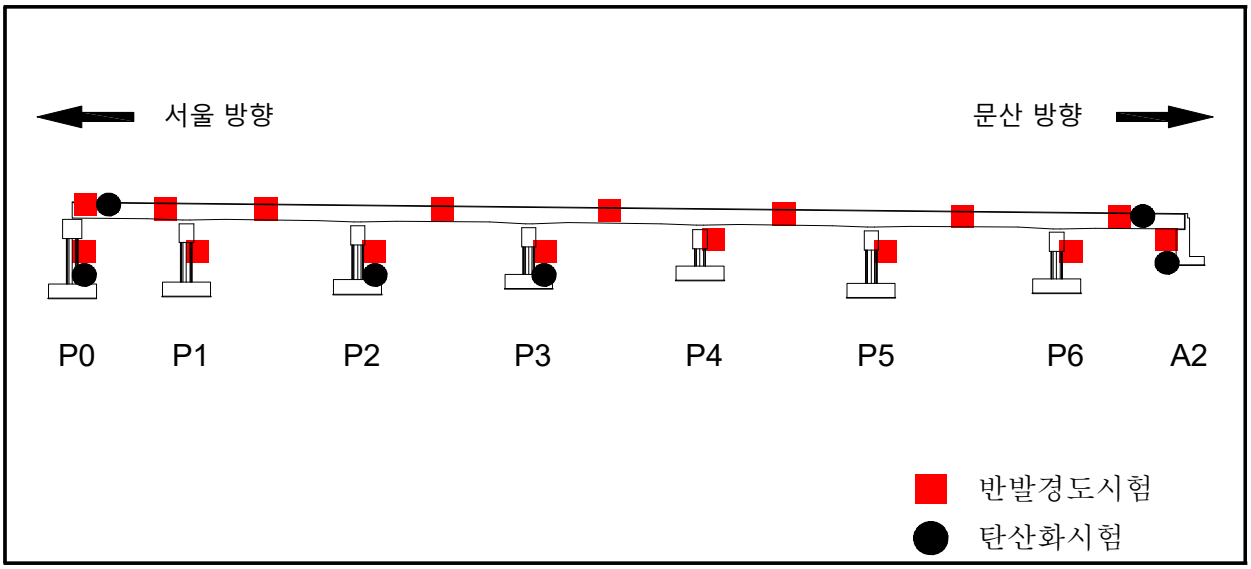
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 18.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 18.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

18.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(각 8개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 18.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1(A1)	바닥판	47.1	28.0	29.1	0.67	27.0	
	S1(P1)	바닥판	46.1	27.2	28.7			
	S2	바닥판	46.7	27.7	28.9			
	S3	바닥판	46.1	27.2	28.7			
	S4	바닥판	46.5	27.5	28.9			
	S5	바닥판	46.0	27.1	28.6			
	S6	바닥판	46.6	27.6	28.9			
	S7	바닥판	46.6	27.6	28.9			

【표 18.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A2	흉벽	43.4	24.9	27.4	0.67	24.0	

【표 18.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
하부구조	P0	코핑부	48.8	41.2	49.3	0.67	40.0	
	P1	기둥부	49.1	41.6	49.8			
	P2	기둥부	49.5	42.0	50.4			
	P3	코핑부	49.3	41.7	50.0			
	P4	기둥부	48.9	41.3	49.4			
	P5	코핑부	49.0	41.5	49.6			
	P6	기둥부	48.5	41.0	48.9			

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.1~29.1㎫, 하부구조 교대 24.9~27.4㎫, 교각 41.0~50.4㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 18.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.1~29.1	27.0	100.4~107.9
하부구조	교대	24.9~27.4	24.0	103.6~114.0
	교각	41.0~50.4	40.0	102.5~126.0

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 18.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	1.5	40.0	38.5	1.06	100년이상	a
	S7 바닥판	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
하부구조	A2 흉벽	1.5	100.0	98.5	1.06	100년이상	a
	P0 코핑부	1.0	100.0	99.0	0.71	100년이상	a
	P2 기둥부	0.5	100.0	99.5	0.35	100년이상	a
	P3 코핑부	1.5	100.0	98.5	1.06	100년이상	a

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.5~2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 0.5~1.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 18.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.5~2.0	38.0~38.5	
하부구조	0.5~1.5	98.5~99.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 18.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~29.1	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.9~27.4	24.0	
		교각	41.0~50.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		98.5~99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

18.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

18.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급'으로 산정되었다.

【표 18.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	P0	STB	b	a	a	a	a	b	a	b	b	q	a	a
S2	P1	STB	b	a	a	a	a	b	–	b	a	q	–	–
S3	P2	STB	b	a	a	a	a	b	–	b	a	q	–	a
S4	P3	STB	b	a	a	a	a	b	–	b	b	q	–	a
S5	P4	STB	b	a	a	a	a	b	–	b	b	q	–	–
S6	P5	STB	b	a	a	a	a	b	–	b	b	q	–	–
S7	P6	STB	b	a	a	a	a	b	–	a	a	q	a	–
	A2								b	a	b	q	–	a
평균			0.200	0.100	0.100	0.100	0.100	0.200	0.150	0.175	0.163	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.020	0.005	0.007	0.003	0.004	0.014	0.016	0.033	–	0.004	0.003
													0.144	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.144) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 18.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
남고양교	0.144	B	390	4	1,560	1.000	0.144
합계(∑)			390	4	1,560	1	0.144
1. 평가지수 =							0.144
2. 상태평가결과 =							B

18.5.2 기 점검 결과와의 비교

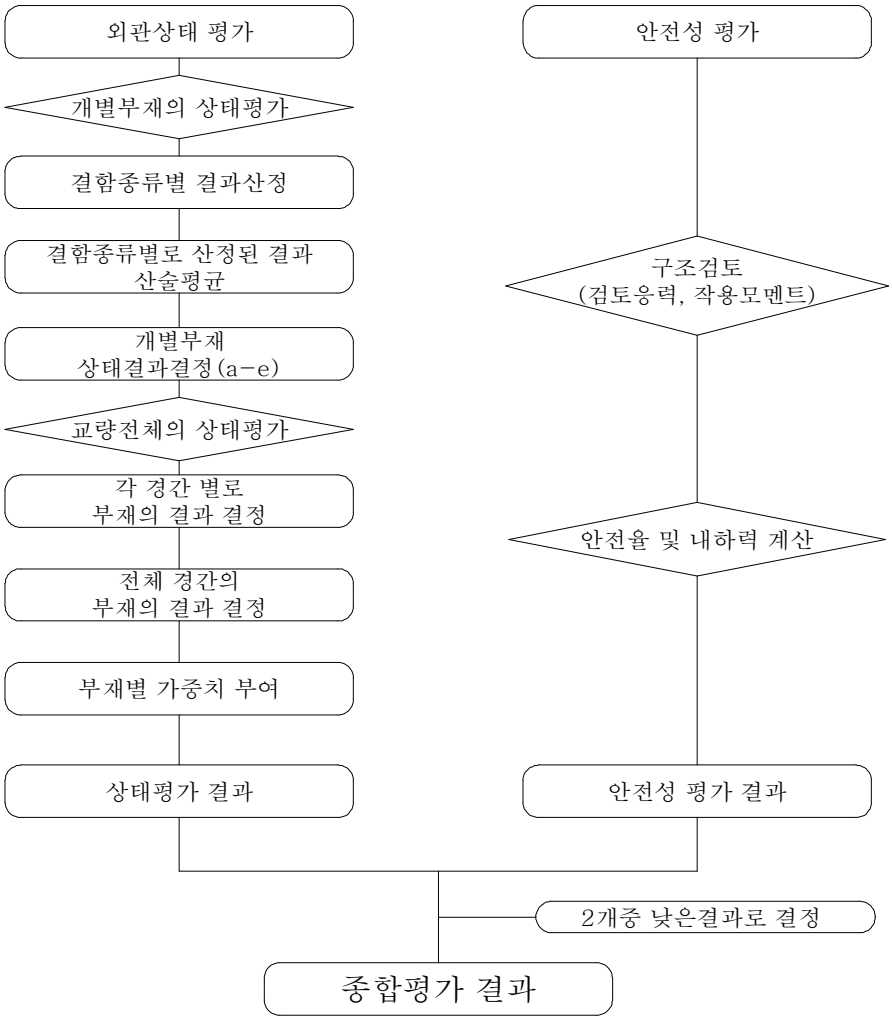
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

18.6 종합평가 및 안전등급 지정

18.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 18.6.1】 종합평가 결과 산정절차

18.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 18.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
남고양교	0.144	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

18.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 18.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

18.7 보수·보강 및 유지관리방안

18.7.1 보수·보강 방안

【표 18.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	10.00	2	표면처리	하자
		망상균열	㎡	62.50	5	표면처리	하자
		균열부백태	㎡	20.77	93	표면처리	하자
		재료분리	㎡	0.01	1	단면보수	하자
거더	거더 외부	상태양호	-	-	-	-	-
	거더 내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보 및 세로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		균열(0.3㎜미만)	m	32.00	2	표면처리	하자
		망상균열	㎡	16.00	2	표면처리	하자
교각		망상균열	㎡	76.00	4	표면처리	하자
교량받침		받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	43.80	142	표면처리	하자
신축이음		이물질퇴적	m	1.00	1	정비(청소)	하자
		차수판 파손	EA	1.00	1	정비(재설치)	하자
		차수판 볼트탈락	EA	9.00	9	정비(재설치)	하자
		여유량 부족	EA	1.00	1	정비(재설치)	하자
교면포장		상태양호	-	-	-	-	-
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
방호벽		균열(0.3㎜이상)	m	11.00	11	주입보수	하자
		재균열(0.3㎜이상)	m	41.00	41	주입보수	하자
		균열부백태	㎡	0.70	5	표면처리	하자
점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

18.7.2 개략공사비

【표 18.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	표면처리	10.00	2.50	㎡	-	-	하자
	망상균열	표면처리	62.50	93.75	㎡	-	-	하자
	균열부백태	표면처리	20.77	31.16	㎡	-	-	하자
	재료분리	단면보수	0.01	0.02	㎡	-	-	하자
교대	균열(0.3㎜미만)	표면처리	32.00	8.00	㎡	-	-	하자
	망상균열	표면처리	16.00	24.00	㎡	-	-	하자
교각	망상균열	표면처리	76.00	114.00	㎡	-	-	하자
교량받침	받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	표면처리	43.80	10.95	㎡	-	-	하자
신축이음	이물질퇴적	정비(청소)	1.00	1.50	m	-	-	하자
	차수판 파손	정비(재설치)	1.00	1.00	EA	-	-	하자
	차수판 볼트탈락	정비(재설치)	9.00	9.00	EA	-	-	하자
	여유량 부족	정비(재설치)	1.00	1.00	EA	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜이상)	주입보수	11.00	16.50	m	-	-	하자
	재균열(0.3㎜이상)	주입보수	41.00	61.50	m	-	-	하자
	균열부백태	표면처리	0.70	1.05	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

18.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 18.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상



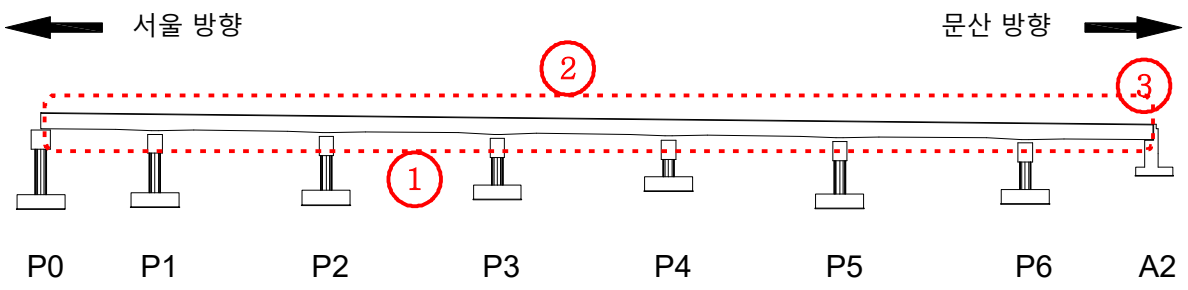
① 바닥판 하면 균열부백태 – 진전 여부확인



② 방호벽 균열 및 균열부백태 – 진전 여부확인



③ 신축이음 A2 여유량 부족 - 주기적인 계측 필요



18.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 대덕로 426 (현천동)에 위치한 교량으로 총 연장 390.0m, 폭 25.0m의 Steel Box 거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

18.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면의 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 균열부백태, 재료분리가 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수 등을 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- 거더외부 및 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보 및 세로보

- 가로보 및 세로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대의 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 균열(0.3㎜미만), 망상균열이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리 등을 실시하는 것이 필요하다.

5) 교각

- 교각에 발생한 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 손상으로 내구성 확보 차원에서 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

6) 교량받침

- 교량받침의 현장조사 결과 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 받침몰탈 균열(0.3㎜미만)이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 이물질퇴적, 차수판 파손 및 볼트탈락의 경우 초기 건조수축, 차량 통행하중 및 충격, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 내구성 및 미관 확보를 위한 정비를 실시하는 것이 요구된다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A2 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

8) 교면포장

- 교면포장의 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

9) 배수시설

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열 및 재균열(0.3㎜이상), 균열부백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 주입보수 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.1~29.1㎫, 하부구조 교대 24.9~27.4㎫, 교각 41.0~50.4㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.5~2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 0.5~1.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 남고양교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.144인 “B” 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 남고양교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

18.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

18.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

19. 서문15교

19.1 시설물 개요
19.2 자료수집 및 분석
19.3 현장조사
19.4 콘크리트 내구성조사
19.5 상태평가
19.6 종합평가 및 안전등급 지정
19.7 보수·보강 및 유지관리 방안
19.8 종합결론

19. 서문15교

19.1 시설물의 개요

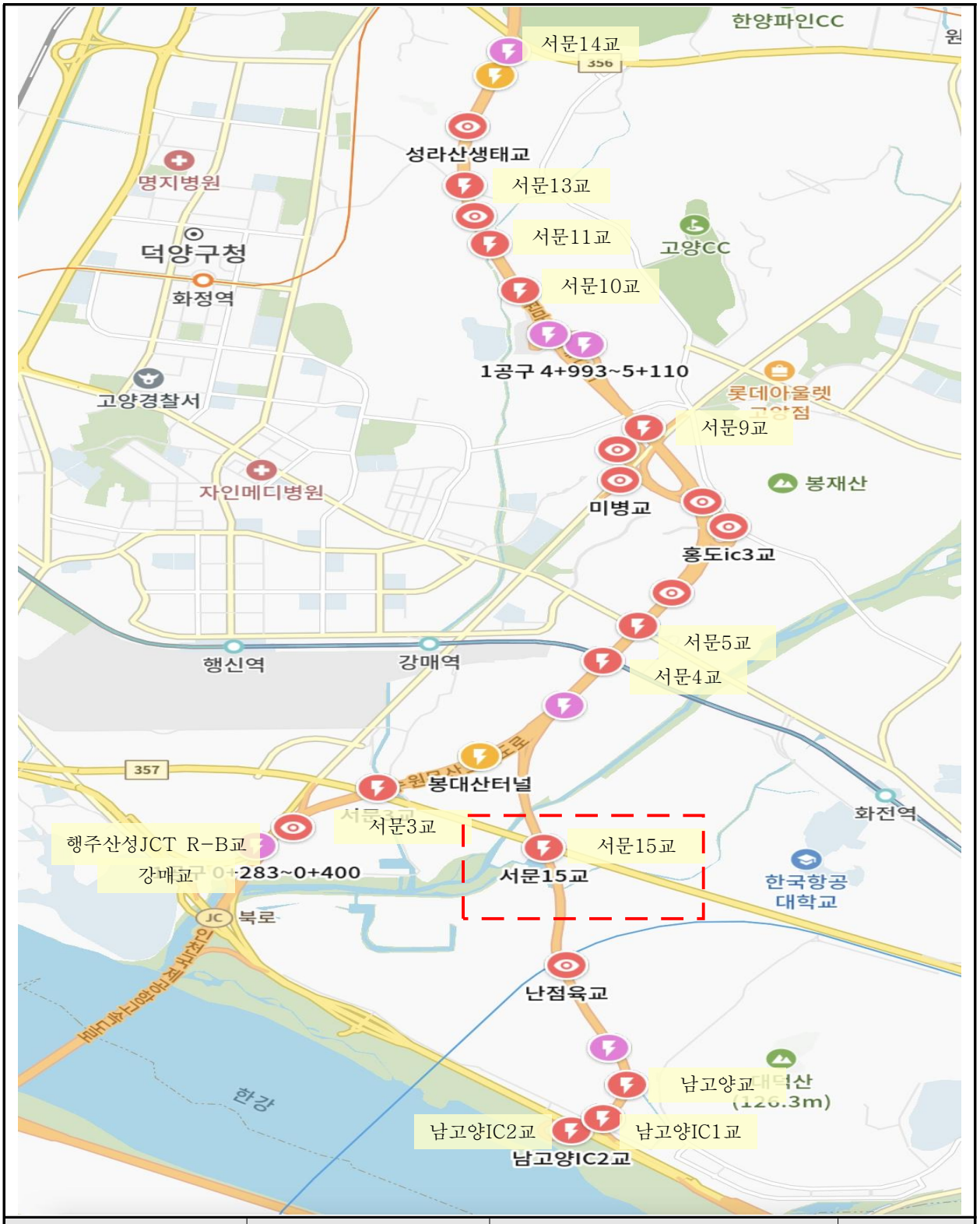
본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 대덕로 158-121 (현천동)에 위치한 교량으로 총 연장 876.0m, 폭 21.0m로 시공되어 있다.

19.1.1 일반사항

【표 19.1.1】서문15교 일반사항

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000234</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td>경기도 고양시 덕양구 대덕로
158-121 (현천동)</td><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td></tr>
<tr><td colspan="2">시점이정</td><td>-</td><td colspan="2">노 선 명</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=876.0m (4@50+45+2@50+45+50+2@75+50+2@50+3@45≒876m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=21.0m, 4차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>Bicon + Steel Box</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교 대</td><td>A1 : 강관말뚝기초
A2 : 직접기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형, 교각: T형</td><td>교 각</td><td>P1~P9,P12,P13,P15,P16 : 강관말뚝기초
P10,P11,P14 : 현장타설말뚝</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>-</td><td colspan="2">통과높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td>-</td><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td></tr>
<tr><td colspan="2">시 공 자</td><td>지에스건설㈜</td><td colspan="2">설 계 자</td><td>㈜다산컨설턴트</td></tr>
<tr><td colspan="2">감 리 자</td><td>㈜동일기술공사</td><td colspan="2">관리주체</td><td>서울문산고속도로주식회사</td></tr>
<tr><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">측면 전경</td><td colspan="3">상부 전경</td></tr>
</table>

19.1.2 위치도 및 전경사진



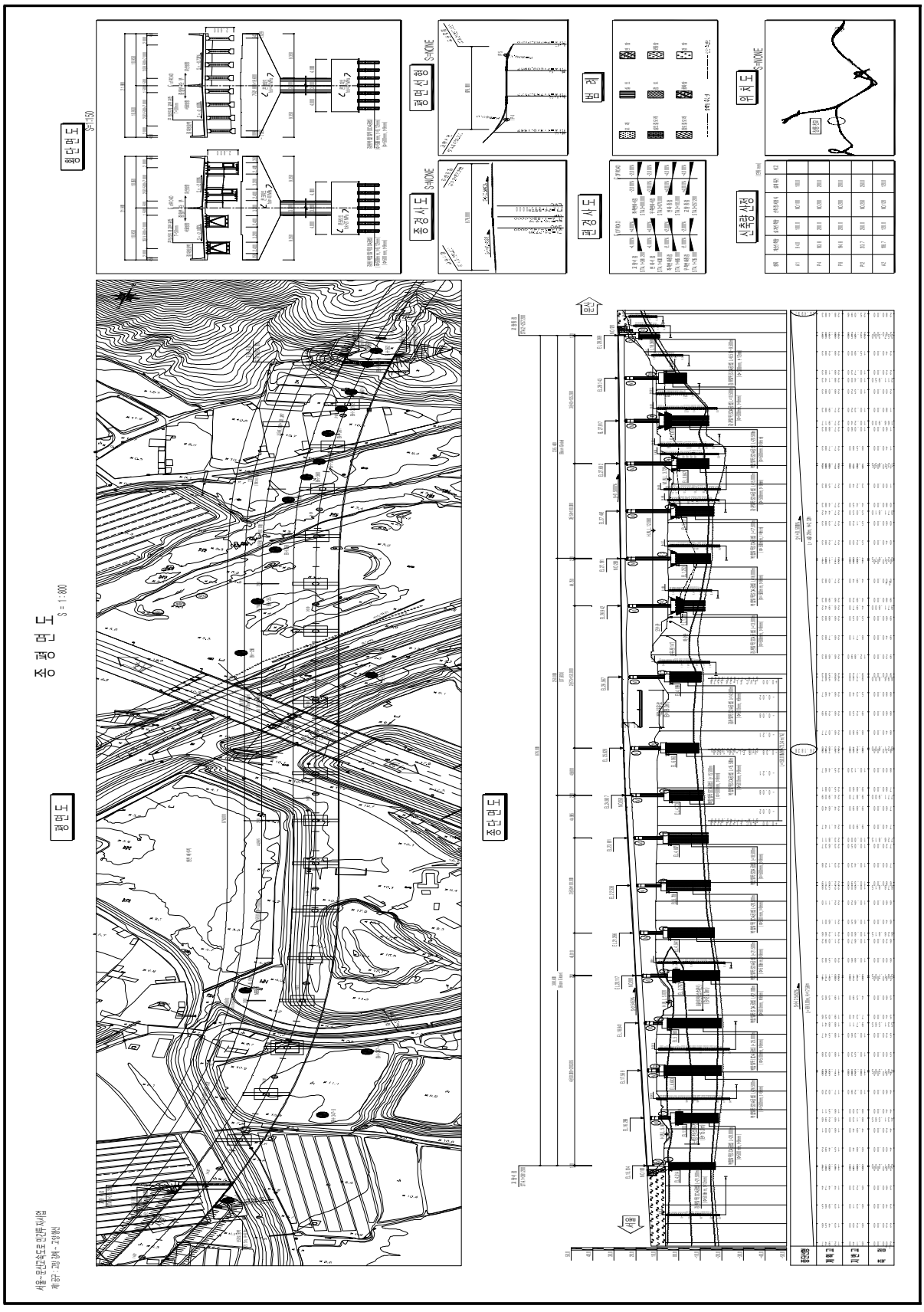
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S17	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 19.1.1】 위치도

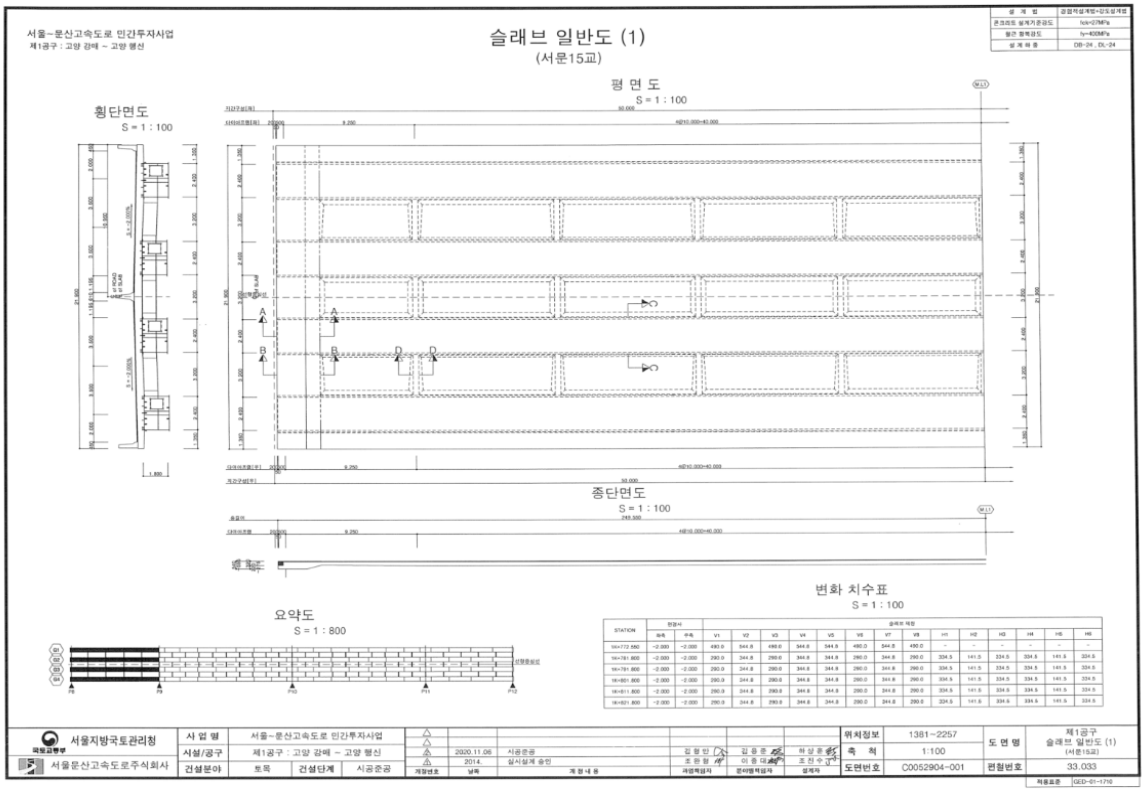
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

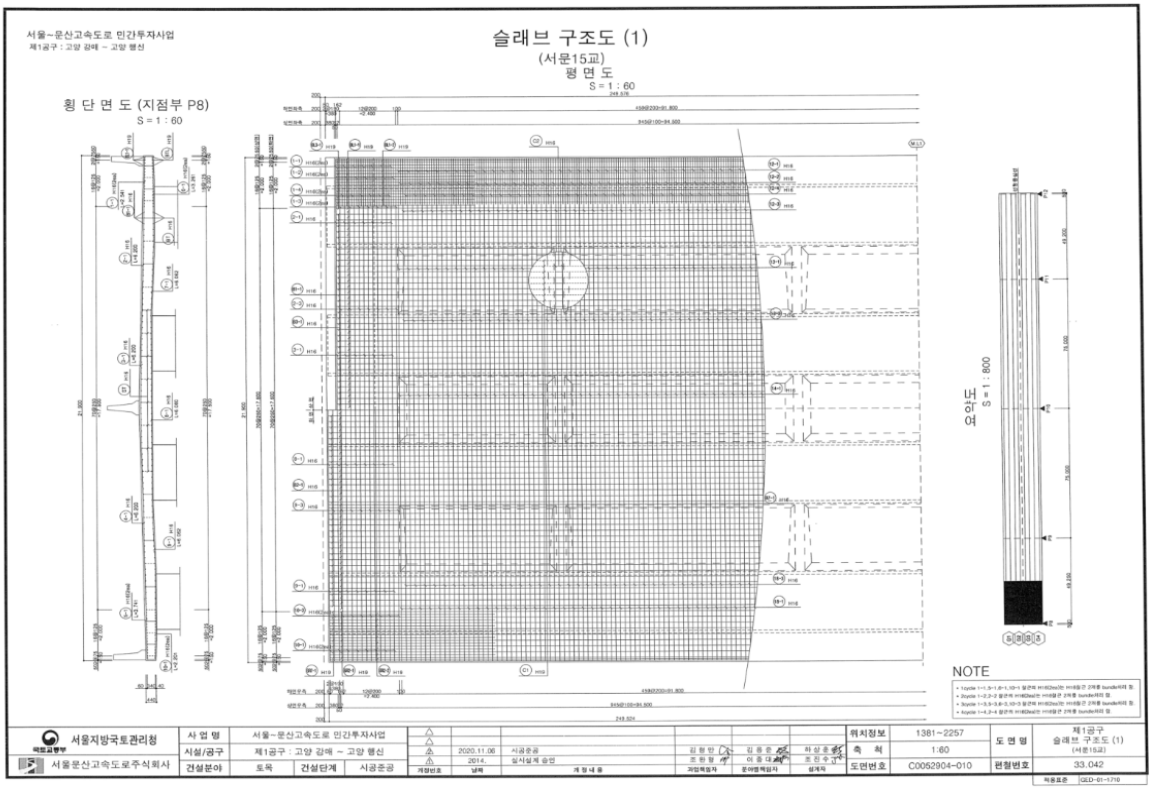
【그림 19.1.2】 부재별 현황

19.1.3 시설물 일반도

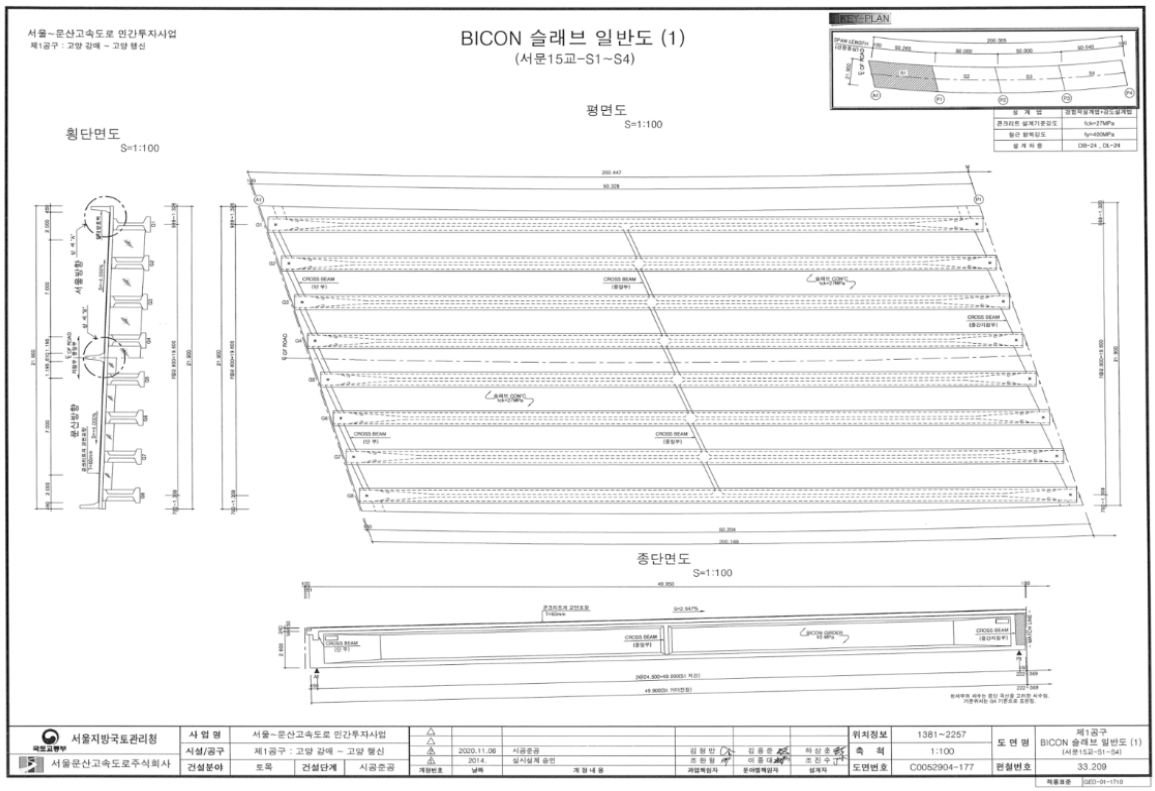


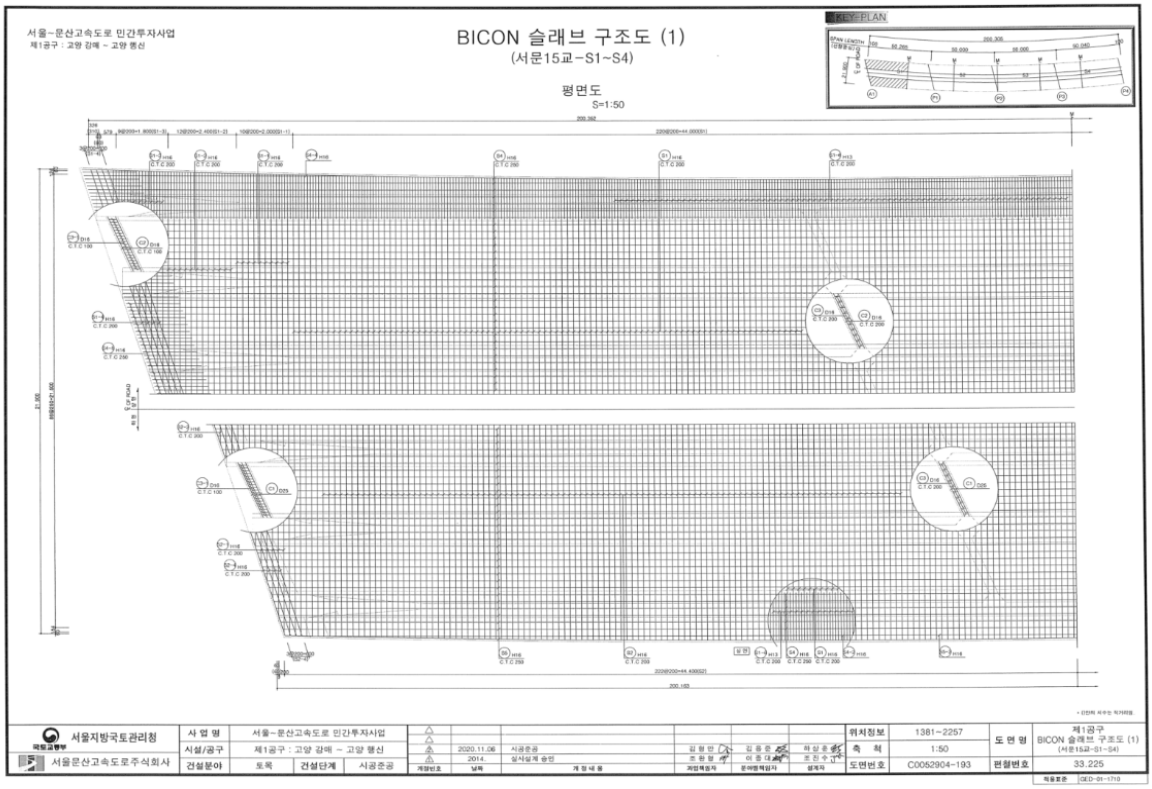
【그림 19.1.3】 평면 및 종단면도



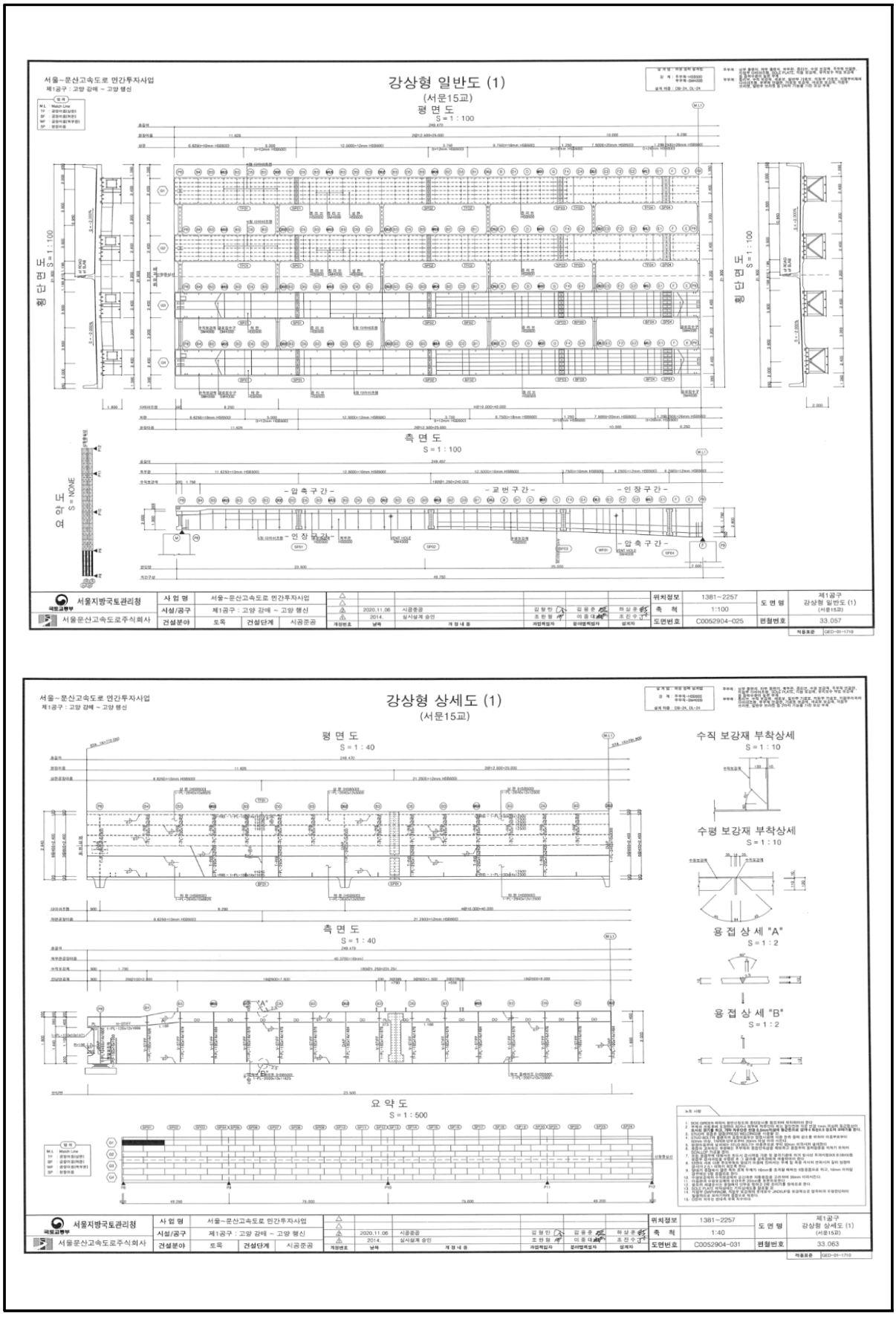


【그림 19.1.4】 바닥판하면 일반도 및 구조도(STB)

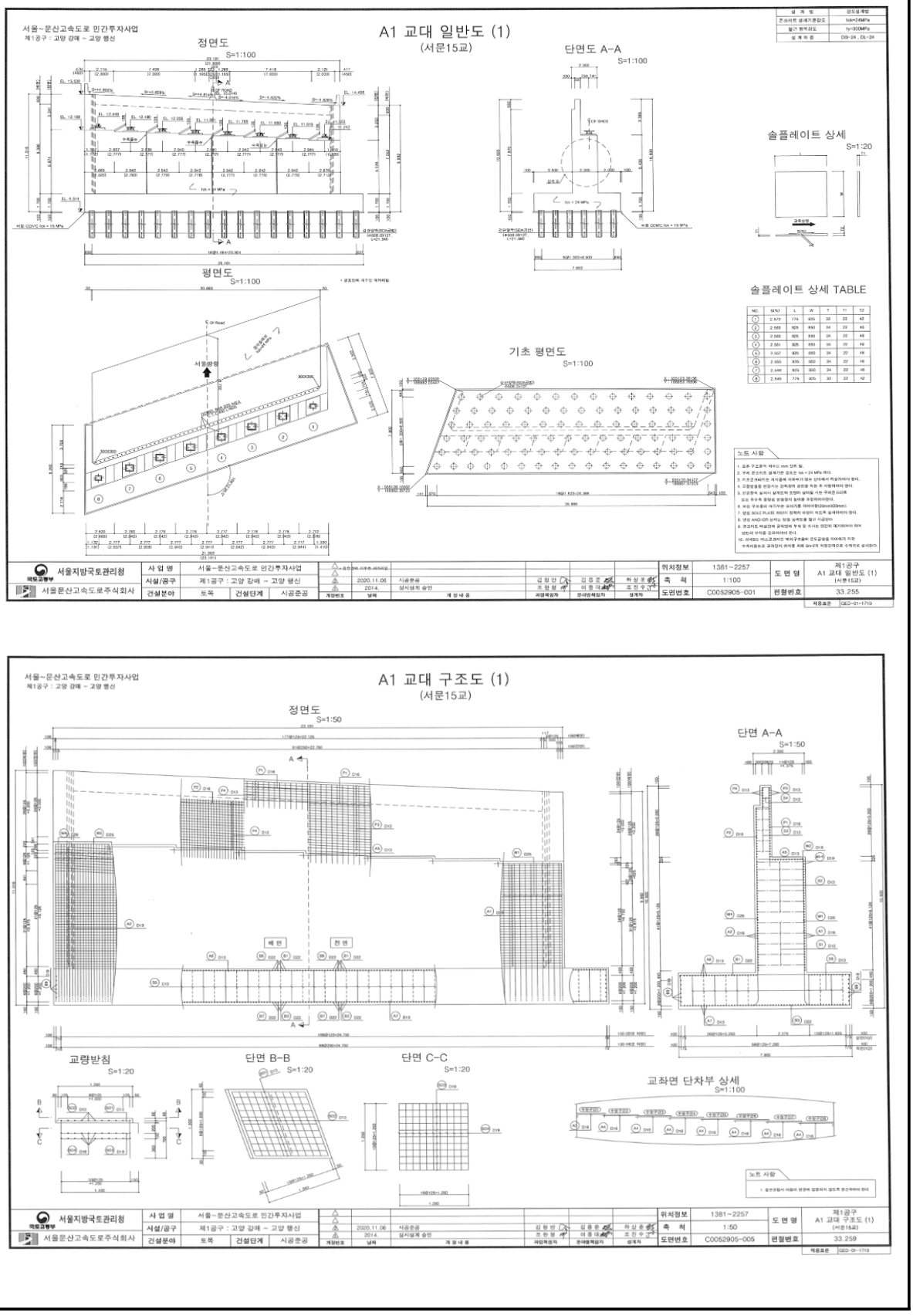




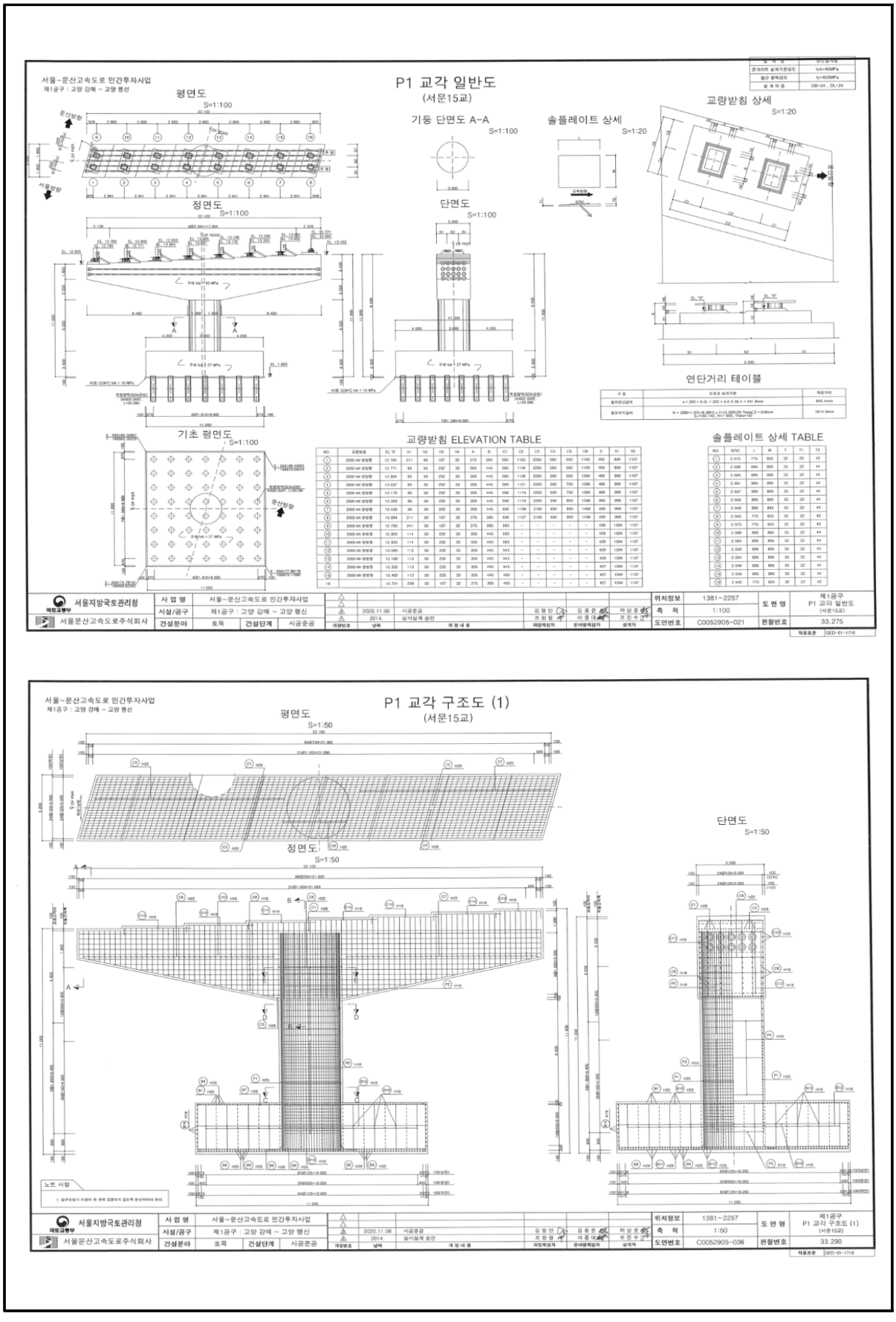
【그림 19.1.5】 바닥판하면 일반도 및 구조도(BICON)



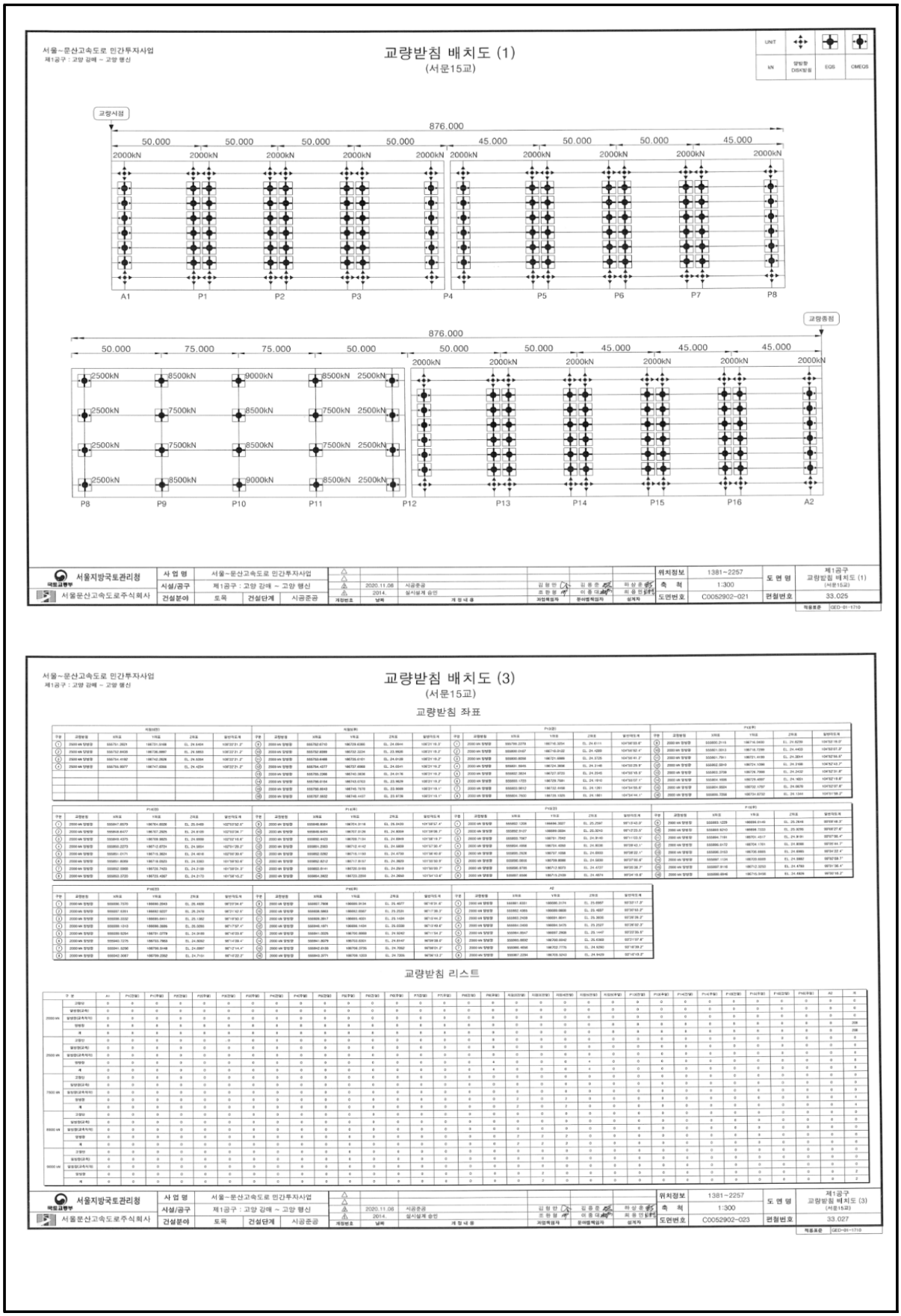
【그림 19.1.6】 강상형 일반도 및 상세도(STB)



【그림 19.1.7】 교대 일반도 및 구조도



【그림 19.1.8】 교각 일반도 및 구조도



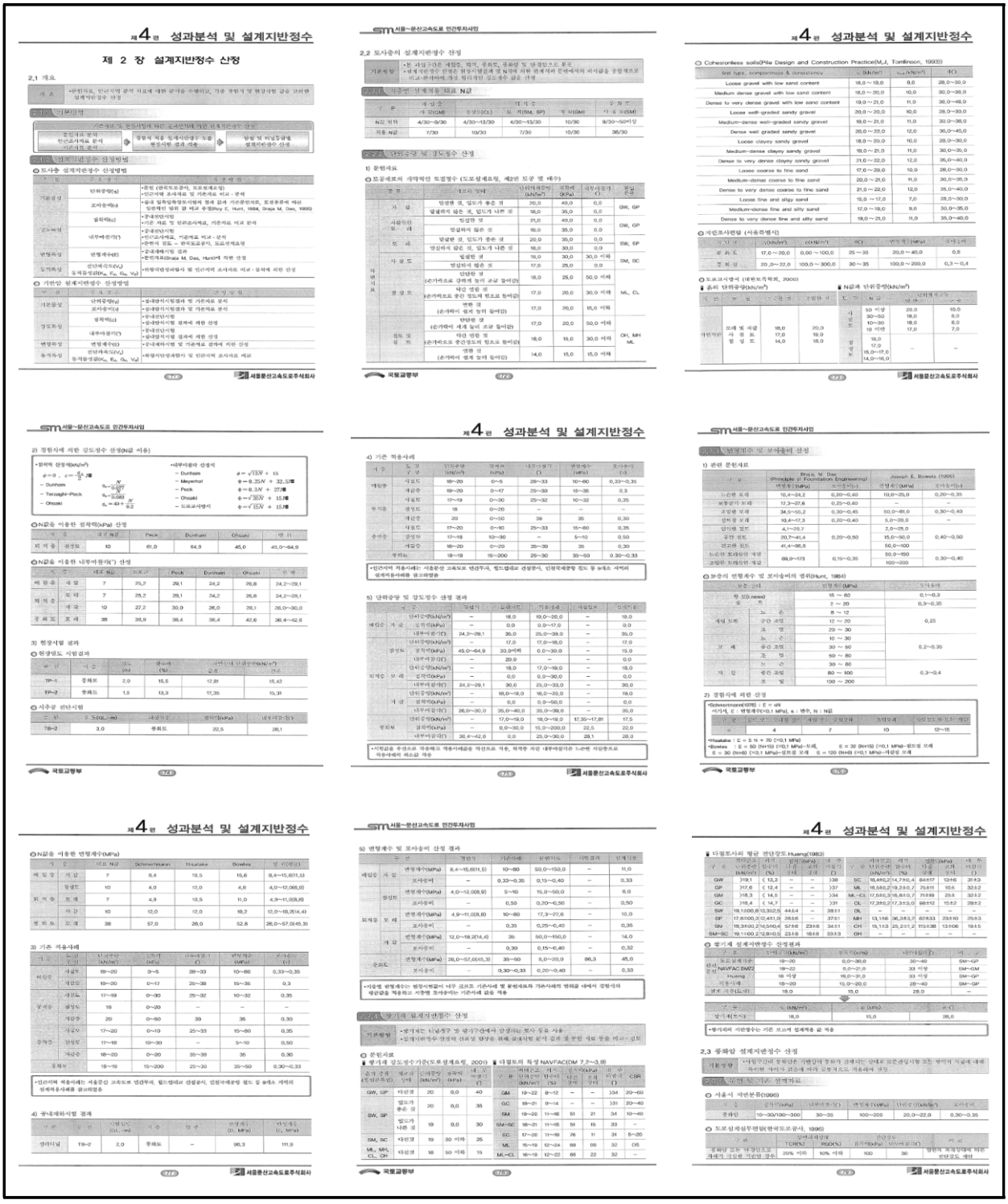
【그림 19.1.9】교량받침 배치도

19.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

19.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	-
	2001	20	30	35	-
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범위		19.5~21	10~30	30~36	-

○ 기존 적용사례

구분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0.30~0.31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공번	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31.1	31.4	156.1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	-	19.5~22.0	20.0~22.0	-	20.0
포아송비(ν)	-	0.20~0.45	0.30~0.31	-	0.30

○ 전단강도 및 변형계수

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	-	10.0~300	20~50	31.1	30.0
내부마찰각(°)	) 39.5	30.0~36.0	30~33	31.4	31.0
변형계수(MPa)	-	200	50.0~350.0	156.1	150.0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 산정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암석종류(강도)	암반파쇄상태 (NX 규격 시추조사시) T.C.R(%)	R.Q.D(%)	암반의 강도정수 φ(°)	C(kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
	20~30%	10~25%	33°	130
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○서울시 기준에 의한 지반정수 산정

구분	단위중량 γ(kN/m³)	내부마찰각 φ(°)	변형계수 E(MPa)	포아송비 ν
연암	23~25	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0.25
경암	25~27	35~45	1,000~4,000	0.20

2) 기존 적용사례

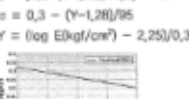
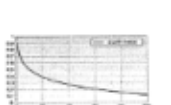
구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	I등급	27	4,200	44~45	18,000	0.21
	II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0.22
	III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0.24
	IV등급	24	800~900	34	1,000	0.25
	V등급	23	400	33	500	0.26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

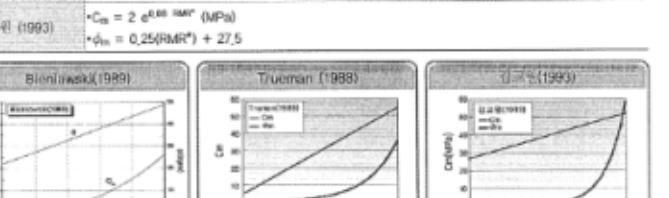
○ 제안자별 경험식

▮ 단위중량 및 포아송비

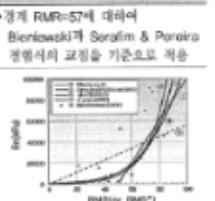
구분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산정식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y−1.28)/14.3] × 10 ν = 0.3 − (Y−1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35 	ν = −0.17 Ln(RMR')+0.9 

▮ 점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	관계경험식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346\times10^{-5}RMR^2$ •$\phi_m = -0.086 + 0.7894RMR - 0.0031\,RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0.25\,e^{0.05\,RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2\,e^{0.06\,RMR'}$ (MPa) •$\phi_m = 0.25(RMR') + 27.5$



▮ 변형계수

변형계수 경험식	관계경험식	적용내용
•Bieniawski (1978)	$E_m = 2RMR - 100$(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\,e^{0.07RMR'}$(GPa) − RMR' : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\,RMR^{3.54}$ (MPa)	
•Mohammad (1997)	$E_m = 0.582\,RMR + 0.183$ (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)	포아송비(ν) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	26.3	-	0.21	0.15
	II등급	64	25.5	-	0.22	0.19
	III등급	53	24.8	-	0.23	0.22
	IV등급	36	23.8	-	0.24	0.29
	V등급	10	22.1	-	0.27	0.49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(°) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	V등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Serafim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,800	13,100	12,300
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	-

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구분	공번	시험심도 (GL.−m)	지층	암종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11.0	연암	화강암질 편마암	IV	980.3	1,166.2
	TB-3	17.0	연암	화강암질 편마암	IV	598.9	908.3

○실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RVR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	IV	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	III	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	III	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	III	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	III	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	III	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	IV	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	III	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구분	지층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적용	포아송비(ν) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	27	26.3	-	27.0	0.21	0.15~0.21	-	0.21
	II등급	26	25.5	-	26.0	0.22	0.19~0.22	-	0.22
	III등급	25	24.8	26.65~26.90	25.0	0.24	0.22~0.23	0.16~0.19	0.24
	IV등급	24	23.8	27.08~28.93	24.0	0.25	0.24~0.29	0.16~0.21	0.25
	V등급	23	22.1	-	23.0	0.26	0.27~0.49	-	0.26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구분	지층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구분	지층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	-	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	-	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	-	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	-	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암석명	기본마찰각(ϕ_b)	암석명	기본마찰각(ϕ_b)
각섬암	32	화강암 (조립질)	31~35
현무암	31~38	석회암	33~40
역암	35	반암	31
백악	30	사암	25~35
백운암	27~31	셰일	27
편마암 (편암질)	23~29	미사암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점판암	25~30

주) 작은 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암석명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비고
점착력이 없는 물질	발파 / 파쇄 암석	현무암 백악 화강암 석회암 사암 셰일	40.0 ~ 50.0 30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0 35.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 35.0	-	-
점착력이 있는 물질	암석	견고한 화성암 변성암 견고한 퇴적암 연약한 퇴적암	35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 25.0 ~ 35.0	35.7 ~ 56.1 20.4 ~ 40.8 10.2 ~ 30.6 1.0 ~ 20.4	(화강암, 현무암, 반암) (규암, 편마암, 점판암) (석회암, 백운석, 사암) (사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암석명	설명	최대강도 c'(kPa)	φ(°)	잔류강도 c'(kPa)	φ(°)	시험자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240.0	42.0	-	-	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15.0 90.0~120.0 60.0~100.0	7.5 12.0~17.0 9.0~13.0	-	-	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0.0~270.0	8.5~29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0.0~180.0	12.0~18.5	0.0~3.0	10.5~16.0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60.0	32.0	-	-	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	-	-	0.0	19.0~25.0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
석탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0~13.0	16.0	0.0	11.0~11.5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화강섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0.0	26.5	-	-	Brawner[116]
화강암 /편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 엽리된 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0.0~100.0 50.0~242.0	24.0~25.0 40.0~42.0	-	-	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	-	-	0.0	21.0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0~200.0	13.0~14.0 17.0~21.0	0.0	13.0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80.0 100.0	38.0 10.0	-	-	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0~24.0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14.0~30.0	15.0~17.5	-	-	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360.0 16.0~20.0	14.0 7.5~11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30.0~80.0 610.0~740.0 380.0	32.0 41.0 31.0	-	-	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50.0	33.0	-	-	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42.0~90.0	36.0~38.0	-	-	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구분	현무암	역암	편마암	화강암	사암	셰일
마찰각(°)	31.0 ~ 38.0	35.0	23.0 ~ 29.0	29.0 ~ 35.0	25.0 ~ 35.0	27.0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C. Wyllie, 1992)

구분	암종	내부마찰각(°)	비고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20.0 ~ 27.0	-
Medium-friction Rocks	27.0 ~ 34.0	-	-
사암, 역암, 편마암, 슬레이트	-	-	-

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구분	공번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상리터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	-	47.0~59.0	47.0	-	34.7~39.1	34.0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음

•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76\times N^{0.33}$　　• Imai(1982) $V_s = 97.0\times N^{0.314}$

•Okamoto(1989) $V_s = 125\times N^{0.3}$　　• Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84\times N^{0.31}$

− 동전단계수 : $G_d = \rho\cdot V_s^2$

− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d\cdot(1+\nu_d)$

− 동체적계수 : $K_d = E_d/3(1-2\nu_d)$　　여기서, ρ=γt/g, γt=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구분		하향식탄성파 V_p(m/s)	V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비고
매립층		-	-	144.4~224.1	180	-
퇴적층	점토	-	-	162.5~249.4	200	-
	모래	-	-	144.4~224.1	170	-
	자갈	-	-	162.5~249.4	190	-
풍화토		919~984	375~408	252.4~372.3	392	-
풍화암		1,103~1,185	511~577	276.4~404.2	544	-
연암		1,786~1,881	927~980	-	954	4등급
경암		2,168~2,323	1,192~1,277	-	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

분석결과	•내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용



제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
	일반	
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
	일반	
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
	일반	
균열 간격이 없을때	불투수성	1.0×10^{-9} 이상
	일반	

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

89 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

2.7.3 물안속체 설계지반정수

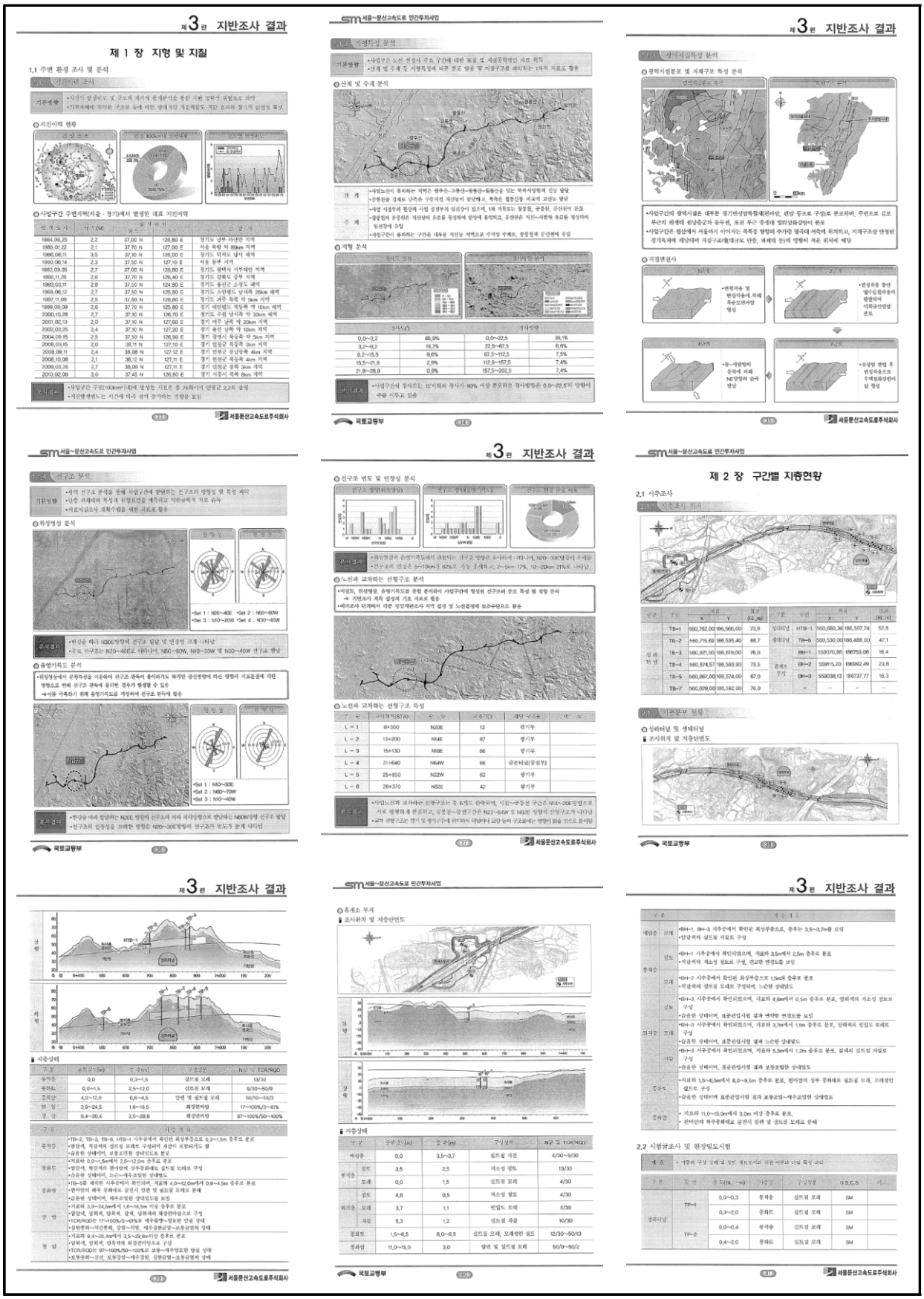
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

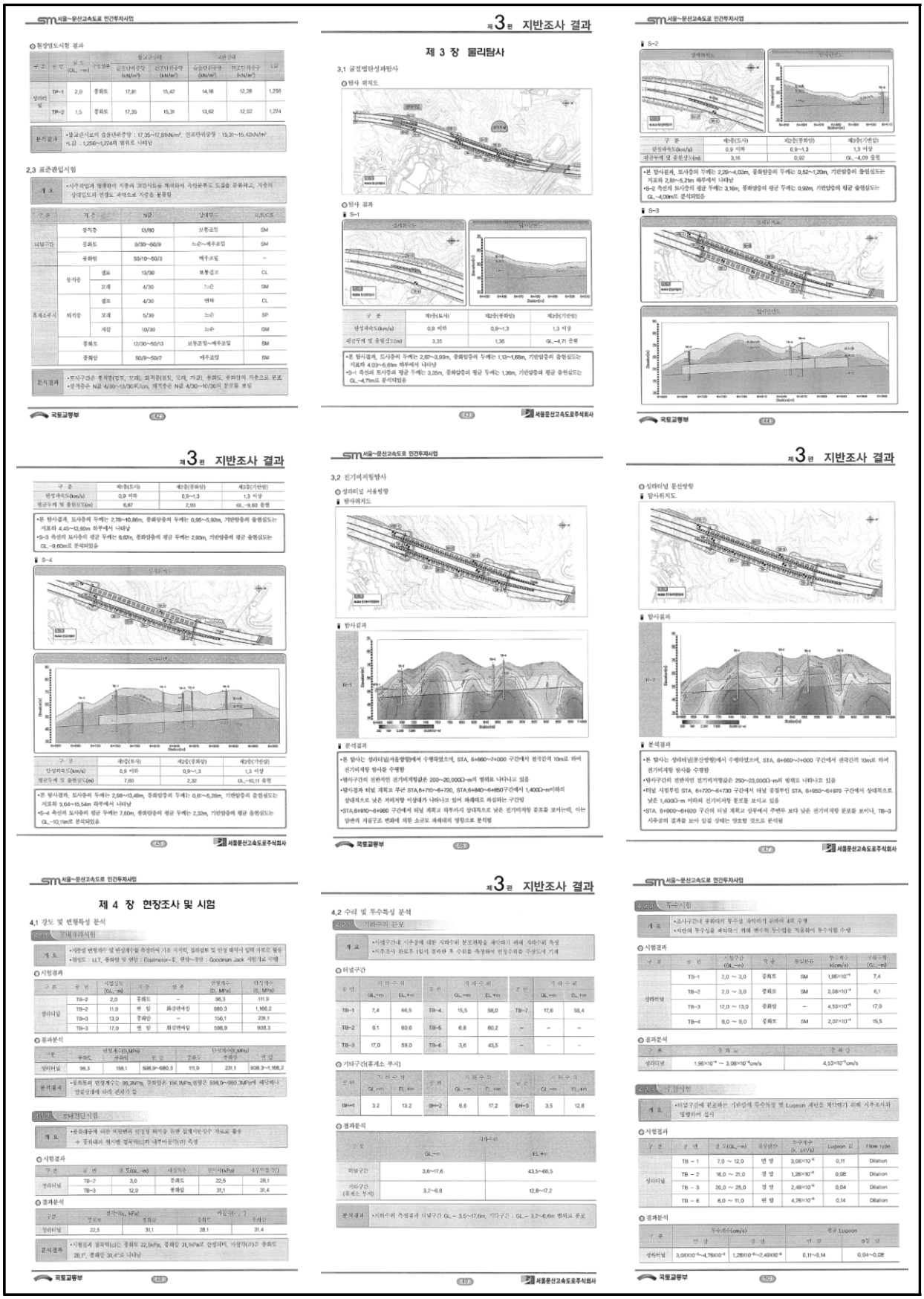
2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부 90

나. 지반 및 지질 조사보고서





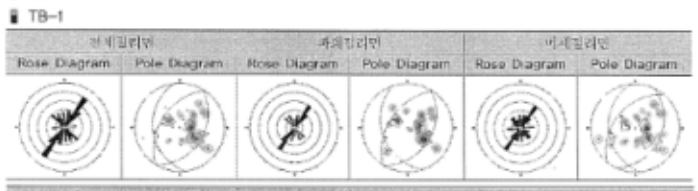
4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

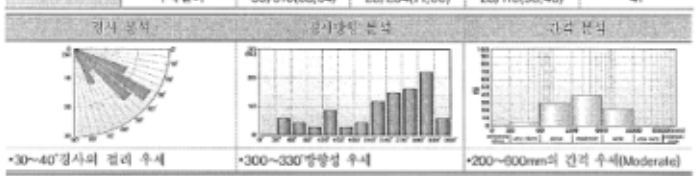
개요	•암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악 •불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

○시험결과

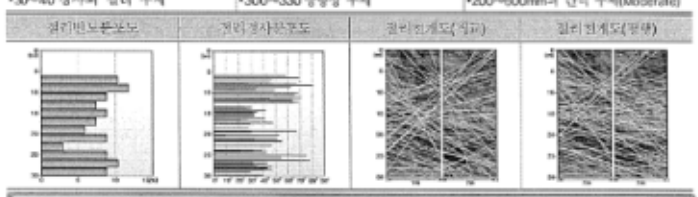
▮ TB-1



공번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개수
TB-1	전체절리	43/303(59,55)	28/263(85,24)	33/121(94,80)	68
	파쇄절리	45/303(81,08)	31/251(39,28)	33/121(53,08)	27
	미세절리	39/310(63,64)	28/264(71,60)	28/116(58,46)	41

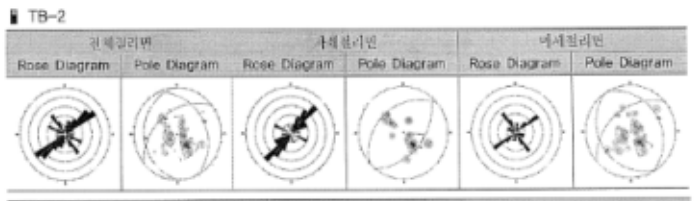


•30~40°경사의 절리 우세 | •300~330°방향성 우세 | •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

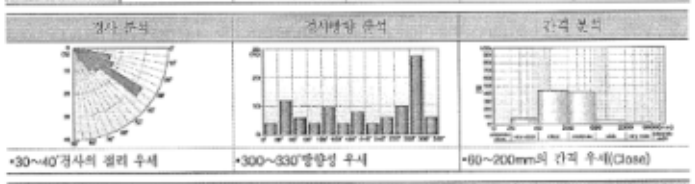


•6,0~29,5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29,1m 이후 구간은 아크릴관 밖에 슬러지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

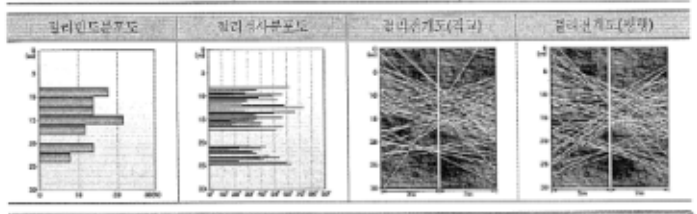
▮ TB-2



공번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개수
TB-2	전체절리	38/321(77,54)	23/63(56,42)	15/266(79,84)	51
	파쇄절리	30/320(38,49)	43/129(38,81)	–	18
	미세절리	38/320(58,01)	22/61(51,90)	20/235(72,36)	33

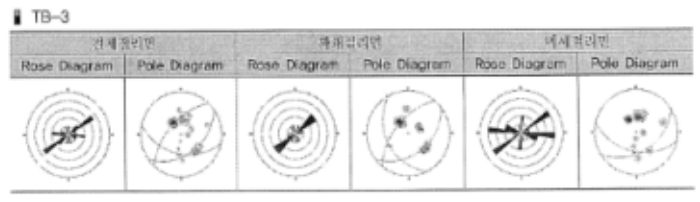


•30~40°경사의 절리 우세 | •300~330°방향성 우세 | •60~200mm의 간격 우세(Close)

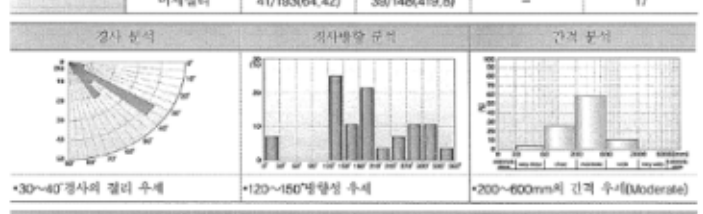


•8,1~23,0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8,1~16,6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

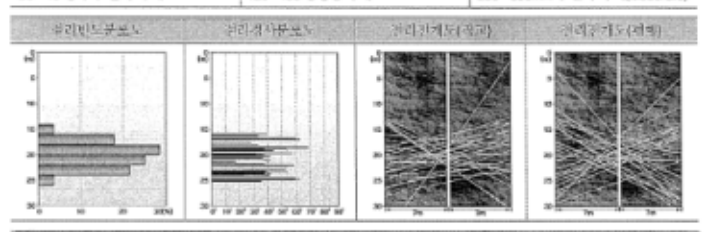
▮ TB-3



공번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개수
TB-3	전체절리	38/145(176,3)	41/193(80,35)	56/313(71,51)	28
	파쇄절리	37/143(119,93)	55/310(55,92)	33/243(173,7)	11
	미세절리	41/193(64,42)	39/148(419,8)	–	17

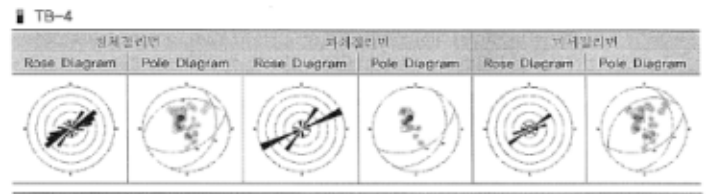


•30~40°경사의 절리 우세 | •120~150°방향성 우세 | •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

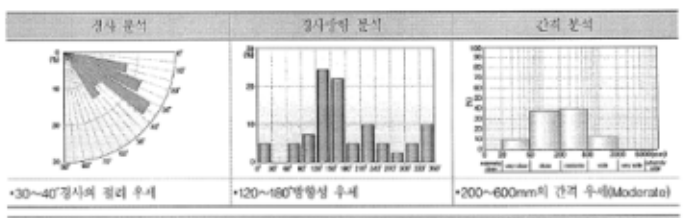


•15,8~25,1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15,5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

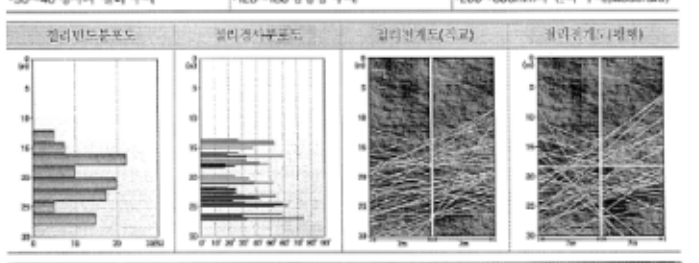
▮ TB-4



공번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개수
TB-4	전체절리	39/156(48,01)	23/111(89,14)	18/349(359,3)	41
	파쇄절리	40/153(50,83)	24/117(52,12)	–	14
	미세절리	37/158(42,76)	23/325(46,83)	23/102(111,7)	27



•30~40°경사의 절리 우세 | •120~180°방향성 우세 | •200~600mm의 간격 우세(Moderate)



•13,5~27,1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13,5~27,0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개요	•기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 결정하여 마찰각 산정 → 불연속체 해석물성치 산정시 기초 자료로 활용

○시험결과

구분	공번	심도(m)	점착도(kPa) 최대	점착도(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성리터널	TB-3	22,9~23,3	132,0	47,0	44,0	39,1	18~20	92,0	2,824	4,151
	TB-5	14,6~15,0	96,0	59,0	40,3	34,7	14~16	84,0	2,351	3,993

분석결과	•터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34,7~39,1°, 최대 마찰각은 40,3~44,0°

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개요	•측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_d, K_d)산정 •동포아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

○시험결과

▮TB-2

지층	심도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 ν	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	지윤밀도 (kN/m³)
풍화토	0,3~7,0	919	375	0,400	2,78E+02	7,78E+02	1,29E+03	19,0
풍화암	7,0~7,9	1,103	511	0,363	5,33E+02	1,45E+03	1,77E+03	20,0
연암	7,9~12,7	1,881	980	0,314	2,28E+03	5,98E+03	5,33E+03	23,0
경암	12,7~24,3	2,323	1,277	0,284	4,16E+03	1,07E+04	8,23E+03	25,0

▮TB-3

지층	심도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 ν	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	지윤밀도 (kN/m³)
풍화토	0,4~11,0	984	408	0,397	3,30E+02	9,20E+02	1,47E+03	19,0
풍화암	11,0~15,5	1,185	577	0,345	6,86E+02	1,84E+03	1,98E+03	20,0
연암	15,5~18,1	1,786	927	0,316	2,04E+03	5,37E+03	4,84E+03	23,0
경암	18,1~27,0	2,168	1,192	0,283	3,63E+03	9,31E+03	7,16E+03	25,0

○전단파속도와 지반분류

공번	시험방법	시험 심도 (GL-m)	EL(m)	기반하 30,0m 구간 평균 전단파 속도 (전계층 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1,0~24,0	66,7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1,0~27,0	76,0	634	S_C

•본 탐사는 성리터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL,-7,9~15,5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL,-30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개요	•시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행 •지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○시험결과

구분	공번	심도 (m)	지층	함수비 (%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0,005mm	USCS
터널구간	TB-1	2,0	풍화토	12,5	2,61	N P	N P	87,7	66,7	24,5	–	SM
	TB-2	4,0	풍화토	13,5	2,63	N P	N P	95,7	78,6	26,2	–	SM
	TB-3	6,0	풍화토	10,5	2,65	N P	N P	96,6	84,2	17,1	–	SM
	TB-4	5,0	풍화토	9,9	2,67	N P	N P	96,6	78,9	30,5	–	SM
	TB-5	2,0	풍화토	13,2	2,61	N P	N P	97,5	79,1	23,6	–	SM
	TB-6	1,0	붕적층	19,7	2,60	N P	N P	100	92,6	45,9	5,7	SM
	TB-7	7,0	풍화토	10,5	2,65	N P	N P	98,2	87,0	16,0	–	SM
	HTB-1	1,0	풍화토	14,9	2,68	N P	N P	96,8	87,4	32,5	–	SM
	TP-1	2,0	풍화토	15,5	2,60	N P	N P	84,1	72,7	17,1	–	SM
	TP-2	2,0	풍화토	13,3	2,67	N P	N P	77,3	66,1	20,9	–	SM
기타구간 (휴게소)	BH-1	4,0	붕적층	27,5	2,67	44,8	21,7	100,0	100,0	85,9	19,0	CL
	BH-2	3,0	풍화토	24,3	2,64	31,3	8,1	100,0	100,0	76,8	15,6	ML
	BH-3	5,0	퇴적층	34,7	2,65	36,6	14,9	100,0	100,0	97,9	24,4	CL

분석결과	•실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 붕적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨 •함수비: 9,9~34,7%, 비중: 2,60~2,68, #200통과중량 백분율: 16,0~97,9%

4.5.2 다짐 및 CBR시험

개요	•성토재료로 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악 •성토재료에 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 성토재료 유용성 평가시 활용

○실시설계 시험결과

공번		심도 (m)	지층	A다짐 건조단위중량 (kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널구간	TP-1	1,0	풍화토	17,45	16,7	18,26	14,3	12,8	SM
	TP-2	1,0	풍화토	17,37	17,6	18,40	15,2	12,0	SM

분석결과	•건조단위중량은 A다짐:17,37~17,45kN/m³, D다짐:17,37~18,40kN/m³로 분석됨 •CBR는 12,0~12,8%(평균 12,4%)의 범위에 해당

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개요	•시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정 •지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○시험결과

구분	공번	심도 (m)	지층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16,3~16,4	연암	26,65	2,832	1,511	47,10	50,759	0,19
	TB-1	23,2~23,4	경암	27,32	3,215	1,802	42,24	53,119	0,21
	TB-2	13,1~13,3	경암	27,44	3,012	1,495	73,50	70,884	0,18
	TB-3	21,6~21,8	경암	28,93	3,067	1,732	73,46	68,416	0,18
	TB-4	20,9~21,1	경암	27,08	3,831	1,855	100,39	79,951	0,16
	TB-5	18,8~19,0	경암	27,08	2,724	1,256	69,82	63,800	0,19
	TB-6	8,8~9,0	연암	26,90	2,688	1,305	97,85	82,344	0,16
	TB-7	21,2~21,4	경암	27,14	3,412	1,631	57,39	52,647	0,21

○지층별 결과분석

구분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연암	26,65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47,10~97,85	50,759~82,344	0,16~0,19
경암	27,08~28,93	2,688~3,831	1,495~1,802	40,40~100,39	52,647~41,722	0,18~0,21

분석결과	•연 암 → 일축압축강도: 47,10~97,85MPa, 포아송비: 0,16~0,19 •경 암 → 일축압축강도: 42,24~100,39MPa, 포아송비: 0,18~0,21

4.6.2 점하중강도시험

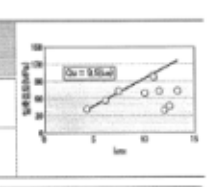
개요	•암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index I_{s50}값을 산정

○시험결과

구분	공번	심도 (m)	지층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구분	공번	심도 (m)	지층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널구간	TB-1	28,4~28,5	연암	4,3	40,4	터널구간	TB-5	19,0~19,2	경암	10,0	95,1
	TB-2	13,4~13,5	경암	7,4	70,6		TB-6	10,0~10,2	연암	10,9	103,7
	TB-3	21,8~22,0	경암	11,5	108,9		TB-7	25,2~25,3	경암	6,1	57,9
	TB-4	21,1~21,4	경암	10,8	102,8		HTB-1	20,5~20,6	경암	12,5	118,5

○지층별 결과분석

구분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
I_{s50}(MPa)	4,3~13,3	9,5	6,1~11,5	10,0
q_u(MPa)	40,4~126,1	90,0	57,9~118,5	95,3

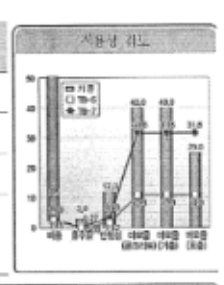


•파입구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9,50(I_{s50})의 결과로 분석되며, 지수 9,5를 적용한 강도 값은 연암에서 40,4~126,1MPa, 경암에서 57,9~118,5MPa로 분석됨

4.6.3 본선발생암 유용성 검토

○시험결과 및 적용성 검토

시험종류	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2,5이상	2,69	2,62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3,0이하	0,05	0,27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1,62	3,43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10,9	31,6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		



•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

다. 구조계산서 및 내진설계

2. 설 계 조 건

- 교 량 명 : 창릉천교_SEG1
- 교량형식 : Bicon 교
- 교량등급 : 1등급 적용

2.1 기본제원

(1) 슬래브 전장 : 50.000 m
(2) 거 더 전 장 : 49.900 m
(3) 설 계 지 간 : 49.000 m
(4) 교 량 폭 원 : 21.900 m
(5) 횡 단 면 도 : 슬래브 일반도 참조
(6) 종 단 면 도 : 슬래브 일반도 참조

2.2 주요재료

2.2.1 바닥판

(1) 콘 크 리 트 Fcks = 27 MPa
Ecks = 8,500 × (fck+8)^1/3 = 27804 MPa (표준 f= 8)
(2) 철근(SD400) Fyb = 400 MPa
Esb = 2.0×10^5 MPa

2.2.2 Bicon 거더

(1) 콘크리트(사용 하중 시)
- 설계기준강도 : Fck = 40 MPa
- 탄 성 계 수 : Ecks = 8,500 × (fck+8)^1/3 = 30891 MPa (표준 f= 8)

(2) 콘크리트(PS강재 긴장 시)
- 설계기준강도 : Fci = 0.8 × fck = 32 MPa
- 탄 성 계 수 : Ecks = 8,500 × (fck+8)^1/3 = 29070 MPa (표준 f= 8)

(3) 철근(SD300)
- 항 복 강 도 : Fby = 300 MPa
- 탄 성 계 수 : Ebs = 2.0×10^5 MPa

(4) PS 강연선(KS D 7002 SWPC 7B, 저릴랙세이션 강재)
- 직 경 : Dpt = 15.2 mm
- 단 면 적 : Apt = 138.7 mm^2
- 극 한 강 도 : Fput = 1900 MPa
- 항 복 강 도 : Fpyt = 1600 MPa
- 탄 성 계 수 : Ept = 2.0×10^5 MPa

(5) PS 강봉(KS D 3505, 저릴랙세이션 강재)
- 직 경 : Dpc = 40 mm
- 단 면 적 : Apc = 1257 mm^2
- 극 한 강 도 : Fpuc = 1050 MPa
- 항 복 강 도 : Fpyc = 950 MPa
- 탄 성 계 수 : Epc = 2.00×10^5 MPa

(6) 쉬스규격

구 분	단위	강 연 선						강 봉
PS강재 개수	개,mm	7	10	11	13	16	19	40
쉬스관 내경	mm	65	75	75	85	85	100	50
쉬스관 외경	mm	70	80	80	90	90	105	55
곡률마찰계수(μ)	/rad	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-
파상마찰계수(κ)	/m	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.008

2.2.3 탄성계수비

(1) 거더콘크리트와 PS 강봉의 탄성계수비(nc) = Epc / Eck = 200000 / 30891 = 6.474
(2) 거더콘크리트와 PS 강연선의 탄성계수비(nt) = Ept / Eck = 200000 / 30891 = 6.474
(3) 거더콘크리트와 바닥판콘크리트의 탄성계수비(ns) = Ecks / Eck = 27804 / 30891 0.900

2.3 허용응력

2.3.1 바닥판 콘크리트
- 허용압축응력 : 0.4 × fcks = 10.8 MPa
- 허용인장응력 : 0.5√(Fck) = 2.60 MPa (부착된 철근을 갖는 부재)

2.3.2 거더 콘크리트

(1) 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력
- 허용압축응력 : 0.60 × fci = 19.2 MPa
- 허용인장응력 : 1.41 MPa 0.25×√fci

(2) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력
- 허용압축응력 : 0.45 × fck = 18.0 MPa
- 허용인장응력 : 0.5 × √fck = 3.16 MPa

(3) 균열응력 : 0.63 × √fck = 3.98 MPa

(4) 정착부의 지압응력
- 긴장재 정착 직후 : fcr = 0.7 × fci ×√(Ab'/Ab - 0.2) ≤ 1.10 × fci
- 프리스트레스 손실 발생 후 : fcr = 0.5 × fck ×√(Ab'/Ab) ≤ 0.90 × fck

2.3.3 PS 강연선

(1) 긴장시 최대응력 : MIN (0.94 × fpyt , 0.8 × fput) = 1504 MPa
(2) 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN (0.74 × fput , 0.82 × fpyt)= 1312 MPa
(3) 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN (0.74 × fput , 0.82 × fpyt)= 1312 MPa

2.3.4 PS 강봉

(1) 긴장시 최대응력 : MIN (0.94 × fpyc , 0.8 × fpuc) = 840 MPa
(2) 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN (0.74 × fput , 0.82 × fpyt)= 777 MPa
(3) 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN (0.74 × fput , 0.82 × fpyt)= 777 MPa

2.4 설계하중

2.4.1 고정하중(단위중량)

(1) 철근콘크리트 : 25000 N/m^2
(2) 프리스트레스트 콘크리트 : 25000 N/m^3
(3) PS강연선 : 11.01 N/m
(4) PS강봉 : 102.1 N/m
(5) 무근콘크리트 포장 : 23500 N/m^3

2.4.2 활하중

(1) 적용하중 : 1등급 적용
(2) 충격계수
i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 49) = 0.169 ≤ 0.300
(3) 군중하중 : 바닥판 설계 시 : 5000 N/m^2
거더 설계 시 : 3500 N/m^2

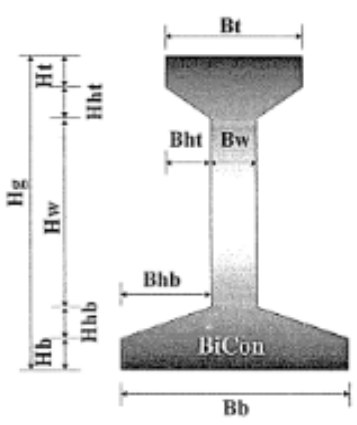
2.5 활하중에 대한 허용처짐

L / 800 = 0.0613 mm

3. 단 면 가 정

3.1 단면제원

(1) 바닥판 두께(sh) : 240 mm
(2) 거더 단면



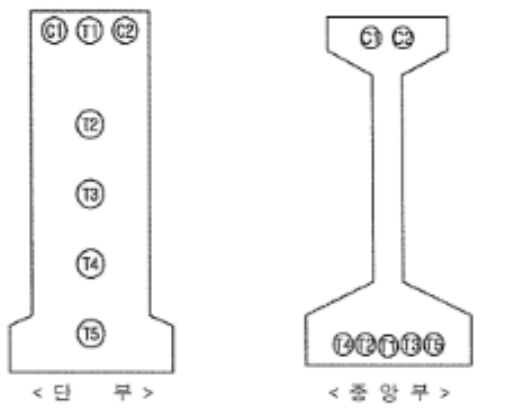
Bicon 단면제원

Hg	2600 mm
Ht	200 mm
Hb	300 mm
Hht	150 mm
Hhb	200 mm
Hw	1750 mm
Bt	800 mm
Bb	1100 mm
Bw	200 mm
Bht	300 mm
Bhb	450 mm

(3) 중간가로보수 : 1 EA
(4) 단부블록크기 : 700 mm

3.2 PS 강연선 및 PS강봉 배치

(1) 단면 배치



< 단 부 > < 중 앙 부 >

단위 : mm

		PS 강봉		PS 강연선				
		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
직경,가닥수		40mm	40mm	7EA	16EA	16EA	16EA	16EA
쉬스관외경		55mm	55mm	70mm	90mm	90mm	90mm	90mm
초기긴장력		-625kN	-625kN	1250kN	3300kN	3300kN	3300kN	3300kN
단부 좌표	Y	-105mm	105mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
	Z	2475mm	2475mm	2475mm	1750mm	1250mm	750mm	250mm
중앙부 좌 표	Y	-105mm	105mm	0mm	-150mm	150mm	-300mm	300mm
	Z	2475mm	2475mm	115mm	125mm	125mm	125mm	125mm

※ 좌표의 기준 원점은 거더의 하단 중심점.

11. 응력검토

11.1 G1거더 응력산출

1) G1거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.829

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw	-	-	13.805	-10.571	-	-	
2	fps	-	-	-11.709	28.268	408.505	-1223.622	
계		-	-	2.096	17.698	408.505	-1223.622	
응력 검토		-	-	-1.410	±19.200	±777.00	±1312.00	
		-	-	O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	-	-	7.329	-5.282	43.525	-30.302	
4	fal	1.247	1.001	1.113	-1.844	6.282	-11.027	
5	fll	2.413	1.937	2.153	-3.569	12.156	-21.336	
6	fsh	0.108	0.047	0.052	-0.675	0.113	4.145	
7	fcr	0.469	0.206	0.229	-2.944	0.493	18.081	
8	frgb	-0.036	-0.033	-0.036	0.004	-0.223	0.011	
9	frgs	0.043	0.019	0.021	-0.268	0.045	1.644	
계		4.243	3.178	12.956	3.119	470.896	-1262.407	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

2) PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{cr}	(kN)	-513.491	-513.491	998.364	2859.032	2607.080	2730.424	±2854.967
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	±0.0022
fps	(MPa)	-408.505	-408.505	1028.287	1288.316	1174.784	1230.364	±1286.485
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.000
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

11.2 G2~G7거더 응력산출

1) G2~G7거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.834

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw	-	-	13.805	-10.571	-	-	
2	fps	-	-	-11.709	28.268	408.505	-1223.622	
계		-	-	2.096	17.698	408.505	-1223.622	
응력 검토		-	-	-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
		-	-	O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	-	-	8.761	-6.314	52.024	-36.220	
4	fal	1.214	0.965	1.072	-1.927	6.005	-11.547	
5	fll	1.962	1.559	1.732	-3.114	9.707	-18.666	
6	fsh	0.091	0.034	0.037	-0.658	0.025	4.048	
7	fcr	0.382	0.140	0.156	-2.753	0.104	16.926	
8	frgb	-0.034	-0.031	-0.035	0.004	-0.212	0.016	
9	frgs	0.037	0.014	0.015	-0.267	0.010	1.642	
계		3.651	2.680	13.834	2.668	476.167	-1267.424	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

2) 내측거더 강선 응력검토(사용하중 상태)

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{cr}	(kN)	-513.491	-513.491	998.364	2859.032	2607.080	2730.424	2854.967
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222
fps	(MPa)	-408.505	-408.505	1028.287	1288.316	1174.784	1230.364	1286.485
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

11.3 G8거더 응력산출

1) G8거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.831

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw	-	-	13.805	-10.571	-	-	
2	fps	-	-	-11.709	28.268	408.505	-1223.622	
계		-	-	2.096	17.698	408.505	-1223.622	
응력 검토		-	-	-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
		-	-	O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	-	-	7.891	-5.687	46.860	-32.625	
4	fal	1.242	0.991	1.101	-1.914	6.192	-11.458	
5	fll	2.379	1.899	2.110	-3.667	11.864	-21.955	
6	fsh	0.096	0.039	0.043	-0.665	0.060	4.068	
7	fcr	0.420	0.167	0.186	-2.852	0.257	17.523	
8	frgb	-0.035	-0.032	-0.036	0.004	-0.216	0.014	
9	frgs	0.039	0.015	0.017	-0.266	0.024	1.637	
계		4.143	3.081	13.410	2.651	473.547	-1266.398	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

2) 내측거더 강선 응력검토(사용하중 상태)

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{cr}	(kN)	-513.491	-513.491	998.364	2859.032	2607.080	2730.424	2854.967
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222
fps	(MPa)	-408.505	-408.505	1028.287	1288.316	1174.784	1230.364	1286.485
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

12.2 크리프에 의한 처짐

(1) 바닥판 타설전 Bicon 거더 크리프 계수 (Φ_b, t' = 30 일, t = 90 일, RH = 70%)

$\Phi_b(t-t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$

$\Phi O = \Phi_{RH} \times \beta(f_{ci}) \times \beta(1')$

$\Phi_{RH} = 1 + (1 - 0.01 \times RH) / 0.1 \times \sqrt[3]{h} = 1.47$

여기서,h = 2 ×Ac × EA / u × EA

= (2 ×거더단면적(m^2) ×거더갯수) / (거더단면둘레(m) ×거더갯수)

= 259.443 mm

$\beta(f_{ci}) = 16.8 / \sqrt{f_{ci}} = 2.425$

여기서, $f_{ci} = f_{ck} + 8 =$ 48

$\beta(t') = 1 / \{ 0.1 + (t')^{0.2} \} = 1 / \{ 0.1 + (30)^{0.2} \} = 0.48$

$\beta_c(t-t') = [(t-t') / \{ \beta_u + (t-t') \}]^{0.3} = 0.48$

여기서, $\beta_u = 1.5 [1 + (0.012\ RH)^{18}] h + 25(= 656$ 일 < 1500 일

$\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{ci}) \times \beta(t')$

= 1.47 ×2.425 ×0.482 = 1.718

∴ $\Phi_b(t, t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$

= 1.718 × 0.48 = 0.825

(2) 바닥판 타설후 Bicon 거더 크리프 계수 (Φ_b, t' = 90 일, t = 10000 일, RH = 70%)

$\Phi_f(t-t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$

$\Phi O = \Phi_{RH} \times \beta(f_{ci}) \times \beta(t')$

$\Phi_{RH} = 1 + (1 - 0.01 \times RH) / 0.1 \times \sqrt[3]{h} = 1.22$

여기서,h = 2 ×Ac × EA / u × EA

= (2 ×거더단면적(m^2) ×거더갯수) / (거더단면둘레(m) ×거더갯수)

= 259.443

$\beta(f_{ci}) = 16.8 / \sqrt{f_{ci}} = 2.425$

여기서, $f_{ci} = f_{ck} + 8 =$ 48

$\beta(t') = 1 / \{ 0.1 + (t')^{0.2} \} = 1 / \{ 0.1 + (90)^{0.2} \} = 0.39$

$\beta_c(t-t') = [(t-t') / \{ \beta_u + (t-t') \}]^{0.3} = 0.98$

여기서, $\beta_u = 1.5 [1 + (0.012\ RH)^{18}] h + 25(= 656$ 일 < 1500 일

$\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{ci}) \times \beta(t')$

= 1.22 ×2.425 ×0.391 = 1.157

∴ $\Phi_f(t, t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$

= 1.157 × 0.98 = 1.134

(3) G1 거더

1) 바닥판 타설전에 생기는 처짐

$\delta_{a1} = \Phi_b \times (\delta_{ss} + \delta_{ps})$ (Φ_b = 0.825)

= 0.825 × (75.90 + -124.49) = -40.08 mm

2) 바닥판 타설후에 생기는 처짐

$\delta_{a2} = \Phi_1 \times (\delta_{ss} + \delta_{d1} + \delta_{d2} + \delta_{ps})$ (Φ_1 = 1.134)

= 1.134 × (75.90 + 39.27 + 9.21 + -114.32)

= 11.41 mm

(4) G2-G7 거더

1) 바닥판 타설전에 생기는 처짐

$\delta_{a1} = \Phi_b \times (\delta_{ss} + \delta_{ps})$ (Φ_b = 0.825)

= 0.825 × (75.90 + -124.49) = -40.08 mm

2) 바닥판 타설후에 생기는 처짐

$\delta_{a2} = \Phi_1 \times (\delta_{ss} + \delta_{d1} + \delta_{d2} + \delta_{ps})$ (Φ_1 = 1.134)

= 1.134 × (75.90 + 46.94 + 9.34 + -114.32)

= 20.25 mm

12.3 처짐의 합계

(단위:mm)

구 분	G1 거더	G2-G7 거더	G8 거더	비 고
프리스트레스 도입직후	-48.58	-48.58	-48.58	$\delta_{ss}+\delta_{ps}$
바닥판 타설 전	-88.67	-88.67	-88.67	
바닥판 타설 후	-49.39	-41.72	-46.38	$\delta_{ss}+\delta_{ps}+\delta_{d1}+\delta_{d2}+\delta_{a1}$
고정하중 작용시	-18.62	-1.98	-15.43	$\delta_{ss}+\delta_{d1}+\delta_{d2}+\delta_{ps}+\delta_{a1}+\delta_{a2}$
활하중에 의한 처짐량	17.82	15.78	18.47	

12.4 활하중에 의한 처짐 검토

▷ 허용처짐(δ_a) = L / 800 = 49 / 800 = 61.25 mm

(1) G1 거더

δv = 17.82 < δa = 61.25 ---------- O.K

(2) G2-G7 거더

δv = 15.78 < δa = 61.25 ---------- O.K

(3) G8 거더

δv = 18.47 < δa = 61.25 ---------- O.K

13. 휨강도의 검토

13.1 거더

1) 극한모멘트 (Factored Moment)

Mu = 1.3 MD + 2.15 ML = 28702740.0 N·m

2) 단면 제원

b = 2500.0 mm (압축 플랜지의 폭)

dp = 2716.0 mm

Ap1 = 0.009848 m^2 = 9848 mm^2 (강연선 총면적)

Ap2 = 0.002514 m^2 = 2514 mm^2 (강봉 총면적)

Fck = 27 MPa (슬래브 콘크리트 강도)

Fck = 40 MPa (빔 콘크리트 강도)

Fput = 1900 MPa (극한인장강도)

Fpyt = 1600 MPa (항복강도)

Fpuc = 1050 MPa (극한인장강도)

Fpyc = 950 MPa (항복강도)

3) 계수 산정

rp1 = 0.28 (0.40-응력제거강재, 0.28-저릴렉세이션강재, 0.55-강봉)

β1 = 0.85 - [0.007 × (Fck - 28)] = 0.857

ρp1 = Ap / (b × dp) = 0.001295

rp2 = 0.55 (0.40-응력제거강재, 0.28-저릴렉세이션강재, 0.55-강봉)

β2 = 0.85 - [0.007 × (Fck - 28)] = 0.857

ρp2 = Ap / (b × dp) = 0.000331

4) PS강재의 등력계산(Fps) (도로교설계기준, 2010, p.4-127)

* 철근을 배치하지 않았거나, 배치됐더라도 그 영향을 무시할 수 있는 경우

Fps = Fput ×[1 - (rp1/β1) × ρp1 × (Fput / Fck)] = 1843.4 MPa

5) 해석단면 결정

a = (Ap×Fps) / (0.85×Fck×b) = 282.5 mm

슬래브 두께 : 240.0 mm < 282.5 mm ---------- 플랜지단면

6) 최대 PS 강재량 검토

강재지수(ωp) = ρp × Fps / Fck = 0.088

ωp (=0.088) < 0.36 × β1 (=0.309) ---------- O.K

7) 극한 저항 모멘트 검토

Φ · Mn = Φ [Apw × Fps × dp × (1 - 0.59 × Apw × Fps / (bo × dp × Fck))

'+ 0.85 × Fck (b - bo) × t × (dp - 0.5 t)] = 38526.68 kN·m

Φ · Mn (=38526.676) > Mu (=28702.74) ---------- O.K

8) 균열 모멘트 검토

1.2 · Mcr = Zbo × (0.5 × √Fck + fbe - fd) = -34129.527 kN·m

fpe = 23.426 MPa

fd = Md1 / Zbo = -10.571 MPa

Zbo = Ico/Ybo = -0.777 m^3

1.2 · Mcr (=-34129.52i < Φ · Mn (=38526.676) ---------- O.K

14. 전단 검토

14.1 수직 전단 검토

14.1.1 G1 거더

▷ 전단력이 가장 크게 발생하는 지점부에서 검토

외측거더 지점부 단면력

구 분	V(kN)	M(kN·m)
자 중	725.88	5.54
합성전	371.88	1.49
합성후	218.17	11.19
활하중	399.89	28.16

(1) 극한전단력

Vu = 1.3 D + 2.15 (L + I) + 1.3CF + 1.7H + 1.3Q = 2570.5 kN

(2) 콘크리트가 부담하는 전단강도 Vc (도로교설계기준, 2010, p.4-76)

- Vc는 Vci 또는 Vcw 중에서 작은 값으로 한다.

1) 전단강도 Vci (휨 전단강도)

Vci = 0.05 × √Fck × bw × d + Vd + (Vi × Mcr) / Mmax

Mcr = Zbo × (0.5 × √Fck + fpe - fd) = 12448.8 kN·m

fpe = 23.426 MPa

fd = Md1 / Zbo = 10.571 MPa

Zbo = Ico/Ybo = 0.777 m3

Mmax = 1.3 × (Md2+Md3) + 2.15 × Ml = 77.03 kN·m

d = 2600 - (2475 + 1,750 + 1,250 + 750) / 4 = 1043.75 mm

- d를 0.8H보다 작게 취해서는 안된다.

1,043.75 mm < 0.8 × H = 2080 mm ∴ d = 2080.00 mm

Vd = 725.88 kN

Vi = 1.3 × (Vd2+Vd3) + 2.15 × Vl = 1626.83 kN

- Vci는 0.14√Fck × bw × d 보다 작아서는 안된다.

Vci = 264169.73 kN > 0.14 √fck × bw × d = 1473.37 kN

∴ Vci = 264169.73 kN

2) 전단강도 Vcw(복부 전단강도)

Vcw = (0.29 × √fck + 0.3 × fpc) × bw × d + V = 10558647 N = 10558.65 kN

fpc = Pe1 / Ac = 10221881 / 1010953 = 10.111 MPa

Vp = Pe2 ×sinΘ (Vp : 수직분력) = 9194900 × 0.2675 = 2459191.20 N

∴ Vc = min [Vci, Vcw]= 10558.6 kN

3) øVc = 0.80 × 10558.6 = 8446.9 kN

1/2 øVc = 4,223.459 kN

∴ Vu < 1/2øVc, 전단 철근 불필요

2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1068.140	959.692	O.K
		허용인발력(kN/EA)	305.618	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	107.659	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	4.475	O.K
		수평변위(mm)	15.000	4.953	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1602.210	1263.220	O.K
		허용인발력(kN/EA)	458.427	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	156.587	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	12.836	O.K
		수평변위(mm)	15.000	8.007	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1068.140	1030.092	O.K
		허용인발력(kN/EA)	305.618	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	102.583	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	2.115	O.K
		수평변위(mm)	15.000	2.342	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1602.210	1323.325	O.K
		허용인발력(kN/EA)	458.427	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	157.897	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	11.614	O.K
		수평변위(mm)	15.000	7.245	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		깊이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
기초	교축방향	2500.0	150.0	59952.652	102269.900	46035.166	77363.101	1.681	O.K
	교직-지점부	2500.0	150.0	69233.339	111777.600	52849.359	84044.634	1.590	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		안정응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
기초	교축방향	162.386	180.000	123.596	146.205	O.K
	교직-지점부	163.374	180.000	126.437	143.272	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX GIRDER + Bicon GIRDER
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.05

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 15
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 30 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.364 ; TAN(3/4 · Φ2) : 흙과 콘크리트
5) 지반 기속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 30891 MPa
기둥: 30891 MPa
기초: 27804 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

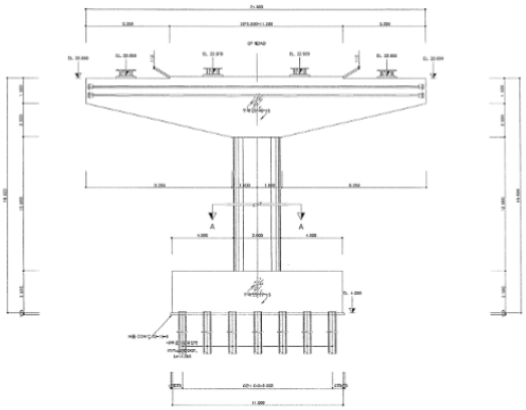
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 (2010)
2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
4) 도로설계 편람 (2006)
5) 도로설계 요령 (2009)
6) 강구조 편람 (1995)
7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



3) 기둥단면 검토
① 축력최대 : (부재 13, UL001)
【 편심기둥 : 하부 , 1/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정
fck=40MPa, fy=400MPa, k1=0.77, Φc=0.70, θ=-90.000도(중력축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,885	54200.926	2593.627	47.9

㉯ 철근비 검토
Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 92505.60 mm² , Puse = 0.01309
- 1단 : H29 - 72EA (As=46252.800 mm²), d1 = 100.000 mm
- 2단 : H29 - 72EA (As=46252.800 mm²), d2 = 129.000 mm
ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0131) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K
ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Φ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 2547035.996 mm²
Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉰ 평형하중 산정
cb = 600 / (600 + fy) x d = 1731.21 mm, ab = k1 x cb = 1326.11 mm
Cc = 0.85 x 40.0 x 3013894.220 = 102472.403 kN, ∑Csi = 13976.888 kN, ∑Tsi = 10617.852 k
Pb = 102472.403 + 13976.888 - 10617.852 = 105831.439 kN
Mb = Cc x 1394.655 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 100975.517 kN.m
eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 954.116 mm, e = Mu/Pu = 47.852 mm)

㉱ 공칭강도 산정
- 반복사산법을 이용하여 c = 3773.44 mm, a = k1 x c = 2890.45 mm 를 사용.
Cc = 0.85 x 40.0 x 6086182.312 = 237530.199 kN
∑Csi = 25558.670 kN, ∑Tsi = 0.000 kN
Pn = 237530.199 + 25558.670 - 0.000 = 263088.869 kN
Mn = Cc x 1462.300 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 12587.598 kN.m
- 편심오차 : | e - Mn/Pn(=47.845) | = 0.0067 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정
dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm
c = 3773.437 mm, a = k1 x c = 2890.453 mm
εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020
εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-3773.44) / 3773.44 = -0.00069
εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토
MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 219351.110 kN < Pn = 263088.869 kN
ΦPn = 0.70 x 219351.110 = 153545.777 kN ≥ Pu = 54200.926 kN ∴ O.K
ΦMn = ΦPn x 0.048 = 7347.485 kN.m ≥ Mu = 2593.627 kN.m ∴ O.K

② 모멘트최대 : (부재 13, UL014)
【 편심기둥 : 하부 , 2/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정
fck=40MPa, fy=400MPa, k1=0.77, Φc=0.70, θ=-41.449도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,885	37691.077	37544.949	996.1

㉯ 철근비 검토
Ag = 7068583.47 ㎟ , Ast = 92505.60 ㎟ , Puse = 0.01309
- 1단 : H29 - 72EA (As=46252.800 ㎟), d1 = 100.000 mm
- 2단 : H29 - 72EA (As=46252.800 ㎟), d2 = 129.000 mm
ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0131) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K
ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1771197.227 ㎟
Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 ㎟)이어야 하므로 3534291.735 ㎟ 를 적용.

㉰ 평형하중 산정
cb = 600 / (600 + fy) x d = 1731.21 mm, ab = k1 x cb = 1326.11 mm
Cc = 0.85 x 40.0 x 3013894.220 = 102472.403 kN, ∑Csi = 13976.888 kN, ∑Tsi = 10617.852 k
Pb = 102472.403 + 13976.888 - 10617.852 = 105831.439 kN
Mb = Cc x 1394.655 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 100975.517 kN.m
eb < e → 인장 파괴 (eb = Mb/Pb = 954.116 mm, e = Mu/Pu = 996.123 mm)

㉱ 공칭강도 산정
- 반복시산법을 이용하여 c = 1686.97 mm, a = k1 x c = 1292.22 mm 를 사용.
Cc = 0.85 x 40.0 x 2913066.154 = 99044.249 kN
∑Csi = 13720.870 kN, ∑Tsi = 11400.013 kN
Pn = 99044.249 + 13720.870 - 11400.013 = 101365.107 kN
Mn = Cc x 1396.428 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 100972.720 kN.m
- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=996.129)| = 0.0060 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정
dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm
c = 1686.974 mm, a = k1 x c = 1292.222 mm
εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020
εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-1686.97) / 1686.97 = 0.00216
εy < εt < 0.00500 이므로 변화구간단면이며, Φ = 0.71 를 적용한다.
Φ = 0.700 + (0.0022-0.0020) x (0.850-0.700) / (0.00500-0.00200) = 0.708

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토
MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 219351.110 kN ≥ Pn = 101365.107 kN
ΦPn = 0.71 x 101365.107 = 71752.117 kN ≥ Pu = 37691.077 kN ∴ O.K
ΦMn = ΦPn x 0.996 = 71473.935 kN.m ≥ Mu = 37544.949 kN.m ∴ O.K

③ 탄성설계 : (부재 13, UL022)
【 편심기둥 : 하부 , 3/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정
fck=40MPa, fy=400MPa, k1=0.77, Φc=1.00, θ=69.951도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,885	30152.862	71152.445	2360

㉯ 철근비 검토
Ag = 7068583.47 ㎟ , Ast = 92505.60 ㎟ , Puse = 0.01309
- 1단 : H29 - 72EA (As=46252.800 ㎟), d1 = 100.000 mm
- 2단 : H29 - 72EA (As=46252.800 ㎟), d2 = 129.000 mm
ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0131) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K
ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1416957.801 ㎟
Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 ㎟)이어야 하므로 3534291.735 ㎟ 를 적용.

㉰ 평형하중 산정
cb = 600 / (600 + fy) x d = 1731.21 mm, ab = k1 x cb = 1326.11 mm
Cc = 0.85 x 40.0 x 3013894.220 = 102472.403 kN, ∑Csi = 13976.888 kN, ∑Tsi = 10617.852 k
Pb = 102472.403 + 13976.888 - 10617.852 = 105831.439 kN
Mb = Cc x 1394.655 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 100975.517 kN.m
eb < e → 인장 파괴 (eb = Mb/Pb = 954.116 mm, e = Mu/Pu = 2359.724 mm)

㉱ 공칭강도 산정
- 반복시산법을 이용하여 c = 916.63 mm, a = k1 x c = 702.14 mm 를 사용.
Cc = 0.85 x 40.0 x 1258972.508 = 42805.065 kN
∑Csi = 9175.352 kN, ∑Tsi = 20888.666 kN
Pn = 42805.065 + 9175.352 - 20888.666 = 31091.752 kN
Mn = Cc x 1436.329 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 73367.829 kN.m
- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=2359.720)| = 0.0044 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 축방향력 및 휨에 대한 검토
MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 219351.110 kN ≥ Pn = 31091.752 kN
ΦPn = 1.00 x 31091.752 = 31091.752 kN ≥ Pu = 30152.862 kN ∴ O.K
ΦMn = ΦPn x 2.360 = 73367.966 kN.m ≥ Mu = 71152.445 kN.m ∴ O.K

④ 편심최대 : (부재 13, UE014)
【 편심기둥 : 하부 , 5/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정
fck=40MPa, fy=400MPa, k1=0.77, Φc=0.70, θ=-41.391도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,885	28645.218	37281.496	1302

㉯ 철근비 검토
Ag = 7068583.47 ㎟ , Ast = 92505.60 ㎟ , Puse = 0.01309
- 1단 : H29 - 72EA (As=46252.800 ㎟), d1 = 100.000 mm
- 2단 : H29 - 72EA (As=46252.800 ㎟), d2 = 129.000 mm
ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0131) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K
ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1346109.868 ㎟
Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 ㎟)이어야 하므로 3534291.735 ㎟ 를 적용.

㉰ 평형하중 산정
cb = 600 / (600 + fy) x d = 1731.21 mm, ab = k1 x cb = 1326.11 mm
Cc = 0.85 x 40.0 x 3013894.220 = 102472.403 kN, ∑Csi = 13976.888 kN, ∑Tsi = 10617.852 k
Pb = 102472.403 + 13976.888 - 10617.852 = 105831.439 kN
Mb = Cc x 1394.655 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 100975.517 kN.m
eb < e → 인장 파괴 (eb = Mb/Pb = 954.116 mm, e = Mu/Pu = 1301.491 mm)

㉱ 공칭강도 산정
- 반복시산법을 이용하여 c = 1395.21 mm, a = k1 x c = 1068.73 mm 를 사용.
Cc = 0.85 x 40.0 x 2258625.757 = 76793.276 kN
∑Csi = 12104.325 kN, ∑Tsi = 15328.578 kN
Pn = 76793.276 + 12104.325 - 15328.578 = 73569.022 kN
Mn = Cc x 1409.672 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 95748.941 kN.m
- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=1301.484)| = 0.0066 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정
dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm
c = 1395.213 mm, a = k1 x c = 1068.733 mm
εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020
εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-1395.21) / 1395.21 = 0.00324
εy < εt < 0.00500 이므로 변화구간단면이며, Φ = 0.76 를 적용한다.
Φ = 0.700 + (0.0032-0.0020) x (0.850-0.700) / (0.00500-0.00200) = 0.762

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토
MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 219351.110 kN ≥ Pn = 73569.022 kN
ΦPn = 0.76 x 73569.022 = 56043.434 kN ≥ Pu = 28645.218 kN ∴ O.K
ΦMn = ΦPn x 1.301 = 72940.029 kN.m ≥ Mu = 37281.496 kN.m ∴ O.K

⑤ 모멘트최대 : (부재 13, UL002)
【 편심기둥 : 하부 , 6/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정
fck=40MPa, fy=400MPa, k1=0.77, Φc=0.70, θ=-90.000도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,885	48200.514	42989.061	891.9

㉯ 철근비 검토
Ag = 7068583.47 ㎟ , Ast = 92505.60 ㎟ , Puse = 0.01309
- 1단 : H29 - 72EA (As=46252.800 ㎟), d1 = 100.000 mm
- 2단 : H29 - 72EA (As=46252.800 ㎟), d2 = 129.000 mm
ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0131) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K
ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 2265061.748 ㎟
Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 ㎟)이어야 하므로 3534291.735 ㎟ 를 적용.

㉰ 평형하중 산정
cb = 600 / (600 + fy) x d = 1731.21 mm, ab = k1 x cb = 1326.11 mm
Cc = 0.85 x 40.0 x 3013894.220 = 102472.403 kN, ∑Csi = 13976.888 kN, ∑Tsi = 10617.852 k
Pb = 102472.403 + 13976.888 - 10617.852 = 105831.439 kN
Mb = Cc x 1394.655 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 100975.517 kN.m
eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 954.116 mm, e = Mu/Pu = 891.880 mm)

㉱ 공칭강도 산정
- 반복시산법을 이용하여 c = 1797.84 mm, a = k1 x c = 1377.14 mm 를 사용.
Cc = 0.85 x 40.0 x 3166259.063 = 107652.808 kN
∑Csi = 14387.837 kN, ∑Tsi = 9337.770 kN
Pn = 107652.808 + 14387.837 - 9337.770 = 112702.875 kN
Mn = Cc x 1392.111 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 100516.535 kN.m
- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=891.872)| = 0.0078 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정
dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm
c = 1797.839 mm, a = k1 x c = 1377.145 mm
εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020
εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-1797.84) / 1797.84 = 0.00184
εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토
MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 219351.110 kN ≥ Pn = 112702.875 kN
ΦPn = 0.70 x 112702.875 = 78892.013 kN ≥ Pu = 48200.514 kN ∴ O.K
ΦMn = ΦPn x 0.892 = 70362.186 kN.m ≥ Mu = 42989.061 kN.m ∴ O.K

⑥ 편심최대 : (부재 13, UE020)
【 편철기둥 : 하부 , 7/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=40MPa, fy=400MPa, k1=0.77, Φc=0.70, θ=-59.361도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2.885	33878.851	51232.88	1512

㉯ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 ㎟ , Ast = 92505.60 ㎟ , Puse = 0.01309
- 1단 : H29 - 72EA (As=46252.800 ㎟), d1 = 100.000 ㎜
- 2단 : H29 - 72EA (As=46252.800 ㎟), d2 = 129.000 ㎜

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0131) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K
ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1592051.269 ㎟
Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 ㎟)이어야 하므로 3534291.735 ㎟ 를 적용.

㉰ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1731.21 ㎜, ab = k1 x cb = 1326.11 ㎜
Cc = 0.85 x 40.0 x 3013894.220 = 102472.403 kN, ∑Csi = 13976.888 kN, ∑Tsi = 10617.852 k
Pb = 102472.403 + 13976.888 - 10617.852 = 105831.439 kN
Mb = Cc x 1394.655 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 100975.517 kN.m
eb < e → 인장 파괴 (eb = Mb/Pb = 954.116 ㎜, e = Mu/Pu = 1512.238 ㎜)

㉱ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1244.17 ㎜, a = k1 x c = 953.04 ㎜ 를 사용.
Cc = 0.85 x 40.0 x 1930595.787 = 65640.257 kN
∑Csi = 11226.432 kN, ∑Tsi = 17126.530 kN
Pn = 65640.257 + 11226.432 - 17126.530 = 59740.158 kN
Mn = Cc x 1417.481 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 90340.933 kN.m
- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=1512.231)| = 0.0066 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 ㎜
c = 1244.173 ㎜, a = k1 x c = 953.037 ㎜
εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020
εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-1244.17) / 1244.17 = 0.00399
εy < εt < 0.00500 이므로 변화구간단면이며, Φ = 0.80 를 적용한다.
Φ = 0.700 + (0.0040-0.0020) x (0.850-0.700) / (0.00500-0.00200) = 0.800

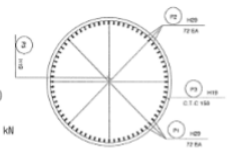
㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 219351.110 kN ≥ Pn = 59740.158 kN
ΦPn = 0.80 x 59740.158 = 47770.009 kN ≥ Pu = 33878.851 kN ∴ O.K
ΦMn = ΦPn x 1.512 = 72239.615 kN.m ≥ Mu = 51232.880 kN.m ∴ O.K

10.4 상시 전단설계

(1) 기둥에 발생하는 최대전단력 : ULB14 MAX, 「기둥부재력 집계」 참조

교축방향 V = 1711.893 kN
교축직각방향 V = 0.000 kN
합성전단력 V = 1711.893 kN
축방향력 P = 37691.077 kN



(2) 공칭전단력 Vn = Vc + Vs (Φ = 0.80)

Vn = Vmax / Φ = 1711.893 / 0.80 = 2139.866 kN

(3) 압축부재에 의한 콘크리트 전단 Vc 및 필요철근 전단 Vs

① 인장철근들의 도심과 압축연단까지의 d
h = 3000.000 ㎜ d' = 114.652 ㎜
Zs = ∑(인장철근들의 면적 x 거리) / ∑(면적)
= 866.629 ㎜
d = h/2 + Zs
= 3000.000/2 + 866.629
= 2366.629 ㎜

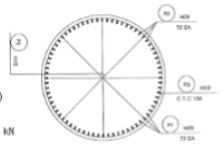
② 압축부재의 콘크리트 전단력 Vc
Vc = 1/6 x (1 + Nu / 14Ag) x √(fck) x b x d
= 1/6 x { 1 + 37691.077 x 1000 / (14 x 7068583.471) } x √40.0
x 3000.000 x 2366.629
= 10334.354 kN

③ 필요철근 전단력 Vs
Vc/2 = 5167.177 kN ≥ Vn ≤ Vc = 10334.354 ∴ 전단 철근 필요 없음

10.5 지진시 전단설계

(1) 기둥에 발생하는 최대전단력 : ULB22 MAX, 「기둥부재력 집계」 참조

교축방향 V = 3928.787 kN
교축직각방향 V = 1439.099 kN
합성전단력 V = 4184.062 kN
축방향력 P = 30152.862 kN



(2) 공칭전단력 Vn = Vc + Vs (Φ = 1.00)

Vn = Vmax / Φ = 4184.062 / 1.00 = 4184.062 kN

(3) 압축부재에 의한 콘크리트 전단 Vc 및 필요철근 전단 Vs

① 인장철근들의 도심과 압축연단까지의 d
h = 3000.000 ㎜ d' = 114.652 ㎜
Zs = ∑(인장철근들의 면적 x 거리) / ∑(면적)
= 866.629 ㎜
d = h/2 + Zs
= 3000.000/2 + 866.629
= 2366.629 ㎜

② 압축부재의 콘크리트 전단력 Vc
Vc = 1/6 x (1 + Pu / 14Ag) x √(fck) x b x d
= 1/6 x { 1 + 30152.862 x 1000 / (14 x 7068583.471) } x √40.0
x 3000.000 x 2366.629
= 9764.271 kN

③ 필요철근 전단력 Vs
Vc/2 = 4882.136 kN ≥ Vn ≤ Vc = 9764.271 ∴ 전단 철근 필요 없음

10.6 기둥의 횡방향 철근 간격 검토

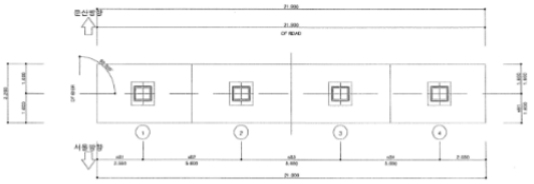
① 단부구역과 소성힌지구역의 심부구속 철근의 설치 [도로교설계기준 6.8.3.2]
캔틸레버로 거동하는 기둥의 하단과 골조로 거동하는 기둥의 하단과 상단을 단부구역으로 한다
단부구역의 길이는 기둥의 최대 단면치수, 기둥 순높이의 1/6,
450㎜ 중 가장 큰 값 이상이어야 한다.
- 기둥의 최대단면치수 D = 3000.0 ㎜
- 기둥 순높이의 1/6 = 12600.0 / 6 = 2100.0 ㎜
∴ 3000.0 ㎜ = 3.000 m

② 단부구역 및 소성힌지구역의 횡방향철근의 간격 [도로교설계기준 6.8.3.3]
횡방향철근의 간격은 부재최소단면치수의 1/4, 축방향 철근지름의 6배 이하이어야 한다.
- 기둥의 최소단면치수 D / 4 = 3000.0 / 4 = 750.0 ㎜
- 축방향 철근지름 6 x d = 6 x 29.0 = 174.0 ㎜
∴ 174.0 ㎜ = 0.174 m

③ 심부구속 및 단부구역의 횡방향 철근의 설치 [도로교설계기준 6.8.3.3]
심부구속 및 단부구역의 횡방향 철근은 인접부재와의 연결면으로부터 기둥 치수의
0.5배까지 연장해서 설치해야 하나 그 값이가 380 ㎜ 작아서는 안된다.
- 기둥 치수의 0.5배 이상 연장 : 0.5 x D = 1500.0 ㎜
∴ 1500.0 ㎜ = 1.500 m

④ 단부구역 이외의 위치에서 겹침이음 적용시 횡방향 철근의 간격 [도로교설계기준 6.8.3.3]
- 기둥의 최소단면치수 D / 4 = 3000.0 / 4 = 750.0 ㎜
- 100.0 ㎜
∴ 750.0 ㎜ = 0.750 m

13. 교량 받침부 검토



13.1 받침 연단거리 검토

① 필요 연단거리

- 거더의 경간길이가 100m 이하이므로 S = 200 + 5.0L

S = 200 + 5.0 x 75.000 = 575.000 mm

② 설계 연단거리

구 분	필요연단	받침 규격		연단거리	비 고
		교축방향	직각방향		
1	575.000	610.000	810.000	1295.000	O.K
2	575.000	595.000	795.000	1302.500	O.K
3	575.000	595.000	795.000	1302.500	O.K
4	575.000	610.000	810.000	1295.000	O.K

13.2 최소 받침자지 길이 검토

① 최소 받침자지 길이

: 연속 지점부 이므로 생략한다.

13.3 교량받침 수직력, 수평력 검토

구 분	수직력			수평력		
	허용값	상부반력	비 고	허용값	탄성지진력	비 고
SHOE 1	9000.000	8255.083	O.K	920.000	878.170	O.K
SHOE 2	8500.000	7579.472	O.K	910.000	794.563	O.K
SHOE 3	8500.000	7732.319	O.K	910.000	794.386	O.K
SHOE 4	9000.000	8216.236	O.K	920.000	879.499	O.K

탄성지진력은 응답수정계수(R = 1.0)를 고려한 값이며 내진장치 불필요

13.4 교량받침 보강 철근 검토

① 교량받침에 작용하는 하중

구 분	수직력	수평력		보강범위(mm)		비 고
		교축방향	직각방향	교축방향	직각방향	
1	8255.083	655.572	660.278	2410.000	3160.000	
2	7579.472	558.248	597.416	2395.000	3297.500	
3	7732.319	559.319	597.283	2395.000	3297.500	
4	8216.236	651.843	661.277	2410.000	3160.000	

탄성지진력은 응답수정계수(R = 1.0)를 고려한 값

② 교량받침 하면 보강철근

구 분	교축방향			직각방향		
	필요철근량	사용철근량	비 고	필요철근량	사용철근량	비 고
1	12814.382	15201.000	O.K	12840.527	15201.000	O.K
2	11523.014	15201.000	O.K	11740.612	15201.000	O.K
3	11698.792	15201.000	O.K	11909.703	15201.000	O.K
4	12750.500	15201.000	O.K	12802.915	15201.000	O.K

③ 교량받침 콘크리트 보강철근

구 분	교축방향			직각방향		
	필요철근량	사용철근량	비 고	필요철근량	사용철근량	비 고
1	3642.068	5574.800	O.K	3668.212	5574.800	O.K
2	3101.378	5574.800	O.K	3318.977	5574.800	O.K
3	3107.327	5574.800	O.K	3318.237	5574.800	O.K
4	3621.349	5574.800	O.K	3673.764	5574.800	O.K

13.5 교량받침 하면 보강 : 교량받침 4

① 교량받침에 작용하는 하중

- 연직하중 : 최대반력

P = 8216.236 kN

- 교축방향 수평하중 : 탄성지진력, 온도변화의 영향

Hx1 = 5966.251 x 0.050 / 1.15 = 259.402 kN

Hx2 = 866.951 / 1.33 = 651.843 kN

☞ 수평력은 Hx1, Hx2 중 큰 값인 651.843 kN을 적용한다.

- 교축직각방향 수평하중 : 탄성지진력, 풍하중의 영향

B/D = 21.900 / 4.360 = 5.023 [1≤ B/D< 8]

W1 = [4.0 - 0.2 x (21.900 / 4.360)] x 4.360 = 13.1 kN/m ≥ 6.0 이므로

Hy1 = 13.060 x 150.000 / 2 / 4EA / 1.25 = 195.900 kN

Hy2 = 879.499 / 1.33 = 661.277 kN

☞ 수평력은 Hy1, Hy2 중 큰 값인 661.277 kN을 적용한다.

② 연직하중에 대한 보강

b1x = 610.000 mm b1y = 810.000 mm

b2x = 1600.000 mm b2y = 2550.000 mm

bcx = 2 x b2x = 3200.000 mm > 5 x b1x = 3050.000 mm

bcy = 2 x b2y = 5100.000 mm > 5 x b1y = 4050.000 mm

Asx1 = 1/4 x (1 - b1x/bcx) x P/fsa

= 1/4 x (1 - 610.000/3050.000) x 8216.236 x 10^3 /180.000

= 9129.151 mm^2

Asy1 = 1/4 x (1 - b1y/bcy) x P/fsa

= 1/4 x (1 - 810.000/4050.000) x 8216.236 x 10^3 /180.000

= 9129.151 mm^2

③ 수평하중에 대한 보강

Asx2 = Hx/fsa

= 651.843 x 10^3 / 180.000

= 3621.349 mm^2

Asy2 = Hy/fsa

= 661.277 x 10^3 / 180.000

= 3673.764 mm^2

④ 철근 보강 범위

- 교축직각방향 철근보강 범위

Bxo = b1x + b2y = 610.000 + 2550.000 = 3160.000 mm

- 교축방향 철근보강 범위

Byo = b1y + b2x = 810.000 + 1600.000 = 2410.000 mm

⑤ 철근량 산정

- 교축직각방향

Asy = Asy1 + Asy2 = 9129.151 + 3673.764 = 12802.915 mm^2

Bxo = 3160.000 mm 범위내에서 H25 - 30 EA

As = 506.700 x 30 = 15201.000 mm^2 ∴ O.K

- 교축방향

Asx = Asx1 + Asx2 = 9129.151 + 3621.349 = 12750.500 mm^2

Byo = 2410.000 mm 범위내에서 H25 - 30 EA

As = 506.700 x 30 = 15201.000 mm^2 ∴ O.K

13.6 교량받침 콘크리트 보강 : 교량받침 4

① 교축직각방향

As2 = Hy/fsa = 661.277 x 10^3 / 180.000 = 3673.764 mm^2

사용철근 : H13 - 22 EA + H13 - 22 EA

As = 126.700 x 22 + 126.700 x 22 = 5574.800 mm^2 ∴ O.K

② 교축방향

As1 = Hx/fsa = 651.843 x 10^3 / 180.000 = 3621.349 mm^2

사용철근 : H13 - 22 EA + H13 - 22 EA

As = 126.700 x 22 + 126.700 x 22 = 5574.800 mm^2 ∴ O.K

2. 설계대상 교량

2.1 설계조건

2.1.1 상부형식

: BEAM + STEEL BOX GIRDER

2.1.2 교량 총연장

: 4850.0 + 45.0+2850.0+45.0 + 50.0+2875.0+50.0 + 2850.0+3845.0 = 876.000m

2.1.3 교 폭

: 21.900 m

2.1.4 하부형식

: T형 교각

(콘크리트 fck=40 MPa)

2.1.5 교각기초형식

: 내부굴착강관말뚝

2.1.6 내진설계상수

(1) 내진등급 : 내진 I 등급교

(2) 지진구역계수 : 0.11

(3) 위험도계수 : I = 1.4

(4) 가속도계수 : A = 0.154

(5) 지반계수 : S = 2 (지반종류 3 , 지진격리교량)

(6) 응답수정계수

(7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법

(8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법

(9) 받침형식 : EQS 면진받침

2.2. 참고문헌

(1) 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2010년)

(2) 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2007년)

(3) 도로설계요령 (한국도로공사, 2002년)

(4) 설계 실무 자료집 (한국도로공사, 1996년)

6.2 받침 부재력 하중조합 (UNIT:kN)

구 분		받침	용량	COMBO 1		COMBO 2		R	허용 전단력	판정	비고
				교축	교직	교축	교직				
A1	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	OK	
	B2	OMEQS	2000	235.4	160.7	234.9	251.8	0.8	370.0	OK	
	B3	OMEQS	2000	235.3	163.3	234.4	254.5	0.8	370.0	OK	
	B4	OMEQS	2000	235.1	174.4	233.7	259.3	0.8	370.0	OK	
	B5	OMEQS	2000	234.6	175.0	232.4	260.4	0.8	370.0	OK	
	B6	OMEQS	2000	234.4	164.5	231.4	257.9	0.8	370.0	OK	
	B7	OMEQS	2000	233.7	171.5	229.1	263.7	0.8	370.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	OK	
P1-L	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
	B2	EQS	2000	222.7	136.4	144.1	222.4	1.0	310.0	OK	
	B3	EQS	2000	218.7	135.5	134.9	220.7	1.0	310.0	OK	
	B4	EQS	2000	222.1	134.1	148.5	219.9	1.0	310.0	OK	
	B5	EQS	2000	222.3	134.4	149.0	220.7	1.0	310.0	OK	
	B6	EQS	2000	218.6	136.5	134.2	223.0	1.0	310.0	OK	
	B7	EQS	2000	221.3	137.9	138.7	225.5	1.0	310.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
P1-R	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
	B2	EQS	2000	223.3	135.1	139.8	224.6	1.0	310.0	OK	
	B3	EQS	2000	219.3	133.7	130.6	222.9	1.0	310.0	OK	
	B4	EQS	2000	222.9	131.2	144.7	221.7	1.0	310.0	OK	
	B5	EQS	2000	223.6	130.7	146.9	222.2	1.0	310.0	OK	
	B6	EQS	2000	220.7	132.7	134.5	224.3	1.0	310.0	OK	
	B7	EQS	2000	227.2	134.6	151.8	226.8	1.0	310.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
P2-L	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
	B2	EQS	2000	229.7	139.6	147.4	224.8	1.0	310.0	OK	
	B3	EQS	2000	228.2	138.4	146.6	224.5	1.0	310.0	OK	
	B4	EQS	2000	229.9	137.3	154.3	224.5	1.0	310.0	OK	
	B5	EQS	2000	230.8	137.3	157.4	224.8	1.0	310.0	OK	
	B6	EQS	2000	229.7	138.5	151.3	225.3	1.0	310.0	OK	
	B7	EQS	2000	231.1	139.0	151.7	225.7	1.0	310.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
P2-R	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
	B2	EQS	2000	231.0	134.8	148.1	224.8	1.0	310.0	OK	
	B3	EQS	2000	228.4	134.0	143.4	224.7	1.0	310.0	OK	
	B4	EQS	2000	230.8	133.1	153.5	224.7	1.0	310.0	OK	
	B5	EQS	2000	231.8	133.2	156.8	224.9	1.0	310.0	OK	
	B6	EQS	2000	230.9	134.3	151.4	225.4	1.0	310.0	OK	
	B7	EQS	2000	232.3	134.4	151.8	225.6	1.0	310.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	

P3-L	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
	B2	EQS	2000	227.1	127.9	143.4	233.5	1.0	310.0	OK	
	B3	EQS	2000	219.2	126.1	121.1	232.5	1.0	310.0	OK	
	B4	EQS	2000	221.4	126.1	130.3	231.9	1.0	310.0	OK	
	B5	EQS	2000	222.0	125.9	132.1	232.0	1.0	310.0	OK	
	B6	EQS	2000	223.0	125.5	133.2	232.7	1.0	310.0	OK	
	B7	EQS	2000	228.0	127.2	145.8	234.0	1.0	310.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
P3-R	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
	B2	EQS	2000	227.1	118.1	142.5	231.7	1.0	310.0	OK	
	B3	EQS	2000	220.6	117.8	124.7	231.5	1.0	310.0	OK	
	B4	EQS	2000	221.7	122.1	130.4	232.4	1.0	310.0	OK	
	B5	EQS	2000	222.2	121.6	131.9	232.4	1.0	310.0	OK	
	B6	EQS	2000	220.7	117.7	124.9	231.9	1.0	310.0	OK	
	B7	EQS	2000	227.6	118.1	144.0	232.4	1.0	310.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
P4-L	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	OK	
	B2	OMEQS	2000	230.1	166.8	217.3	305.2	0.8	370.0	OK	
	B3	OMEQS	2000	226.6	167.5	205.6	304.4	0.8	370.0	OK	
	B4	OMEQS	2000	230.8	166.0	219.4	302.6	0.8	370.0	OK	
	B5	OMEQS	2000	231.8	166.1	222.9	302.9	0.8	370.0	OK	
	B6	OMEQS	2000	231.2	167.0	220.8	304.1	0.8	370.0	OK	
	B7	OMEQS	2000	231.6	167.2	222.2	305.5	0.8	370.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	OK	
P4-R	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	OK	
	B2	OMEQS	2000	228.4	131.6	211.6	258.9	0.8	370.0	OK	
	B3	OMEQS	2000	224.1	132.5	197.1	259.8	0.8	370.0	OK	
	B4	OMEQS	2000	221.5	133.7	188.5	260.9	0.8	370.0	OK	
	B5	OMEQS	2000	218.0	133.6	176.7	261.2	0.8	370.0	OK	
	B6	OMEQS	2000	217.5	132.0	175.3	260.3	0.8	370.0	OK	
	B7	OMEQS	2000	220.3	130.8	184.7	259.2	0.8	370.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	OK	
P5-L	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
	B2	EQS	2000	236.5	101.6	136.0	228.3	1.0	310.0	OK	
	B3	EQS	2000	233.2	101.7	128.9	228.5	1.0	310.0	OK	
	B4	EQS	2000	233.5	101.9	131.8	228.7	1.0	310.0	OK	
	B5	EQS	2000	234.5	101.9	135.3	228.6	1.0	310.0	OK	
	B6	EQS	2000	236.8	101.6	141.0	228.2	1.0	310.0	OK	
	B7	EQS	2000	238.0	101.6	141.4	227.9	1.0	310.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
P5-R	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
	B2	EQS	2000	235.8	102.4	134.5	228.8	1.0	310.0	OK	
	B3	EQS	2000	233.3	102.2	129.9	228.8	1.0	310.0	OK	
	B4	EQS	2000	233.7	102.1	133.2	228.6	1.0	310.0	OK	
	B5	EQS	2000	235.1	102.1	137.9	228.4	1.0	310.0	OK	
	B6	EQS	2000	236.0	101.8	138.8	227.8	1.0	310.0	OK	
	B7	EQS	2000	237.0	101.3	138.4	227.3	1.0	310.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	

P6-L	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
	B2	EQS	2000	238.7	128.2	134.9	230.8	1.0	310.0	OK	
	B3	EQS	2000	234.0	128.7	123.3	231.2	1.0	310.0	OK	
	B4	EQS	2000	234.6	129.8	127.3	231.9	1.0	310.0	OK	
	B5	EQS	2000	233.7	129.6	124.3	232.1	1.0	310.0	OK	
	B6	EQS	2000	231.6	128.3	115.0	231.8	1.0	310.0	OK	
	B7	EQS	2000	235.8	127.7	125.5	231.7	1.0	310.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
P6-R	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
	B2	EQS	2000	239.3	127.8	137.7	231.4	1.0	310.0	OK	
	B3	EQS	2000	233.4	128.3	122.0	231.8	1.0	310.0	OK	
	B4	EQS	2000	233.5	129.5	124.4	232.4	1.0	310.0	OK	
	B5	EQS	2000	233.0	129.5	122.8	232.5	1.0	310.0	OK	
	B6	EQS	2000	230.9	128.2	113.6	232.1	1.0	310.0	OK	
	B7	EQS	2000	234.7	127.5	122.4	232.0	1.0	310.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
P7-L	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
	B2	EQS	2000	236.5	124.3	155.2	255.6	1.0	310.0	OK	
	B3	EQS	2000	234.7	124.3	153.4	255.8	1.0	310.0	OK	
	B4	EQS	2000	232.9	124.1	149.6	255.8	1.0	310.0	OK	
	B5	EQS	2000	233.1	124.1	150.4	256.0	1.0	310.0	OK	
	B6	EQS	2000	235.5	124.2	156.0	256.1	1.0	310.0	OK	
	B7	EQS	2000	237.0	124.5	157.0	256.2	1.0	310.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
P7-R	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
	B2	EQS	2000	235.6	124.5	153.0	256.0	1.0	310.0	OK	
	B3	EQS	2000	234.5	124.4	153.7	256.1	1.0	310.0	OK	
	B4	EQS	2000	232.3	125.0	148.2	256.3	1.0	310.0	OK	
	B5	EQS	2000	232.6	124.8	149.2	256.5	1.0	310.0	OK	
	B6	EQS	2000	235.4	124.7	156.4	256.5	1.0	310.0	OK	
	B7	EQS	2000	236.8	124.6	156.5	256.5	1.0	310.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
P8-L	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	OK	
	B2	OMEQS	2000	227.4	160.1	208.2	319.5	0.8	370.0	OK	
	B3	OMEQS	2000	221.8	160.2	189.4	319.5	0.8	370.0	OK	
	B4	OMEQS	2000	219.5	160.4	181.7	319.5	0.8	370.0	OK	
	B5	OMEQS	2000	225.3	160.4	201.1	319.6	0.8	370.0	OK	
	B6	OMEQS	2000	229.2	160.4	214.1	319.4	0.8	370.0	OK	
	B7	OMEQS	2000	232.8	160.4	226.1	319.3	0.8	370.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	OK	
P8-R	B1	OMEQS	2500	252.8	126.4	251.3	259.1	0.8	330.0	OK	
	B2	OMEQS	2500	248.0	129.7	235.3	261.6	0.8	330.0	OK	
	B3	OMEQS	2500	252.0	129.7	248.5	262.1	0.8	330.0	OK	
	B4	OMEQS	2500	253.4	125.5	253.0	260.7	0.8	330.0	OK	

P9	B1	EQS	8500	864.2	315.0	549.8	676.1	1.0	910.0	OK	
	B2	EQS	7500	862.6	340.4	492.3	713.3	1.0	900.0	OK	
	B3	EQS	7500	851.1	342.1	453.9	713.8	1.0	900.0	OK	
	B4	EQS	8500	857.2	318.7	525.8	677.0	1.0	910.0	OK	
P10	B1	EQS	9000	871.9	447.4	578.8	878.2	1.0	920.0	OK	
	B2	EQS	8500	742.5	411.2	381.1	794.6	1.0	910.0	OK	
	B3	EQS	8500	743.9	412.2	385.4	794.4	1.0	910.0	OK	
	B4	EQS	9000	867.0	454.2	561.4	879.5	1.0	920.0	OK	
P11	B1	EQS	8500	700.2	316.2	469.1	712.6	1.0	910.0	OK	
	B2	EQS	7500	695.6	342.6	351.6	746.3	1.0	900.0	OK	
	B3	EQS	7500	693.4	343.3	342.9	746.8	1.0	900.0	OK	
	B4	EQS	8500	696.0	318.1	452.0	713.5	1.0	910.0	OK	
P12-L	B1	OMEQS	2500	252.8	142.4	251.2	292.4	0.8	330.0	OK	
	B2	OMEQS	2500	252.6	145.7	250.4	294.1	0.8	330.0	OK	
	B3	OMEQS	2500	253.0	145.2	251.8	287.8	0.8	330.0	OK	
	B4	OMEQS	2500	253.3	141.5	252.9	282.7	0.8	330.0	OK	
P12-R	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	OK	
	B2	OMEQS	2000	231.5	144.3	221.8	343.2	0.8	370.0	OK	
	B3	OMEQS	2000	230.3	148.5	217.9	344.1	0.8	370.0	OK	
	B4	OMEQS	2000	232.0	153.1	223.4	345.2	0.8	370.0	OK	
	B5	OMEQS	2000	233.8	152.7	229.7	344.8	0.8	370.0	OK	
	B6	OMEQS	2000	234.4	147.8	231.6	343.1	0.8	370.0	OK	
	B7	OMEQS	2000	234.6	142.5	232.2	341.7	0.8	370.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	OK	
P13-L	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
	B2	EQS	2000	262.0	108.2	172.5	268.7	1.0	310.0	OK	
	B3	EQS	2000	260.4	108.1	171.5	268.3	1.0	310.0	OK	
	B4	EQS	2000	259.2	110.3	169.4	268.6	1.0	310.0	OK	
	B5	EQS	2000	257.7	110.0	164.3	268.3	1.0	310.0	OK	
	B6	EQS	2000	254.0	107.4	150.1	267.4	1.0	310.0	OK	
	B7	EQS	2000	252.6	106.0	141.4	267.2	1.0	310.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
P13-R	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
	B2	EQS	2000	262.5	106.8	172.6	268.4	1.0	310.0	OK	
	B3	EQS	2000	260.9	110.3	171.4	269.0	1.0	310.0	OK	
	B4	EQS	2000	259.7	112.0	169.3	269.0	1.0	310.0	OK	
	B5	EQS	2000	258.2	111.5	164.4	268.6	1.0	310.0	OK	
	B6	EQS	2000	254.7	109.3	150.8	267.8	1.0	310.0	OK	
	B7	EQS	2000	252.3	106.6	138.6	267.1	1.0	310.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
P14-L	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	
	B2	EQS	2000	259.4	113.2	173.1	242.9	1.0	310.0	OK	
	B3	EQS	2000	254.7	117.0	162.0	243.9	1.0	310.0	OK	
	B4	EQS	2000	248.7	117.5	144.2	243.8	1.0	310.0	OK	
	B5	EQS	2000	248.1	117.4	142.0	243.6	1.0	310.0	OK	
	B6	EQS	2000	249.6	117.6	145.1	243.5	1.0	310.0	OK	
	B7	EQS	2000	255.0	116.1	158.7	243.0	1.0	310.0	OK	
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK	

P14-R	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK
	B2	EQS	2000	258.8	107.5	174.1	239.6	1.0	310.0	OK
	B3	EQS	2000	254.7	109.8	164.6	240.3	1.0	310.0	OK
	B4	EQS	2000	249.7	110.5	149.9	240.4	1.0	310.0	OK
	B5	EQS	2000	248.2	109.8	145.1	240.0	1.0	310.0	OK
	B6	EQS	2000	252.4	108.0	157.1	239.3	1.0	310.0	OK
	B7	EQS	2000	257.2	106.8	168.7	238.9	1.0	310.0	OK
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK
P15-L	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK
	B2	EQS	2000	275.8	106.2	175.4	229.8	1.0	310.0	OK
	B3	EQS	2000	271.3	112.6	165.1	232.2	1.0	310.0	OK
	B4	EQS	2000	269.9	117.0	162.7	234.3	1.0	310.0	OK
	B5	EQS	2000	272.6	117.9	171.8	235.4	1.0	310.0	OK
	B6	EQS	2000	275.9	115.0	180.6	235.4	1.0	310.0	OK
	B7	EQS	2000	278.9	108.9	186.3	233.9	1.0	310.0	OK
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK
P15-R	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK
	B2	EQS	2000	274.4	108.5	173.8	230.8	1.0	310.0	OK
	B3	EQS	2000	269.2	111.6	161.2	232.2	1.0	310.0	OK
	B4	EQS	2000	268.0	116.5	159.5	234.3	1.0	310.0	OK
	B5	EQS	2000	269.2	116.4	163.4	234.9	1.0	310.0	OK
	B6	EQS	2000	272.6	111.4	172.8	233.9	1.0	310.0	OK
	B7	EQS	2000	275.7	110.1	178.5	233.1	1.0	310.0	OK
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK
P16-L	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK
	B2	EQS	2000	271.0	120.6	179.2	227.8	1.0	310.0	OK
	B3	EQS	2000	266.0	119.8	167.1	228.3	1.0	310.0	OK
	B4	EQS	2000	260.8	119.3	152.1	228.6	1.0	310.0	OK
	B5	EQS	2000	264.5	119.4	164.7	228.5	1.0	310.0	OK
	B6	EQS	2000	268.7	120.0	176.7	227.6	1.0	310.0	OK
	B7	EQS	2000	272.0	120.5	183.0	226.3	1.0	310.0	OK
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK
P16-R	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK
	B2	EQS	2000	271.1	125.5	183.4	228.3	1.0	310.0	OK
	B3	EQS	2000	266.2	124.8	171.7	228.4	1.0	310.0	OK
	B4	EQS	2000	260.5	124.1	155.1	228.3	1.0	310.0	OK
	B5	EQS	2000	263.9	123.7	166.3	227.4	1.0	310.0	OK
	B6	EQS	2000	267.9	123.7	177.7	226.1	1.0	310.0	OK
	B7	EQS	2000	271.0	123.7	183.6	224.2	1.0	310.0	OK
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	OK
A2	B1	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	OK
	B2	OMEQS	2000	234.0	145.3	230.3	273.4	0.8	370.0	OK
	B3	OMEQS	2000	234.6	143.8	232.3	267.8	0.8	370.0	OK
	B4	OMEQS	2000	234.9	143.9	233.3	262.9	0.8	370.0	OK
	B5	OMEQS	2000	235.2	142.8	234.3	259.6	0.8	370.0	OK
	B6	OMEQS	2000	235.5	140.7	235.2	257.9	0.8	370.0	OK
	B7	OMEQS	2000	235.6	139.7	235.6	257.1	0.8	370.0	OK
	B8	DISK	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	OK

6.4 받침 변위 하중조합 (UNIT:mm)

구 분		받침	용량	COMBO 1		COMBO 2		받침허용변위	판정	비고
				교축	교직	교축	교직			
A1	B1	DISK	2000	57.8	20.2	30.5	34.0	160	OK	
	B2	OMEQS	2000	56.7	20.1	29.2	34.2	160	OK	
	B3	OMEQS	2000	55.8	20.0	28.1	34.5	160	OK	
	B4	OMEQS	2000	55.3	19.9	27.3	34.7	160	OK	
	B5	OMEQS	2000	55.2	20.1	26.5	35.0	160	OK	
	B6	OMEQS	2000	55.5	20.3	25.9	35.3	160	OK	
	B7	OMEQS	2000	56.2	20.7	25.4	35.6	160	OK	
	B8	DISK	2000	57.1	21.2	24.5	36.2	160	OK	
P1-L	B1	DISK	2000	55.8	30.8	28.1	57.9	160	OK	
	B2	EQS	2000	54.6	30.5	27.2	57.9	120	OK	
	B3	EQS	2000	53.7	30.3	26.4	58.0	120	OK	
	B4	EQS	2000	53.2	30.3	25.7	58.2	120	OK	
	B5	EQS	2000	53.2	30.3	25.1	58.4	120	OK	
	B6	EQS	2000	53.5	30.5	24.7	58.6	120	OK	
	B7	EQS	2000	54.2	30.9	24.3	58.9	120	OK	
	B8	DISK	2000	55.1	31.3	23.8	59.3	160	OK	
P1-R	B1	DISK	2000	55.6	28.1	25.3	57.8	160	OK	
	B2	EQS	2000	54.4	27.8	24.4	57.8	120	OK	
	B3	EQS	2000	53.6	27.7	23.5	57.9	120	OK	
	B4	EQS	2000	53.1	27.7	22.9	58.1	120	OK	
	B5	EQS	2000	53.0	27.7	22.3	58.2	120	OK	
	B6	EQS	2000	53.3	27.9	22.0	58.4	120	OK	
	B7	EQS	2000	54.0	28.2	21.7	58.6	120	OK	
	B8	DISK	2000	55.1	28.6	21.8	58.9	160	OK	
P2-L	B1	DISK	2000	57.2	24.5	25.6	47.2	160	OK	
	B2	EQS	2000	56.0	24.3	24.8	47.2	120	OK	
	B3	EQS	2000	55.1	24.1	23.9	47.3	120	OK	
	B4	EQS	2000	54.6	24.1	23.2	47.4	120	OK	
	B5	EQS	2000	54.5	24.1	22.7	47.5	120	OK	
	B6	EQS	2000	54.8	24.3	22.3	47.7	120	OK	
	B7	EQS	2000	55.5	24.5	21.9	48.0	120	OK	
	B8	DISK	2000	56.7	24.9	22.2	48.3	160	OK	
P2-R	B1	DISK	2000	57.0	21.4	23.3	46.4	160	OK	
	B2	EQS	2000	55.8	21.2	22.5	46.4	120	OK	
	B3	EQS	2000	54.9	21.1	21.6	46.5	120	OK	
	B4	EQS	2000	54.4	21.1	20.9	46.6	120	OK	
	B5	EQS	2000	54.3	21.1	20.3	46.7	120	OK	
	B6	EQS	2000	54.8	21.3	20.6	46.9	120	OK	
	B7	EQS	2000	55.8	21.5	21.1	47.1	120	OK	
	B8	DISK	2000	57.1	21.8	21.7	47.3	160	OK	

P3-L	B1	DISK	2000	55.8	23.0	22.6	52.3	160	OK	
	B2	EQS	2000	54.6	22.8	21.8	52.4	120	OK	
	B3	EQS	2000	53.7	22.7	20.9	52.4	120	OK	
	B4	EQS	2000	53.2	22.6	20.2	52.5	120	OK	
	B5	EQS	2000	53.1	22.7	19.8	52.7	120	OK	
	B6	EQS	2000	53.7	22.8	20.1	52.8	120	OK	
	B7	EQS	2000	54.6	23.0	20.5	53.0	120	OK	
	B8	DISK	2000	55.9	23.3	21.3	53.2	160	OK	
P3-R	B1	DISK	2000	55.4	20.2	20.4	52.3	160	OK	
	B2	EQS	2000	54.2	20.1	19.4	52.3	120	OK	
	B3	EQS	2000	53.4	20.0	18.9	52.4	120	OK	
	B4	EQS	2000	53.1	20.0	19.1	52.4	120	OK	
	B5	EQS	2000	53.3	20.1	19.3	52.5	120	OK	
	B6	EQS	2000	53.8	20.1	19.6	52.6	120	OK	
	B7	EQS	2000	54.7	20.3	20.0	52.7	120	OK	
	B8	DISK	2000	56.0	20.4	20.9	52.9	160	OK	
P4-L	B1	DISK	2000	52.7	18.3	22.0	45.3	160	OK	
	B2	OMEQS	2000	51.8	18.1	21.7	45.4	160	OK	
	B3	OMEQS	2000	51.2	18.0	21.6	45.4	160	OK	
	B4	OMEQS	2000	51.1	18.0	21.8	45.5	160	OK	
	B5	OMEQS	2000	51.2	18.1	22.0	45.6	160	OK	
	B6	OMEQS	2000	51.6	18.2	22.2	45.8	160	OK	
	B7	OMEQS	2000	52.3	18.3	22.6	45.9	160	OK	
	B8	DISK	2000	53.5	18.6	23.5	46.2	160	OK	
P4-R	B1	DISK	2000	58.9	10.3	25.7	28.5	160	OK	
	B2	OMEQS	2000	57.4	10.3	24.3	28.5	160	OK	
	B3	OMEQS	2000	56.3	10.3	23.1	28.5	160	OK	
	B4	OMEQS	2000	55.6	10.3	22.3	28.5	160	OK	
	B5	OMEQS	2000	55.3	10.3	21.6	28.5	160	OK	
	B6	OMEQS	2000	55.4	10.3	21.1	28.5	160	OK	
	B7	OMEQS	2000	56.1	10.3	21.1	28.5	160	OK	
	B8	DISK	2000	57.2	10.3	22.1	28.5	160	OK	
P5-L	B1	DISK	2000	58.5	15.3	23.0	44.0	160	OK	
	B2	EQS	2000	57.2	15.2	21.9	44.0	120	OK	
	B3	EQS	2000	56.3	15.2	20.9	44.0	120	OK	
	B4	EQS	2000	55.7	15.1	20.1	44.1	120	OK	
	B5	EQS	2000	55.4	15.1	19.6	44.1	120	OK	
	B6	EQS	2000	55.8	15.2	20.2	44.2	120	OK	
	B7	EQS	2000	56.7	15.2	21.3	44.2	120	OK	
	B8	DISK	2000	58.0	15.3	22.6	44.4	160	OK	
P5-R	B1	DISK	2000	57.9	15.1	20.9	44.3	160	OK	
	B2	EQS	2000	56.6	15.1	19.7	44.3	120	OK	
	B3	EQS	2000	55.8	15.1	19.3	44.3	120	OK	
	B4	EQS	2000	55.4	15.1	19.0	44.3	120	OK	
	B5	EQS	2000	55.5	15.1	19.6	44.4	120	OK	
	B6	EQS	2000	56.0	15.1	20.6	44.4	120	OK	
	B7	EQS	2000	56.9	15.1	21.7	44.4	120	OK	
	B8	DISK	2000	58.1	15.1	23.1	44.5	160	OK	

P6-L	B1	DISK	2000	59.5	17.6	20.5	48.8	160	OK	
	B2	EQS	2000	58.2	17.6	19.8	48.8	120	OK	
	B3	EQS	2000	57.3	17.7	19.3	48.9	120	OK	
	B4	EQS	2000	57.1	17.7	19.7	48.9	120	OK	
	B5	EQS	2000	57.2	17.7	20.4	48.9	120	OK	
	B6	EQS	2000	57.7	17.7	21.3	49.0	120	OK	
	B7	EQS	2000	58.6	17.7	22.4	49.0	120	OK	
	B8	DISK	2000	59.9	17.7	23.7	49.0	160	OK	
P6-R	B1	DISK	2000	59.4	18.8	20.6	49.8	160	OK	
	B2	EQS	2000	58.2	18.8	19.9	49.8	120	OK	
	B3	EQS	2000	57.5	18.8	19.9	49.8	120	OK	
	B4	EQS	2000	57.3	18.8	20.5	49.7	120	OK	
	B5	EQS	2000	57.4	18.8	21.3	49.7	120	OK	
	B6	EQS	2000	57.9	18.8	22.2	49.7	120	OK	
	B7	EQS	2000	58.9	18.8	23.3	49.8	120	OK	
	B8	DISK	2000	60.1	18.8	24.6	49.8	160	OK	
P7-L	B1	DISK	2000	56.0	21.9	20.1	62.5	160	OK	
	B2	EQS	2000	54.9	21.9	19.8	62.4	120	OK	
	B3	EQS	2000	54.1	21.9	19.6	62.4	120	OK	
	B4	EQS	2000	53.9	21.9	20.2	62.4	120	OK	
	B5	EQS	2000	54.0	21.9	21.0	62.4	120	OK	
	B6	EQS	2000	54.6	21.9	22.0	62.4	120	OK	
	B7	EQS	2000	55.5	22.0	23.0	62.5	120	OK	
	B8	DISK	2000	56.7	22.0	24.0	62.5	160	OK	
P7-R	B1	DISK	2000	56.0	22.2	20.2	62.7	160	OK	
	B2	EQS	2000	54.9	22.2	19.8	62.6	120	OK	
	B3	EQS	2000	54.1	22.2	19.8	62.6	120	OK	
	B4	EQS	2000	53.9	22.2	20.4	62.6	120	OK	
	B5	EQS	2000	54.1	22.2	21.2	62.6	120	OK	
	B6	EQS	2000	54.6	22.2	22.2	62.6	120	OK	
	B7	EQS	2000	55.5	22.2	23.2	62.6	120	OK	
	B8	DISK	2000	56.7	22.2	24.2	62.7	160	OK	
P8-L	B1	DISK	2000	37.8	18.3	14.5	48.6	160	OK	
	B2	OMEQS	2000	36.8	18.3	13.7	48.6	160	OK	
	B3	OMEQS	2000	36.0	18.2	13.1	48.6	160	OK	
	B4	OMEQS	2000	35.5	18.2	12.9	48.6	160	OK	
	B5	OMEQS	2000	35.4	18.2	13.0	48.6	160	OK	
	B6	OMEQS	2000	35.6	18.2	13.3	48.6	160	OK	
	B7	OMEQS	2000	36.3	18.2	14.0	48.6	160	OK	
	B8	DISK	2000	37.2	18.2	14.8	48.6	160	OK	
P8-R	B1	OMEQS	2500	84.1	13.2	29.8	32.6	160	OK	
	B2	OMEQS	2500	84.0	13.4	29.5	33.2	160	OK	
	B3	OMEQS	2500	84.2	13.4	30.4	33.2	160	OK	
	B4	OMEQS	2500	84.5	13.2	31.4	32.6	160	OK	

P9	B1	EQS	8500	63.3	11.7	22.7	30.8	120	OK	
	B2	EQS	7500	63.4	11.8	23.2	31.1	120	OK	
	B3	EQS	7500	63.6	11.8	24.0	31.1	120	OK	
	B4	EQS	8500	63.8	11.7	24.8	30.8	120	OK	
P10	B1	EQS	9000	56.3	14.7	19.9	41.4	120	OK	
	B2	EQS	8500	56.3	14.8	20.1	41.6	120	OK	
	B3	EQS	8500	56.3	14.8	20.3	41.6	120	OK	
	B4	EQS	9000	56.4	14.7	20.7	41.4	120	OK	
P11	B1	EQS	8500	6.9	3.2	3.5	9.4	120	OK	
	B2	EQS	7500	6.7	3.2	2.8	9.4	120	OK	
	B3	EQS	7500	6.6	3.2	2.6	9.4	120	OK	
	B4	EQS	8500	6.7	3.2	3.4	9.4	120	OK	
P12-L	B1	OMEQS	2500	35.3	5.5	19.1	10.7	160	OK	
	B2	OMEQS	2500	35.2	5.3	19.1	10.0	160	OK	
	B3	OMEQS	2500	35.3	5.3	19.0	10.0	160	OK	
	B4	OMEQS	2500	35.3	5.5	18.9	10.7	160	OK	
P12-R	B1	DISK	2000	38.2	24.1	31.3	74.9	160	OK	
	B2	OMEQS	2000	37.5	24.0	30.0	74.6	160	OK	
	B3	OMEQS	2000	36.8	24.0	28.4	74.5	160	OK	
	B4	OMEQS	2000	36.4	24.0	26.8	74.5	160	OK	
	B5	OMEQS	2000	36.0	24.0	25.3	74.5	160	OK	
	B6	OMEQS	2000	35.7	23.9	23.9	74.5	160	OK	
	B7	OMEQS	2000	35.6	23.9	23.0	74.4	160	OK	
	B8	DISK	2000	36.4	24.0	23.4	74.8	160	OK	
P13-L	B1	DISK	2000	66.9	16.2	34.5	43.6	160	OK	
	B2	EQS	2000	65.2	16.2	32.9	43.4	120	OK	
	B3	EQS	2000	63.8	16.2	31.2	43.4	120	OK	
	B4	EQS	2000	62.8	16.2	29.6	43.4	120	OK	
	B5	EQS	2000	62.4	16.2	28.3	43.4	120	OK	
	B6	EQS	2000	62.5	16.2	27.3	43.4	120	OK	
	B7	EQS	2000	63.1	16.2	26.6	43.4	120	OK	
	B8	DISK	2000	64.1	16.2	26.6	43.5	160	OK	
P13-R	B1	DISK	2000	66.6	14.6	33.3	43.1	160	OK	
	B2	EQS	2000	64.9	14.5	31.7	43.0	120	OK	
	B3	EQS	2000	63.5	14.5	30.0	42.9	120	OK	
	B4	EQS	2000	62.5	14.5	28.3	42.8	120	OK	
	B5	EQS	2000	62.1	14.5	27.1	42.7	120	OK	
	B6	EQS	2000	62.2	14.4	26.2	42.6	120	OK	
	B7	EQS	2000	62.8	14.4	25.5	42.6	120	OK	
	B8	DISK	2000	63.8	14.4	25.4	42.6	160	OK	
P14-L	B1	DISK	2000	63.8	14.6	28.3	35.9	160	OK	
	B2	EQS	2000	62.0	14.6	26.3	35.8	120	OK	
	B3	EQS	2000	60.6	14.6	24.5	35.7	120	OK	
	B4	EQS	2000	59.7	14.6	23.2	35.7	120	OK	
	B5	EQS	2000	59.3	14.6	22.1	35.6	120	OK	
	B6	EQS	2000	59.4	14.6	21.2	35.6	120	OK	
	B7	EQS	2000	60.2	14.6	21.2	35.6	120	OK	
	B8	DISK	2000	61.9	14.6	22.9	35.5	160	OK	

P14-R	B1	DISK	2000	63.6	13.5	27.2	35.0	160	OK	
	B2	EQS	2000	61.8	13.5	25.2	34.9	120	OK	
	B3	EQS	2000	60.3	13.4	23.4	34.8	120	OK	
	B4	EQS	2000	59.3	13.4	21.8	34.7	120	OK	
	B5	EQS	2000	58.9	13.3	20.4	34.5	120	OK	
	B6	EQS	2000	59.3	13.3	20.5	34.4	120	OK	
	B7	EQS	2000	60.5	13.3	21.7	34.3	120	OK	
	B8	DISK	2000	62.2	13.3	23.5	34.2	160	OK	
P15-L	B1	DISK	2000	75.9	15.8	30.9	40.9	160	OK	
	B2	EQS	2000	73.8	15.7	28.4	40.7	120	OK	
	B3	EQS	2000	72.2	15.7	26.1	40.5	120	OK	
	B4	EQS	2000	71.3	15.7	24.7	40.3	120	OK	
	B5	EQS	2000	71.5	15.6	25.4	40.2	120	OK	
	B6	EQS	2000	72.2	15.6	26.4	40.0	120	OK	
	B7	EQS	2000	73.4	15.5	27.8	39.9	120	OK	
	B8	DISK	2000	75.3	15.5	29.9	39.7	160	OK	
P15-R	B1	DISK	2000	75.7	15.6	30.5	40.1	160	OK	
	B2	EQS	2000	73.7	15.5	28.0	39.8	120	OK	
	B3	EQS	2000	72.2	15.4	26.1	39.6	120	OK	
	B4	EQS	2000	71.5	15.4	25.4	39.3	120	OK	
	B5	EQS	2000	71.7	15.3	26.3	39.1	120	OK	
	B6	EQS	2000	72.4	15.2	27.4	38.9	120	OK	
	B7	EQS	2000	73.7	15.2	28.8	38.6	120	OK	
	B8	DISK	2000	75.5	15.1	30.9	38.4	160	OK	
P16-L	B1	DISK	2000	73.2	8.2	27.5	20.1	160	OK	
	B2	EQS	2000	71.4	8.1	25.9	19.9	120	OK	
	B3	EQS	2000	70.4	8.0	25.4	19.7	120	OK	
	B4	EQS	2000	70.1	8.0	25.9	19.7	120	OK	
	B5	EQS	2000	70.3	7.9	26.8	19.6	120	OK	
	B6	EQS	2000	70.9	7.9	27.8	19.5	120	OK	
	B7	EQS	2000	72.2	8.0	29.4	19.5	120	OK	
	B8	DISK	2000	74.0	8.0	31.6	19.3	160	OK	
P16-R	B1	DISK	2000	73.1	11.0	27.7	19.6	160	OK	
	B2	EQS	2000	71.3	10.7	26.1	19.4	120	OK	
	B3	EQS	2000	70.4	10.5	26.1	19.2	120	OK	
	B4	EQS	2000	70.1	10.4	26.6	19.1	120	OK	
	B5	EQS	2000	70.2	10.3	27.0	19.0	120	OK	
	B6	EQS	2000	70.8	10.4	28.0	19.0	120	OK	
	B7	EQS	2000	72.1	10.5	29.6	18.9	120	OK	
	B8	DISK	2000	73.8	10.7	31.8	18.7	160	OK	
A2	B1	DISK	2000	82.6	10.7	31.5	20.4	160	OK	
	B2	OMEQS	2000	80.9	10.3	30.4	19.8	160	OK	
	B3	OMEQS	2000	80.2	10.0	31.3	19.5	160	OK	
	B4	OMEQS	2000	79.9	9.8	32.2	19.2	160	OK	
	B5	OMEQS	2000	80.1	9.7	33.4	19.0	160	OK	
	B6	OMEQS	2000	81.1	9.7	35.4	18.8	160	OK	
	B7	OMEQS	2000	82.6	9.8	37.8	18.6	160	OK	
	B8	DISK	2000	84.5	9.9	40.9	18.4	160	OK	

7. 하부구조 내진해석 결과

7.1 교각하단 부재력

(Unit : Kn.m)

구 분	교축방향						교축직각방향			
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트		
P1	3,706	797	15,158	5,491	1,176	3,102	6,954	28,639		
P2	3,847	476	10,905	3,434	942	2,187	3,759	17,365		
P3	3,010	624	14,385	3,461	922	2,906	4,890	24,585		
P4	3,322	311	35,243	3,077	459	3,363	4,943	43,158		
P5	3,342	538	16,146	3,588	1,005	3,486	3,173	40,631		
P6	4,120	425	19,566	4,497	672	3,123	3,629	40,807		
P7	3,642	546	20,170	5,426	974	3,433	4,971	51,144		
P8	3,160	412	41,578	3,932	393	3,037	4,854	46,450		
P9	4,166	448	52,238	5,372	707	3,251	8,267	55,140		
P10	3,774	410	51,279	5,376	516	3,432	7,194	62,999		
P11	3,605	516	62,512	8,176	552	3,609	5,659	64,408		
P12	2,847	363	49,089	6,978	517	2,983	7,799	53,626		
P13	3,570	409	31,980	4,903	816	3,557	8,193	67,374		
P14	3,681	529	33,899	6,892	659	3,385	7,167	59,441		
P15	3,492	513	24,522	6,096	666	3,140	7,120	48,908		
P16	3,532	592	23,847	6,514	817	3,139	8,753	50,840		

7.2 교각하단 부재력 하중조합

(Unit : Kn.m)

구 분	Combo1				Combo2			
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	4,059	1,728	17,244	14,082	2,287	3,341	11,501	30,286
P2	4,130	1,132	12,033	8,643	2,096	2,330	7,031	18,395
P3	3,286	1,495	15,852	10,837	1,825	3,093	9,205	25,624
P4	3,460	1,320	36,726	16,024	1,455	3,457	15,516	44,081
P5	3,643	1,584	17,100	15,777	2,008	3,647	8,017	41,707
P6	4,321	1,362	20,675	18,739	1,908	3,251	9,505	42,156
P7	3,935	1,576	21,662	20,769	2,067	3,597	11,022	52,772
P8	3,278	1,323	43,034	17,667	1,341	3,161	17,328	47,630
P9	4,378	1,423	54,718	21,914	1,957	3,385	23,938	56,752
P10	3,929	1,439	53,438	24,276	1,648	3,555	22,578	64,611
P11	3,771	1,598	64,209	27,498	1,634	3,764	24,413	66,861
P12	3,002	1,258	52,328	23,066	1,371	3,092	22,795	55,720
P13	3,815	1,476	34,438	25,115	1,887	3,660	17,788	68,845
P14	3,879	1,547	36,049	24,724	1,763	3,554	17,336	61,508
P15	3,752	1,455	26,658	21,068	1,913	3,294	14,476	50,827
P16	3,777	1,533	26,473	21,766	1,876	3,316	15,907	52,795

19.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 19.2.1】 서문15교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	서문15교(서울방향)의 주요 손상현황으로는 바닥판하면 균열부백태, 배수시설 배수관연결불량, 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡 등에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	서문15교(서울방향)의 주요 손상현황으로는 바닥판하면 균열부백태, 교대 신축이음 하부 누수 등의 손상이 조사되었다. 금회 조사시 배수시설 배수관 연결 불량이 보수된 것이 확인되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡 등에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	바닥판 하면 균열부백태 신축이음 하부 누수	양호

19.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

19.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

19.2.5 시설물 보수 이력

【표 19.2.2】 서문15교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

19.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 19.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y		
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

19.3 현장조사

19.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S17	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



연단거리 측정



비파괴시험

【사진 19.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

19.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문15교는 총 10경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=876.0m 폭 21.0m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



바닥판하면 전경(Bicon)



바닥판하면 전경(STB)

【사진 19.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 외관조사 결과, 망상균열, 백태, 균열부백태, 누수흔적, 파손, 재료분리 등의 손상이 확인되었다.

【표 19.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)		균열부백태 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)	
S1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	1
S4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S8	-	-	-	-	0.40	1	-	-	-	-	-	-
S9	37.50	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S10	-	-	0.06	1	-	-	-	-	-	-	-	-

【표 19.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과(계속)

구분	망상균열 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)		균열부백태 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)	
S11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S14	-	-	-	-	2.90	17	0.30	1	-	-	-	-
S15	-	-	-	-	14.04	61	-	-	-	-	-	-
S16	-	-	-	-	-	-	0.60	2	-	-	-	-
S17	-	-	-	-	-	-	-	-	0.30	1	-	-
합계	37.50	3	0.06	1	17.34	79	0.90	3	0.30	1	0.05	1



바닥판 하면 S3 재료분리(0.1×0.5)



바닥판 하면 S8 균열부백태(0.2×2.0)

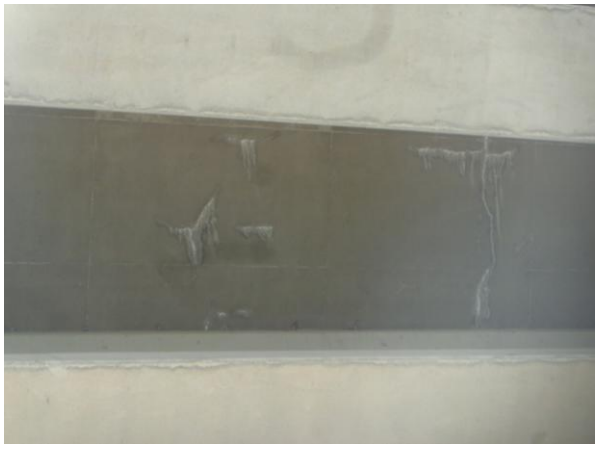


바닥판 하면 S9 망상균열(5.0×2.5 ×2EA)



바닥판 하면 S10 백태(0.3×0.2)

【사진 19.3.3】 바닥판하면 전경

	
바닥판 하면 S14 균열부백태(0.2×1.0 ×7EA)	바닥판 하면 S15 균열부백태(0.2×1.0 ×12EA)
	
바닥판 하면 S15 균열부백태(0.2×1.0 ×3EA)	바닥판 하면 S17 파손(1.5×0.2)

【사진 19.3.3】 바닥판하면 전경 (계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 망상균열, 파손, 재료분리는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 백태, 균열부백태, 누수흔적은 손상부 수분침투, 우수유입, 교면포장 방수층 손상 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 필요하고 추후 진전여부에 대한 주의관찰이 요구된다.

나. 거더

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 S1~S8, S13~17구간은 Bicon 거더 8열, S9~S12는 S.T. BOX 4열로 시공되었으며, 도보 및 고소차를 이용한 외관조사를 실시하였다.

	
Bicon 거더 전경	Bicon거더 전경
	
S.T.B 거더외부 전경	S.T.B 거더내부 전경

【사진 19.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, Bicon 거더에 박리, 재료분리가 조사되었고, ST. BOX 거더의 경우 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 19.3.2】 거더 현장조사 결과(Bicon)

구분		박리 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)	
Bicon 거더	S1	-	-	-	-
	S2	-	-	-	-
	S3	-	-	-	-
	S4	-	-	-	-
	S5	-	-	0.20	1
	S6	-	-	-	-
	S7	-	-	0.26	2
	S8	-	-	-	-
	S13	0.16	3	0.24	1
	S14	-	-	-	-
	S15	-	-	-	-
	S16	-	-	-	-
	S17	-	-	-	-
합계		0.16	3	0.70	4

【표 19.3.3】 거더외부 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
거더 외부	S9	-	-
	S10	-	-
	S11	-	-
	S12	-	-
합계		-	-

【표 19.3.4】 거더내부 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
거더 내부	S9	-	-
	S10	-	-
	S11	-	-
	S12	-	-
합계		-	-

	
거더 S5 G1 재료분리(1.0×0.2)	거더 S7 G4 재료분리(0.7×0.2)
	
거더 S13 G1 박리(0.1×0.4)	거더 S13 G1 박리(0.1×0.4)
	
거더 S13 G8 박리(0.4×0.2)	거더 S13 G8 재료분리(1.2×0.2)

【사진 19.3.5】 거더 손상현황

	
STB 거더외부 상태양호	STB 거더외부 상태양호
	
STB 거더내부 상태양호	STB 거더내부 상태양호

【사진 19.3.5】 거더 손상현황 (계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- Bicon 거더에 발생한 박리, 재료분리는 초기 건조수축, 온도변화, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- ST. BOX 거더는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 강재(S.T.B구간)와 콘크리트(Bicon구간)로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소차를 통한 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경(Bicon)



가로보 전경(Bicon)



가로보 전경(STB)

【사진 19.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보에 대한 현장조사 결과, 콘크리트부에 국부적인 재료분리가 조사되었으며, 강재 가로보는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 19.3.5】 가로보 현장조사 결과(Bicon)

구분		재료분리 (㎡/개소)	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	0.16	2
	S4	0.40	1
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
	S8	-	-
	S13	-	-
	S14	-	-
	S15	-	-
	S16	-	-
	S17	-	-
합계		0.56	3

【표 19.3.6】 가로보 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
가로보	S9	-	-
	S10	-	-
	S11	-	-
	S12	-	-
합계		-	-



가로보 S3 G6~7 재료분리(0.2×0.6, 0.1×0.4)



가로보 S3 G6~7 재료분리(0.2×0.6, 0.1×0.4)



가로보 상태양호(STB)



가로보 상태양호(STB)

【사진 19.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- Bicon 거더 구간 가로보에 발생한 재료분리는 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- STB 거더 구간의 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 서문15교 교대는 A1 강관말뚝기초, A2 직접기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

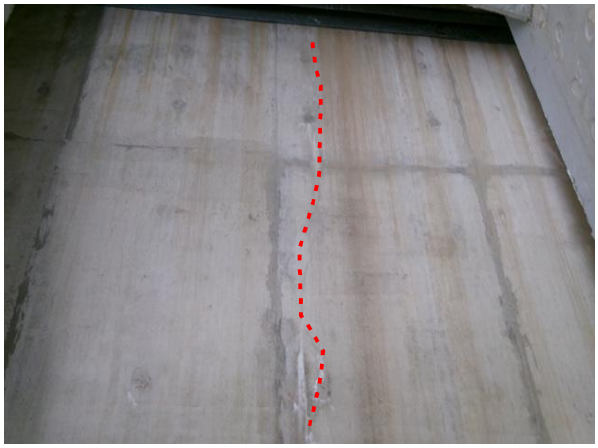
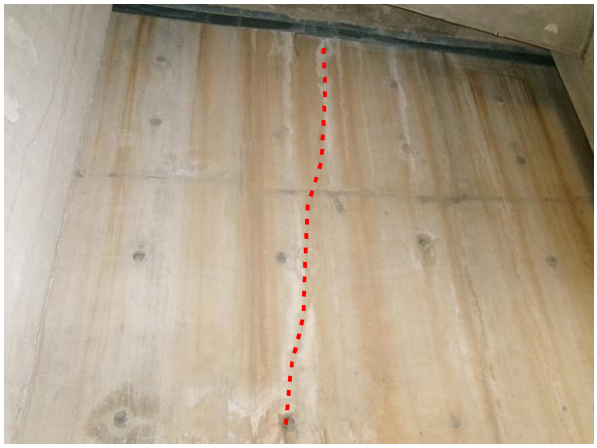
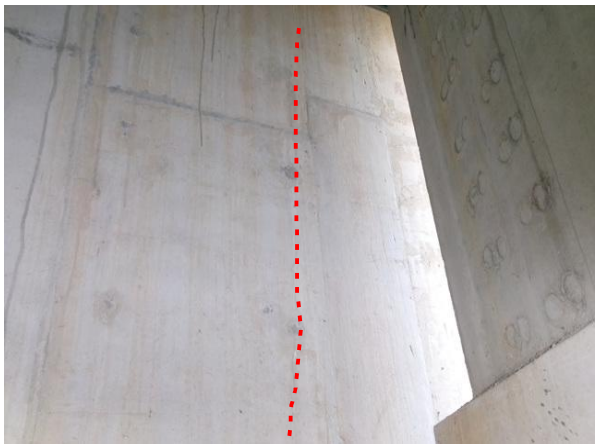
【사진 19.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과 균열(0.3㎜이상), 망상균열, 백태, 균열부백태가 조사되었다.

【표 19.3.7】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜이상) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)		균열부백태 (㎡/개소)	
A1	10.00	5	3.00	1	0.06	3	0.50	4
A2	7.00	4	-	-	0.03	1	0.10	1
합계	17.00	9	3.00	1	0.09	4	0.60	5

	
교대 A1 흉벽 균열(Cw=0.3㎜이상)	교대 A1 흉벽 균열(Cw=0.3㎜이상)
	
교대 A1 흉벽 균열부백태(0.1×1.0)	교대 A1 흉벽 균열부백태(0.2×1.5)
	
교대 A1 흉벽 균열(Cw=0.3㎜이상)	교대 A1 흉벽 균열부백태(0.1×0.5)

【사진 19.3.9】 교대 손상현황

	
교대 A1 흉벽 망상균열(1.5×2.0)	교대 A2 흉벽 백태(0.1×0.3 ×2EA)
	
교대 A2 흉벽 균열부백태(0.2×0.5)	교대 A2 흉벽 백태(0.1×0.3)

【사진 19.3.9】 교대 손상현황 (계속)

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교대에 대한 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투 등에 의한 균열(0.3㎜이상), 망상균열, 백태, 균열부백태가 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리, 주입보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 서문15교의 교각은 T형 16기로, 기초는 복합말뚝 및 강관말뚝기초로 시공되었다. 교각에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교각 전경(P3)



교각 전경(P9)

【사진 19.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

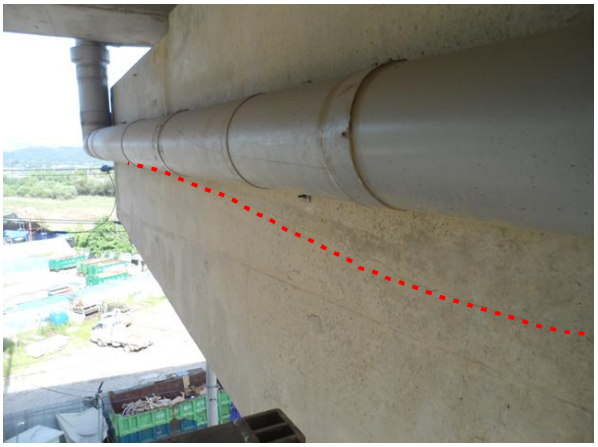
■ 교각에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3㎜미만, 이상), 망상균열, 박리가 조사되었다.

【표 19.3.8】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		박리 (㎡/개소)	
P1	-	-	-	-	37.50	1	-	-
P2	-	-	-	-	-	-	-	-
P3	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	-	-	1.00	2	84.00	4	0.50	2
P5	-	-	-	-	-	-	-	-
P6	-	-	-	-	-	-	-	-
P7	-	-	-	-	37.50	1	-	-
P8	-	-	6.00	4	10.50	3	-	-
P9	-	-	-	-	48.00	4	-	-
P10	-	-	-	-	-	-	-	-
P11	-	-	-	-	-	-	-	-
P12	-	-	-	-	9.00	2	-	-
P13	-	-	-	-	-	-	-	-
P14	-	-	-	-	-	-	-	-
P15	23.00	2	-	-	-	-	-	-
P16	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	23.00	2	7.00	6	226.50	15	0.50	2

	
P1 코핑부 망상균열(15.0×2.5)	P4 코핑부 균열(Cw=0.3㎜이상)
	
P4 코핑부 망상균열(15.0×2.5)	P4 코핑부 박리(0.5×0.5)
	
P8 코핑부 균열(Cw=0.3㎜이상)	P8 코핑부 망상균열(1.0×1.5)

【사진 19.3.11】 교각 손상현황

	
P8 코핑부 망상균열(3.0×1.5)	P9 기둥부 망상균열(4.0×3.0)
	
P12 코핑부 망상균열(3.0×1.5)	P12 코핑부 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 19.3.11】 교각 손상현황 (계속)

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

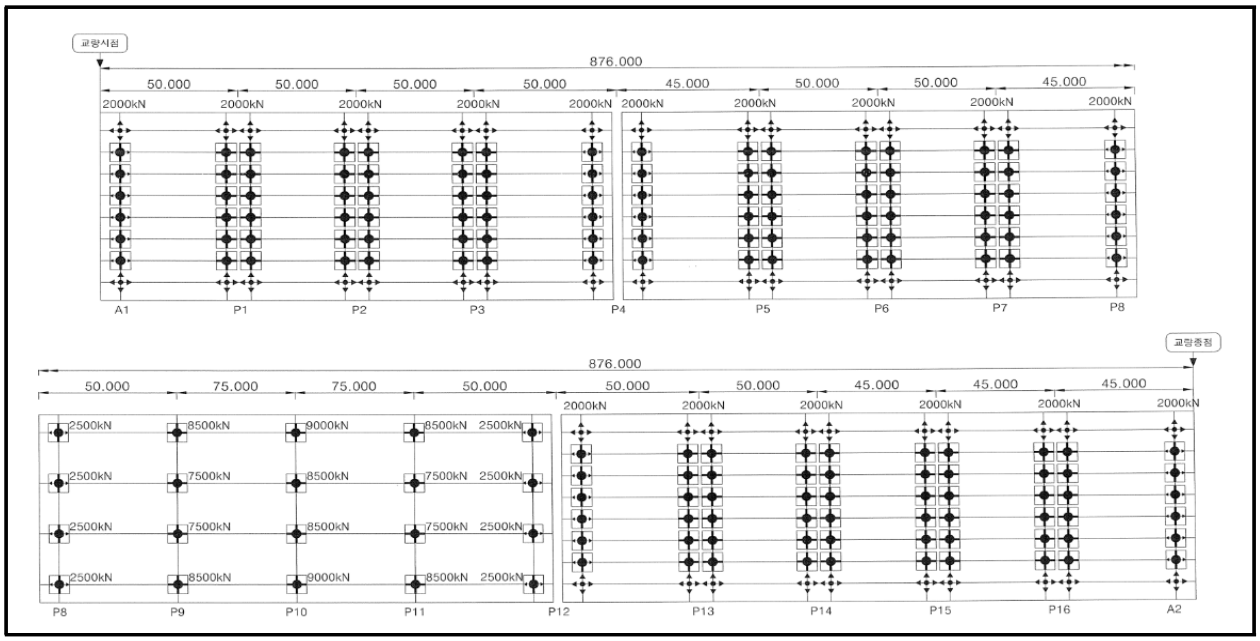
4) 검토의견

■ 교각에 대한 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 균열(0.3㎜미만, 이상), 망상균열, 박리가 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리, 주입보수, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 서문15교의 받침은 면진받침으로 총 228기(EQS 및 OMEQS 176기, DISK받침 52기)가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 19.3.1】 교량받침 배치도



면진받침 전경(EQS)	면진받침 전경(OMEQS)	면진받침 전경(DISK)

【사진 19.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침의 현장조사 결과 받침몰탈 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 재료분리, 파손, 받침부식, 고정핀 미제거 등이 조사되었다.

【표 19.3.9】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 균열 (0.3㎜미만) (m/개소)		받침몰탈 망상균열 (㎡/개소)		받침콘크리트 균열 (0.3㎜미만) (m/개소)		받침콘크리트 망상균열 (㎡/개소)		받침콘크리트 재료분리 (㎡/개소)		받침콘크리트 파손 (㎡/개소)		받침부식 (개소)		고정핀 미제거 (개소)	
A1	0.80	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.0	24
P1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	12.9	43	-	-	-	-	0.90	2	0.89	5	-	-	-	-	48.0	48
P5	2.40	8	-	-	0.60	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P8	5.40	18	-	-	-	-	-	-	0.88	6	-	-	2.00	2	24.0	24
P9	0.30	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P12	8.40	28	0.05	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1	24.0	24
P13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	6.30	21	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	1	-	-	24.0	24
합계	36.50	123	0.05	1	0.60	2	0.90	2	1.77	11	0.04	1	3.00	3	144.0	144



A1-Sh5 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)

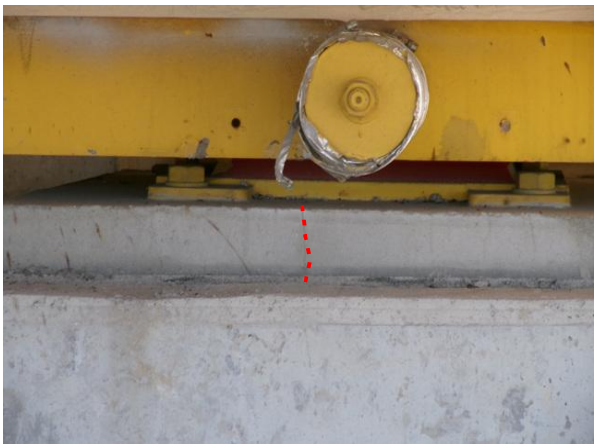
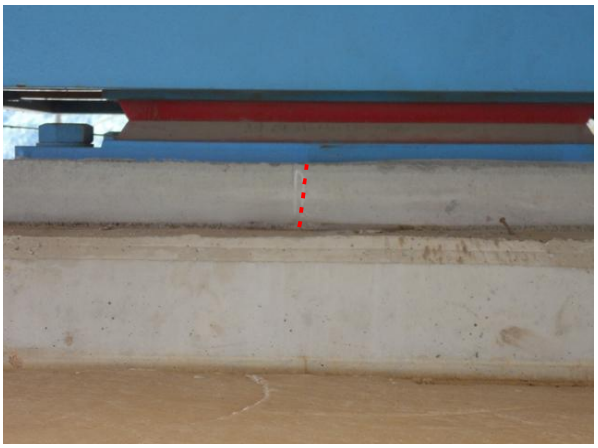
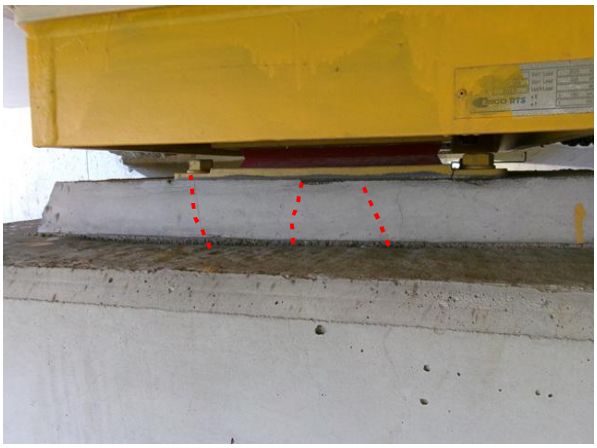


A1-Sh7 고정핀 미제거

【사진 19.3.13】 교량받침 손상현황

	
A2-Sh6 받침콘크리트 파손(0.2×0.2)	P4-Sh1 받침콘크리트 망상균열(1.5×0.3)
	
P4-Sh3 받침콘크리트 재료분리(1.0×0.2)	P4-Sh11 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
P5-Sh4 받침콘크리트 균열(Cw=0.3㎜미만)	P8-Sh1 받침 플레이트 부식(1EA)

【사진 19.3.13】 교량받침 손상현황 (계속)

	
P8-Sh1 받침콘크리트 재료분리(1.0×0.1)	P8-Sh8 받침 플레이트 부식(1EA)
	
P8-Sh12 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)	P9-Sh2 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
P12-Sh1 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)	P12-Sh12 받침몰탈 망상균열(0.5×0.1)

【사진 19.3.13】 교량받침 손상현황 (계속)

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

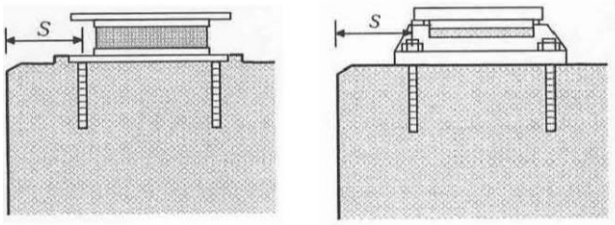
4) 검토의견

■ 교량받침의 현장조사 결과 건조수축, 온도변화, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 받침몰탈 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 재료분리, 파손, 받침부식, 고정핀 미제거가 조사되었으며, 조사된 손상은 부재의 내구성 확보를 위하여 표면처리, 단면보수, 재도장, 정비 등을 실시하는 것이 필요하다.

5) 연단거리 검토

■ 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.

■ 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 19.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 19.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=45.0m) : 200+5×45.0 = 425(㎜)
- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×60.0 = 450(㎜)
- 거더 경간길이(L=75.0m) : 200+5×61.0 = 575(㎜)

【표 19.3.10】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)								검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	Sh7	Sh8	
			Sh9	Sh10	Sh11	Sh12	Sh13	Sh14	Sh15	Sh16	
A1		450	580	480	480	480	480	480	480	580	O.K
P1	A1측	450	840	810	810	810	810	810	810	840	O.K
	A2측	450	960	930	930	930	930	930	930	960	O.K
P2	A1측	450	950	910	910	910	910	910	910	950	O.K
	A2측	450	960	920	920	920	920	920	920	960	O.K
P3	A1측	450	950	910	910	910	910	910	910	950	O.K
	A2측	450	960	930	930	930	930	930	930	960	O.K
P4	A1측	450	870	830	830	830	830	830	830	870	O.K
	A2측	425	850	850	850	850	850	850	850	850	O.K
P5	A1측	425	970	940	940	940	940	940	940	970	O.K
	A2측	450	970	950	950	950	950	950	950	970	O.K
P6	A1측	450	980	960	960	960	960	960	960	980	O.K
	A2측	450	980	960	960	960	960	960	960	980	O.K
P7	A1측	450	970	950	950	950	950	950	950	970	O.K
	A2측	425	970	950	950	950	950	950	950	970	O.K
P8	A1측	425	940	770	770	770	770	770	770	940	O.K
	A2측	450	800	800	800	800					O.K
P9	A1측	450	1350	1350	1350	1350					O.K
	A2측	575	1350	1350	1350	1350					O.K
P10	A1측	575	1340	1340	1340	1340					O.K
	A2측	575	1340	1340	1340	1340					O.K
P11	A1측	575	1340	1340	1340	1340					O.K
	A2측	450	1340	1340	1340	1340					O.K
P12	A1측	450	800	800	800	800					O.K
	A2측	450	770	690	690	690	690	690	690	770	O.K
P13	A1측	450	970	940	940	940	940	940	940	970	O.K
	A2측	450	980	950	950	950	950	950	950	980	O.K
P14	A1측	450	990	950	950	950	950	950	950	980	O.K
	A2측	425	1050	950	950	950	950	950	950	1050	O.K
P15	A1측	425	970	940	940	940	940	940	940	980	O.K
	A2측	425	990	960	960	960	960	960	960	990	O.K
P16	A1측	425	980	950	950	950	950	950	950	980	O.K
	A2측	425	980	930	930	930	930	930	930	980	O.K
A2		425	650	610	610	610	610	610	610	950	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 19.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 19.3.11】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	24.4	25.6	0.00001	100	24.4	25.6	
P1	40.4	9.6	0.00001	50	20.2	4.8	
P2	고정단						
P3	40.4	9.6	0.00001	50	20.2	4.8	
P4(A1)	24.4	25.6	0.00001	100	24.4	25.6	
P4(A2)	24.4	25.6	0.00001	95	23.2	24.3	
P5	40.4	9.6	0.00001	50	20.2	4.8	
P6	고정단						
P7	40.4	9.6	0.00001	50	20.2	4.8	
P8(A1)	24.4	25.6	0.00001	95	23.2	24.3	
P8(A2)	29.4	30.6	0.000012	125	44.1	45.9	
P9	45.4	14.6	0.000012	75	40.9	13.1	
P10	고정단						
P11	45.4	14.6	0.000012	75	40.9	13.1	
P12(A1)	29.4	30.6	0.000012	125	44.1	45.9	
P12(A2)	24.4	25.6	0.00001	117.5	28.7	30.1	
P13	40.4	9.6	0.00001	67.5	27.3	6.5	
P14	40.4	9.6	0.00001	17.5	7.1	1.7	
P15	40.4	9.6	0.00001	27.5	11.1	2.6	
P16	40.4	9.6	0.00001	72.5	29.3	7.0	
A2	24.4	25.6	0.00001	117.5	28.7	30.1	
1) 조사당시 온도 : 25.4℃(조사일 : 2022년 08월 23일, 평균온도, 서울) - P1~3, 5~7, 9~11, 13~16 9.4℃(조사일 : 2022년 10월 18일, 평균온도, 서울) - A1, A2, P4, P8, P12 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)							

【표 19.3.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	30(A2)	130	190	24.4	25.6	±160	O.K
	SH2	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH3	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH4	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH5	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH6	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH7	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH8	30(A2)	130	190			±160	O.K
P1	SH1	10(A2)	150	170	20.2	4.8	±160	O.K
	SH2	10(A2)	110	130			±120	O.K
	SH3	10(A2)	110	130			±120	O.K
	SH4	10(A2)	110	130			±120	O.K
	SH5	10(A2)	110	130			±120	O.K
	SH6	10(A2)	110	130			±120	O.K
	SH7	10(A2)	110	130			±120	O.K
	SH8	10(A2)	150	170			±160	O.K
	SH9	10(A2)	190	210			±160	O.K
	SH10	10(A2)	110	130			±120	O.K
	SH11	10(A2)	110	130			±120	O.K
	SH12	10(A2)	110	130			±120	O.K
	SH13	10(A2)	110	130			±120	O.K
	SH14	10(A2)	110	130			±120	O.K
	SH15	10(A2)	110	130			±120	O.K
	SH16	10(A2)	150	170			±160	O.K
P2	고정단							
P3	SH1	10(A2)	170	150	20.2	4.8	±160	O.K
	SH2	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH3	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH4	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH5	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH6	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH7	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH8	10(A2)	170	150			±160	O.K
	SH9	10(A2)	170	150			±160	O.K
	SH10	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH11	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH12	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH13	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH14	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH15	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH16	10(A2)	170	150			±160	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

【표 19.3.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P4(A1)	SH1	20(A1)	140	180	24.4	25.6	±160	O.K
	SH2	20(A1)	140	180			±160	O.K
	SH3	20(A1)	140	180			±160	O.K
	SH4	20(A1)	140	180			±160	O.K
	SH5	20(A1)	140	180			±160	O.K
	SH6	20(A1)	140	180			±160	O.K
	SH7	20(A1)	140	180			±160	O.K
	SH8	20(A1)	140	180			±160	O.K
P4(A2)	SH9	30(A2)	130	190	23.2	24.3	±160	O.K
	SH10	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH11	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH12	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH13	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH14	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH15	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH16	30(A2)	130	190			±160	O.K
P5	SH1	5(A2)	155	165	20.2	4.8	±160	O.K
	SH2	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH3	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH4	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH5	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH6	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH7	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH8	5(A2)	155	165			±160	O.K
	SH9	5(A2)	155	165			±160	O.K
	SH10	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH11	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH12	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH13	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH14	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH15	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH16	5(A2)	155	165			±160	O.K
P6	고정단							
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

【표 19.3.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P7	SH1	5(A2)	155	165	20.2	4.8	±160	O.K
	SH2	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH3	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH4	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH5	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH6	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH7	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH8	5(A2)	155	165			±160	O.K
	SH9	5(A2)	175	185			±160	O.K
	SH10	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH11	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH12	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH13	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH14	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH15	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH16	5(A2)	155	165			±160	O.K
P8(A1)	SH1	40(A1)	120	200	23.2	24.3	±160	O.K
	SH2	40(A1)	120	200			±160	O.K
	SH3	40(A1)	120	200			±160	O.K
	SH4	40(A1)	120	200			±160	O.K
	SH5	40(A1)	120	200			±160	O.K
	SH6	40(A1)	120	200			±160	O.K
	SH7	40(A1)	120	200			±160	O.K
	SH8	40(A1)	120	200			±160	O.K
P8(A2)	SH9	10(A2)	150	170	44.1	45.9	±160	O.K
	SH10	10(A2)	150	170			±160	O.K
	SH11	10(A2)	150	170			±160	O.K
	SH12	10(A2)	150	170			±160	O.K
P9	SH1	10(A1)	130	110	40.9	13.1	±120	O.K
	SH2	10(A1)	130	110			±120	O.K
	SH3	10(A1)	130	110			±120	O.K
	SH4	10(A1)	130	110			±120	O.K
P10	고정단							
P11	SH1	10(A2)	130	110	40.9	13.1	±120	O.K
	SH2	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH3	10(A2)	130	110			±120	O.K
	SH4	10(A2)	130	110			±120	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

【표 19.3.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P12(A1)	SH1	30(A1)	130	190	44.1	45.9	±160	O.K
	SH2	30(A1)	130	190			±160	O.K
	SH3	30(A1)	130	190			±160	O.K
	SH4	30(A1)	130	190			±160	O.K
P12(A2)	SH5	30(A2)	130	190	28.7	30.1	±160	O.K
	SH6	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH7	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH8	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH9	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH10	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH11	30(A2)	130	190			±160	O.K
	SH12	30(A2)	130	190			±160	O.K
P13	SH1	5(A2)	155	165	27.3	6.5	±160	O.K
	SH2	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH3	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH4	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH5	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH6	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH7	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH8	5(A2)	155	165			±160	O.K
	SH9	5(A2)	155	165			±160	O.K
	SH10	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH11	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH12	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH13	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH14	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH15	5(A2)	115	125			±120	O.K
	SH16	5(A2)	155	165			±160	O.K
P14	SH1	0	160	160	7.1	1.7	±160	O.K
	SH2	0	120	120			±120	O.K
	SH3	0	120	120			±120	O.K
	SH4	0	120	120			±120	O.K
	SH5	0	120	120			±120	O.K
	SH6	0	120	120			±120	O.K
	SH7	0	120	120			±120	O.K
	SH8	0	160	160			±160	O.K
	SH9	0	160	160			±160	O.K
	SH10	0	120	120			±120	O.K
	SH11	0	120	120			±120	O.K
	SH12	0	120	120			±120	O.K
	SH13	0	120	120			±120	O.K
	SH14	0	120	120			±120	O.K
	SH15	0	120	120			±120	O.K
	SH16	0	160	160			±160	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

【표 19.3.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P15	SH1	0	160	160	11.1	2.6	±160	O.K
	SH2	0	120	120			±120	O.K
	SH3	0	120	120			±120	O.K
	SH4	0	120	120			±120	O.K
	SH5	0	120	120			±120	O.K
	SH6	0	120	120			±120	O.K
	SH7	0	120	120			±120	O.K
	SH8	0	160	160			±160	O.K
	SH9	0	160	160			±160	O.K
	SH10	0	120	120			±120	O.K
	SH11	0	120	120			±120	O.K
	SH12	0	120	120			±120	O.K
	SH13	0	120	120			±120	O.K
	SH14	0	120	120			±120	O.K
	SH15	0	120	120			±120	O.K
	SH16	0	160	160			±160	O.K
P16	SH1	5(A1)	155	165	29.3	7.0	±160	O.K
	SH2	5(A1)	115	125			±120	O.K
	SH3	5(A1)	115	125			±120	O.K
	SH4	5(A1)	115	125			±120	O.K
	SH5	5(A1)	115	125			±120	O.K
	SH6	5(A1)	115	125			±120	O.K
	SH7	5(A1)	115	125			±120	O.K
	SH8	5(A1)	155	165			±160	O.K
	SH9	5(A1)	155	165			±160	O.K
	SH10	5(A1)	115	125			±120	O.K
	SH11	5(A1)	115	125			±120	O.K
	SH12	5(A1)	115	125			±120	O.K
	SH13	5(A1)	115	125			±120	O.K
	SH14	5(A1)	115	125			±120	O.K
	SH15	5(A1)	115	125			±120	O.K
	SH16	5(A1)	155	165			±160	O.K
A2	SH1	35(A1)	125	195	28.7	30.1	±160	O.K
	SH2	35(A1)	125	195			±160	O.K
	SH3	35(A1)	125	195			±160	O.K
	SH4	35(A1)	125	195			±160	O.K
	SH5	35(A1)	125	195			±160	O.K
	SH6	35(A1)	125	195			±160	O.K
	SH7	35(A1)	125	195			±160	O.K
	SH8	35(A1)	125	195			±160	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

■ 본 교량의 신축이음장치는 A1, P4, P8, P12, A2 강핑거조인트로 시공된 상태이다.



EXP.J1(A1) 전경



EXP.J2(P4) 전경



EXP.J3(P8) 전경



EXP.J4(P12) 전경



EXP.J5(A2) 전경

【사진 19.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

■ 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3㎜미만), 파손, 이물질퇴적, 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.

【표 19.3.13】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		이물질퇴적 (m/개소)		하부 누수 (m/개소)		여유량 부족 (개소)	
A1 (EXP J1)	2.70	9	-	-	2.50	2	0.50	1	1.00	1
P4 (EXP J2)	5.40	27	-	-	2.00	1	-	-	1.00	1
P8 (EXP J3)	3.00	15	-	-	-	-	-	-	1.00	1
P12 (EXP J4)	1.80	9	0.02	1	1.50	1	-	-	1.00	1
A2 (EXP J5)	3.30	11	-	-	1.00	1	0.50	1	-	-
합계	16.20	71	0.02	1	7.00	5	1.00	2	4.00	4

	
A1 유간 이물질퇴적(L=1.5m)	A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
P4 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	P8 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
P12 후타재 파손(0.1×0.2)	A2 하부 누수(L=0.5m)

【사진 19.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

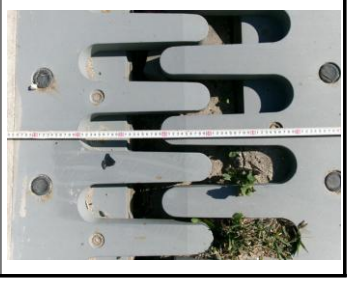
■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 신축이음의 현장조사 결과 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의한 후타재 균열(0.3㎜미만), 파손, 이물질퇴적, 하부 누수가 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수, 정비(재설치) 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 18. 기온 적용: 9.4℃(일평균)
강교 △T(신장시) : 40.0℃−9.4℃ = 30.6℃
△T(수축시) : −20.0℃−(9.4℃) = 29.4℃
RC교 △T(신장시) : 35.0℃−9.4℃ = 25.6℃
△T(수축시) : −15.0℃−(9.4℃) = 24.4℃
△lt(최소필요유간) : △T× α ×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α (/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 19.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 19.3.14】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	24.4	25.6	0.00001	100	24.4	25.6	107	115	155	
P4	24.4	25.6	0.00001	195	47.6	49.9	166	165	440	
P8	24.4	25.6	0.00001	95	23.2	24.3	146	215	290	
	29.4	30.6	0.000012	125.0	44.1	45.9				
P12	29.4	30.6	0.000012	125.0	44.1	45.9	190	165	290	
	24.4	25.6	0.00001	117.5	28.7	30.1				
A2	24.4	25.6	0.00001	117.5	28.7	30.1	83	155	205	
1) 조사당시 온도 : 9.4℃(조사일 : 2022년 10월 18일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 19.3.15】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜) 최대 수축시 ①	계산 이동량(㎜) 최대 신장시 ②	점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜) 최대 수축시 (①+③)	신축 여유량(㎜) 최대 신장시 (③−②)	검토 결과
A1	신축이음	24.4	25.6	107	100	−31.40	81.40	N.G
	바닥판			115	−	−	89.4	O.K
	거더			155	−	−	129.4	O.K
P4	신축이음	47.6	49.9	166	200	−13.60	116.10	N.G
	바닥판			165	−	−	115.1	O.K
	거더			440	−	−	390.1	O.K
P8	신축이음	67.3	70.2	146	200	−13.30	75.80	N.G
	바닥판			215	−	−	144.8	O.K
	거더			290	−	−	219.8	O.K
P12	신축이음	72.8	76.0	190	250	−12.80	114.00	N.G
	바닥판			165	−	−	89.0	O.K
	거더			290	−	−	214.0	O.K
A2	신축이음	28.7	30.1	83	120	8.30	52.90	O.K
	바닥판			155	−	−	124.9	O.K
	거더			205	−	−	174.9	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A1, P4, P8, P12 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 서문15교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 LMC 포장(T=50㎜)으로 되어있다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

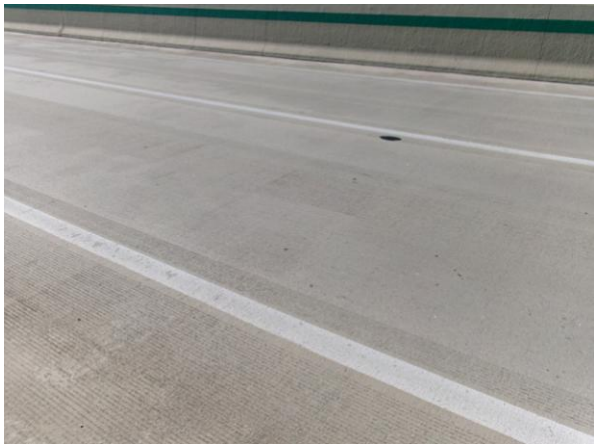
【사진 19.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장 현장조사 결과 주행차로내 전반적인 망상균열이 조사되었다.

【표 19.3.16】 교면포장 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)	
S1	700.00	2
S2	700.00	2
S3	700.00	2
S4	700.00	2
S5	630.00	2
S6	700.00	2
S7	700.00	2
S8	630.00	2
S9	700.00	2
S10	1050.00	2
S11	1050.00	2
S12	700.00	2
S13	700.00	2
S14	700.00	2
S15	630.00	2
S16	630.00	2
S17	630.00	2
합계	12,250.00	34

	
S5 포장 망상균열(45.0×7.0)	S14 포장 망상균열(50.0×7.0)
	
S15 포장 망상균열(45.0×7.0)	S16 포장 망상균열(45.0×7.0)

【사진 19.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장의 현장조사 결과 건조수축, 온도변화, 차량의 윤하중, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 주행차로내 망상균열이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 포장보수(재포장 등)를 실시하는 것이 필요하다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 서문15교의 상부는 그레이팅 덮개로 마감된 배수구, 하부는 육교형 배수관이 시공되어있고, 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌·우측에 배수시설이 설치되어 있다.



배수구 전경



배수관 전경

【사진 19.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수관 누수, 막힘, 연결불량, 파손, 배수구 막힘이 조사되었다.

【표 19.3.17】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수관 누수 (개소/개소)		배수관 막힘 (개소/개소)		배수관 연결불량 (개소/개소)		배수관 파손 (개소/개소)		배수구 막힘 (개소/개소)	
S1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	1.00	1	-	-	-	-	-	-
S6	1.00	1	-	-	1.00	1	-	-	-	-
S7	2.00	2	-	-	-	-	-	-	5.00	5
S8	-	-	-	-	-	-	1.00	1	15.00	15
S9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S12	-	-	-	-	1.00	1	1.00	1	-	-
S13	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	4
S14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S17	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1
합계	3.00	3	1.00	1	2.00	2	2.00	2	25.00	25

	
S5 배수관 막힘(1EA)	S6 배수관 누수(1EA)
	
S6 배수관 연결불량(누수)(5EA)	S7 배수구 막힘(5EA)
	
S7 배수관 누수(1EA)	S8 배수구 막힘(15EA)

【사진 19.3.22】 배수시설 손상현황

	
S8 배수관 파손(1EA)	S12 배수관 파손(1EA)
	
S13 배수구 막힘(4EA)	S17 배수구 막힘(1EA)

【사진 19.3.22】 배수시설 손상현황 (계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수시설의 현장조사 결과 시공미흡, 차량통행에 의한 비산물퇴적 등에 의한 배수관 누수, 막힘, 연결불량, 파손, 배수구 막힘이 조사되었으며, 부재의 내구성 확보 및 2차손상 방지를 위한 정비(재설치) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽 전경



중분대 전경

【사진 19.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3㎜미만, 이상), 균열부백태, 파손이 조사되었다.

【표 19.3.18】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)		균열부백태 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
S1	34.20	34	-	-	-	-	-	-
S2	38.00	29	-	-	0.20	2	-	-
S3	55.50	42	-	-	-	-	-	-
S4	25.00	19	-	-	-	-	0.06	1
S5	18.00	13	-	-	-	-	-	-
S6	30.50	23	-	-	-	-	-	-
S7	28.50	20	-	-	-	-	0.03	1
S8	23.00	17	-	-	-	-	0.10	1
S9	58.50	31	-	-	-	-	-	-
S10	55.50	37	-	-	-	-	-	-
S11	34.50	23	-	-	-	-	-	-
S12	31.50	21	-	-	-	-	-	-
S13	3.00	2	-	-	-	-	-	-
S14	3.00	2	-	-	-	-	-	-
S15	3.00	2	1.50	1	-	-	-	-
S16	3.00	3	1.50	1	-	-	-	-
S17	3.00	2	-	-	-	-	-	-
합계	447.70	320	3.00	2	0.20	2	0.19	3

	
S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	S2 방호벽 균열부백태(0.1×1.0 ×2EA)
	
S2 중앙분리대 균열(Cw=0.3㎜미만)	S4 중앙분리대 파손(0.2×0.3)
	
S6 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	S7 방호벽 파손(0.1×0.3)

【사진 19.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

	
S8 중앙분리대 파손(0.1×1.0)	S13 중앙분리대 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
S15 방호벽 균열(Cw=0.3㎜이상)	S16 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 19.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황 (계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽의 현장조사 결과 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 균열(0.3㎜미만, 이상), 균열부백태, 파손이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 및 미관 확보 차원에서 표면처리, 주입보수, 단면보수 등을 실시하는 것이 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 서문15교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1, P4, P8, P12, A2에 강재+알루미늄 재질의 점검로가 설치되어 있다.

	
점검로 전경	점검로 전경

【사진 19.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대, 교각에 설치된 점검로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 19.3.19】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
P4	-	-
P8	-	-
P12	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
P4 점검로 상태양호	P8 점검로 상태양호
	
P12 점검로 상태양호	A2 점검로 상태양호

【사진 19.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

19.3.3 외관조사 총괄표

【표 19.3.20】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		망상균열	㎡	37.50	3	
		백태	㎡	0.06	1	
		균열부백태	㎡	17.34	79	
		누수흔적	㎡	0.90	3	
		파손	㎡	0.30	1	
		재료분리	㎡	0.05	1	
거더	Bicon	박리	㎡	0.16	3	
		재료분리	㎡	0.70	4	
	STB외부	상태양호	-	-	-	
	STB내부	상태양호	-	-	-	
가로보	Bicon	재료분리	㎡	0.56	3	
	STB	상태양호	-	-	-	
교대		균열(0.3㎜이상)	m	17.00	9	
		망상균열	㎡	3.00	1	
		백태	㎡	0.09	4	
		균열부백태	㎡	0.60	5	
교각		균열(0.3㎜미만)	m	23.00	2	
		균열(0.3㎜이상)	m	7.00	6	
		망상균열	㎡	226.50	15	
		박리	㎡	0.50	2	
교량받침		받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	36.50	123	
		받침몰탈 망상균열	㎡	0.05	1	
		받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)	m	0.60	2	
		받침콘크리트 망상균열	㎡	0.90	2	
		받침콘크리트 재료분리	㎡	1.77	11	
		받침콘크리트 파손	㎡	0.04	1	
		받침부식	EA	3.00	3	
		고정핀미제거	EA	144.0	144	

【표 19.3.20】 손상내용 총괄표(계속)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	16.20	71	
	후타재 파손	㎡	0.02	1	
	이물질퇴적	m	7.00	5	
	하부 누수	m	1.00	2	
	여유량 부족	EA	4.00	4	
교면포장	망상균열	㎡	12,250.0	34	
배수시설	배수관 누수	EA	3.00	3	
	배수관 막힘	EA	1.00	1	
	배수관 연결불량	EA	2.00	2	
	배수관 파손	EA	2.00	2	
	배수구 막힘	EA	25.00	25	
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	447.70	320	
	균열(0.3㎜이상)	m	3.00	2	
	균열부백태	㎡	0.20	2	
	파손	㎡	0.19	3	
점검시설	상태양호	-	-	-	

19.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

19.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

19.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 19.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	15	15	15	15	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		2	4	2	4	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시
※ 연장별 조정비는 500m 이상으로 80%를 적용함

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



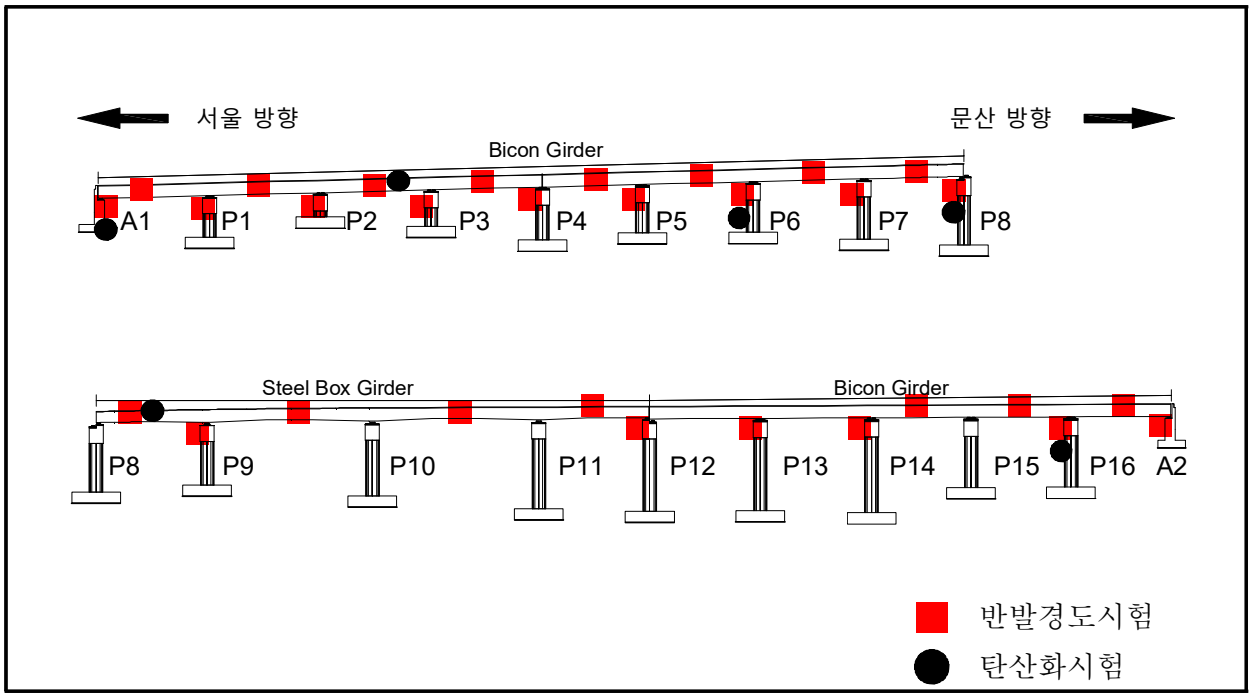
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 19.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 19.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

19.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(각 15개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 19.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S3	바닥판	46.3	27.3	28.7	0.67	27.0	
	S5	바닥판	46.4	27.4	28.8			
	S7	바닥판	47.1	28.0	29.1			
	S9	바닥판	47.3	28.2	29.2			
	S10	바닥판	46.6	27.6	28.9			
	S11	바닥판	47.0	27.9	29.1			
	S12	바닥판	46.4	27.4	28.8			
	S17	바닥판	46.8	27.8	29.0			

【표 19.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
상부구조	S1	거더	49.8	42.2	50.8	0.67	40.0	
	S2	거더	51.1	43.5	52.8			
	S4	거더	50.6	43.0	52.0			
	S6	거더	49.7	42.1	50.6			
	S8	거더	49.4	41.9	50.3			
	S15	거더	50.7	43.2	52.3			
	S16	거더	50.3	42.7	51.6			

【표 19.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(㎫)				설계기준 강도 (㎫)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	구체	43.9	25.3	27.6	0.67	24.0	
	A2	흉벽	42.6	24.1	27.0			

【표 19.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(㎫)				설계기준 강도 (㎫)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	교각	50.0	42.5	51.2	0.67	40.0	
	P2	교각	49.8	42.2	50.8			
	P3	교각	49.4	41.9	50.3			
	P4	교각	49.4	41.9	50.3			
	P5	교각	49.6	42.1	50.6			
	P6	교각	49.6	42.0	50.5			
	P7	교각	49.7	42.1	50.6			
	P8	교각	48.8	41.2	49.3			
	P9	교각	50.0	42.5	51.2			
	P12	교각	49.6	42.1	50.6			
	P13	교각	50.2	42.7	51.5			
	P14	교각	49.2	41.7	50.0			
	P16	교각	49.9	42.3	51.0			

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~29.2㎫, 거더 41.9~52.8㎫, 하부구조 교대 24.1~27.6㎫, 교각 41.2~51.5㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 19.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.3~29.2	27.0	101.1~108.2
	거더	41.9~52.8	40.0	104.7~132.0
하부구조	교대	24.1~27.6	24.0	100.6~114.9
	교각	41.2~51.5	40.0	103.1~128.7

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 19.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S3 바닥판	2.0	40.0	38.0	1.41	100년이상	a
	S9 바닥판	1.5	40.0	38.5	1.06	100년이상	a
하부구조	A1 구체	1.0	100.0	99.0	0.71	100년이상	a
	P6 기둥부	0.5	100.0	99.5	0.35	100년이상	a
	P8 코핑부	1.5	100.0	98.5	1.06	100년이상	a
	P16 코핑부	1.5	100.0	98.5	1.06	100년이상	a

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.5~2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 0.5~1.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 19.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.5~2.0	38.0~38.5	
하부구조	0.5~1.5	98.5~99.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 19.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.3~29.2	27.0	■설계강도 이상(양호)
		거더	41.9~52.8	40.0	
	하부구조	교대	24.1~27.6	24.0	
		교각	41.2~51.5	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		98.5~99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

19.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

19.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 19.5.1】 상태평가 결과표(Bicon)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	Bicon	a	a	a	d	a	b	c	b	c	q	-	a
S2	P1	Bicon	a	a	a	d	a	b	-	a	b	q	-	-
S3	P2	Bicon	b	a	b	d	a	b	-	a	a	q	a	-
S4	P3	Bicon	a	a	b	d	a	c	-	a	a	q	-	-
S5	P4	Bicon	a	b	a	d	c	b	b	b	c	q	-	-
S6	P5	Bicon	a	a	a	d	c	b	-	b	a	q	-	-
S7	P6	Bicon	a	b	a	d	c	c	-	a	a	q	-	a
S8	P7	Bicon	b	a	a	d	c	c	-	a	b	q	-	-
S13	P12	Bicon	a	b	a	d	c	b	c	b	b	q	-	-
S14	P13	Bicon	b	a	a	d	a	b	-	a	a	q	-	-
S15	P14	Bicon	b	a	a	d	a	c	-	a	a	q	-	-
S16	P15	Bicon	a	a	a	d	a	c	-	a	b	q	-	-
S17	P16	Bicon	b	a	a	d	c	b	-	a	a	q	-	a
	A2								c	b	c	q	-	-
평균			0.138	0.123	0.115	0.700	0.238	0.277	0.350	0.136	0.193	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.025	0.025	0.006	0.049	0.007	0.006	0.032	0.012	0.039	-	0.004	0.003
													0.206	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.206) < 0.260

【표 19.5.2】 상태평가 결과표(STB)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S9	P8	STB	b	a	a	d	a	b	b	b	c	q	a	a
S10	P9	STB	b	a	a	d	a	b	–	b	b	q	–	–
S11	P10	STB	a	a	a	d	a	b	–	a	a	q	–	–
S12	P11	STB	a	a	a	d	c	b	–	a	a	q	–	–
평균			0.150	0.100	0.100	0.700	0.175	0.200	0.200	0.150	0.200	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.027	0.020	0.005	0.049	0.005	0.004	0.018	0.014	0.040	–	0.004	0.003
													0.189	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.189) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 19.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문15교(Bicon)	0.206	B	626.0	2	1,252	0.715	0.147
서문15교(STB)	0.189	B	250.0	2	500	0.285	0.054
합계(Σ)			876.0	4	1,752	1.000	0.201
1. 평가지수 =							0.201
2. 상태평가결과 =							B

19.5.2 기 점검 결과와의 비교

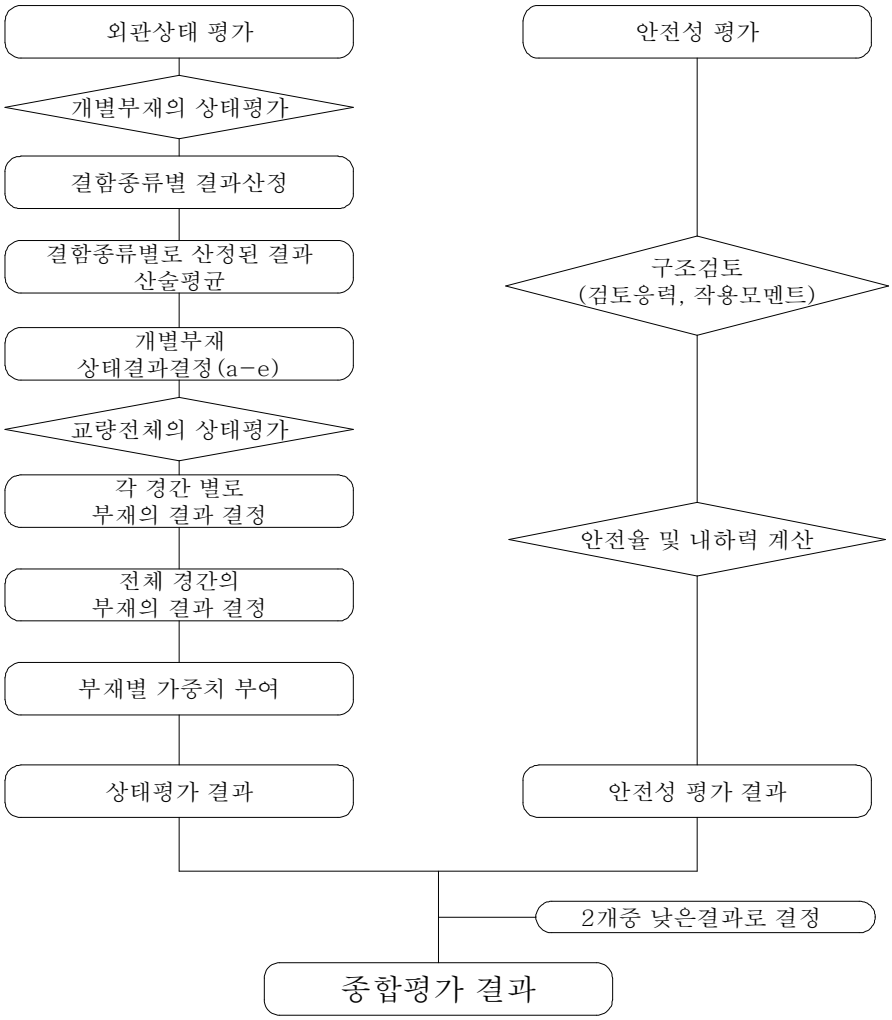
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

19.6 종합평가 및 안전등급 지정

19.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 19.6.1】 종합평가 결과 산정절차

19.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 19.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문15교	0.201	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

19.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 19.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

19.7 보수·보강 및 유지관리방안

19.7.1 보수·보강 방안

【표 19.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		망상균열	㎡	37.50	3	표면처리	하자
		백태	㎡	0.06	1	표면처리	하자
		균열부백태	㎡	17.34	79	표면처리	하자
		누수흔적	㎡	0.90	3	표면처리	하자
		파손	㎡	0.30	1	단면보수	하자
		재료분리	㎡	0.05	1	단면보수	하자
거더	Bicon	박리	㎡	0.16	3	단면보수	하자
		재료분리	㎡	0.70	4	단면보수	하자
	STB외부	상태양호	-	-	-	-	-
	STB내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보	Bicon	재료분리	㎡	0.56	3	단면보수	하자
	STB	상태양호	-	-	-	-	-
교대		균열(0.3㎜이상)	m	17.00	9	주입보수	하자
		망상균열	㎡	3.00	1	표면처리	하자
		백태	㎡	0.09	4	표면처리	하자
		균열부백태	㎡	0.60	5	표면처리	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	m	23.00	2	표면처리	하자
		균열(0.3㎜이상)	m	7.00	6	주입보수	하자
		망상균열	㎡	226.50	15	표면처리	하자
		박리	㎡	0.50	2	단면보수	하자
교량받침		받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	36.50	123	표면처리	하자
		받침몰탈 망상균열	㎡	0.05	1	표면처리	하자
		받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)	m	0.60	2	표면처리	하자
		받침콘크리트 망상균열	㎡	0.90	2	표면처리	하자
		받침콘크리트 재료분리	㎡	1.77	11	단면보수	하자
		받침콘크리트 파손	㎡	0.04	1	단면보수	하자
		받침부식	EA	3.00	3	재도장	하자
		고정핀미제거	EA	144.0	144	정비	하자

【표 19.7.1】 손상별 보수·보강 방안 (계속)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	16.20	71	표면처리	하자
	후타재 파손	㎡	0.02	1	단면보수	하자
	이물질퇴적	m	7.00	5	정비(청소)	하자
	하부 누수	m	1.00	2	정비(재설치)	하자
	여유량 부족	EA	4.00	4	정비(재설치)	하자
교면포장	망상균열	㎡	12,250.0	34	균열보수 (재포장 등)	하자
배수시설	배수관 누수	EA	3.00	3	정비	하자
	배수관 막힘	EA	1.00	1	정비(청소)	하자
	배수관 연결불량	EA	2.00	2	정비	하자
	배수관 파손	EA	2.00	2	정비	하자
	배수구 막힘	EA	25.00	25	정비(청소)	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	447.70	320	표면처리	하자
	균열(0.3㎜이상)	m	3.00	2	주입보수	하자
	균열부백태	㎡	0.20	2	표면처리	하자
	파손	㎡	0.19	3	단면보수	하자
점검시설	상태양호	-	-	-	-	-

19.7.2 개략공사비

【표 19.7.2】 개략공사비

구 분		손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면		망상균열	표면처리	37.50	56.25	㎡	-	-	하자
		백태	표면처리	0.06	0.09	㎡	-	-	하자
		균열부백태	표면처리	17.34	26.01	㎡	-	-	하자
		누수흔적	표면처리	0.90	1.35	㎡	-	-	하자
		파손	단면보수	0.30	0.45	㎡	-	-	하자
		재료분리	단면보수	0.05	0.08	㎡	-	-	하자
거더	Bicon	박리	단면보수	0.16	0.24	㎡	-	-	하자
		재료분리	단면보수	0.70	1.05	㎡	-	-	하자
거더	Bicon	재료분리	단면보수	0.56	0.84	㎡	-	-	하자
교대		균열(0.3㎜이상)	주입보수	17.00	25.50	m	-	-	하자
		망상균열	표면처리	3.00	4.50	㎡	-	-	하자
		백태	표면처리	0.09	0.14	㎡	-	-	하자
		균열부백태	표면처리	0.60	0.90	㎡	-	-	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	표면처리	23.00	5.75	㎡	-	-	하자
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	7.00	10.50	m	-	-	하자
		망상균열	표면처리	226.50	339.75	㎡	-	-	하자
		박리	단면보수	0.50	0.75	㎡	-	-	하자
교량받침		받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	표면처리	36.50	9.13	㎡	-	-	하자
		받침몰탈 망상균열	표면처리	0.05	0.08	㎡	-	-	하자
		받침콘크리트 균열 (0.3㎜미만)	표면처리	0.60	0.15	㎡	-	-	하자
		받침콘크리트 망상균열	표면처리	0.90	1.35	㎡	-	-	하자
		받침콘크리트 재료분리	단면보수	1.77	2.66	㎡	-	-	하자
		받침콘크리트 파손	단면보수	0.04	0.06	㎡	-	-	하자
		받침부식	재도장	3.00	4.50	EA	-	-	하자
		고정핀미제거	정비	144.00	216.00	EA	-	-	하자

【표 19.7.2】 개략공사비 (계속)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	표면처리	16.20	4.05	㎡	-	-	하자
	후타재 파손	단면보수	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
	이물질퇴적	정비(청소)	7.00	10.50	m	-	-	하자
	하부 누수	정비(재설치)	1.00	1.50	m	-	-	하자
	여유량 부족	정비(재설치)	4.00	4.00	EA	-	-	하자
교면포장	망상균열	균열보수 (재포장)	12250	18375	㎡	-	-	하자
배수시설	배수관 누수	정비	3.00	3.00	EA	-	-	하자
	배수관 막힘	정비(청소)	1.00	1.00	EA	-	-	하자
	배수관 연결불량	정비	2.00	2.00	EA	-	-	하자
	배수관 파손	정비	2.00	2.00	EA	-	-	하자
	배수구 막힘	정비(청소)	25.00	25.00	EA	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	447.70	111.93	㎡	-	-	하자
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	3.00	4.50	m	-	-	하자
	균열부백태	표면처리	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
	파손	단면보수	0.19	0.29	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

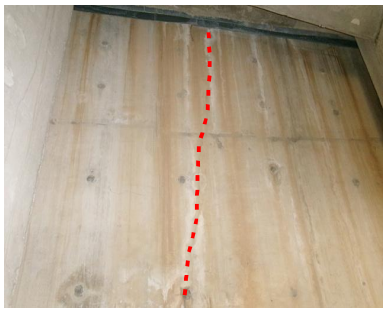
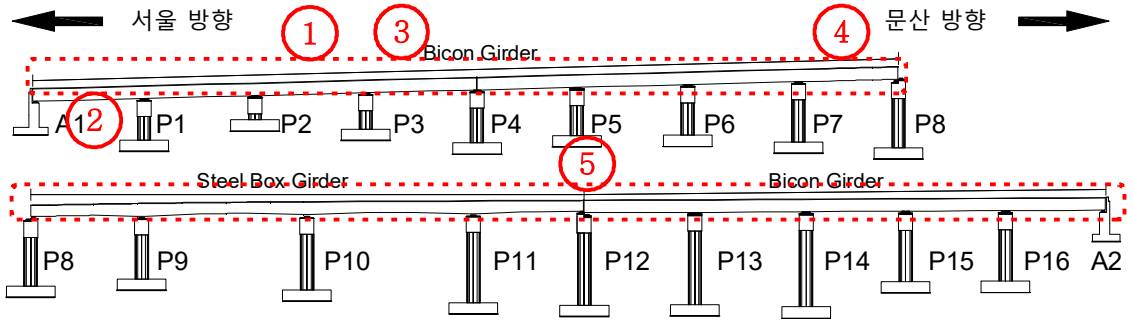
19.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 19.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>① 바닥판 하면 백태, 균열부백태 등 – 진전 여부확인</td><td></td><td>② 하부구조 균열(0.3㎜이상) – 진전 여부확인</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>③ 교면포장 망상균열 – 진전 여부확인</td><td>④ 배수관 및 배수구 누수, 막힘, 파손 등 - 진전 여부확인</td><td>⑤ 신축이음 수축여유량 부족 - 주기적인 계측 필요</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
</table>

19.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 대덕로 158-121 (현천동)에 위치한 교량으로 총 연장 876.0m, 폭 21.0m의 Bicon + Steel Box 거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

19.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 발생한 망상균열, 파손, 재료분리는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 백태, 균열부백태, 누수흔적은 손상부 수분침투, 우수유입, 교면포장 방수층 손상 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 필요하고 추후 진전여부에 대한 주의관찰이 요구된다.

2) 거더

- Bicon 거더에 발생한 박리, 재료분리는 초기 건조수축, 온도변화, 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- ST. BOX 거더는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- Bicon 거더 구간 가로보에 발생한 재료분리는 다짐불량, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- STB 거더 구간의 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 대한 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투 등에 의한 균열(0.3㎜이상), 망상균열, 백태, 균열부백태가 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리, 주입보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교각

■ 교각에 대한 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 균열(0.3㎜미만, 이상), 망상균열, 박리가 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리, 주입보수, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

6) 교량받침

■ 교량받침의 현장조사 결과 건조수축, 온도변화, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 받침몰탈 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 재료분리, 파손, 받침부식, 고정핀 미제거가 조사되었으며, 조사된 손상은 부재의 내구성 확보를 위하여 표면처리, 단면보수, 재도장, 정비 등을 실시하는 것이 필요하다.

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

■ 신축이음의 현장조사 결과 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의한 후타재 균열(0.3㎜미만), 파손, 이물질퇴적, 하부 누수가 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수, 정비(재설치) 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A1, P4, P8, P12 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

8) 교면포장

■ 교면포장의 현장조사 결과 건조수축, 온도변화, 차량의 윤하중, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 주행차로내 망상균열이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 포장보수(재포장 등)를 실시하는 것이 필요하다.

9) 배수시설

- 배수시설의 현장조사 결과 시공미흡, 차량통행에 의한 비산물퇴적 등에 의한 배수관 누수, 막힘, 연결불량, 파손, 배수구 막힘이 조사되었으며, 부재의 내구성 확보 및 2차손상 방지를 위한 정비(재설치) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽의 현장조사 결과 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분침투, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 균열(0.3㎜미만, 이상), 균열부백태, 파손이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 및 미관 확보 차원에서 표면처리, 주입보수, 단면보수 등을 실시하는 것이 필요하다.

11) 교량 점검시설

- 교대, 교각에 설치된 점검로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.
- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~29.2㎫, 거더 41.9~52.8㎫, 하부구조 교대 24.1~27.6㎫, 교각 41.2~51.5㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.5~2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 0.5~1.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 서문15교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.201인 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문15교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

19.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

19.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

20. 고양분기점 7교

20.1 시설물 개요
20.2 자료수집 및 분석
20.3 현장조사
20.4 콘크리트 내구성조사
20.5 상태평가
20.6 종합평가 및 안전등급 지정
20.7 보수·보강 및 유지관리 방안
20.8 종합결론

20. 고양분기점 7교

20.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 원당동 218-5에 위치한 교량으로 총 연장 65.0m, 폭 8.7m로 시공되어 있다.

20.1.1 일반사항

【표 20.1.1】 고양분기점 7교 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000161	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 원당동 218-5	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		-	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=65.0m(65.0m)			
	폭	B=8.7m, 1차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교 대	말뚝기초
	하부	교대: 역T형		교 각	-
교량받침		포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물		-	통과높이		5.3m
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		지에스건설㈜	관리주체		㈜다산컨설턴트
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체		서울문산고속도로주식회사



측면 전경



상부 전경

20.1.2 위치도 및 전경사진



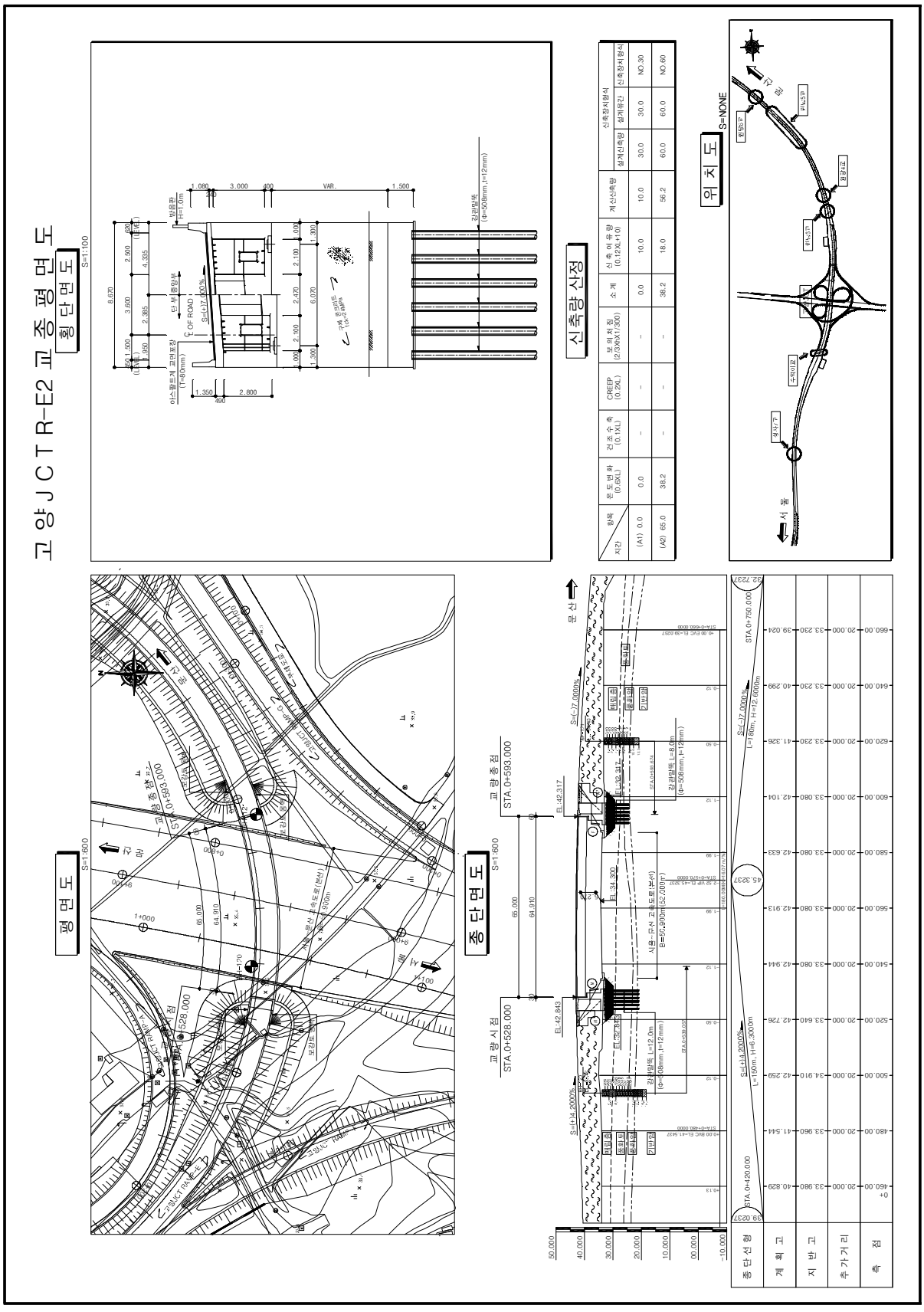
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보, 사다리	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 20.1.1】 위치도

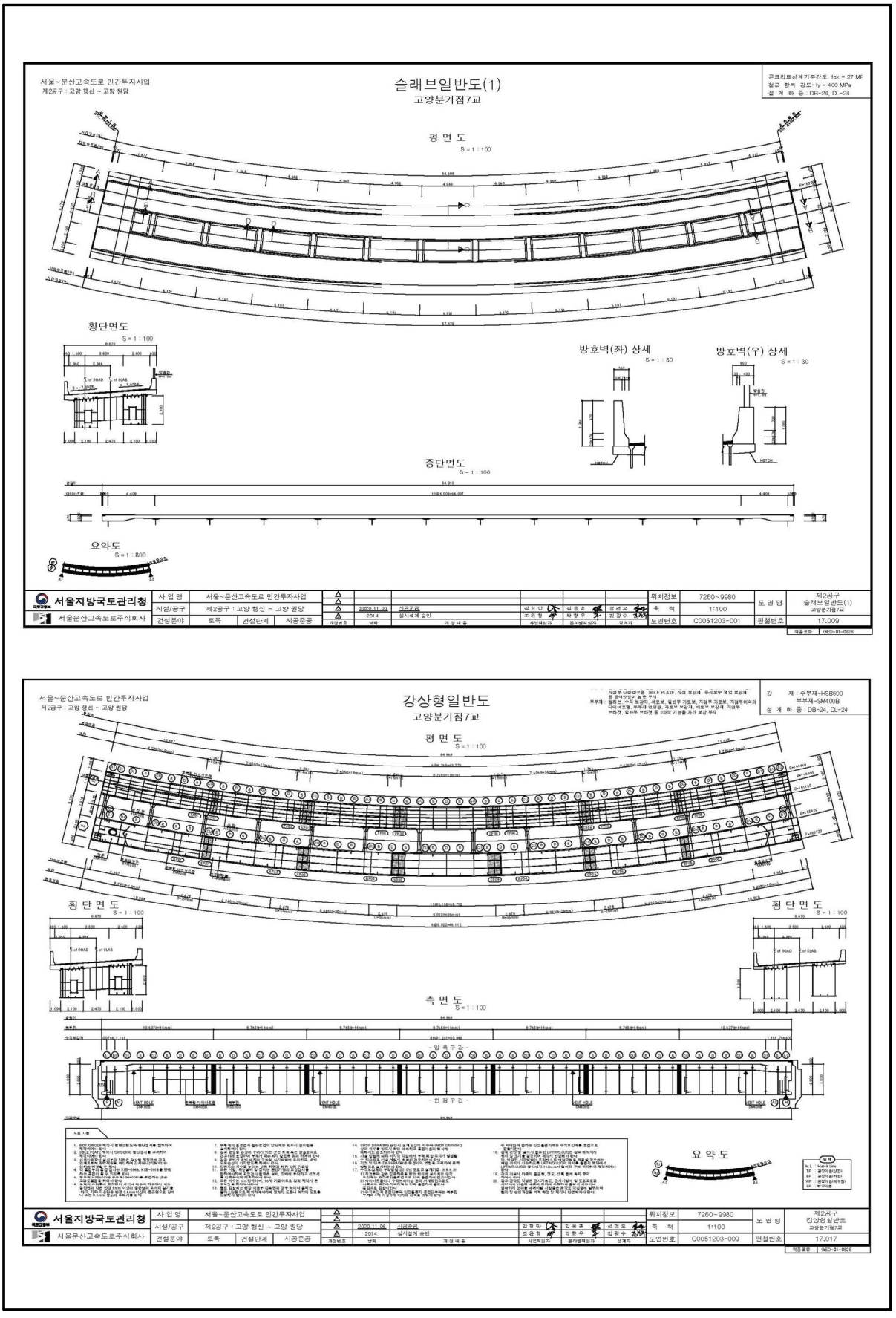
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
배수시설 전경	교대 전경

【그림 20.1.2】 부재별 현황

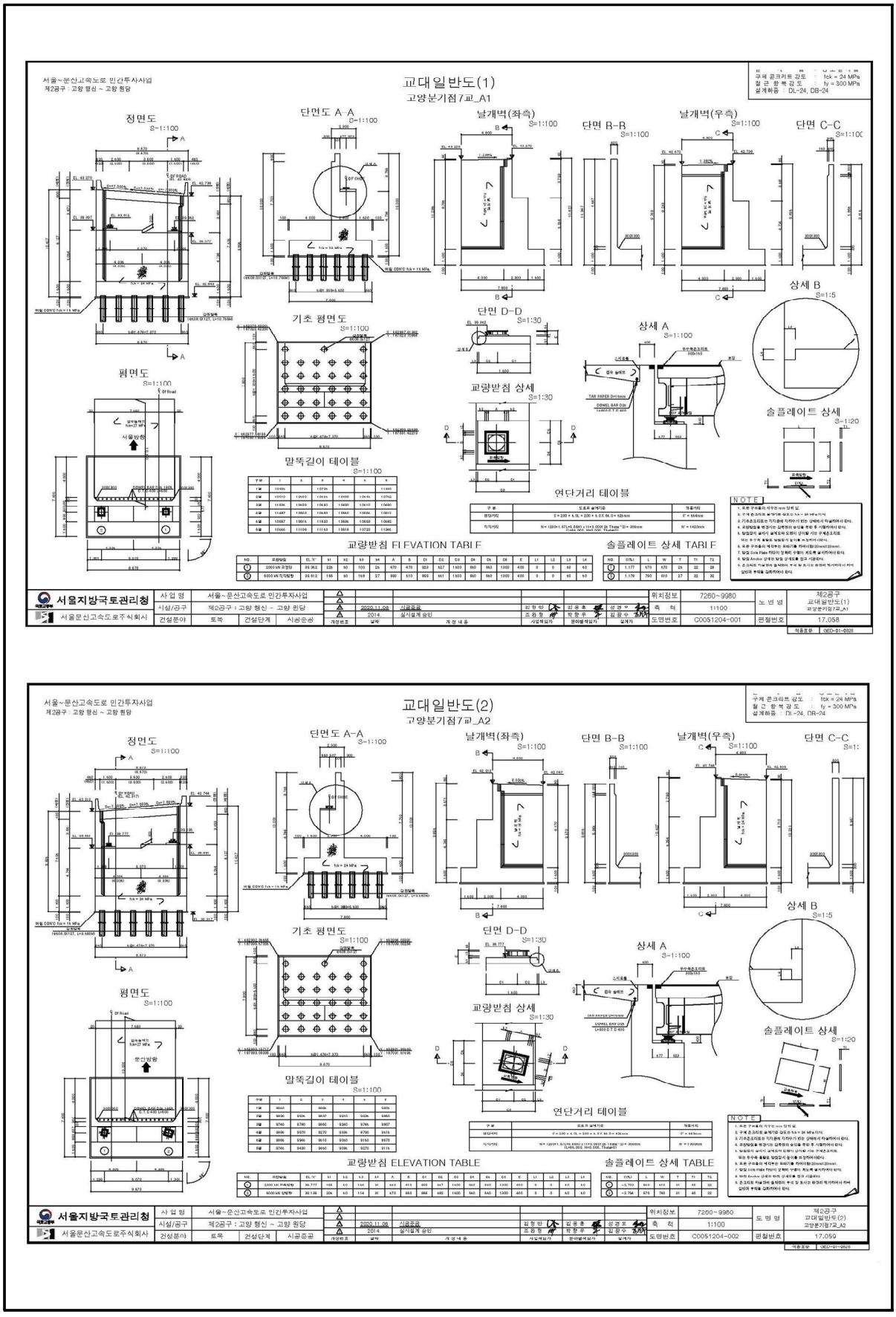
20.1.3 시설물 일반도



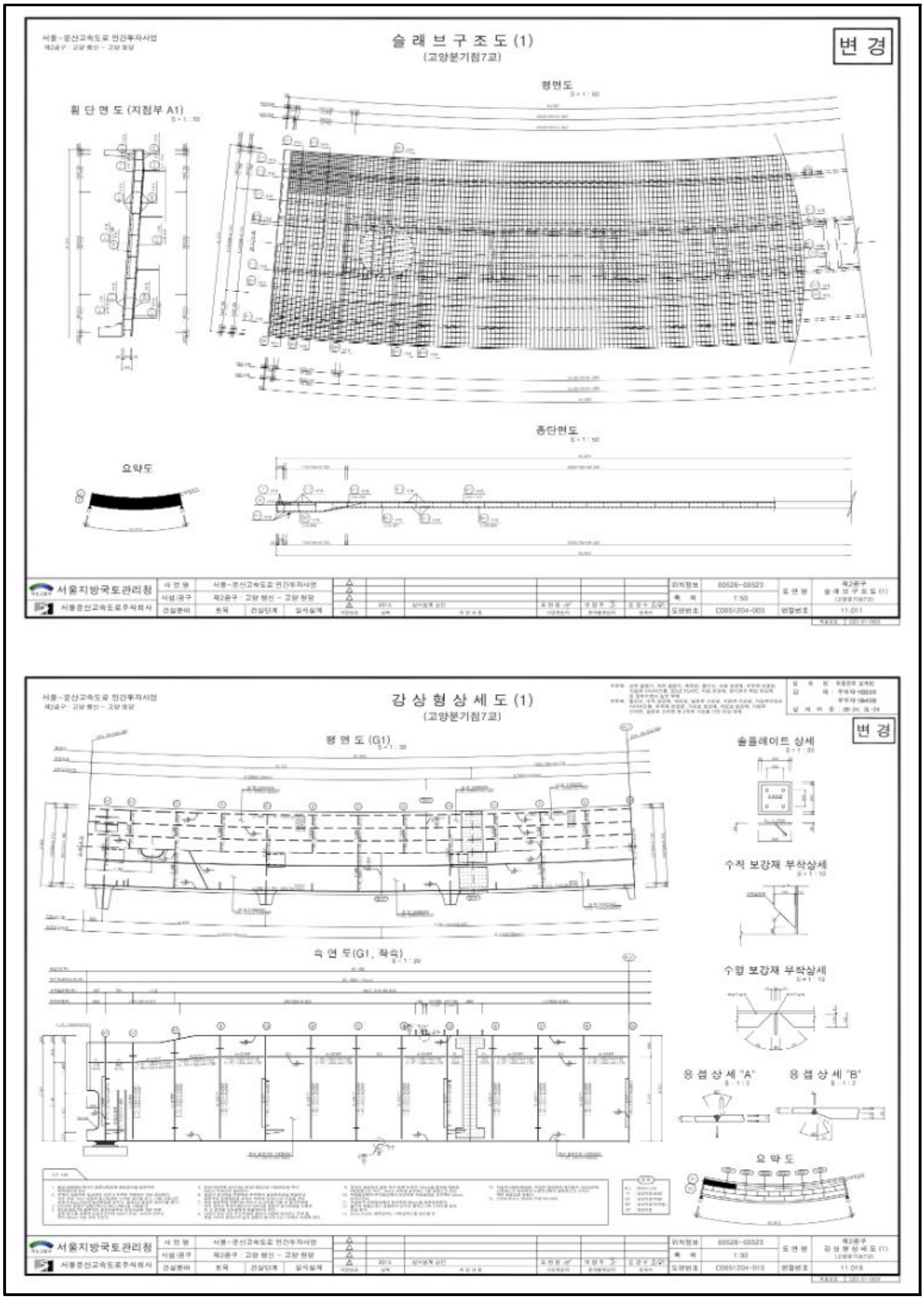
【그림 20.1.3】 평면 및 종단면도



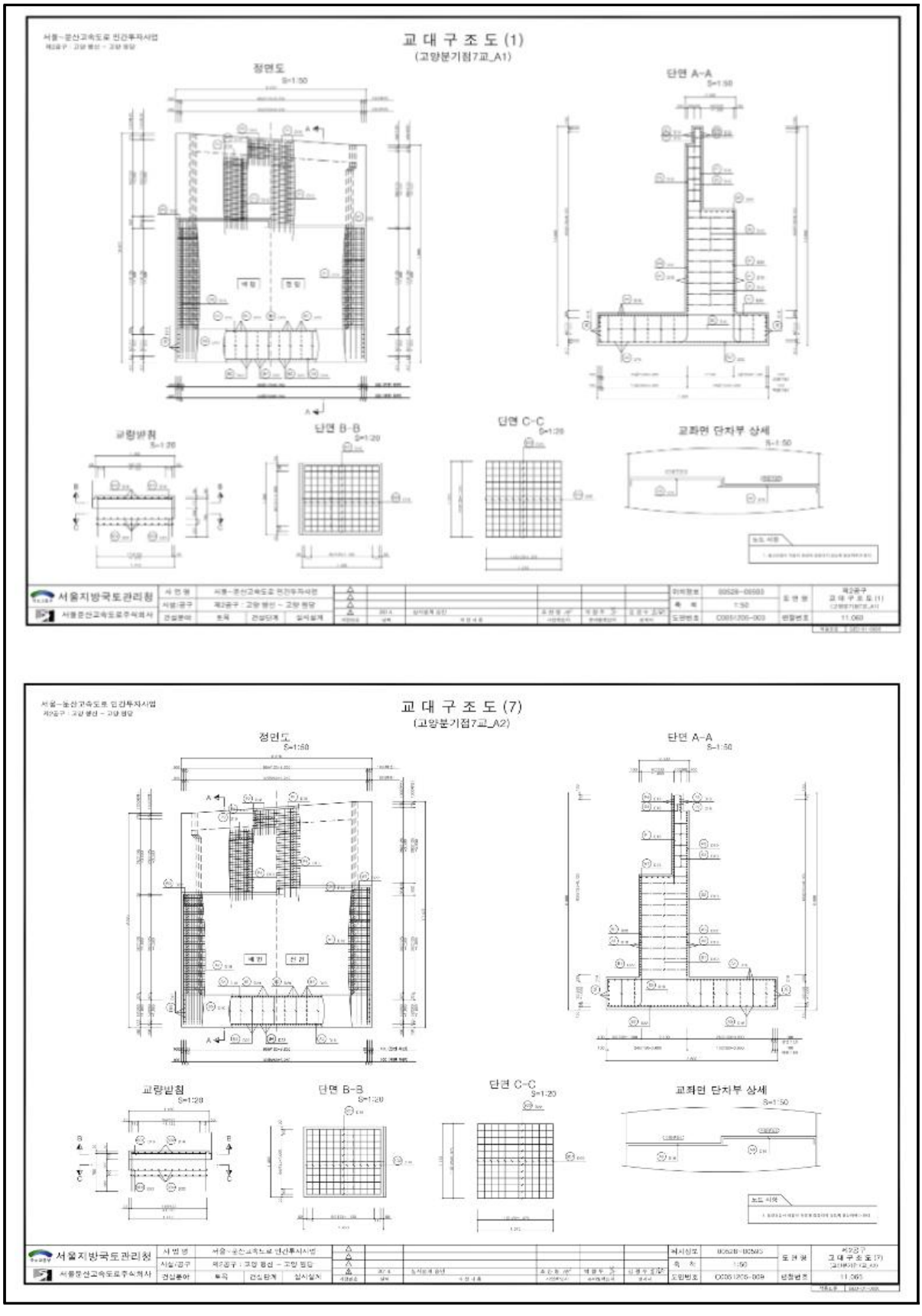
【그림 20.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도



【그림 20.1.5】 교대 일반도



【그림 20.1.6】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도



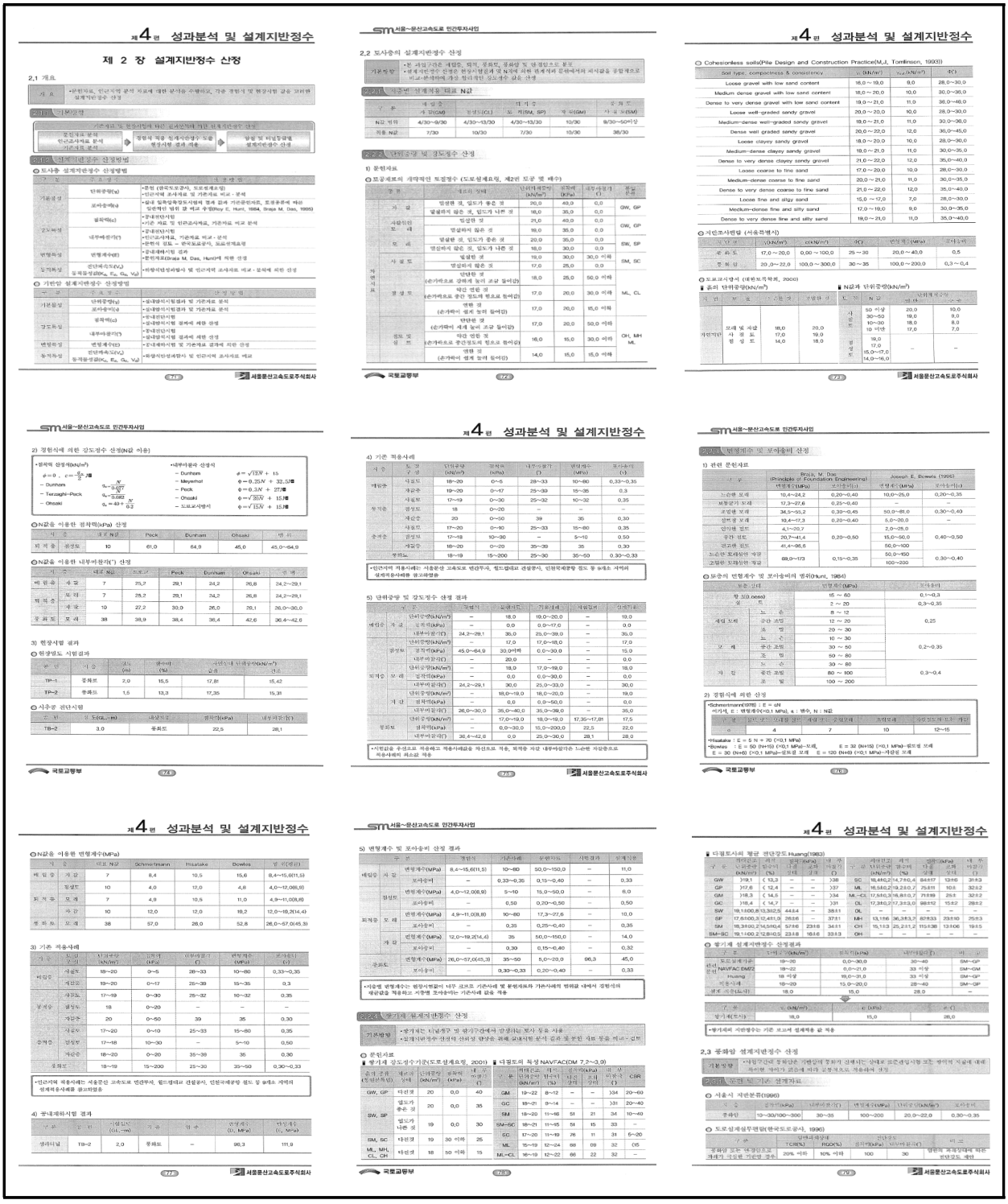
【그림 20.1.7】 교대 구조도

20.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

20.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비 고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	–
	2001	20	30	35	–
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편 암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범 위		19.5~21	10~30	30~36	–

○ 기존 적용사례

구 분	단위중량(kN/m³)	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0,30~0,31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공 번	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31,1	31,4	156,1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	–	19,5~22,0	20,0~22,0	–	20,0
포아송비(v)	–	0,20~0,45	0,30~0,31	–	0,30

○ 전단강도 및 변형계수

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	–	10,0~300	20~50	31,1	30,0
내부마찰각(°)	〉39,5	30,0~36,0	30~33	31,4	31,0
변형계수(MPa)	–	200	50,0~350,0	156,1	150,0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 선정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암 석 종 류 (강도)	암반파쇄상태 (NX 규격 시추조사시) T.C.R(%)	R.Q.D(%)	암반의 강도정수 φ(°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~30%	10~25%	33°	130
	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반명	단위중량 γ_t (kN/m³)	내부마찰각 φ(°)	변형계수 E_s (MPa)	포아송비 υ
연 암	23~25	30~40	200~400	0,25~0,30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0,25
경 암	25~27	35~45	1,000~4,000	0,20

2) 기존 적용사례

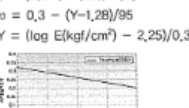
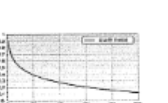
구 분		단위중량(kN/m³)	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	Ⅰ등급	27	4,200	44~45	18,000	0,21
	Ⅱ등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0,22
	Ⅲ등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0,24
	Ⅳ등급	24	800~900	34	1,000	0,25
	Ⅴ등급	23	400	33	500	0,26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

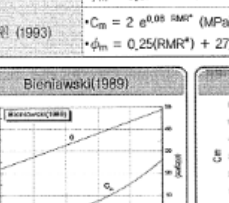
○ 제안자별 경험식

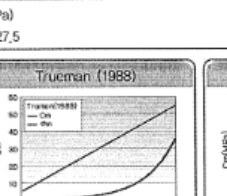
▮ 단위중량 및 포아송비

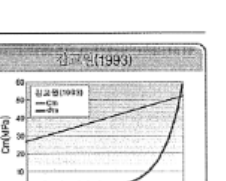
구 분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산 정 식	γ_t (kN/m³) = [2,0+(Y-1,28)/14,3] × 10 υ = 0,3 − (Y−1,28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2,25)/0,35 	υ = −0,17 Ln(RMR')+0,9 

▮ 점착력 및 내부마찰각

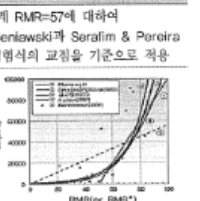
점착력 경험식	관 계 경 험 식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346\times10^{-5}RMR^2$ •$\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031\ RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0.25\ e^{0.05\ RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2\ e^{0.08\ RMR^*}$ (MPa) •$\phi_m = 0.25(RMR^*) + 27.5$







▮ 변형계수

변형계수 경험식	관 계 경 험 식	적 용 내 용
•Bieniawski (1978)	$E_m = 2RMR-100$(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\ e^{0.07RMR^*}$(GPa) − RMR* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\ RMR^{3.54}$ (MPa)	
•Mohammad (1997)	$E_m = 0.562\ RMR + 0.183$ (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구 분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)	포아송비(v) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
터널구간	Ⅰ등급	81	26,3	–	0,21	0,15
	Ⅱ등급	64	25,5	–	0,22	0,19
	Ⅲ등급	53	24,8	–	0,23	0,22
	Ⅳ등급	36	23,8	–	0,24	0,29
	Ⅴ등급	10	22,1	–	0,27	0,49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구 분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	Ⅰ등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	Ⅱ등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	Ⅲ등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	Ⅳ등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	Ⅴ등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구 분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Saratim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간	Ⅰ등급	81	65,000	93,300	55,300
	Ⅱ등급	64	28,000	28,300	24,000
	Ⅲ등급	53	11,800	13,100	12,300
	Ⅳ등급	36	4,400	3,900	3,100
	Ⅴ등급	10	1,000	600	–

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.−m)	지 층	암 종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11,0	연 암	화강암질 편마암	Ⅳ	980,3	1,166,2
	TB-3	17,0	연 암	화강암질 편마암	Ⅳ	598,9	908,3

○실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	압축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16,3~16,4	연암	Ⅳ	26,65	2,832	1,511	47,10	50,759	0,19
	TB-1	23,2~23,4	경암	Ⅲ	27,32	3,215	1,802	42,24	53,119	0,21
	TB-2	13,1~13,3	경암	Ⅲ	27,44	3,012	1,495	73,50	70,884	0,18
	TB-3	21,6~21,8	경암	Ⅲ	28,93	3,067	1,732	73,46	68,416	0,18
	TB-4	20,9~21,1	경암	Ⅲ	27,08	3,831	1,855	100,39	79,951	0,16
	TB-5	18,8~19,0	경암	Ⅲ	27,08	2,724	1,256	69,82	63,800	0,19
	TB-6	8,8~9,0	연암	Ⅳ	26,90	2,688	1,305	97,85	82,344	0,16
	TB-7	21,2~21,4	경암	Ⅲ	27,14	3,412	1,631	57,39	52,647	0,21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	지 층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적 용	포아송비(v) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	Ⅰ등급	27	26,3	–	27,0	0,21	0,15~0,21	–	0,21
	Ⅱ등급	26	25,5	–	26,0	0,22	0,19~0,22	–	0,22
	Ⅲ등급	25	24,8	26,65~26,90	25,0	0,24	0,22~0,23	0,16~0,19	0,24
	Ⅳ등급	24	23,8	27,08~28,93	24,0	0,25	0,24~0,29	0,16~0,21	0,25
	Ⅴ등급	23	22,1	–	23,0	0,26	0,27~0,49	–	0,26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구 분	지 층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적 용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적 용
터널구간	Ⅰ등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	Ⅱ등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	Ⅲ등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	Ⅳ등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	Ⅴ등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구 분	지 층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	Ⅰ등급	18,000	55,300~93,300	–	18,000
	Ⅱ등급	13,000~15,000	24,000~28,300	–	13,000
	Ⅲ등급	4,000~6,000	11,800~13,100	–	4,000
	Ⅳ등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	Ⅴ등급	500	600~1,000	–	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)	암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)
각 섬 암	32	화강암 (조립질)	31~35
현 무 암	31~38	석 회 암	33~40
역 암	35	편 암	31
백 악	30	사 암	25~35
백 운 암	27~31	셰 일	27
편마암 (편암질)	23~29	미 사 암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점 판 암	25~30

주) 좌측 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암 석 명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비 고
점착력이 없는 물질	발파/파쇄 암석	현무암	40,0 ~ 50,0	–	–
		백악	30,0 ~ 40,0		
		화강암	45,0 ~ 50,0		
		석회암	35,0 ~ 40,0		
		사암	35,0 ~ 45,0		
		셰일	30,0 ~ 35,0		
점착력이 있는 물질	암 석	견고한 화성암	35,0 ~ 45,0	35,7 ~ 56,1	(화강암, 현무암, 반암)
		변성암	30,0 ~ 40,0	20,4 ~ 40,8	(규암, 편마암, 점판암)
		견고한 퇴적암	35,0 ~ 45,0	10,2 ~ 30,6	(석회암, 백운석, 사암)
		연약한 퇴적암	25,0 ~ 35,0	1,0 ~ 20,4	(사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암 석 명	설 명	최대강도 c'(kPa)	φ(°)	잔류강도 c'(kPa)	φ(°)	시 험 자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240,0	42,0	–	–	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15,0 90,0~120,0 60,0~100,0	7,5 12,0~17,0 9,0~13,0	–	–	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0,0~270,0	8,5~29,0	30,0	8,5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0,0~180,0	12,0~18,5	0,0~3,0	10,5~16,0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60,0	32,0	–	–	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	–	–	0,0	19,0~25,0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
협탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1,0~2,5cm	11,0~13,0	16,0	0,0	11,0~11,5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41,0	14,5	22,0	17,0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화상 섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0,0	26,5	–	–	Brawner[116]
화강암 /편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 악화됨, 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0,0~100,0 50,0~242,0	24,0~25,0 40,0~42,0	–	–	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	–	–	0,0	21,0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100,0 50,0~200,0	13,0~14,0 17,0~21,0	0,0	13,0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80,0 100,0	38,0 10,0	–	–	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0,0	25,0	0,0	15,0~24,0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14,0~30,0	15,0~17,5	–	–	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360,0 16,0~20,0	14,0 7,5~11,5	80,0	11,0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30,0~80,0 610,0~740,0 380,0	32,0 41,0 31,0	–	–	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50,0	33,0	–	–	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42,0~90,0	36,0~38,0	–	–	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구 분	현무암	역 암	편마암	화강암	사 암	셰 일
마찰각(°)	31,0 ~ 38,0	35,0	23,0 ~ 29,0	29,0 ~ 35,0	25,0 ~ 35,0	27,0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C. Wyllie, 1992)

구 분	암 종	내부마찰각(°)	비 고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20,0 ~ 27,0	–
Medium-friction Rocks	27,0 ~ 34,0	–	–
사암, 백악, 편마암, 슬레이트	–	–	–

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상라터널	TB-3	22,9~23,3	132,0	47,0	44,0	39,1	18~20	92,0	2,824	4,151
	TB-5	14,6~15,0	96,0	59,0	40,3	34,7	14~16	84,0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암 종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	–	47,0~59,0	47,0	–	34,7~39,1	34,0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개 요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음
•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76\times N^{0.33}$ • Imai(1982) $V_s = 97.0\times N^{0.314}$
•Okamoto(1989) $V_s = 125\times N^{0.3}$ • Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84\times N^{0.31}$
− 동전단계수 : $G_d = \rho\cdot V_s^2$
− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d\cdot(1+\nu_d)$
− 동체적계수 : $K_d = E_d/3(1-2\nu_d)$ 여기서, $\rho=\gamma_t/g$, γ_t=단위중량, g=9,81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구 분		하향식탄성파 V_p(m/s)	V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비 고
매립층		–	–	144,4~224,1	180	–
퇴적층	점토	–	–	162,5~249,4	200	–
	모래	–	–	144,4~224,1	170	–
	자갈	–	–	162,5~249,4	190	–
풍화토		919~984	375~408	252,4~372,3	392	–
풍화암		1,103~1,185	511~577	276,4~404,2	544	–
연 암		1,786~1,881	927~980	–	954	4등급
경 암		2,168~2,323	1,192~1,277	–	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0,33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0,40
	모래	480	170	52	140	156	0,35
	자갈	514	190	69	181	168	0,32
풍화토		952	392	268	713	699	0,33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0,30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0,26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0,24

분석결과	•내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성 암반	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성 암반	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성 암반	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
균열 간격이 없을때	불투수성 암반	1.0×10^{-9} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
매립층	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
퇴적층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

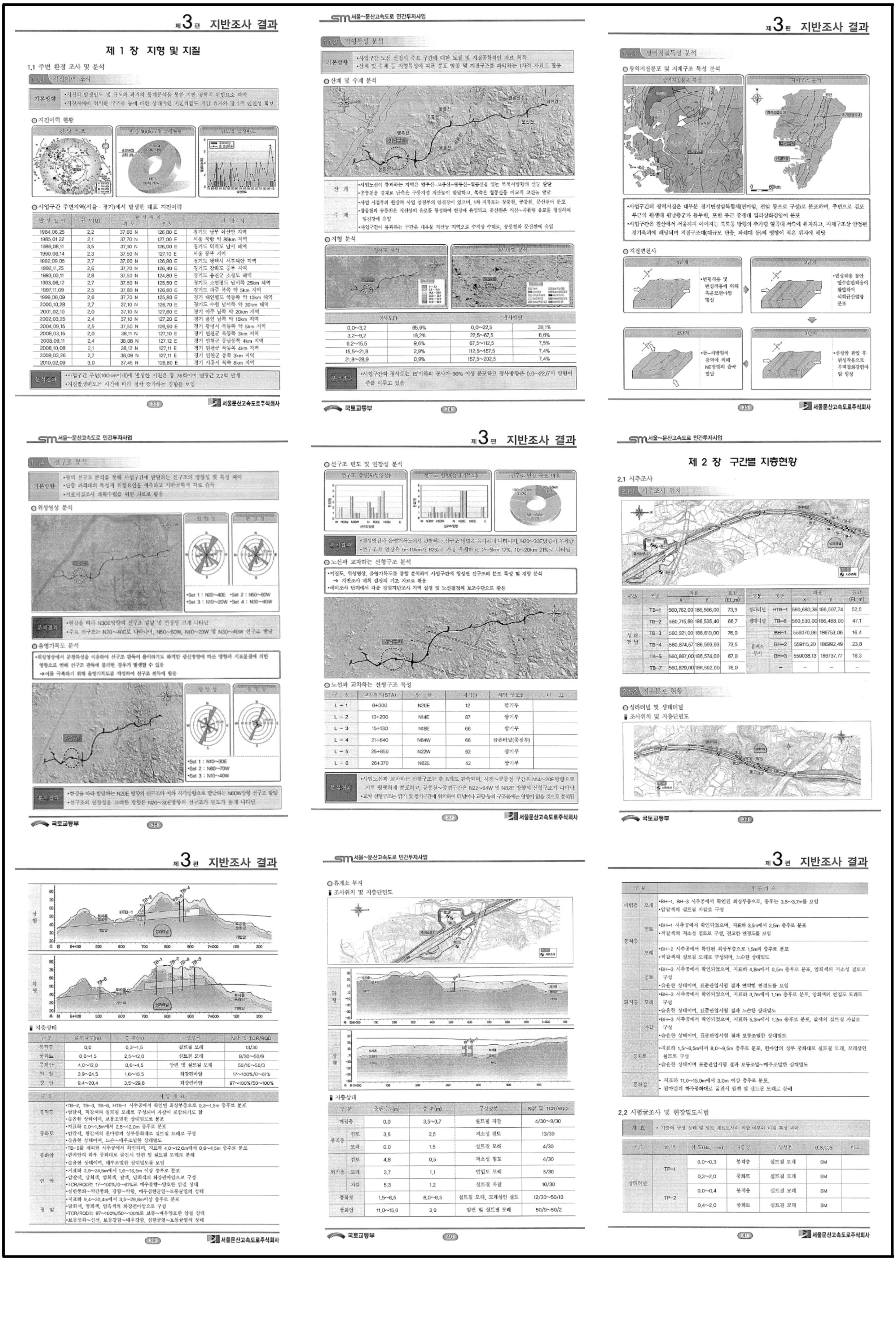
2.7.3 물안속체 설계지반정수

암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

나. 지반 및 지질 조사보고서



제3편 지반조사 결과

제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

○지진이력 현황

진앙분포 / 반경 100km내 발생현황 / 연도별 발생빈도

○사업구간 주변지역(서울 · 경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

33 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석

산계	•사업노선이 통과하는 지역은 영주산–고봉산–왕봉산–월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 저산상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 저산~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석

경사도 분석 / 경사방향 분석

경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부 34

제3편 지반조사 결과

1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석

광역지질분포 특성 / 지체구조 분석

•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
•사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사

1단계: •변형작용 및 변성작용에 의해 흑운모편마암 형성
2단계: •변성작용 동안 열수순환작용이 활발하여 석회규산염암 분포
3단계: •심성암 관입 후 변성작용으로 우백질화강편마암 형성
4단계: •동–서방향의 응력에 의해 NE방향의 습곡 발달

35 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

○위성영상 분석

방향성 / 연장성

•Set 1 : N20~40E •Set 2 : N50~60W
•Set 3 : N10~20W •Set 4 : N30~40W

분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

•Set 1 : N10~30E
•Set 2 : N60~70W
•Set 3 : N10~40W

분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부 36

제3편 지반조사 결과

○선구조 빈도 및 연장성 분석

선구조 방향(위성영상) / 선구조 방향(음영기복도) / 선구조 연장 분포 비율

분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용

○노선과 교차하는 선형구조 특성

구분	교차위치(STA)	방향	교차각(°)	해당 구조물	비고
L – 1	6+300	N20E	12	깎기부	
L – 2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L – 3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L – 4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L – 5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L – 6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 관측되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

37 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
성라터널	TB–1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB–1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB–2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB–6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB–3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소 부지	BH–1	559070.96	186753.06	16.4
	TB–4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH–2	559115.20	186992.49	23.8
	TB–5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH–3	559038.13	186737.77	16.3
	TB–7	560,829.00	186,592.00	76.0		–	–	–	–

2.1.2 지층분포 현황

○성라터널 및 생태터널

▮조사위치 및 지층단면도

국토교통부 38

제3편 지반조사 결과

상행 / 하행

▮지층상태

구분	출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

구분	지층개요
붕적층	•TB–2, TB–3, TB–6, HTB–1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB–5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▮조사위치 및 지층단면도

하행 / 상행

▮지층상태

구분		출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부 40

제3편 지반조사 결과

구분		지층개요
매립층	모래	•BH–1, BH–3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH–1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
	모래	•BH–2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
	모래	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
	자갈	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포. • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구분	공번	심도(GL. –m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP–1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
	TP–2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41 서울문산고속도로주식회사

○ 현장밀도시험 결과

구분	공번	심도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
성라터널	TP-1	2.0	풍화토	17.81	15.42	14.18	12.28	1.256
	TP-2	1.5	풍화토	17.35	15.31	13.62	12.02	1.274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17.35~17.81kN/m³, 건조단위중량 : 15.31~15.42kN/m³ •L값 : 1.256~1.274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

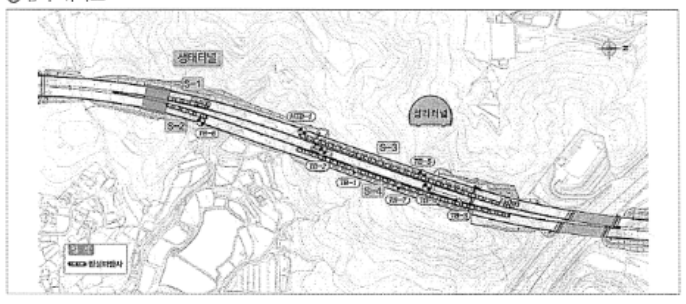
구 분	지 층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	-
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토사구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

제 3 장 물리탐사

3.1 굴절법탄성파탐사

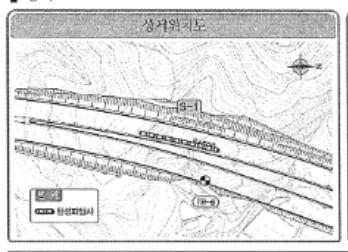
○ 탐사 위치도



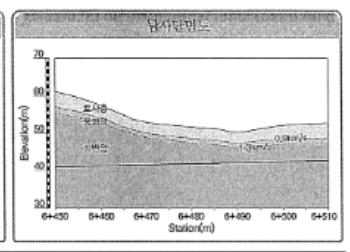
○ 탐사 결과

■ S-1

상세위치도



탐사단면도

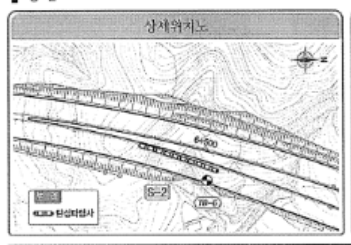


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL.-4.71 출현

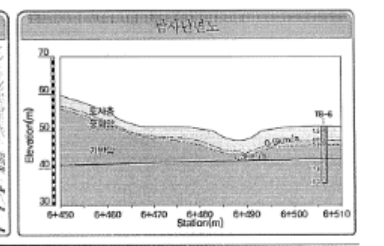
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 풍화암층의 두께는 1.13~1.68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.03~5.61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 풍화암층의 평균 두께는 1.36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.71m로 분석되었음

■ S-2

상세위치도



탐사단면도

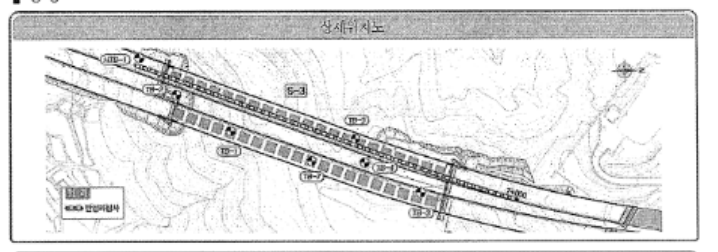


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.16	0.92	GL.-4.09 출현

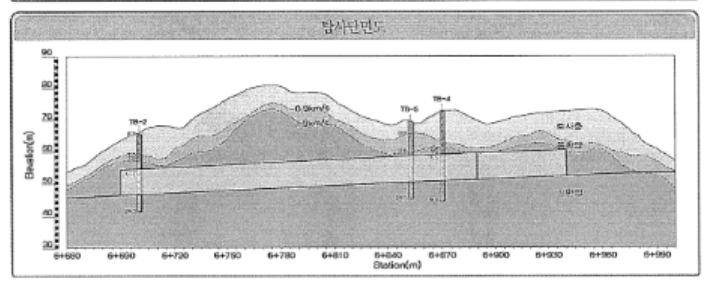
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.29~4.03m, 풍화암층의 두께는 0.52~1.20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2.81~5.21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3.16m, 풍화암층의 평균 두께는 0.92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.09m로 분석되었음

■ S-3

상세위치도



탐사단면도

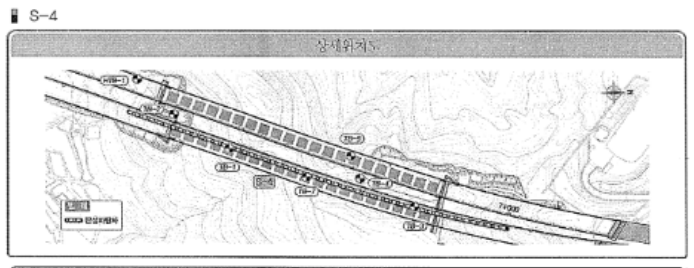


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6.67	2.93	GL.-9.60 출현

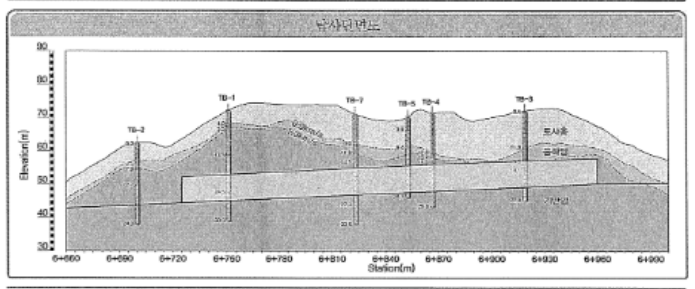
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.78~10.86m, 풍화암층의 두께는 0.95~5.92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.45~13.60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6.67m, 풍화암층의 평균 두께는 2.93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9.60m로 분석되었음

■ S-4

상세위치도



탐사단면도



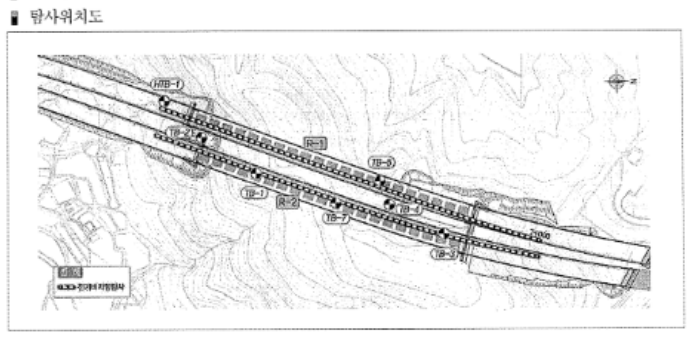
구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7.80	2.32	GL.-10.11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.98~13.49m, 풍화암층의 두께는 0.61~5.28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5.64~15.54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7.80m, 풍화암층의 평균 두께는 2.32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10.11m로 분석되었음

3.2 전기비저항탐사

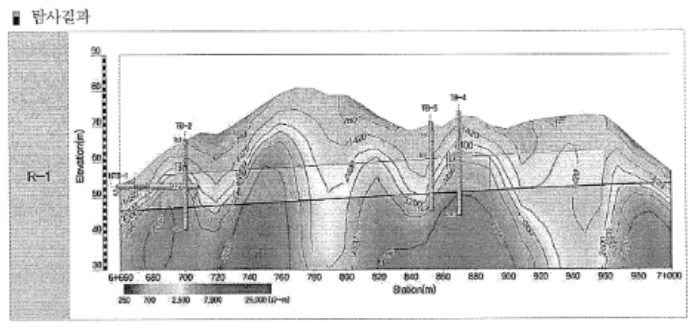
○ 성라터널 서울방향

■ 탐사위치도



■ 탐사결과

R-1

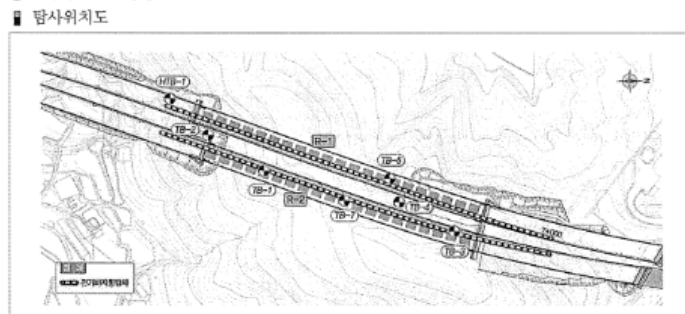


■ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

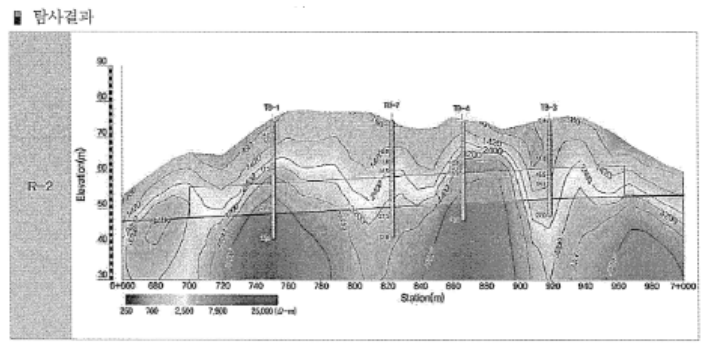
○ 성라터널 문산방향

■ 탐사위치도



■ 탐사결과

R-2



■ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 시험결과

구분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2.0	풍화토	-	96.3	111.9
	TB-2	11.0	연 암	화강편마암	980.3	1,166.2
	TB-3	13.0	풍화암	-	156.1	231.1
	TB-3	17.0	연 암	화강편마암	598.9	908.3

○ 결과분석

구분	변형계수(D,MPa) 풍화토	변형계수(D,MPa) 풍화암	변형계수(D,MPa) 연 암	탄성계수(E,MPa) 풍화토	탄성계수(E,MPa) 풍화암	탄성계수(E,MPa) 연 암
성라터널	96.3	156.1	598.9~980.3	111.9	231.1	908.3~1,166.2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96.3MPa, 풍화암은 156.1MPa,연암은 598.9~980.3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 원지반 점착력(C)과 내부마찰각(Ø) 측정

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3.0	풍화토	22.5	28.1
	TB-3	12.0	풍화암	31.1	31.4

○ 결과분석

구분	점착력(c, kPa) 풍화토	점착력(c, kPa) 풍화암	마찰각(Ø, °) 풍화토	마찰각(Ø, °) 풍화암
성라터널	22.5	31.1	28.1	31.4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22.5kPa, 풍화암 31.1kPa로 산정되며, 마찰각(Ø)은 풍화토 28.1°, 풍화암 31.4°로 나타남

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

○ 터널구간

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
TB-1	7.4	66.5	TB-4	15.5	58.0	TB-7	17.6	58.4
TB-2	6.1	60.6	TB-5	6.8	60.2	-	-	-
TB-3	17.0	59.0	TB-6	3.6	43.5	-	-	-

○ 기타구간(휴게소 부지)

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
BH-1	3.2	13.2	BH-2	6.6	17.2	BH-3	3.5	12.8

○ 결과분석

구 분	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
터널구간	3.6~17.6	43.5~66.5
기타구간 (휴게소 부지)	3.2~6.6	12.8~17.2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3.6~17.6m, 기타구간 : GL.- 3.2~6.6m 범위로 분포

4.2.2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL.-m)	지 층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	1.95×10^{-4}	7.4
	TB-2	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	3.08×10^{-4}	6.1
	TB-3	12.0 ~ 13.0	풍화암	-	4.53×10^{-5}	17.0
	TB-4	8.0 ~ 9.0	풍화토	SM	2.07×10^{-4}	15.5

○ 결과분석

구 분	풍 화 토	풍 화 암
성라터널	1.96×10^{-4} ~ 3.08×10^{-4}cm/s	4.53×10^{-5}cm/s

4.2.3 수압시험

개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 계단을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7.0 ~ 12.0	연 암	3.06×10^{-6}	0.11	Dilation
	TB - 2	16.0 ~ 21.0	경 암	1.28×10^{-6}	0.08	Dilation
	TB - 3	20.0 ~ 25.0	경 암	2.49×10^{-6}	0.04	Dilation
	TB - 6	6.0 ~ 11.0	연 암	4.76×10^{-6}	0.14	Dilation

○ 결과분석

구 분	투수계수(cm/s) 연 암	투수계수(cm/s) 경 암	평균 Lugeon 연 암	평균 Lugeon 경 암
성라터널	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	0.11~0.14	0.04~0.08

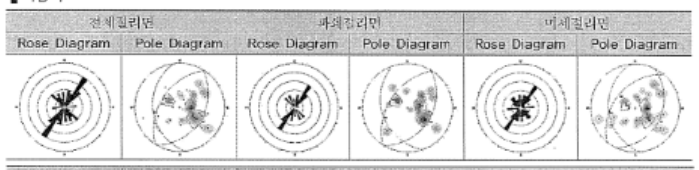
4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

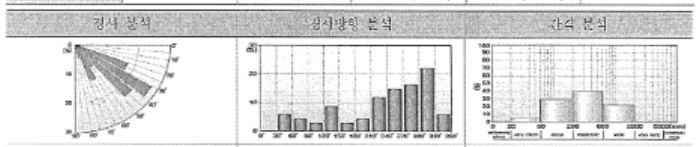
개 요	•암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악 •불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

○ 시험결과

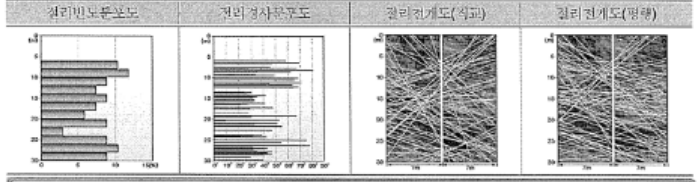
▮ TB-1



공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-1	전체절리	43/303(59.55)	28/263(85.24)	33/121(94.80)	68
	파쇄절리	45/303(61.08)	31/251(39.28)	33/121(53.08)	27
	미세절리	39/310(63.64)	28/264(71.60)	28/116(58.46)	41

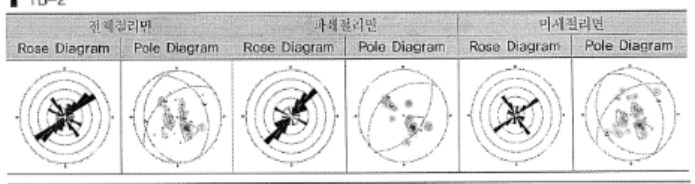


•30~40˚경사의 절리 우세 •300~330˚방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

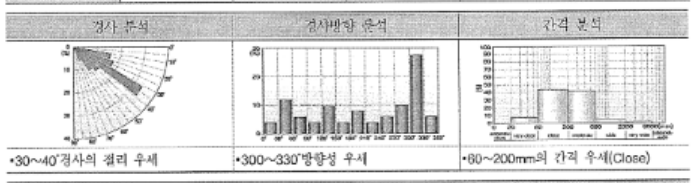


•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40˚의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 아크릴판 밖에 슬러지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0˚의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270˚의 교차각을 이루고 있음

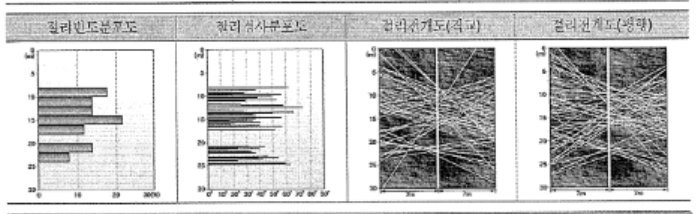
▮ TB-2



공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-2	전체절리	38/321(77.54)	23/63(56.42)	15/266(79.84)	51
	파쇄절리	30/320(38.49)	43/129(38.81)	–	18
	미세절리	38/320(58.01)	22/61(51.90)	20/235(72.36)	33

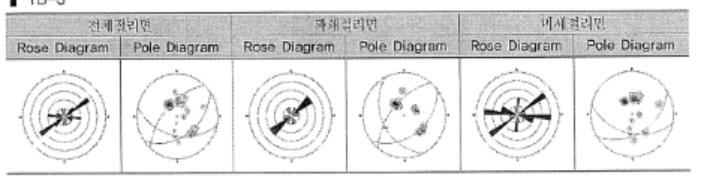


•30~40˚경사의 절리 우세 •300~330˚방향성 우세 •60~200mm의 간격 우세(Close)

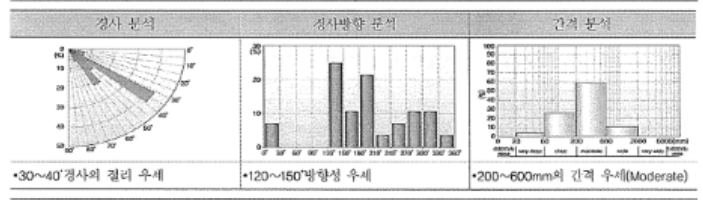


•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40˚의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0˚의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270˚의 교차각을 이루고 있음

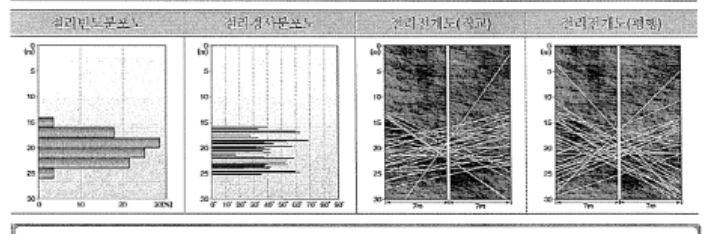
▮ TB-3



공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-3	전체절리	38/145(176.3)	41/193(80.35)	56/313(71.51)	28
	파쇄절리	37/143(119.93)	55/310(55.92)	33/243(173.7)	11
	미세절리	41/193(64.42)	39/148(419.8)	–	17

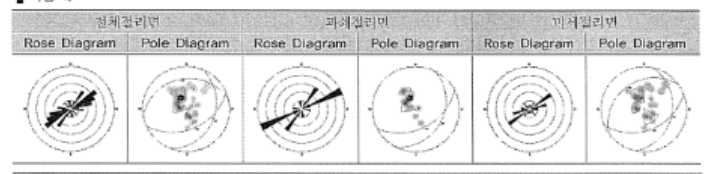


•30~40˚경사의 절리 우세 •120~150˚방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

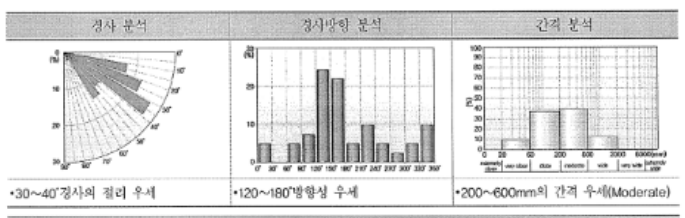


•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40˚의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0˚의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270˚의 교차각을 이루고 있음

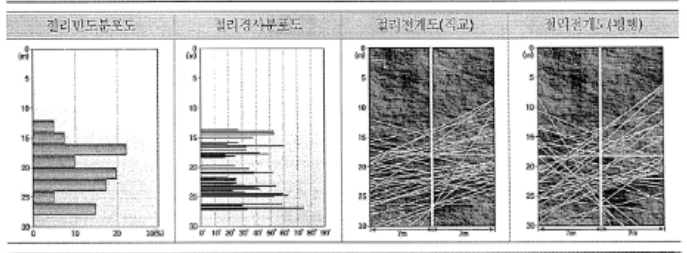
▮ TB-4



공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-4	전체절리	39/156(48.01)	23/111(69.14)	19/349(359.3)	41
	파쇄절리	40/153(50.83)	24/117(52.12)	–	14
	미세절리	37/158(42.76)	23/325(46.83)	23/102(111.7)	27



•30~40˚경사의 절리 우세 •120~180˚방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)



•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40˚의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0˚의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270˚의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요	•기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 점착력과 마찰각 산정 → 불연속체 해석물성치 산정시 기초 자료로 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 잔류	마찰각(˚) 최대	마찰각(˚) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과	•터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1˚, 최대 마찰각은 40.3~44.0˚

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요	•측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_d, K_d)산정 •동포아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

○ 시험결과

▮TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 ν	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

▮TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 ν	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	927	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,168	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

○ 전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 심도 (GL.-m)	EL.(m)	기표하 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (설계적용 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL.-7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL.-30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요	•시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행 •지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	붕적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타구간 (휴게소)	BH-1	4.0	붕적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과	•실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 붕적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨 •함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 다짐 및 CBR시험

개 요	•쌓기재료로 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악 •쌓기재료에 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 쌓기재료 유용성 평가시 활용

○ 실시설계 시험결과

공 번		심 도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.26	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과	•건조단위중량은 A다짐:17.37~17.45kN/m³, D다짐:17.37~18.40kN/m³로 분석됨 •CBR는 12.0~12.8%(평균 12.4%)의 범위에 해당

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요	•시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정 •지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	압축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

○ 지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	압축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과	•연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19 •경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

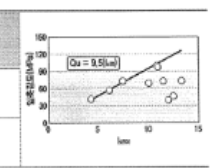
개 요	•암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index I_{s50}값을 산정

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

○ 지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
$I_{s(50)}$(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3

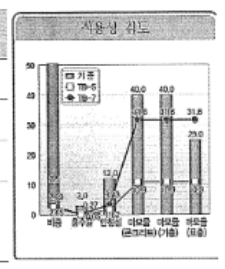


•관입구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.5(I_{s50})의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 본선발생암 유용성 검토

○ 시험결과 및 적용성 검토

시험항목	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		



•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

다. 구조계산서

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

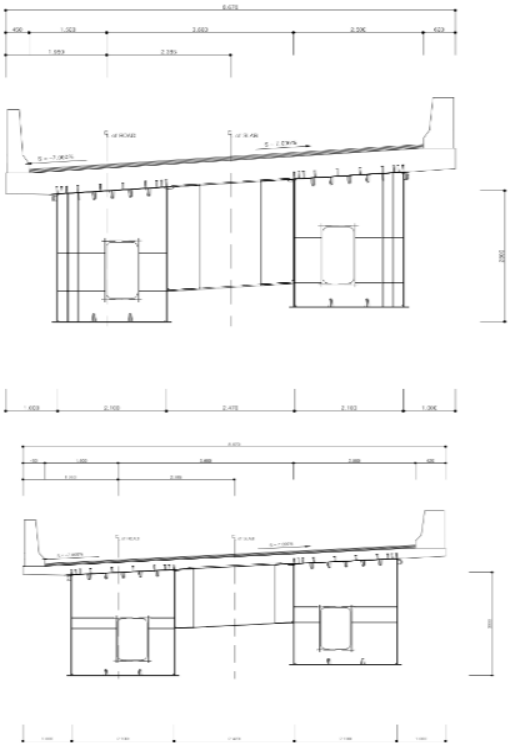
(1) 교 량 명 : 고양JCT R-E2교
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (D3-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 65.000 = 65.000 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 8.670 m
(6) Girder 제원 : B = 2.100 m H = 3.000 m
(7) 사 각(Skew) : 90.000 °
(8) 곡률반경(R) : 좌측 = ∞ m 중앙 = ∞ m 우측 = 150.000 m
(9) 설 계 속 도 : 60.000 km/h
(10) 사용재료 및 물리적 특성치
① 강 재
• 사 용 재 료

주 부 재	HSB500(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평부 강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 슬플레이트)
부 부 재	SM490B(지점부의 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 윈난부 가로보,시점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_{st})	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (⇨ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

2. 단면가정



구조계산 CHECK LIST

4.단면별 응력검토결과

작용응력에 대한 허용응력 검토

< Girder - 1 >

구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	88.836	299.000	30	O.K	-65.141	230.000	29	O.K
단면 2	80.514	162.400	50	O.K	-150.080	230.000	65	O.K
단면 3	194.505	264.500	74	O.K	-189.287	230.000	82	O.K
단면 4	218.180	264.500	82	O.K	-189.217	230.000	82	O.K
단면 5	211.535	264.500	80	O.K	-171.404	230.000	75	O.K
SP 1	141.131	264.500	53	O.K	-131.895	230.000	57	O.K
SP 2	192.421	264.500	73	O.K	-164.953	230.000	72	O.K
SP 3	208.029	264.500	79	O.K	-168.320	230.000	73	O.K
SP 4	208.025	264.500	79	O.K	-168.316	230.000	73	O.K
SP 5	192.410	264.500	73	O.K	-164.943	230.000	72	O.K
SP 6	140.974	264.500	53	O.K	-131.726	230.000	57	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	73.183	135.000	54	O.K	0.382	32	0.377	31	O.K
단면 2	67.782	135.000	50	O.K	0.498	41	0.678	56	O.K
단면 3	48.203	135.000	36	O.K	0.668	56	0.805	67	O.K
단면 4	21.991	135.000	16	O.K	0.705	59	0.702	58	O.K
단면 5	5.809	135.000	4	O.K	0.641	53	0.557	46	O.K
SP 1	62.425	135.000	46	O.K	0.496	42	0.543	45	O.K
SP 2	45.346	135.000	34	O.K	0.642	54	0.627	52	O.K
SP 3	18.257	135.000	14	O.K	0.637	53	0.554	46	O.K
SP 4	18.042	135.000	13	O.K	0.636	53	0.553	46	O.K
SP 5	45.204	135.000	33	O.K	0.641	53	0.626	52	O.K
SP 6	62.339	135.000	46	O.K	0.497	41	0.541	45	O.K

< Girder - 2 >

구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	93.927	299.000	31	O.K	-74.454	230.000	32	O.K
단면 2	89.229	162.400	55	O.K	-169.169	230.000	74	O.K
단면 3	207.046	264.500	78	O.K	-204.564	230.000	89	O.K
단면 4	232.345	264.500	88	O.K	-204.373	230.000	89	O.K
단면 6	225.541	264.500	85	O.K	-178.913	230.000	78	O.K
SP 1	153.280	264.500	58	O.K	-146.269	230.000	64	O.K
SP 2	204.427	264.500	77	O.K	-177.801	230.000	77	O.K
SP 3	221.236	264.500	84	O.K	-175.224	230.000	76	O.K
SP 4	221.224	264.500	84	O.K	-175.214	230.000	76	O.K
SP 5	204.384	264.500	77	O.K	-177.762	230.000	77	O.K
SP 6	153.297	264.500	58	O.K	-146.309	230.000	64	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	85.455	135.000	63	O.K	0.499	42	0.505	42	O.K
단면 2	70.350	135.000	52	O.K	0.573	48	0.813	68	O.K
단면 3	48.234	135.000	36	O.K	0.740	62	0.919	77	O.K
단면 4	22.062	135.000	16	O.K	0.798	67	0.816	68	O.K
단면 6	5.573	135.000	4	O.K	0.729	61	0.607	51	O.K
SP 1	62.437	135.000	46	O.K	0.552	46	0.618	52	O.K
SP 2	45.110	135.000	33	O.K	0.709	59	0.709	59	O.K
SP 3	18.761	135.000	14	O.K	0.719	60	0.600	50	O.K
SP 4	18.639	135.000	14	O.K	0.719	60	0.599	50	O.K
SP 5	44.933	135.000	33	O.K	0.708	59	0.708	59	O.K
SP 6	62.241	135.000	46	O.K	0.548	46	0.617	51	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식	: 역T형 교대
(2) 상 부 형 식	: STEEL BOX
(3) 교 량 등 급	: 1 등교
(4) 교 대 총 폭	: B = 8.670 M
(5) 교 대 총높이	: H = 10.427 M
(6) 기 초 형 식	: 말뚝기초
(7) SKEW	: 90.000 °

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량	: γc = 25.000 kN/m³	[도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량	: γs1 = 20.000 kN/m³ (토사)	[도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량	: γs2 = 20.000 kN/m³	
(4) 과 재 하 중	: ql = 10.000 kN/m	
(5) 상부 고정하중 반력	: Rd = 554.873 kN/m	
(6) 상부 활하중 반력	: Rl = 170.461 kN/m	
(7) 교량받침 마찰계수	: fs = 0.050	

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각	: Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치	: N = 3.000
(3) 기초지반의 내부마찰각	: Φ2 = 21.708 ° {Φ2 = 15 + √15N}
(4) 기초지반의 점착력	: C = 17.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수	: μ = 0.258 : TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수	: A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급	- 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역	- 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도	: fck = 24.000 MPa	
- 탄성계수	: Ec = 26986.000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300)	: fy = 300.000 MPa	
- 탄성계수	: Es = 200000.000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]

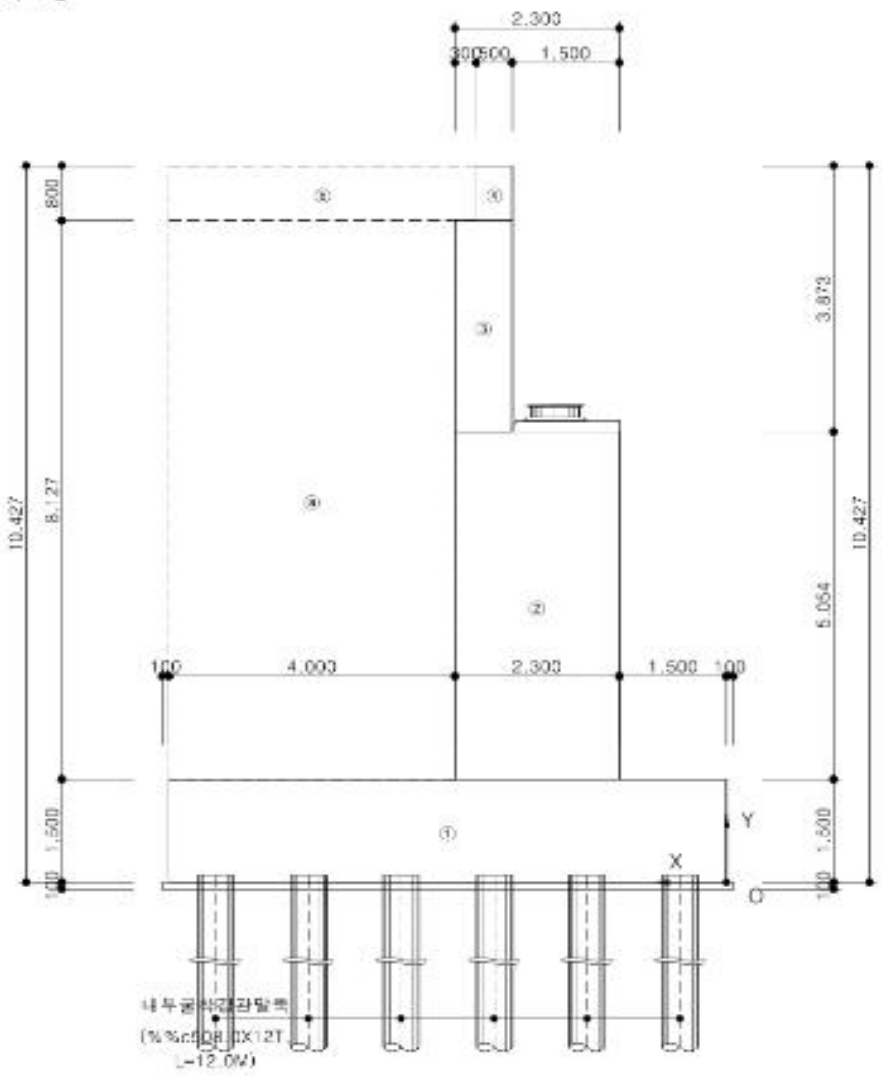
5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토	: 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계	: 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 콘크리트구조 설계기준	: 한국콘크리트학회 (2007)
(2) 도로교 설계기준	: 국토해양부 (2010)
(3) 도로설계 편람	: 국토해양부 (2000)
(4) 도로설계 요령	: 한국도로공사 (2002)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	계
고정하중	461.222	4349.529	4810.751
활하중	265.901	1211.996	1477.897

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	계
교축방향	741.100	741.100	1482.201
직각방향	740.856	0.000	740.856

H = R x A x S　R : 교량받침의 고정하중 반력, A : 가속도계수(=0.154), S : 지반계수(=1.000)
교축직각방향 H = ∑Ra x A x S　∑Ra : 교대의 전체 고정하중 반력
교축방향 H = ∑Rt x A x S　∑Rt : 상부구조의 전체 고정하중 반력

4. 안 정 검 토

1) 하중집계 및 조합

① 작용하중 집계표 : 『하중계산 참소』

구 분	수직력	수평력	작용거리		모멘트	
			X(m)	Y(m)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
1. 교대구체(평상시)	654.942	-	3.288	3.038	2153.165	-
2. 교대구체(지진시)	654.942	50.431	3.288	3.038	2153.165	153.203
3. 뒷채움재(평상시)	718.960	-	5.786	5.991	4159.648	-
4. 뒷채움재(지진시)	718.960	55.360	5.786	5.991	4159.648	331.641
5. 배면토압(평상시)	-	294.636	-	3.476	-	1024.063
6. 배면토압(지진시)	-	341.386	-	5.213	-	1779.826
7. 뒷채움 상재하중	43.000	28.257	5.650	5.213	242.950	147.318
8. 상부 고정하중반력	555.240	-	2.393	-	1328.689	-
9. 상부 활하중반력	169.976	-	2.393	-	406.753	-
10. 교량받침마찰력	-	27.762	-	6.964	-	193.336
11. 상부관성력	-	-	-	6.964	-	-

② 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	1416.902	322.695	5555.763	1171.381
COMB 2	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	1416.902	322.695	5555.763	1171.381
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	1373.902	447.179	5312.813	2264.670
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)	2142.118	322.695	6291.205	1171.381
COMB 5	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)	2142.118	322.695	6291.205	1171.381
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+8+11)	1929.142	447.179	7641.502	2264.670

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시
가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.

2) 전도에 대한 안정

- 말뚝기초 이므로 불필요 : 『10. 말뚝검토』 참조

3) 활동에 대한 안정

- 말뚝기초 이므로 불필요 : 『10. 말뚝검토』 참조

4) 지지력에 대한 안정

- 말뚝기초 이므로 불필요 : 『10. 말뚝검토』 참조

5) 말뚝도심에서의 작용하중 산정

① 말뚝도심의 작용하중 계산

∑M = ∑Mr - ∑Mo
e = 말뚝도심(= 3.605) - ∑M / ∑V
Mc = V x e

※ 말뚝도심의 계산

구 분	거 리(m)	본 수	거리 x 본수	도 심(m)
1 열	0.650	6.000	3.900	-
2 열	1.950	6.000	11.700	-
3 열	3.250	6.000	19.500	-
4 열	4.550	6.000	27.300	-
5 열	5.850	6.000	35.100	-
6 열	7.150	3.000	21.450	-
계	-	33.000	118.950	3.605

② 하중조합별 작용력

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	e(m)	Mc(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	12264.540	2799.500	-0.196	-2407.770
COMB 2	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	12264.540	2799.500	-0.196	-2407.770
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	11911.730	3877.042	0.658	7837.919
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)	18572.163	2799.500	0.281	5218.778
COMB 5	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)	18572.163	2799.500	0.281	5218.778
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+8+11)	16725.661	3877.042	0.817	13664.865

註) COMB 1,2,3 : 상부하중 비재하시(가설시), COMB 4,5,6 : 상부하중 재하시
각 작용력은 교대의 전폭(8.670 m)을 고려한 결과값임.

20.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 20.2.1】 고양분기점 7교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	고양분기점 7교의 손상현황으로는 방호벽 델리네이트 파손, 접속부 파손, 신축이음 차수판 볼트체결불량, 후타재 균열, 후타재 파손, 교량받침 무수축몰탈 파손, Plate부식, 교대 토사 및 폐콘크리트 퇴적 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡, 외부충격에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다. 배수시설의 현재 손상 등 상태는 양호하나 포장부의 원활한 배수를 위하여 주기적인 정비가 요망된다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	고양분기점 7교의 손상현황으로는 방호벽 델리네이트 파손, 접속부 파손, 신축이음 차수판 볼트체결불량, 후타재 균열, 후타재 파손, 교량받침 무수축몰탈 파손, Plate부식, 교대 토사 및 폐콘크리트 퇴적 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡, 외부충격에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다. 배수시설의 현재 손상 등 상태는 양호하나 포장부의 원활한 배수를 위하여 주기적인 정비가 요망된다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	- 신축이음 차수판 볼트체결 불량, 후타재 파손, 후타재 균열(cw=0.3㎜미만) - 교량받침 받침몰탈 파손, plate부식 - 교대 토사 및 폐콘크리트 퇴적	양호

20.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

20.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

20.2.5 시설물 보수 이력

【표 20.2.2】 고양분기점 7교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

20.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 20.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

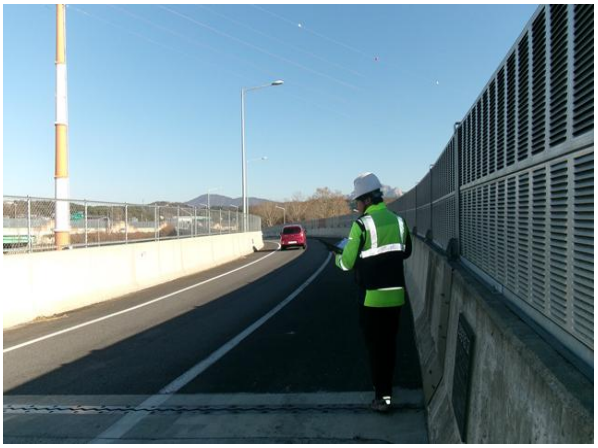
20.3 현장조사

20.3.1 개요

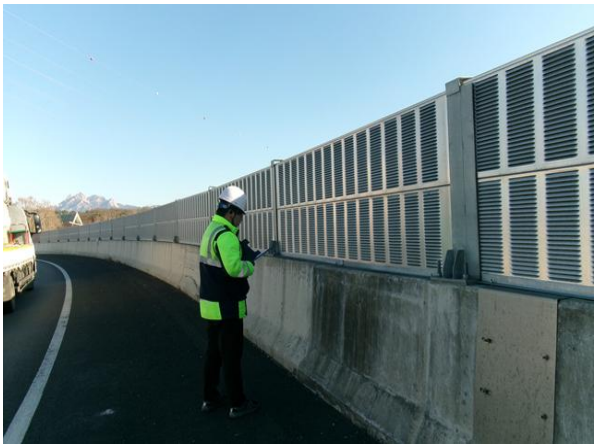
대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 도로 및 사다리를 이용하여 정밀조사를 실시하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보 및 사다리	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



제원조사



비파괴시험

【사진 20.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

20.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 고양분기점 7교는 총 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=65.0m 폭 8.7m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보로 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 캔틸레버 전경

【사진 20.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 일부 구간에서 망상균열이 확인되었다.

【표 20.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)	
S1	7.50	2
합계	7.50	2

	
바닥판 하면 S1 망상균열(1.5×2.0)	바닥판 하면 S1 망상균열(1.5×3.0)
	
바닥판 하면 S1 상태양호	바닥판 하면 S1 상태양호

【사진 20.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 바닥판하면의 현장조사 결과, 건조수축으로 인한 망상균열이 발생한 것으로 조사되었고, 조사된 손상은 시설물의 사용성에 영향을 미치지는 않는 것으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

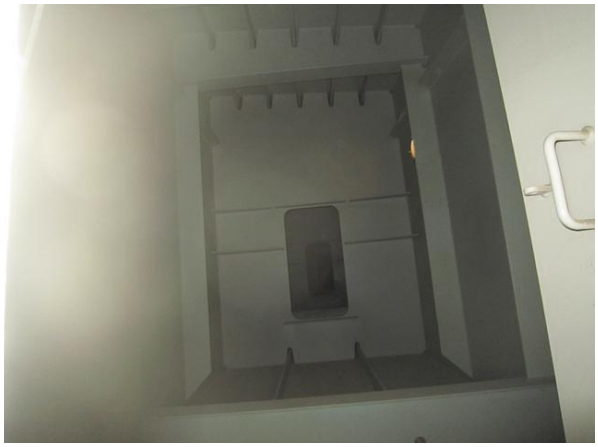
나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 2열로 시공되었으며, 도보로 외관조사를 실시하였다



거더외부 전경



거더내부 전경

【사진 20.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 거더외부에서 부식이 확인되었고, 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 20.3.2】 거더 현장조사 결과

구분		부식 (㎡/개소)	
거더 외부	S1	0.03	1
거더 내부	S1	-	-
합계		0.03	1

	
거더외부 S1-G1 부식(0.1×0.3)	거더외부 S1-G2 상태양호
	
거더내부 S1-G1 상태양호	거더내부 S1-G2 상태양호

【사진 20.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부에 발생한 부식은 외부 우수유입에 의한 부식으로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었으나 지속적인 우수유입에 의한 손상의 증가로 내구성 저하 등을 방지하기 위한 재도장 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 STEEL로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 전경	가로보 전경

【사진 20.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 20.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 20.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보에 대한 금회 안전점검 결과 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 고양분기점 7교 교대는 역T으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 20.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 균열(Cw=0.3㎜미만), 토사 및 폐콘크리트 퇴적, 박리, 파손 등의 손상이 발생한 것으로 확인되었다.

【표 20.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		표면열화 및 박리 (㎡/개소)		토사 및 폐콘크리트 퇴적 (㎡/개소)		박리 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
A1	-	-	-	-	6.00	1	0.20	1	0.06	1
A2	2.00	1	0.75	1	6.00	1	-	-	-	-
합계	2.00	1	0.75	1	12.00	2	0.20	1	0.06	1

	
교대 A1 박리(6.0×1.0)	교대 A1 파손(6.0×1.0)
	
교대 A1 토사 및 폐콘크리트 퇴적(6.0×1.0)	교대 A1 토사 및 폐콘크리트 퇴적(6.0×1.0)
	
교대 A2 토사 및 폐콘크리트 퇴적(6.0×1.0)	교대 A2 토사 및 폐콘크리트 퇴적(6.0×1.0)

【사진 20.3.9】 교대 손상현황

	
교대 A2 균열(Cw=0.3㎜미만)	교대 A2 표면열화 및 박리(1.5×0.5)

【사진 20.3.9】 교대 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

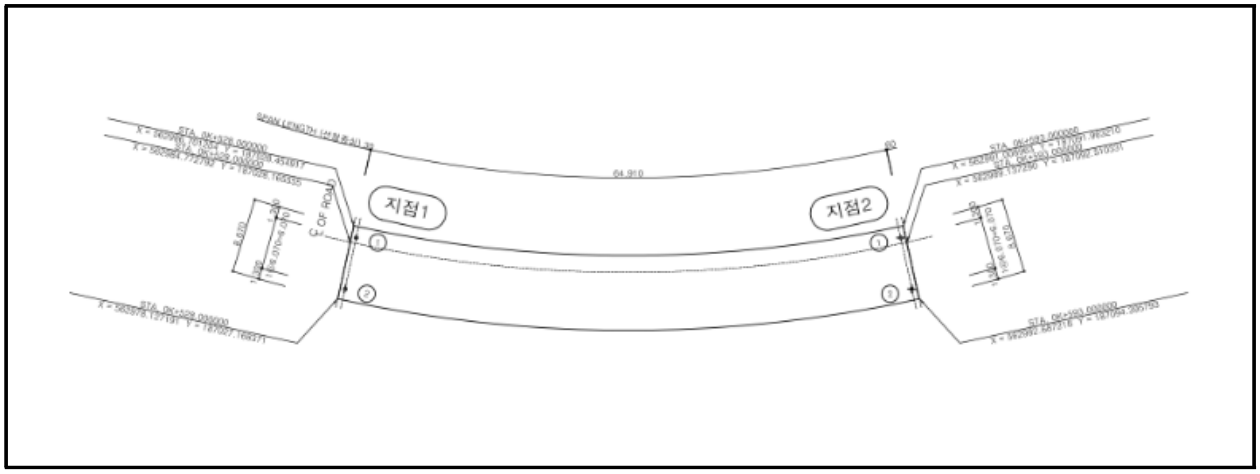
4) 검토의견

■ 교대에 신축이음을 통한 건조수축, 시공미흡, 외부 우수유입, 열화, 외부 충격 등으로 인한 균열(Cw=0.3㎜미만), 토사 및 폐콘크리트 퇴적, 표면열화 및 박리, 파손, 박리 등의 손상이 확인되었고, 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 정비, 단면보수 등의 보수조치가 필요하다고 판단된다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 고양분기점 7교의 받침은 포트받침으로 총 4기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 20.3.1】 교량받침 배치도



포트받침(일방향) 전경



포트받침(양방향) 전경



포트받침(고정) 전경

【사진 20.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 금회 조사된 손상으로 Plate부식, 받침몰탈 파손 등의 손상이 확인되었다.

【표 20.3.5】 교량받침 현장조사 결과

구분	Plate부식 (개소)		받침몰탈 파손 (㎡/개소)	
A1	-	-	-	-
A2	2.00	2	0.09	1
합계	2.00	2	0.09	1



교량받침 A2-Sh2 받침몰탈 파손(0.3×0.3)



교량받침 A2-Sh1 Plate부식(1EA)



교량받침 A1-Sh1 상태양호



교량받침 A1-Sh2 상태양호

【사진 20.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

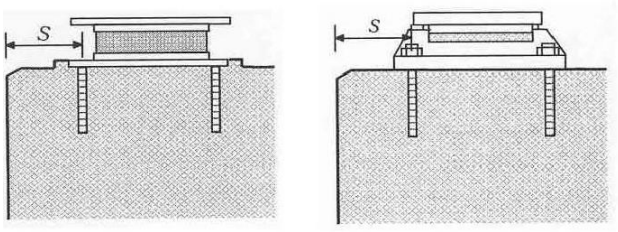
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교량받침에 발생한 받침몰탈 파손, Plate부식은 시공초기 외부 충격, 외부 우수유입에 의한 손상으로 판단되며, 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었으나 지속적인 우수유입에 의한 손상의 증가로 내구성 저하 등을 방지하기 위한 단면보수, 재도장 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 20.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 20.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=65.0m) : 200+5×65.0 = 525(㎜)

【표 20.3.6】 연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
		Sh1	Sh2	
A1	525	640	542	O.K
A2	525	692	618	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 20.3.13】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 20.3.7】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	29.4	30.6	0.000012	65.0	22.9	23.9	
A2	고정단						
1) 조사당시 온도 : 9.4℃(조사일 : 2022년 10월 18일, 평균온도, 고양시(기상청 자료 : 서울)) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 20.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토결화
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	15(A1)	65.0	35.0	22.9	23.9	±50	O.K
	SH2	15(A1)	65.0	35.0	22.9	23.9	±50	O.K
A2	고정단							
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

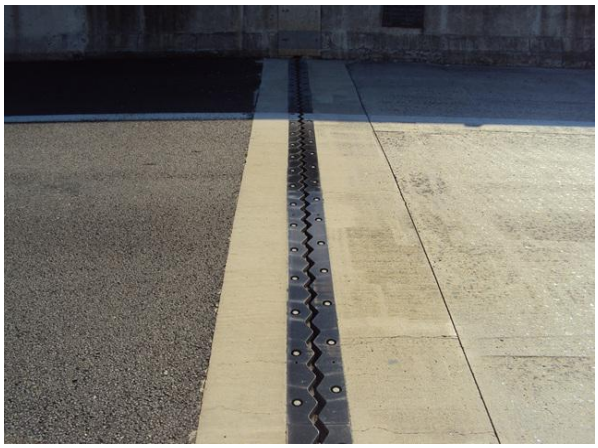
바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.



EXP.J1(A1) 전경



EXP.J 2 (A2) 전경

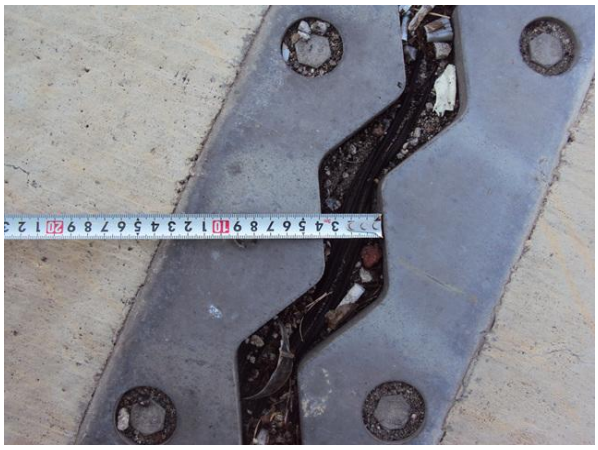
【사진 20.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과, 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만), 후타재 파손, 차수판 볼트 체결불량, 여유량 부족 등의 손상이 발생한 것으로 확인되었다.

【표 20.3.9】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		차수판 볼트 체결불량 (개소)		여유량 부족 (개소)	
A1 (EXP J1)	4.00	10	0.02	1	2.00	2	1.00	1
A2 (EXP J2)	4.80	12	-	-	-	-	-	-
합계	8.80	22	0.02	1	2.00	2	1.00	1

	
신축이음 A1 여유량 부족(1EA)	신축이음 A1 후타재 파손(0.1×0.2)
	
신축이음 A1 차수판 볼트 체결불량(2EA)	신축이음 A2 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 20.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

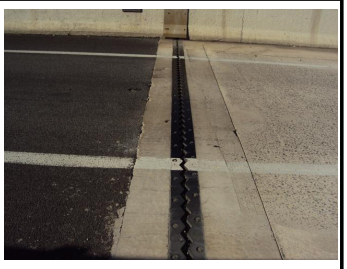
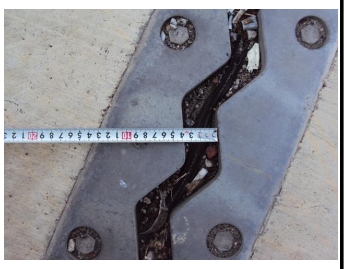
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만), 후타재 파손, 차수판 볼트 체결불량, 여유량 부족 등의 경우, 초기 건조수축, 차량 통행하중 및 충격, 시공미흡 등으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 정도가 경미하나 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수, 신축이음 재설치 등의 보수를 실시하고 주기적인 안전점검을 통하여 손상의 재발생 여부 등을 확인하는 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 18. 기온 적용: 9.4℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−9.4℃ = 30.6℃
△T(수축시) : −20.0℃−(9.4℃) = 29.4℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 20.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 20.3.10】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	29.4	30.6	0.000012	65.0	22.9	23.9	38.0	30.0	60.0	
A2	고정단									
1) 조사당시 온도 : 9.4℃(조사일 : 2022년 10월 18일, 평균온도, 고양시(기상청 자료 : 서울)) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 20.3.11】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①-③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	22.9	23.9	38.0	60	-0.9	14.1	N.G
	바닥판	22.9	23.9	30.0	-	-	6.1	O.K
	거더	22.9	23.9	60.0	-	-	36.1	O.K
A2		고정단						
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축시 A1 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 고양분기점 7교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

【사진 20.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 포트홀, 접속부 포장 파손 등의 손상이 발생한 것으로 확인되었다.

【표 20.3.12】 교면포장 현장조사 결과

구분	포트홀 (㎡/개소)		접속부 포장 파손 (㎡/개소)	
S1	0.05	2	0.50	1
합계	0.05	2	0.50	1

	
교면포장 S1 포트홀(0.2×0.2)	교면포장 S1 포트홀(0.1×0.1)
	
교면포장 S1(A1) 접속부 포장 파손(0.5×1.0)	교면포장 S1 상태현황

【사진 20.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장에 발생한 포트홀, 접속부 포장 파손 등의 손상은 시공미흡, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 접속부 포장 파손의 경우 갓길 측에 위치하여 주행성에 문제는 없으나, 부재의 사용성 확보차원의 단면보수가 필요하고, 포트홀 손상은 지속적인 차량의 반복 통행하중에 의해 손상 진전시 차량의 주행성에 영향을 미칠것으로 판단되어 아스콘 팻칭 등의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 고양분기점 7교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 20.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 배수구 막힘의 손상이 확인되었다.

【표 20.3.13】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수구 막힘 (개소)	
S1	4.00	4
합계	4.00	4

	
배수시설 S1 배수구 막힘(1EA)	배수시설 S1 배수구 막힘(1EA)
	
배수시설 S1 배수구 막힘(1EA)	배수시설 S1 배수구 막힘(1EA)

【사진 20.3.20】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수시설의 배수구에 발생한 배수구 막힘은 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 2차 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽 전경



방호벽 전경

【사진 20.3.21】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과, 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 균열(Cw=0.3㎜이상), 델리네이트 파손, 접속부 파손 등의 손상이 발생한 것으로 확인되었다.

【표 20.3.14】 방호벽 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜이상) (m/개소)		델리네이트 파손 (개소)		접속부 파손 (㎡/개소)	
S1	2.00	1	2.00	2	0.20	1
합계	2.00	1	2.00	2	0.20	1

	
방호벽 S1 균열(Cw=0.3㎜이상)	방호벽 S1 델리네이트 파손(1EA)
	
방호벽 S1 델리네이트 파손(1EA)	방호벽 S1(A1) 접속부 파손(0.2×1.0)

【사진 20.3.22】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 방호벽에 발생한 균열(Cw=0.3㎜이상), 델리네이트 파손, 접속부 파손 등의 경우, 건조수축, 외부충격, 시공초기 성토부 지반안정 침하에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 손상의 정도가 경미하여 시설물의 내구성 확보차원의 주입보수, 단면보수 등의 유지관리가 필요하다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 본 교량은 교대 A1에 콘크리트 점검계단, A2에 철제 점검계단 등의 점검시설이 설치 되어 있는 상태이다.

	
A1 점검시설 전경	A2 점검시설 전경

【사진 20.3.23】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대에 설치된 점검시설 현장조사 결과, 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, A1에 콘크리트 점검계단 유실이 확인되었다.

【표 20.3.15】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	점검계단 유실 (개소)	
A1	10.00	10
A2	-	-
합계	10.00	10

	
A1 점검계단 유실(10EA)	A2 점검로 상태양호

【사진 20.3.24】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설에 발생한 A1 콘크리트 점검계단 유실은 시공미흡에 의한 고정 불량으로 발생한 손상으로 판단되며, 원활한 시설물의 유지관리를 위하여 점검계단 재설치 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

카. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

20.3.3 외관조사 총괄표

【표 20.3.16】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		망상균열	㎡	7.50	2	
거더	거더외부	부식	㎡	0.03	1	
	거더내부	상태양호	-	-	-	
가로보		상태양호	-	-	-	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	2.00	1	
		표면박리 및 열화	㎡	0.75	1	
		토사 및 폐콘크리트 퇴적	㎡	12.00	2	
		박리	㎡	0.20	1	
		파손	㎡	0.06	1	
교량받침		Plate부식	EA	2.00	2	
		받침몰탈 파손	㎡	0.09	1	
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	8.80	22	
		후타재 파손	㎡	0.02	1	
		여유량 부족	EA	1.00	1	
		차수판 볼트 체결불량	EA	2.00	2	
교면포장		포트홀	㎡	0.05	2	
		접속부 포장 파손	㎡	0.50	1	
배수시설		배수구 막힘	EA	4.00	4	
방호벽		균열(0.3㎜이상)	m	2.00	1	
		델리네이트 파손	㎡	2.00	2	
		접속부 파손	㎡	0.20	1	
점검시설		점검계단 유실	EA	10.00	10	

20.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

20.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

20.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 20.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

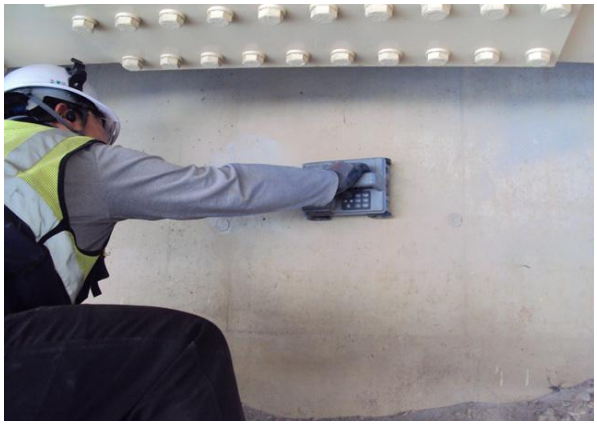
항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	2	2	2	2	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

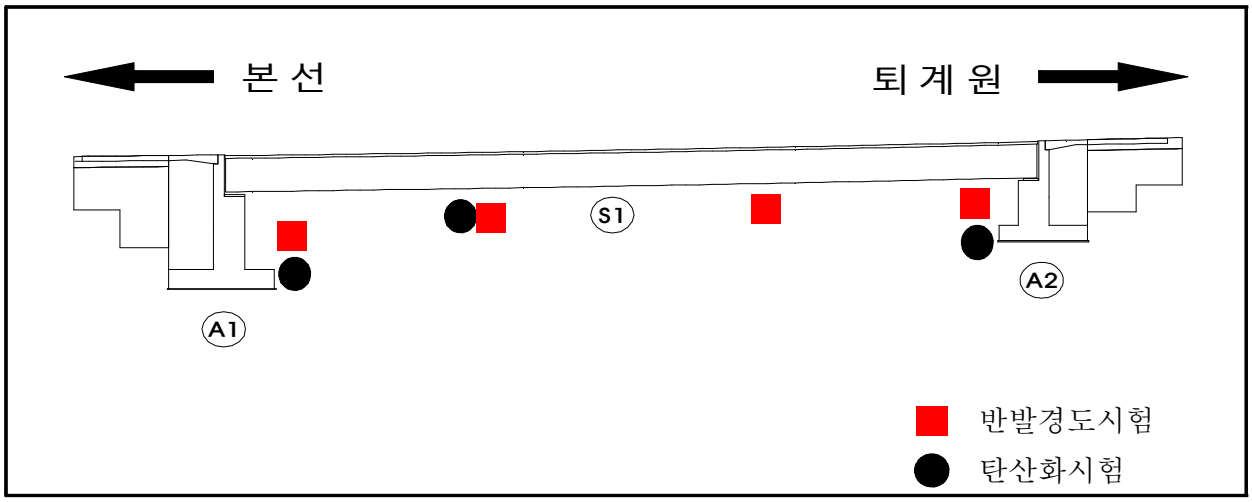
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

	
반발경도 시험 현황	반발경도 시험 현황
	
탄산화깊이 측정 현황	탄산화깊이 측정 현황

【사진 20.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 20.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

20.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 4개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 20.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	46.3	27.3	28.8	0.67	27.0	
	S1	바닥판	45.9	27.0	28.6	0.67		

【표 20.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	교대	42.6	24.1	27.0	0.67	24.0	
	A2	교대	43.2	24.7	27.3			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~28.8MPa, 하부구조(교대) 24.1~27.3 MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 20.4.4】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.0 ~ 28.4	27.0	100.1 ~ 106.5
하부구조	교대	24.1 ~ 27.3	24.0	100.6 ~ 113.6

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 20.4.5】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판하면	1.5	40.0	38.5	1.06	100년이상	a
하부구조	A1 교대	2.0	100.0	98.0	1.41	100년이상	a
	A2 교대	2.5	100.0	97.5	1.77	100년이상	a

탄산화 깊이에 대한 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~2.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 20.4.6】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.5	38.5	
하부구조	2.0~2.5	97.5~98.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 20.4.7】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.4	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.1~27.3	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		1.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		2.0~2.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

20.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

20.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급'으로 산정되었다.

【표 20.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	b	b	a	b	c	c	b	a	b	q	a	a
	A2								b	b	b	q	–	a
평균			0.200	0.200	0.100	0.200	0.400	0.400	0.200	0.150	0.200	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.040	0.005	0.014	0.012	0.008	0.018	0.014	0.040	–	0.004	0.003
													0.194	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.194) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 20.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
고양분기점 7교	0.194	B	65	1	65	1.000	0.194
합계(∑)			65	1	65	1.000	0.194
1. 평가지수 =							0.194
2. 상태평가결과 =							B

20.5.2 기 점검 결과와의 비교

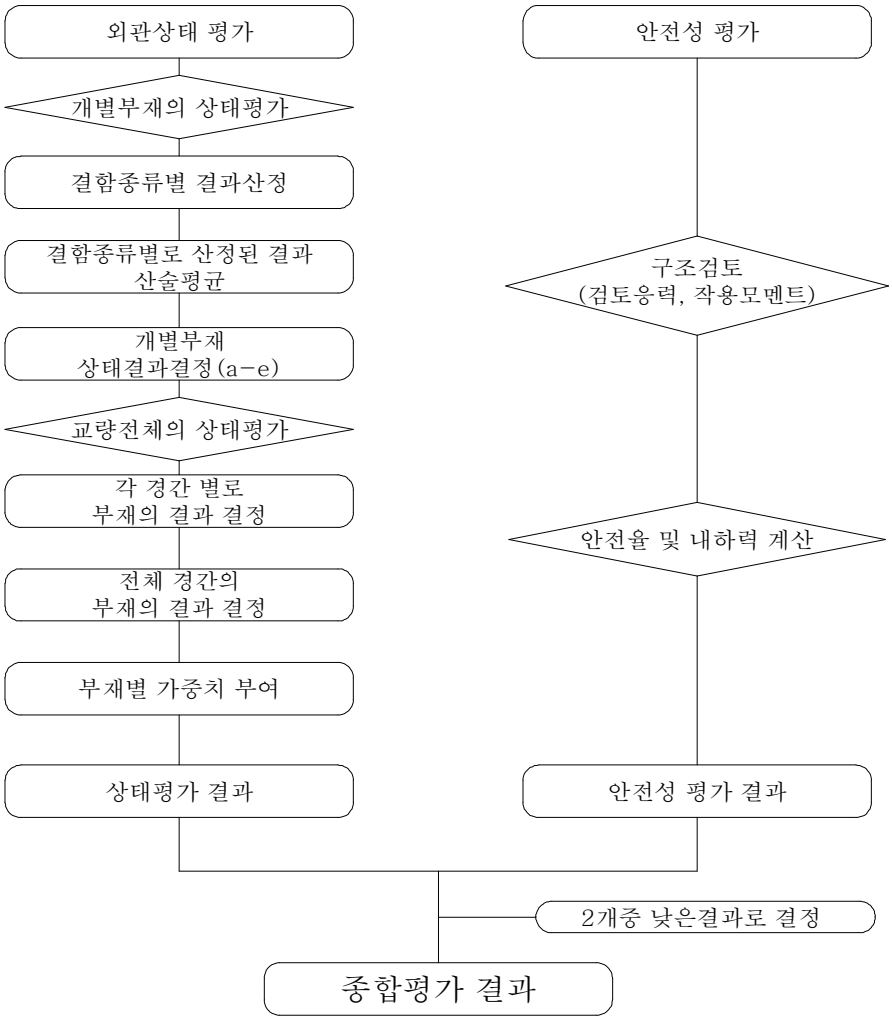
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

20.6 종합평가 및 안전등급 지정

20.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 20.6.1】 종합평가 결과 산정절차

20.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 20.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
고양분기점 7교	0.194	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

20.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 20.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

20.7 보수·보강 및 유지관리방안

20.7.1 보수·보강 방안

【표 20.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		망상균열	㎡	7.50	2	표면처리	하자
거더	거더외부	부식	㎡	0.03	1	재도장	하자
	거더내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		균열(0.3㎜미만)	m	2.00	1	표면처리	하자
		표면박리 및 열화	㎡	0.75	1	단면보수	하자
		토사 및 폐콘크리트 퇴적	㎡	12.00	2	정비	하자
		박리	㎡	0.20	1	단면보수	하자
		파손	㎡	0.06	1	단면보수	하자
교량받침		Plate부식	EA	2.00	2	재도장	하자
		받침몰탈 파손	㎡	0.09	1	단면보수	하자
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	8.80	22	표면처리	하자
		후타재 파손	㎡	0.02	1	단면보수	하자
		여유량 부족	EA	1.00	1	신축이음 재설치	하자
		차수판 볼트 체결불량	EA	2.00	2	정비	하자
교면포장		포트홀	㎡	0.05	2	아스콘 팻칭	하자
		접속부 포장 파손	㎡	0.50	1	단면보수	하자
배수시설		배수구 막힘	EA	4.00	4	정비	하자
방호벽		균열(0.3㎜이상)	m	2.00	1	주입보수	하자
		델리네이트 파손	㎡	2.00	2	정비	하자
		접속부 파손	㎡	0.20	1	단면보수	하자
점검시설		점검계단 유실	EA	10.00	10	정비	하자

20.7.2 개략공사비

【표 20.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	망상균열	표면처리	7.50	11.25	㎡	-	-	하자
거더 외부	부식	재도장	0.03	0.05	㎡	-	-	하자
교대	균열(0.3㎜미만)	표면처리	2.00	0.75	m	-	-	하자
	표면박리 및 열화	단면보수	0.75	1.13	㎡	-	-	하자
	토사 및 폐콘크리트 퇴적	정비	12.00	18.00	㎡	-	-	하자
	박리	단면보수	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
	파손	단면보수	0.06	0.09	㎡	-	-	하자
교량받침	Plate부식	재도장	2.00	3.00	EA	-	-	하자
	받침몰탈 파손	단면보수	0.09	0.14	㎡	-	-	하자
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	표면처리	8.80	13.20	m	-	-	하자
	후타재 파손	단면보수	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
	여유량 부족	신축이음 재설치	1.00	1.00	EA	-	-	하자
	차수판 볼트 체결불량	정비	2.00	3.00	EA	-	-	하자
교면포장	포트홀	아스콘 팻칭	0.05	0.08	㎡	-	-	하자
	접속부 포장 파손	단면보수	0.50	0.75	㎡	-	-	하자
배수시설	배수구 막힘	정비	4.00	6.00	EA	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜이상)	주입보수	2.00	3.00	m	-	-	하자
	델리네이트 파손	정비	2.00	3.00	㎡	-	-	하자
	접속부 파손	단면보수	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
점검시설	점검계단 유실	정비	10.00	15.00	EA	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

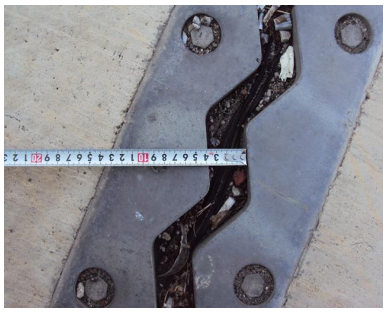
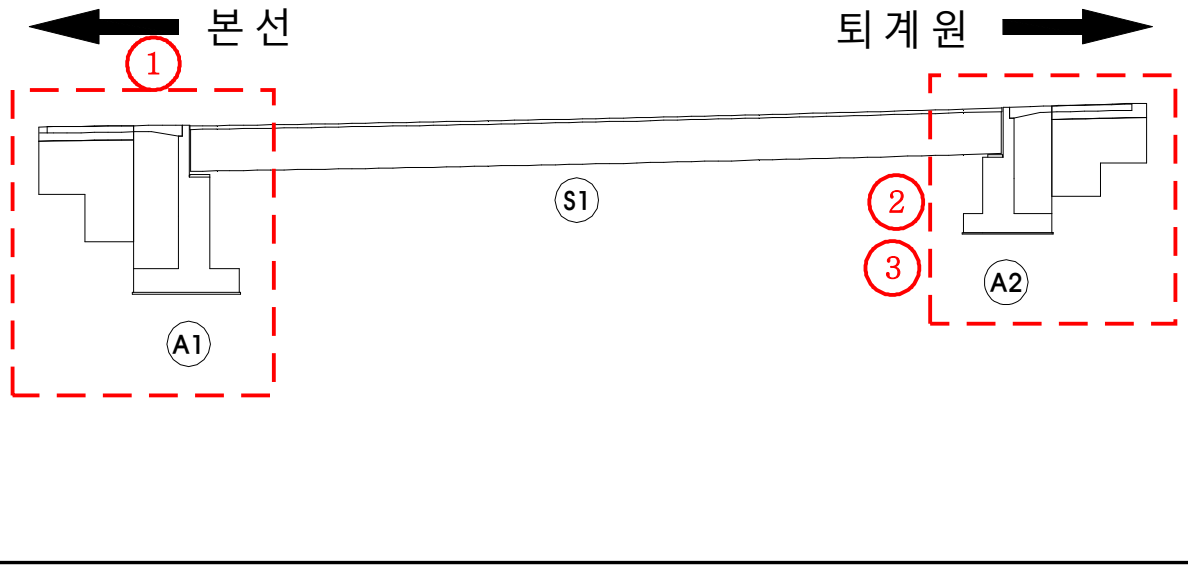
20.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 20.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>① 신축이음 A1 여유량 부족 – 주기적인 여유량 확인</td><td>② 교량받침 A2-SH2 받침몰탈 파손 – 진전 여부확인</td><td>③ 하부구조 A2 표면열화 및 박리 – 진전 여부확인</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
</table>

20.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 원당동 218-5에 위치한 교량으로 총 연장 65.0m, 폭 8.7m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

20.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면의 현장조사 결과, 건조수축으로 인한 망상균열이 발생한 것으로 조사되었고, 조사된 손상은 시설물의 사용성에 영향을 미치지는 않는 것으로 판단되며, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부에 발생한 부식은 외부 우수유입에 의한 부식으로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었으나 지속적인 우수유입에 의한 손상의 증가로 내구성 저하 등을 방지하기 위한 재도장 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보에 대한 금회 안전점검 결과 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 신축이음을 통한 건조수축, 시공미흡, 외부 우수유입, 열화, 외부 충격 등으로 인한 균열(Cw=0.3㎜미만), 토사 및 폐콘크리트 퇴적, 표면열화 및 박리, 파손, 박리 등의 손상이 확인되었고, 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 정비, 단면보수 등의 보수조치가 필요하다고 판단된다.

5) 교량받침

- 교량받침에 발생한 받침몰탈 파손, Plate부식은 시공초기 외부 충격, 외부 우수유입에 의한 손상으로 판단되며, 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었으나 지속적인 우수유입에 의한 손상의 증가로 내구성 저하 등을 방지하기 위한 단면보수, 재도장 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

6) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만), 후타재 파손, 차수판 볼트 체결불량, 여유량 부족 등의 경우, 초기 건조수축, 차량 통행하중 및 충격, 시공미흡 등으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 정도가 경미하나 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수, 신축이음 재설치 등의 보수를 실시하고 주기적인 안전점검을 통하여 손상의 재발생 여부 등을 확인하는 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축시 A1 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

7) 교면포장

- 교면포장에 발생한 포트홀, 접속부 포장 파손 등의 손상은 시공미흡, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 접속부 포장 파손의 경우 갓길 측에 위치하여 주행성에 문제는 없으나, 부재의 사용성 확보차원의 단면보수가 필요하고, 포트홀 손상은 지속적인 차량의 반복 통행하중에 의해 손상 진전시 차량의 주행성에 영향을 미칠것으로 판단되어 아스콘 팻칭 등의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

8) 배수시설

- 배수시설의 배수구에 발생한 배수구 막힘은 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 2차 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

■ 방호벽에 발생한 균열(Cw=0.3㎜이상), 델리네이트 파손, 접속부 파손 등의 경우, 건조수축, 외부충격, 시공초기 성토부 지반안정 침하에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 손상의 정도가 경미하여 시설물의 내구성 확보차원의 주입보수, 단면보수 등의 유지관리가 필요하다.

10) 교량 점검시설

■ 점검시설에 발생한 A1 콘크리트 점검계단 유실은 시공미흡에 의한 고정 불량으로 발생한 손상으로 판단되며, 원활한 시설물의 유지관리를 위하여 점검계단 재설치 등의 보수를 실시하는 것이 바람직 하다.

11) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과, 상부구조 27.0~28.8㎫, 하부구조(교대) 24.1~27.3㎫로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 탄산화 깊이에 대한 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.0~2.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 고양분기점 7교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.194, 상태평가 점수는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 고양분기점 7교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

20.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

20.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

21. 고양분기점 11교

21.1 시설물 개요

21.2 자료수집 및 분석

21.3 현장조사

21.4 콘크리트 내구성조사

21.5 상태평가

21.6 종합평가 및 안전등급 지정

21.7 보수·보강 및 유지관리 방안

21.8 종합결론

21. 고양분기점 11교

21.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 원당동 1060-9에 위치한 교량으로 총 연장 60.0m, 폭 8.7m로 시공되어 있다.

21.1.1 일반사항

【표 21.1.1】 고양분기점 11교 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000162	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 원당동 1060-9	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		-	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=60.0m(60.0m)			
	폭	B=8.7m, 1차로			
구조형식	상부	Steel Box	기초형식	교 대	직접기초 강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형		교 각	-
교량받침		포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물		소경원천	통과높이		2.6m
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		지에스건설㈜	설계자		㈜다산컨설턴트
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체		서울문산고속도로주식회사



측면 전경



상부 전경

21.1.2 위치도 및 전경사진



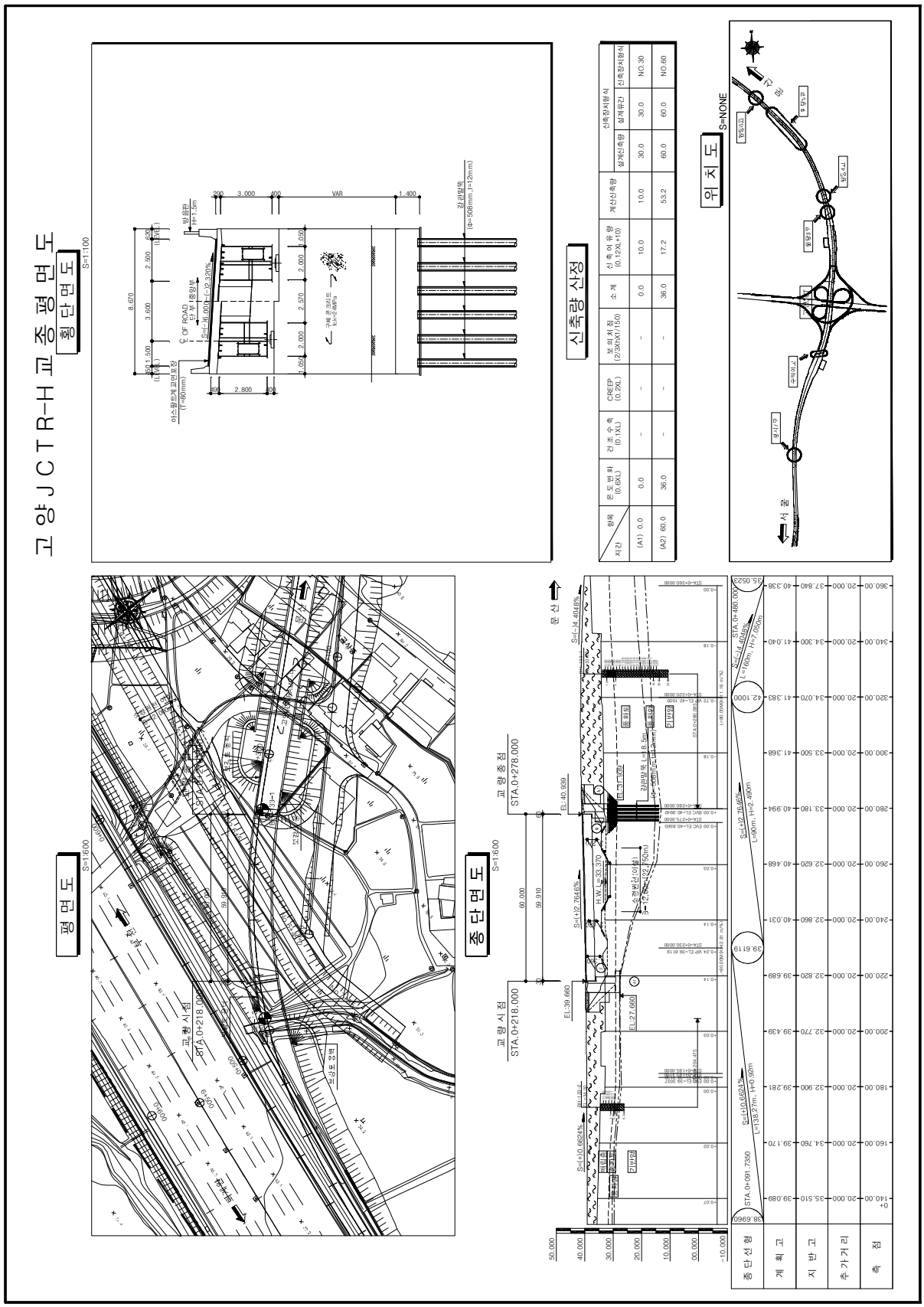
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	사다리	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 21.1.1】 위치도

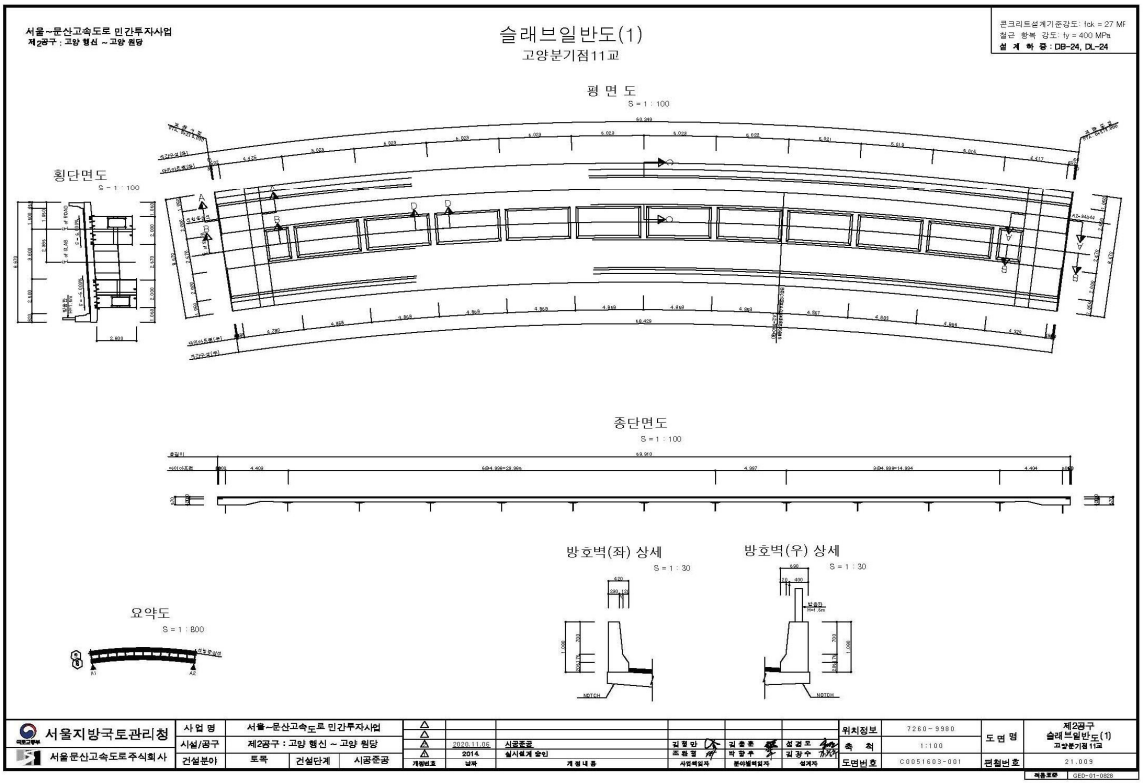
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수시설 전경

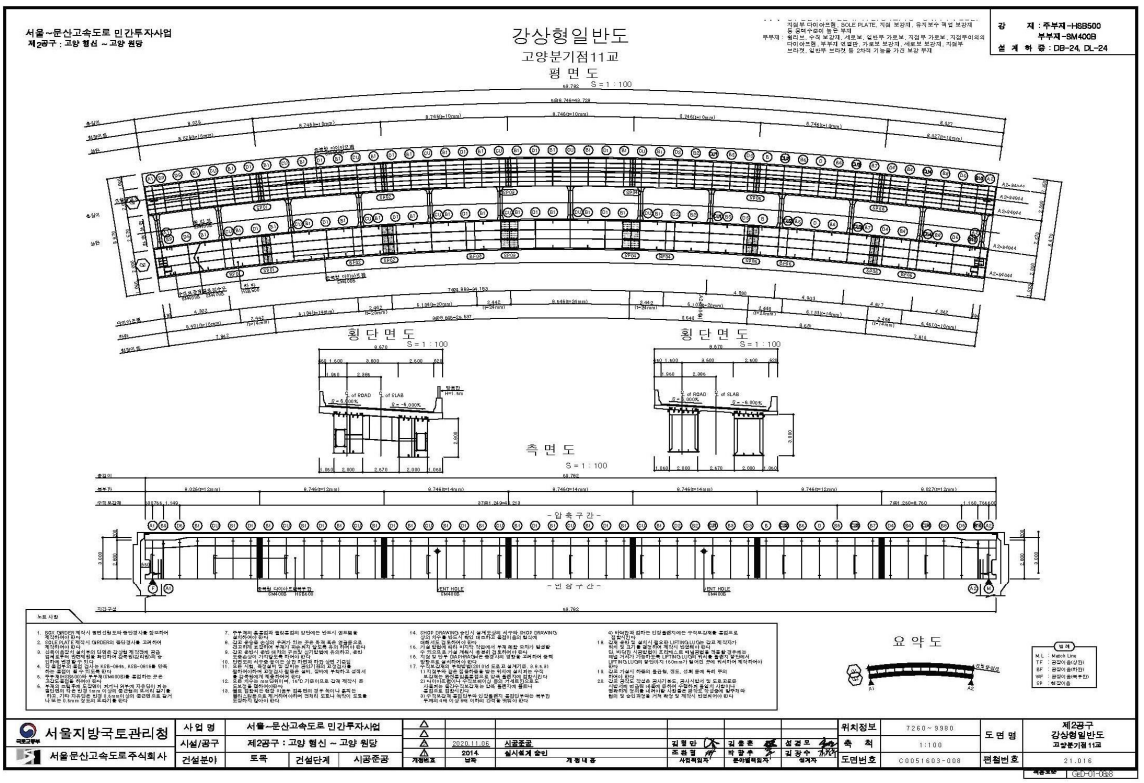
【그림 21.1.2】 부재별 현황

21.1.3 시설물 일반도

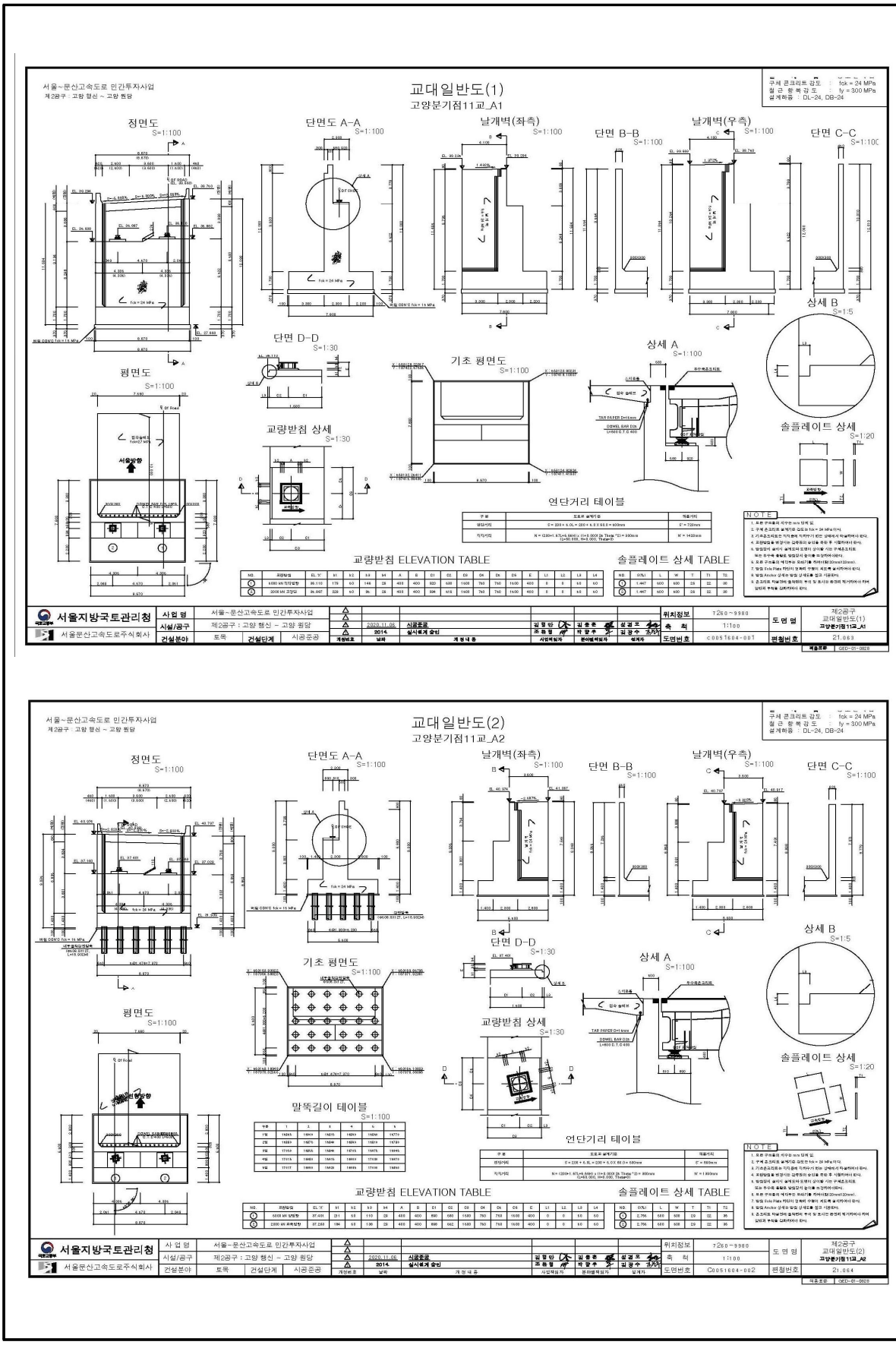


【그림 21.1.3】 평면 및 종단면도

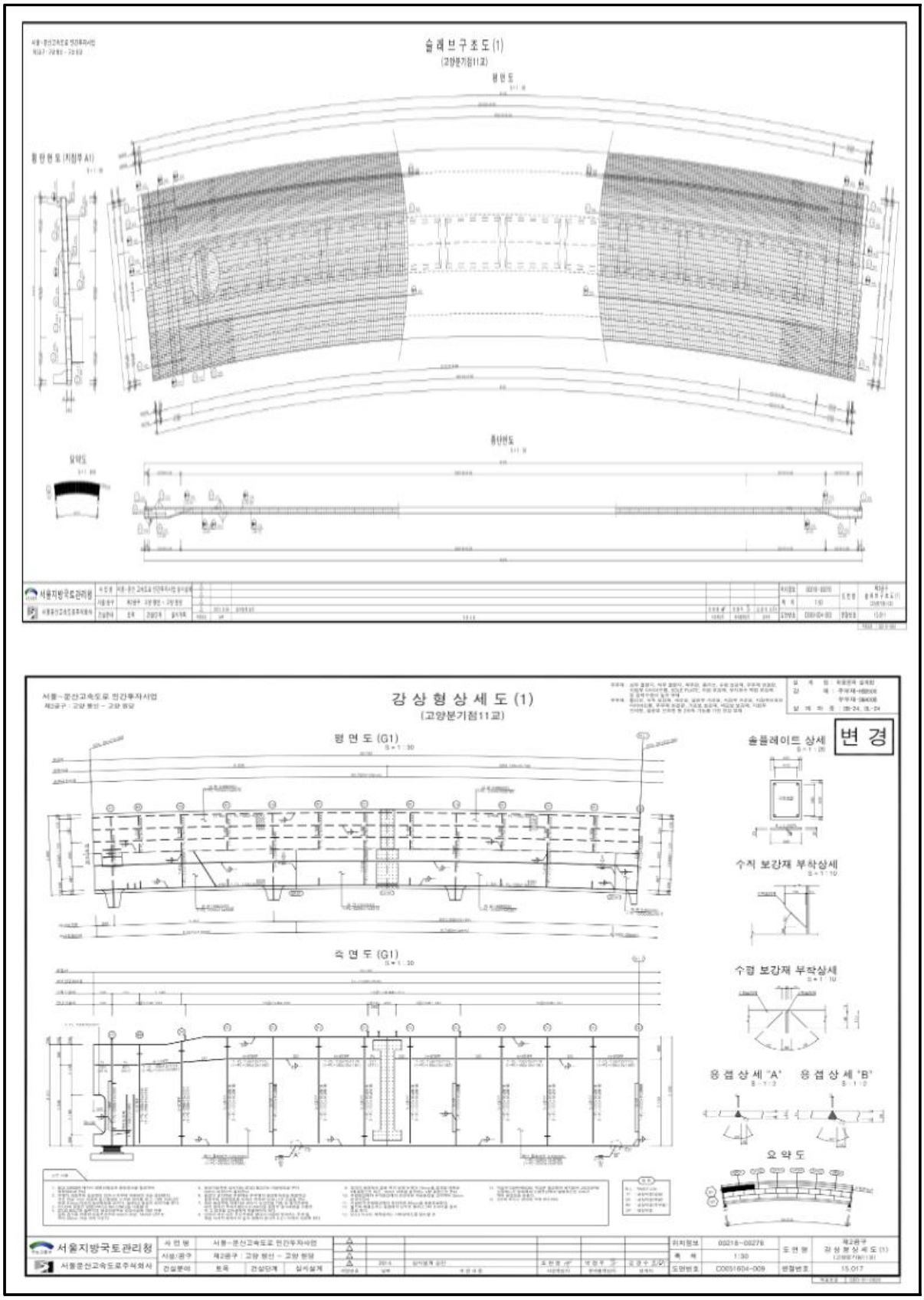




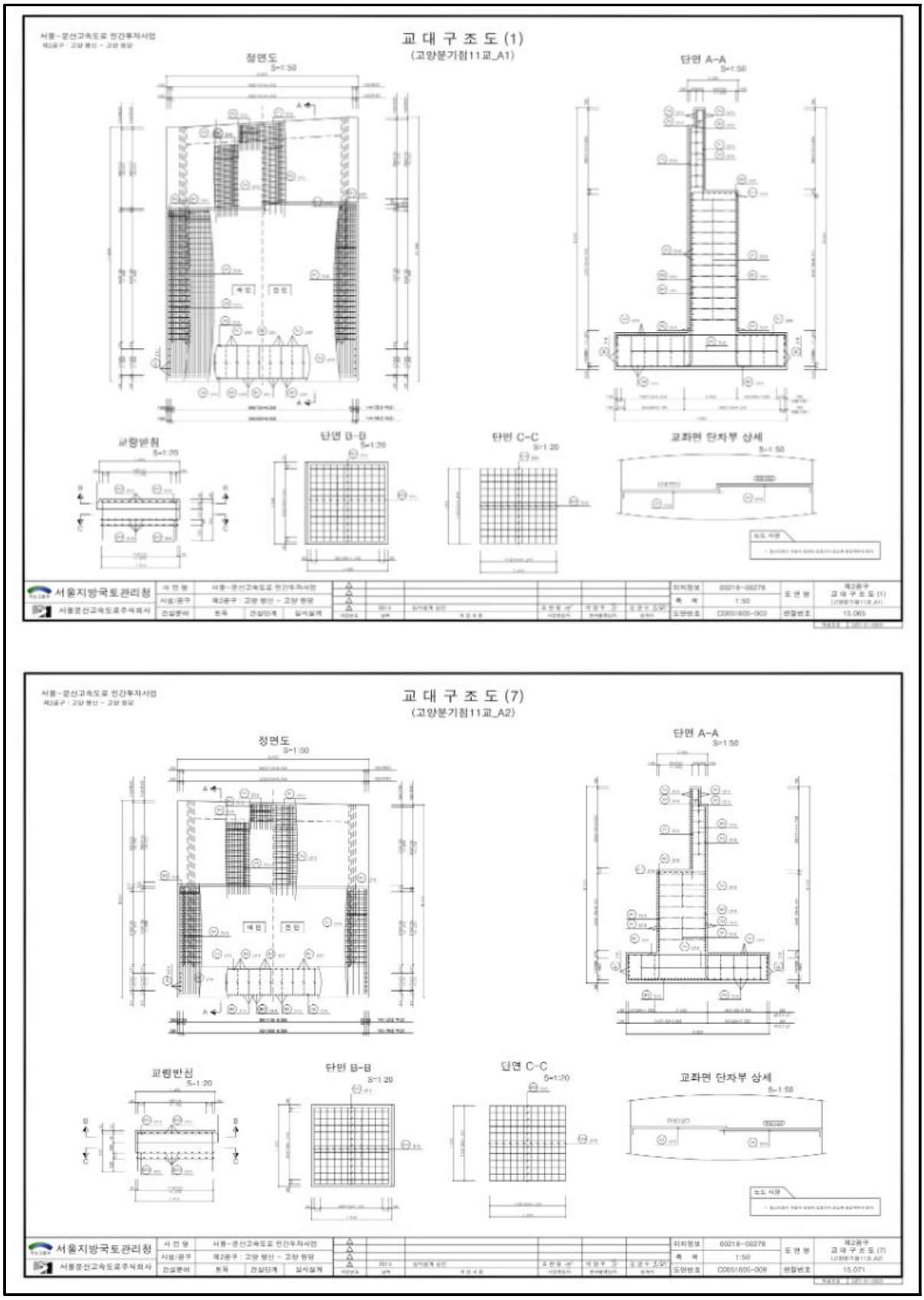
【그림 21.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도



【그림 21.1.5】 교대 일반도



【그림 21.1.6】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도



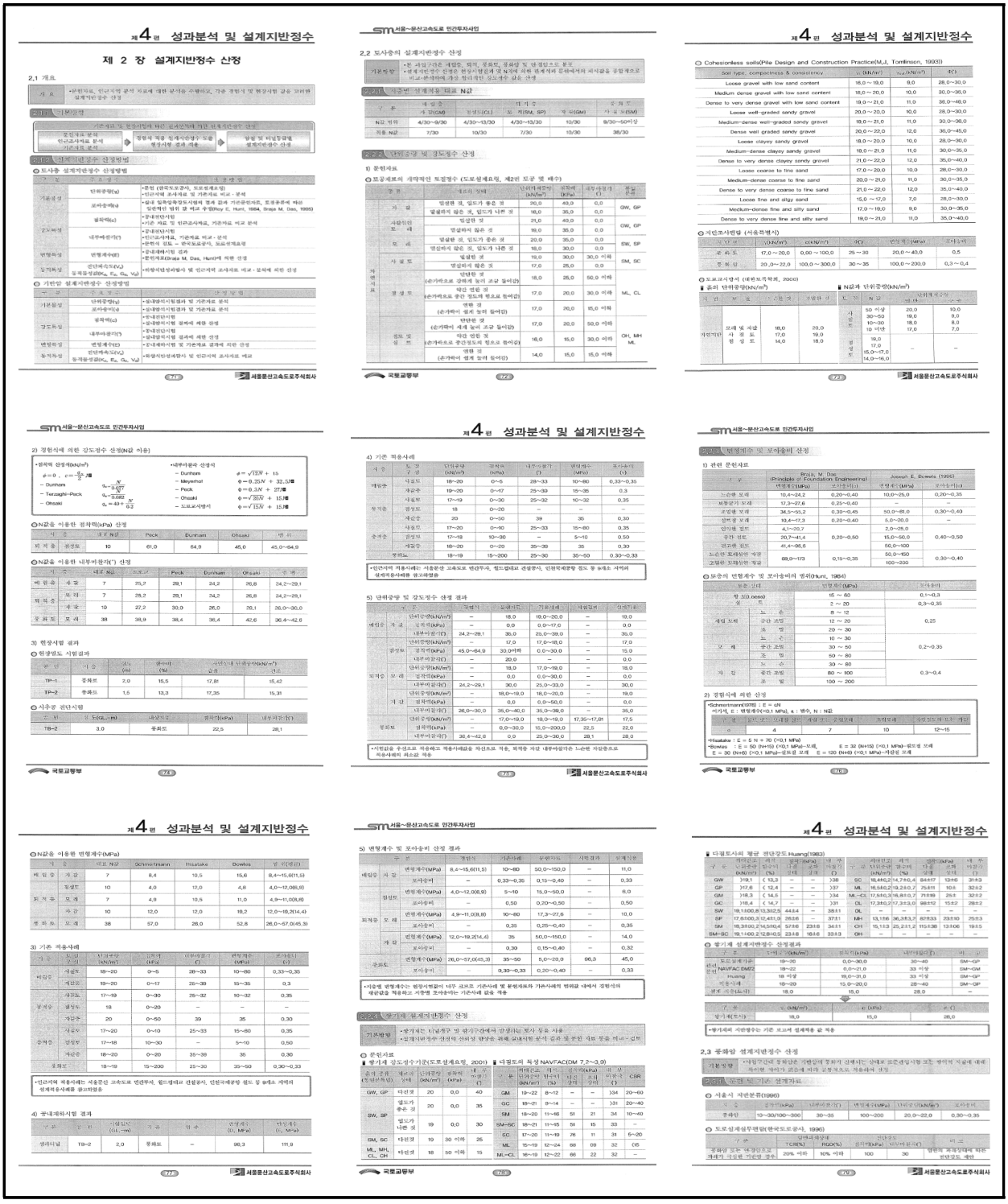
【그림 21.1.7】 교대 구조도

21.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

21.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	–
	2001	20	30	35	–
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편 암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범 위		19.5~21	10~30	30~36	–

○ 기존 적용사례

구분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0.30~0.31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공번	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31.1	31.4	156.1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	–	19.5~22.0	20.0~22.0	–	20.0
포아송비(ν)	–	0.20~0.45	0.30~0.31	–	0.30

○ 전단강도 및 변형계수

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	–	10.0~300	20~50	31.1	30.0
내부마찰각(°)	) 39.5	30.0~36.0	30~33	31.4	31.0
변형계수(MPa)	–	200	50.0~350.0	156.1	150.0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 선정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○ 도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암석종류(강도)	암반과쇄상태 (NX 규격 시추조사시)		암반의 강도정수	
	T.C.R(%)	R.Q.D(%)	φ(°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~30%	10~25%	33°	130
	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○ 서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반별	단위중량 γ_t (kN/m³)	내부마찰각 φ(°)	변형계수 E_s (MPa)	포아송비 ν
연 암	23~25	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0.25
경 암	25~27	35~45	1,000~4,000	0.20

2) 기존 적용사례

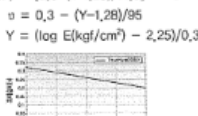
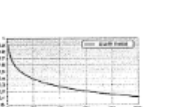
구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널 구간	I등급	27	4,200	44~45	18,000	0.21
	II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0.22
	III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0.24
	IV등급	24	800~900	34	1,000	0.25
	V등급	23	400	33	500	0.26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

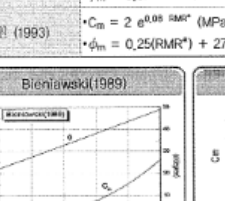
○ 제안자별 경험식

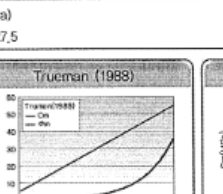
▮ 단위중량 및 포아송비

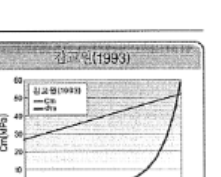
구분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산정식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y-1.28)/14.3] × 10 ν = 0.3 − (Y-1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35 	ν = −0.17 Ln(RMR')+0.9 

▮ 점착력 및 내부마찰각

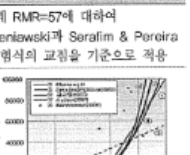
점착력 경험식	관계경험식
•Bieniawski (1989)	•C_m = −0.051 + 0.008R − 3.346 × 10^{-5}RMR² •ϕ_m = −0.086 + 0.7891RMR − 0.0031 RMR²
•Trueman (1988)	•C_m = 0.25 $e^{0.05\ RMR}$ (Mpa) •ϕ_m = 0.5RMR + 5
•김교원 (1993)	•C_m = 2 $e^{0.08\ RMR^*}$ (MPa) •ϕ_m = 0.25(RMR*) + 27.5







▮ 변형계수

변형계수 경험식	관계경험식	적용내용
•Bieniawski (1978)	E_m = 2RMR−100(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\ e^{0.07RMR^*}$(GPa) − RMR* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	E_m = 0.0097 $RMR^{3.54}$ (MPa)	
•Mohammad (1997)	E_m = 0.562 RMR + 0.183 (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	단위중량(kN/m³) 김교원 (1993)	포아송비(ν) Tsuchiya (1984)	포아송비(ν) 김교원 (1993)
터널 구간	I등급	81	26.3	–	0.21	0.15
	II등급	64	25.5	–	0.22	0.19
	III등급	53	24.8	–	0.23	0.22
	IV등급	36	23.8	–	0.24	0.29
	V등급	10	22.1	–	0.27	0.49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	점착력(kPa) Truman (1988)	점착력(kPa) 김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	내부마찰각(φ) Truman (1988)	내부마찰각(φ) 김교원 (1993)
터널 구간	I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	V등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Saratim & Pereira(1983)	변형계수(MPa) 김교원(1993)	변형계수(MPa) Aydan(1977)
터널 구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,800	13,100	12,300
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	–

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구분	공번	시험심도 (GL.−m)	지층	암종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11.0	연 암	화강암질 편마암	IV	980.3	1,166.2
	TB-3	17.0	연 암	화강암질 편마암	IV	598.9	908.3

○ 실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	탄성파속도(m/s) S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	IV	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	III	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	III	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	III	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	III	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	III	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	IV	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	III	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구분	지층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적용	포아송비(ν) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	27	26.3	–	27.0	0.21	0.15~0.21	–	0.21
	II등급	26	25.5	–	26.0	0.22	0.19~0.22	–	0.22
	III등급	25	24.8	26.65~26.90	25.0	0.24	0.22~0.23	0.16~0.19	0.24
	IV등급	24	23.8	27.08~28.93	24.0	0.25	0.24~0.29	0.16~0.21	0.25
	V등급	23	22.1	–	23.0	0.26	0.27~0.49	–	0.26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구분	지층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구분	지층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	–	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	–	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	–	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	–	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암석명	기본마찰각(ϕ_b)	암석명	기본마찰각(ϕ_b)
각 섬 암	32	화강암 (조립질)	31~35
현 무 암	31~38	석 회 암	33~40
역 암	35	반 암	31
백 악	30	사 암	25~35
백 운 암	27~31	셰 일	27
편마암 (편암질)	23~29	미 사 암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점 판 암	25~30

주) 좌측 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암석명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비고
점착력이 없는 물질	방과 / 과쇄 암석	현무암 백악 화강암 석회암 사암 셰일	40.0 ~ 50.0 30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0 35.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 35.0	–	–
점착력이 있는 물질	암석	견고한 화성암 변성암 견고한 퇴적암 연약한 퇴적암	35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 25.0 ~ 35.0	35.7 ~ 56.1 20.4 ~ 40.8 10.2 ~ 30.6 1.0 ~ 20.4	(화강암, 현무암, 반암) (규암, 편마암, 점판암) (석회암, 백운석, 사암) (사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암석명	설명	최대강도 c'(kPa)	최대강도 φ(°)	잔류강도 c'(kPa)	잔류강도 φ(°)	시험자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240.0	42.0	–	–	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15.0 90.0~120.0 60.0~100.0	7.5 12.0~17.0 9.0~13.0	–	–	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0.0~270.0	8.5~29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0.0~180.0	12.0~18.5	0.0~3.0	10.5~16.0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60.0	32.0	–	–	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	–	–	0.0	19.0~25.0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
혈판응암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0~13.0	16.0	0.0	11.0~11.5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화강섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0.0	26.5	–	–	Brawner[116]
화강암 /편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 악화됨, 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0.0~100.0 50.0~242.0	24.0~25.0 40.0~42.0	–	–	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	–	–	0.0	21.0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0~200.0	13.0~14.0 17.0~21.0	0.0	13.0	Krsmanovic등 [120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80.0 100.0	38.0 10.0	–	–	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0~24.0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14.0~30.0	15.0~17.5	–	–	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360.0 16.0~20.0	14.0 7.5~11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30.0~80.0 610.0~740.0 380.0	32.0 41.0 31.0	–	–	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50.0	33.0	–	–	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42.0~90.0	36.0~38.0	–	–	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구분	현무암	역암	편마암	화강암	사암	셰일
마찰각(°)	31.0 ~ 38.0	35.0	23.0 ~ 29.0	29.0 ~ 35.0	25.0 ~ 35.0	27.0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C, Wyllie, 1992)

구분	암종	내부마찰각(°)	비고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20.0 ~ 27.0	–
Medium-friction Rocks	27.0 ~ 34.0	–	–
사암, 역암, 편마암, 슬레이트	–	–	–

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구분	공번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상리터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	–	47.0~59.0	47.0	–	34.7~39.1	34.0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개 요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음
•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76 \times N^{0.33}$ • Imai(1982) $V_s = 97.0 \times N^{0.314}$
•Okamoto(1989) $V_s = 125 \times N^{0.3}$ • Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84 \times N^{0.31}$
− 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$
− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$
− 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1-2\nu_d)$ 여기서, $\rho = \gamma_t/g$, γ_t=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구분		하향식탄성파 V_p(m/s)	하향식탄성파 V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비고
매립층		–	–	144.4~224.1	180	–
퇴적층	점토	–	–	162.5~249.4	200	–
	모래	–	–	144.4~224.1	170	–
	자갈	–	–	162.5~249.4	190	–
풍화토		919~984	375~408	252.4~372.3	392	–
풍화암		1,103~1,185	511~577	276.4~404.2	544	–
연 암		1,786~1,881	927~980	–	954	4등급
경 암		2,168~2,323	1,192~1,277	–	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

분석결과	•내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용

제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성 암반	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성 암반	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성 암반	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
균열 간격이 없을때	불투수성 암반	1.0×10^{-9} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

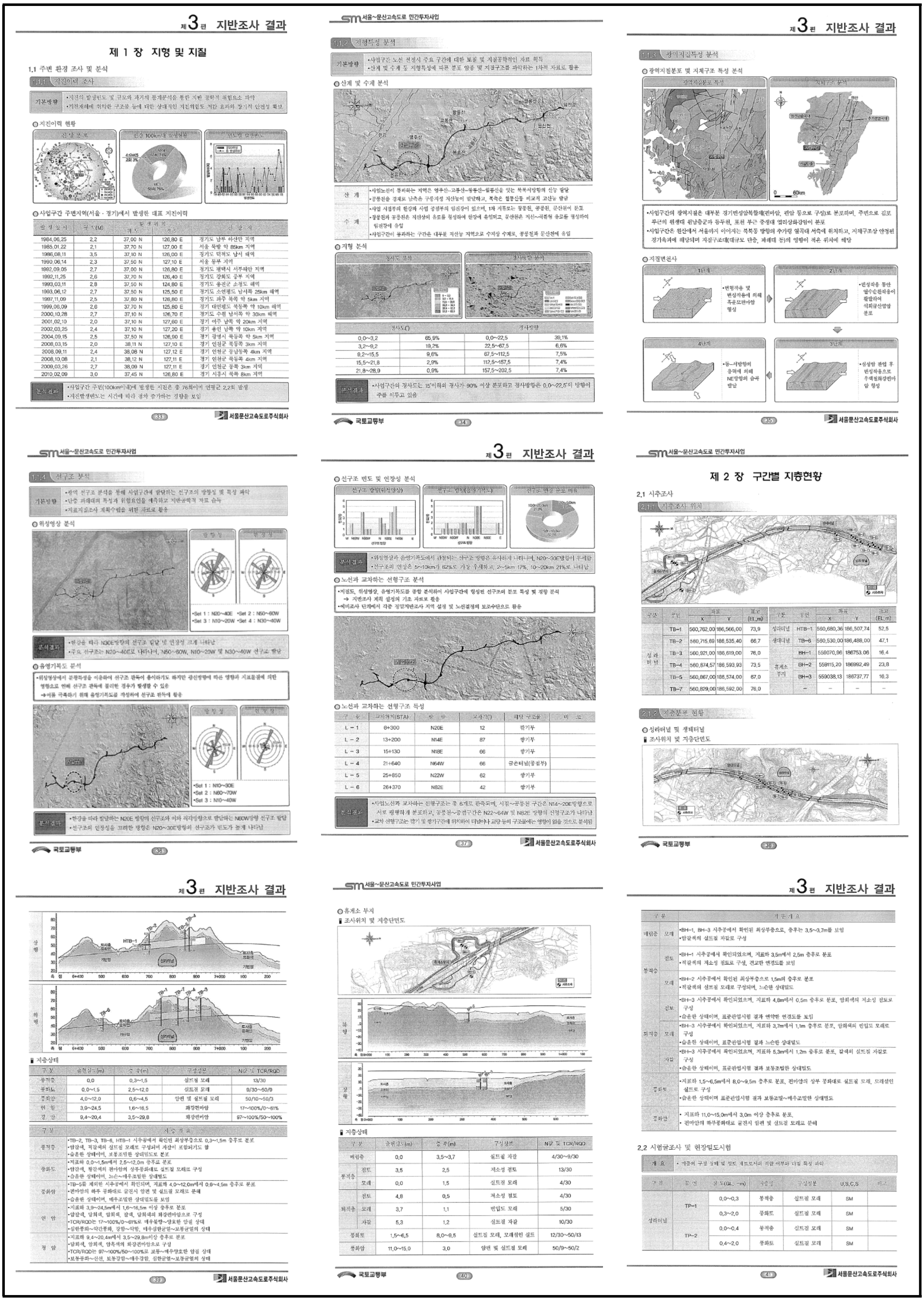
2.7.3 물안속체 설계지반정수

암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

나. 지반 및 지질 조사보고서



제3편 지반조사 결과

제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

○지진이력 현황

○사업구간 주변지역(서울 · 경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

33 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석

산계	•사업노선이 통과하는 지역은 영주산–고봉산–황룡산–월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 저산성의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 저산~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석

경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부 34

제3편 지반조사 결과

1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석

•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
•사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사

1단계	2단계	3단계	4단계
•변형작용 및 변성작용에 의해 흑운모편마암 형성	•변성작용 동안 열수순환작용이 활발하여 석회규산염암 분포	•심성암 관입 후 변성작용으로 우백질화강편마암 형성	•동–서방향의 응력에 의해 NE방향의 습곡 발달

35 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

○위성영상 분석

•Set 1 : N20~40E •Set 2 : N50~60W
•Set 3 : N10~20W •Set 4 : N30~40W

분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

•Set 1 : N10~30E
•Set 2 : N60~70W
•Set 3 : N10~40W

분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부 36

제3편 지반조사 결과

○선구조 빈도 및 연장성 분석

분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용

○노선과 교차하는 선형구조 특성

구분	교차위치(STA)	방향	교차각(°)	해당 구조물	비고
L – 1	6+300	N20E	12	깎기부	
L – 2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L – 3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L – 4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L – 5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L – 6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 판독되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

37 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고(EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고(EL.m)
성라터널	TB–1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB–1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB–2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB–6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB–3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소 부지	BH–1	559070.96	186753.06	16.4
	TB–4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH–2	559115.20	186992.49	23.8
	TB–5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH–3	559038.13	186737.77	16.3
	TB–7	560,829.00	186,592.00	76.0		–	–	–	–

2.1.2 지층분포 현황

○성라터널 및 생태터널

▮ 조사위치 및 지층단면도

국토교통부 38

제3편 지반조사 결과

▮ 지층상태

구분	출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

구분	지층개요
붕적층	•TB–2, TB–3, TB–6, HTB–1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB–5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▮ 조사위치 및 지층단면도

▮ 지층상태

구분		출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부 40

제3편 지반조사 결과

구분		지층개요
매립층	모래	•BH–1, BH–3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH–1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
	모래	•BH–2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
	모래	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
	자갈	•BH–3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포. • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구분	공번	심도(GL. –m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP–1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
	TP–2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41 서울문산고속도로주식회사

◎ 현장밀도시험 결과

구분	공번	심도 (GL, -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
성라터널	TP-1	2,0	풍화토	17,81	15,42	14,18	12,28	1,256
	TP-2	1,5	풍화토	17,35	15,31	13,62	12,02	1,274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17,35~17,81kN/m³, 건조단위중량 : 15,31~15,42kN/m³ •L값 : 1,256~1,274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

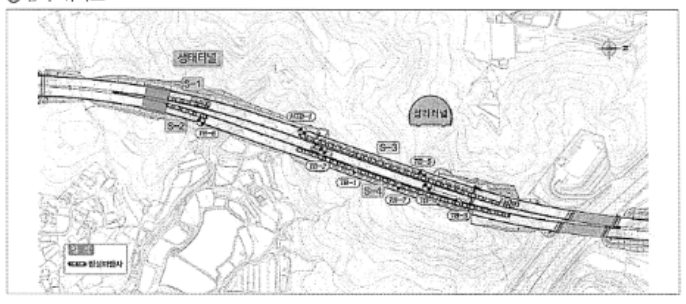
구분	지층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	–
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토사구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

제 3 장 물리탐사

3.1 굴절법탄성파탐사

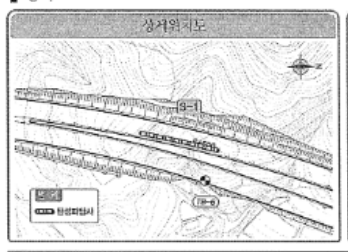
◎ 탐사 위치도



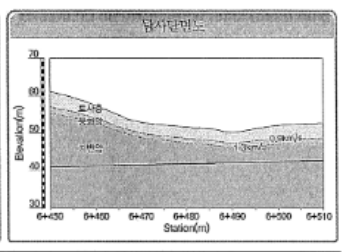
◎ 탐사 결과

▪ S-1

상세위치도



탐사단면도

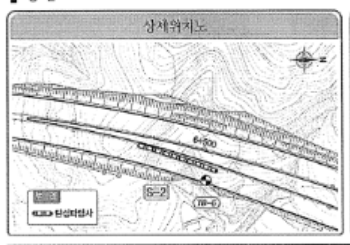


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL.-4.71 출현

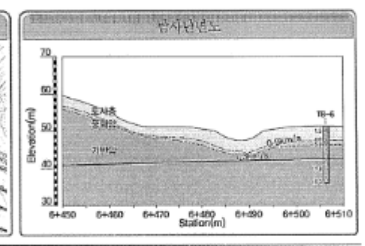
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 풍화암층의 두께는 1.13~1.68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.03~5.61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 풍화암층의 평균 두께는 1.36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.71m로 분석되었음

▪ S-2

상세위치도



탐사단면도

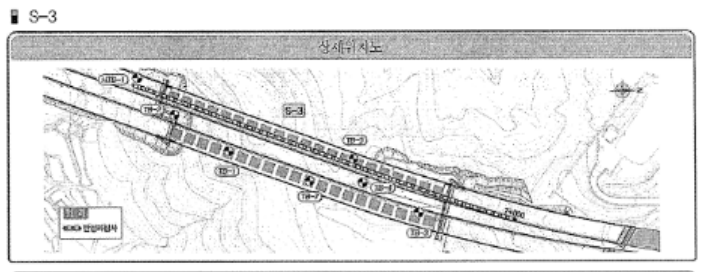


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.16	0.92	GL.-4.09 출현

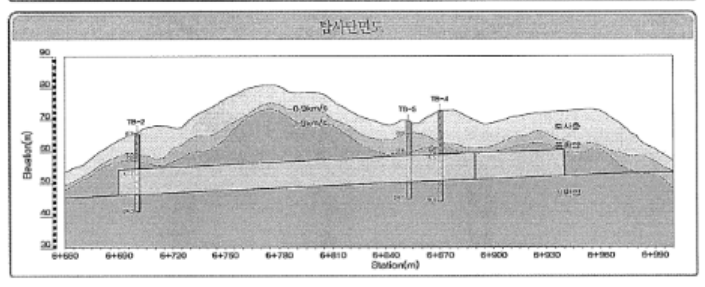
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.29~4.03m, 풍화암층의 두께는 0.52~1.20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2.81~5.21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3.16m, 풍화암층의 평균 두께는 0.92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.09m로 분석되었음

▪ S-3

상세위치도



탐사단면도

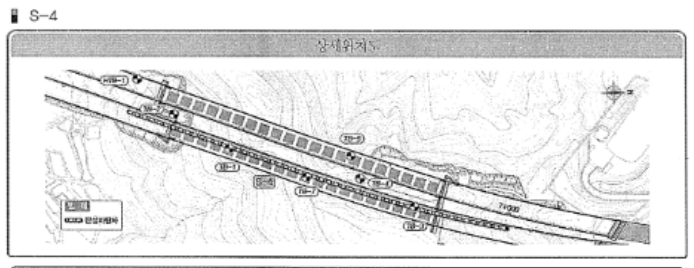


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6.67	2.93	GL.-9.60 출현

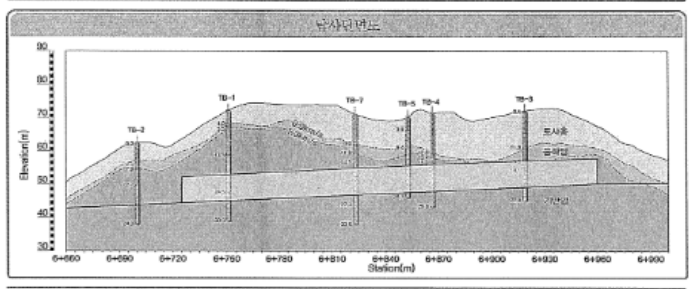
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.78~10.86m, 풍화암층의 두께는 0.95~5.92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.45~13.60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6.67m, 풍화암층의 평균 두께는 2.93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9.60m로 분석되었음

▪ S-4

상세위치도



탐사단면도



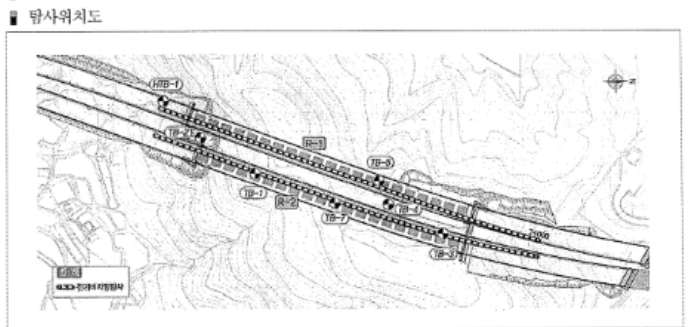
구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7.80	2.32	GL.-10.11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.98~13.49m, 풍화암층의 두께는 0.61~5.28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5.64~15.54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7.80m, 풍화암층의 평균 두께는 2.32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10.11m로 분석되었음

3.2 전기비저항탐사

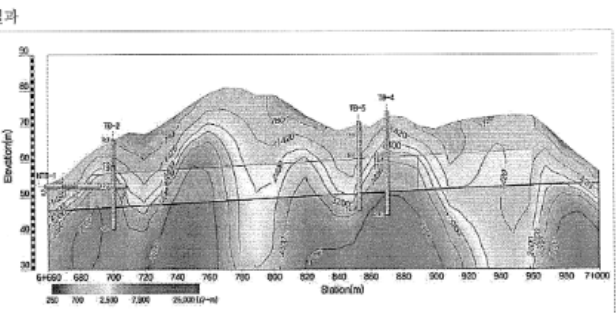
◎ 성라터널 서울방향

▪ 탐사위치도



▪ 탐사결과

R-1

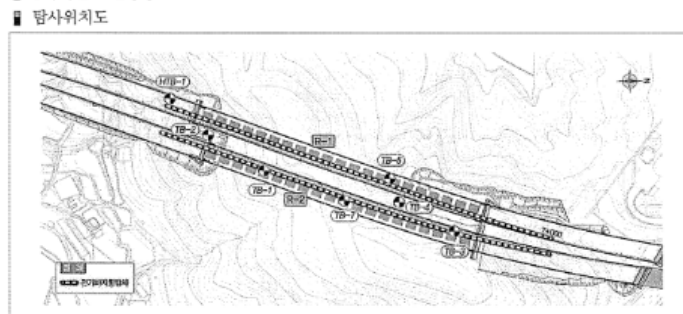


▪ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

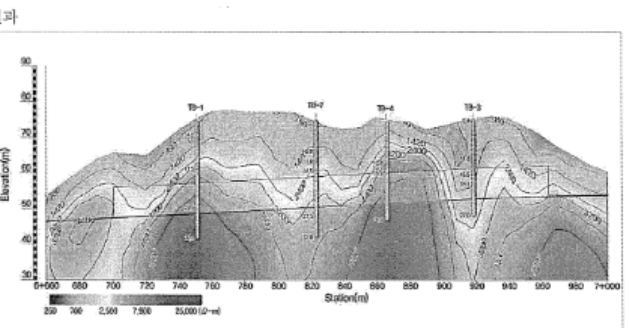
◎ 성라터널 문산방향

▪ 탐사위치도



▪ 탐사결과

R-2



▪ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-Ⅱ, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

◎ 시험결과

구분	공번	시험심도 (GL.-m)	지층	암종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2.0	풍화토	–	96.3	111.9
	TB-2	11.0	연 암	화강편마암	980.3	1,166.2
	TB-3	13.0	풍화암	–	156.1	231.1
	TB-3	17.0	연 암	화강편마암	598.9	908.3

◎ 결과분석

구분	변형계수(D,MPa) 풍화토	풍화암	연암	탄성계수(E,MPa) 풍화토	풍화암	연암
성라터널	96.3	156.1	598.9~980.3	111.9	231.1	908.3~1,166.2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96.3MPa, 풍화암은 156.1MPa,연암은 598.9~980.3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 현지반 점착력(C)과 내부마찰각(∅) 측정

◎ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3.0	풍화토	22.5	28.1
	TB-3	12.0	풍화암	31.1	31.4

◎ 결과분석

구분	점착력(c, kPa) 풍화토	풍화암	마찰각(∅, °) 풍화토	풍화암
성라터널	22.5	31.1	28.1	31.4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22.5kPa, 풍화암 31.1kPa로 산정되며, 마찰각(∅)은 풍화토 28.1°, 풍화암 31.4°로 나타남

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

◎ 터널구간

공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
TB-1	7.4	66.5	TB-4	15.5	58.0	TB-7	17.6	58.4
TB-2	6.1	60.6	TB-5	6.8	60.2	–	–	–
TB-3	17.0	59.0	TB-6	3.6	43.5	–	–	–

◎ 기타구간(휴게소 부지)

공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
BH-1	3.2	13.2	BH-2	6.6	17.2	BH-3	3.5	12.8

◎ 결과분석

구분	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
터널구간	3.6~17.6	43.5~66.5
기타구간 (휴게소 부지)	3.2~6.6	12.8~17.2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3.6~17.6m, 기타구간 : GL.- 3.2~6.6m 범위로 분포

4.2.2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

◎ 시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL.-m)	지 층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	1.95×10^{-4}	7.4
	TB-2	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	3.08×10^{-4}	6.1
	TB-3	12.0 ~ 13.0	풍화암	–	4.53×10^{-5}	17.0
	TB-4	8.0 ~ 9.0	풍화토	SM	2.07×10^{-4}	15.5

◎ 결과분석

구 분	풍화토	풍화암
성라터널	1.96×10^{-4} ~ 3.08×10^{-4}cm/s	4.53×10^{-5}cm/s

4.2.3 수압시험

개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 계인을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

◎ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7.0 ~ 12.0	연 암	3.06×10^{-6}	0.11	Dilation
	TB - 2	16.0 ~ 21.0	경 암	1.28×10^{-6}	0.08	Dilation
	TB - 3	20.0 ~ 25.0	경 암	2.49×10^{-6}	0.04	Dilation
	TB - 6	6.0 ~ 11.0	연 암	4.76×10^{-6}	0.14	Dilation

◎ 결과분석

구 분	투수계수(cm/s) 연 암	경 암	평균 Lugeon 연 암	경 암
성라터널	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	0.11~0.14	0.04~0.08

4.3 불연속면특성 분석

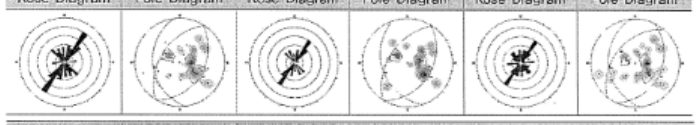
4.3.1 공내영상촬영

개 요	•암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악 •불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

○시험결과

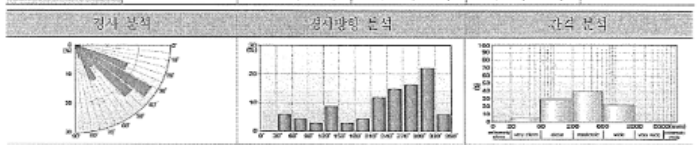
TB-1

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



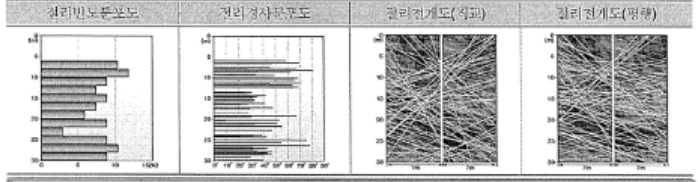
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-1	전체절리	43/303(59.55)	28/263(85.24)	33/121(94.80)	68
	파쇄절리	45/303(61.08)	31/251(39.28)	33/121(53.08)	27
	미세절리	39/310(63.64)	28/264(71.60)	28/116(58.46)	41

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세 | •300~330°방향성 우세 | •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

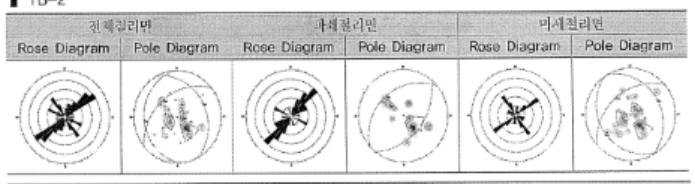
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 아크릴관 밖에 슬러지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

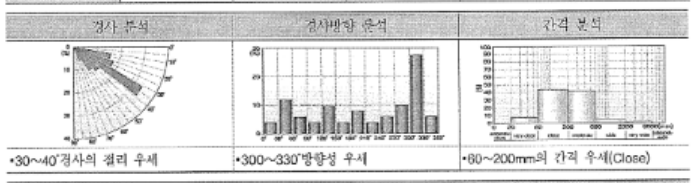
TB-2

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



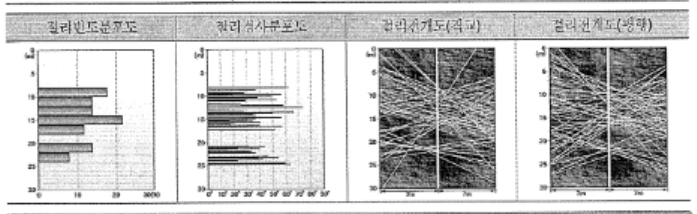
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-2	전체절리	38/321(77.54)	23/63(56.42)	15/266(79.84)	51
	파쇄절리	30/320(38.49)	43/129(38.81)	–	18
	미세절리	38/320(58.01)	22/61(51.90)	20/235(72.36)	33

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세 | •300~330°방향성 우세 | •60~200mm의 간격 우세(Close)

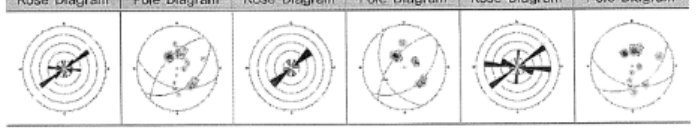
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

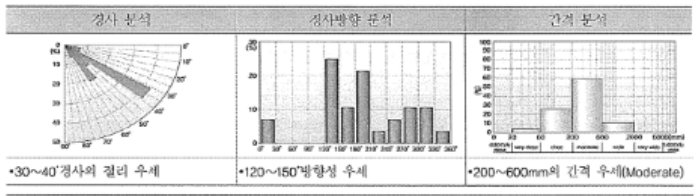
TB-3

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



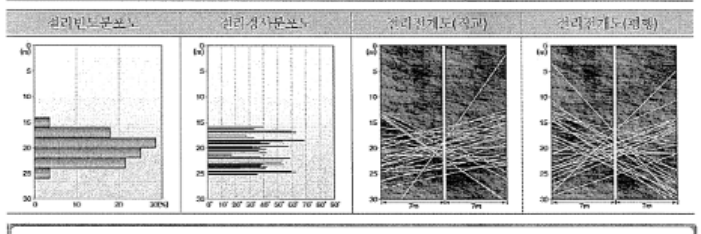
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-3	전체절리	38/145(176.3)	41/193(80.35)	56/313(71.51)	28
	파쇄절리	37/143(119.93)	55/310(55.92)	33/243(173.7)	11
	미세절리	41/193(64.42)	39/148(419.8)	–	17

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세 | •120~150°방향성 우세 | •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

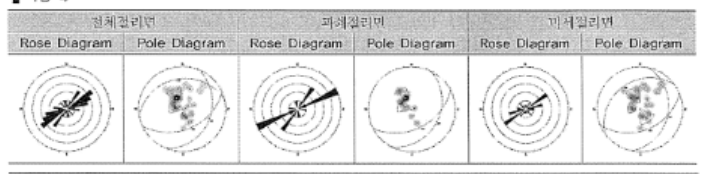
절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

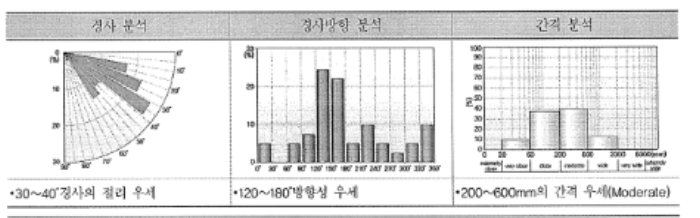
TB-4

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



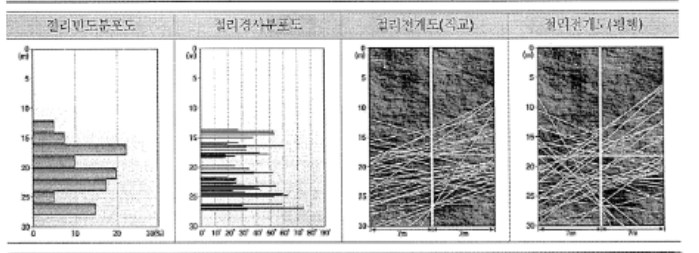
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-4	전체절리	39/156(48.01)	23/111(69.14)	19/349(359.3)	41
	파쇄절리	40/153(50.83)	24/117(52.12)	–	14
	미세절리	37/158(42.76)	23/325(46.83)	23/102(111.7)	27

경사 분석	경사방향 분석	간격 분석



•30~40°경사의 절리 우세 | •120~180°방향성 우세 | •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도	절리경사분포도	절리전개도(직교)	절리전개도(평행)



•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요	•기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 점착력과 마찰각 산정 → 불연속체 해석물성치 산정시 기초 자료로 활용

○시험결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과	•터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요	•측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_d, K_d)산정 •동포아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

○시험결과

TB-2

지 층	심도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포와송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

TB-3

지 층	심도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포와송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	927	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,168	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

○전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 심도 (GL.-m)	EL.(m)	지표하 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (설계적용 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL.-7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL.-30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요	•시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행 •지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○시험결과

구 분	공 번	심도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널 구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	붕적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타 구간 (휴게소)	BH-1	4.0	붕적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과	•실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 붕적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨 •함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 다짐 및 CBR시험

개 요	•쌓기재료로 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악 •쌓기재료에 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 쌓기재료 유용성 평가시 활용

○실시설계 시험결과

공 번		심도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널 구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.26	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과	•건조단위중량은 A다짐:17.37~17.45kN/m³, D다짐:17.37~18.40kN/m³로 분석됨 •CBR는 12.0~12.8%(평균 12.4%)의 범위에 해당

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요	•시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정 •지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○시험결과

구분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

○지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과	•연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19 •경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

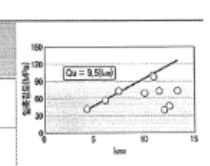
개 요	•암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index Is_{50}값을 산정

○시험결과

구분	공 번	심 도 (m)	지 층	$Is_{(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구분	공 번	심 도 (m)	지 층	$Is_{(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널 구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널 구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

○지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
$Is_{(50)}$(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3



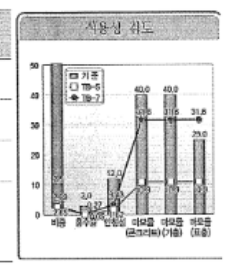
•과업구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.5(Is_{50})의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 본선발생암 유용성 검토

○시험결과 및 적용성 검토

시험항목	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

적용성 검토



•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

다. 구조계산서

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 고양JCT R-H교

(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (D3-24 및 DL-24 적용)

(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교

(4) 교 량 연 장 : 59.990 = 59.990 m

(5) 교 량 폭 원 : B = 8.675 m

(6) Girder 제원 : B = 2.002 m H = 3.000 m

(7) 사 각(Skew) : 90.000 °

(8) 곡률반경(R) : 좌측 = 200.000 m 중앙 = ∞ m 우측 = ∞ m

(9) 설 계 속 도 : 60.000 km/h

(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

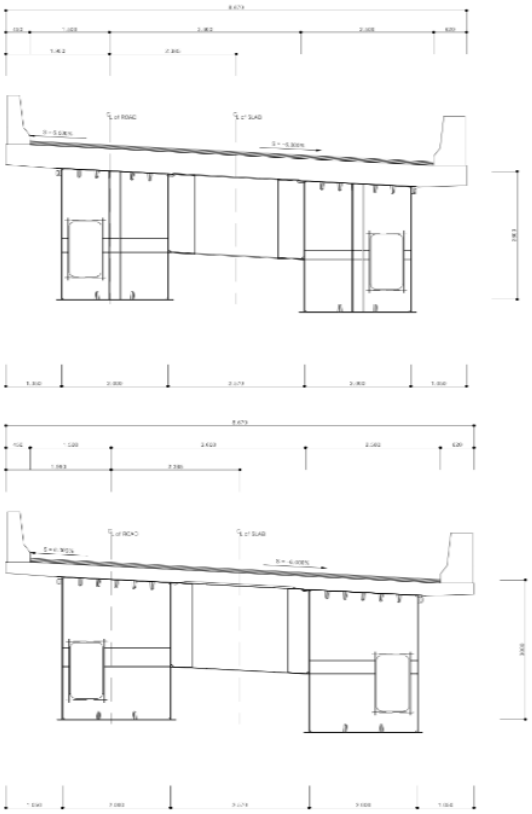
• 사 용 재 료

주 부 재	HSB520(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 슬플레이트)
부 부 재	SM490B(지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 일반부 가로보,시점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_s)	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (※ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

2. 단면가정



구조계산 CHECK LIST

4.단면별 응력검토결과

작용응력이 다음 허용응력 검토

< Girder - 1 >

구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	88.262	299.000	30	O.K	-66.243	230.000	29	O.K
단면 2	114.223	299.000	38	O.K	-107.870	230.000	47	O.K
단면 3	116.075	171.067	68	O.K	-155.160	230.000	68	O.K
단면 4	124.181	171.057	73	O.K	-176.490	230.000	77	O.K
단면 5	139.938	171.057	82	O.K	-220.191	230.000	97	O.K
단면 6	144.869	171.057	85	O.K	-189.076	230.000	82	O.K
SP 1	139.000	299.000	46	O.K	-125.402	230.000	58	O.K
SP 2	124.181	171.057	73	O.K	-176.490	230.000	77	O.K
SP 3	141.577	171.057	83	O.K	-185.013	230.000	80	O.K
SP 4	141.626	171.057	83	O.K	-185.056	230.000	80	O.K
SP 5	124.168	171.057	73	O.K	-170.389	230.000	77	O.K
SP 6	138.893	299.000	46	O.K	-125.319	230.000	54	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	65.929	135.000	49	O.K	0.326	27	0.321	27	O.K
단면 2	57.162	135.000	42	O.K	0.325	27	0.399	33	O.K
단면 3	42.618	135.000	32	O.K	0.562	47	0.820	68	O.K
단면 4	34.955	135.000	26	O.K	0.594	50	0.656	55	O.K
단면 5	18.954	135.000	14	O.K	0.689	57	0.777	65	O.K
단면 6	9.302	135.000	7	O.K	0.722	60	0.681	57	O.K
SP 1	53.803	135.000	40	O.K	0.375	31	0.457	38	O.K
SP 2	34.955	135.000	26	O.K	0.594	50	0.656	55	O.K
SP 3	12.020	135.000	9	O.K	0.693	58	0.655	55	O.K
SP 4	13.312	135.000	10	O.K	0.695	58	0.657	55	O.K
SP 5	36.470	135.000	27	O.K	0.600	50	0.661	55	O.K
SP 6	54.056	135.000	40	O.K	0.376	31	0.457	38	O.K

< Girder - 2 >

구분	휨 응 력 검 도 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	84.812	299.000	28	O.K	-60.728	230.000	26	O.K
단면 2	107.831	299.000	36	O.K	-98.292	230.000	43	O.K
단면 3	110.705	171.067	65	O.K	-184.327	230.000	80	O.K
단면 4	118.868	171.057	69	O.K	-167.217	230.000	73	O.K
단면 5	134.774	171.057	79	O.K	-190.812	230.000	83	O.K
단면 6	139.860	171.057	82	O.K	-180.584	230.000	79	O.K
SP 1	132.061	299.000	44	O.K	-116.019	230.000	50	O.K
SP 2	118.674	171.057	69	O.K	-166.844	230.000	73	O.K
SP 3	136.558	171.057	80	O.K	-176.537	230.000	77	O.K
SP 4	136.575	171.057	80	O.K	-176.583	230.000	77	O.K
SP 5	118.868	171.057	69	O.K	-167.217	230.000	73	O.K
SP 6	132.539	299.000	44	O.K	-116.704	230.000	51	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 도				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	61.089	135.000	45	O.K	0.285	24	0.274	23	O.K
단면 2	56.990	135.000	42	O.K	0.308	26	0.361	30	O.K
단면 3	43.722	135.000	32	O.K	0.524	44	0.747	62	O.K
단면 4	36.774	135.000	27	O.K	0.557	46	0.603	50	O.K
단면 5	20.703	135.000	15	O.K	0.644	54	0.712	59	O.K
단면 6	9.647	135.000	7	O.K	0.674	56	0.622	52	O.K
SP 1	53.690	135.000	40	O.K	0.353	29	0.413	34	O.K
SP 2	35.617	135.000	26	O.K	0.551	46	0.596	50	O.K
SP 3	12.128	135.000	9	O.K	0.645	54	0.597	50	O.K
SP 4	13.432	135.000	10	O.K	0.647	54	0.599	50	O.K
SP 5	36.774	135.000	27	O.K	0.557	46	0.603	50	O.K
SP 6	53.815	135.000	40	O.K	0.355	30	0.416	35	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
(1) 구 조 형 식 : 연T형 교대
(2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
(3) 교 량 등 급 : 1 등급
(4) 교 대 총 폭 : B = 8.670 M
(5) 교 대 높 이 : H = 12.090 M
(6) 기 초 형 식 : 직접기초
(7) SKEW : 90.000 °

2) 하 중
(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (투사) [도로설계요령 제3권 P360]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : q1 = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 471.782 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 158.683 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.050

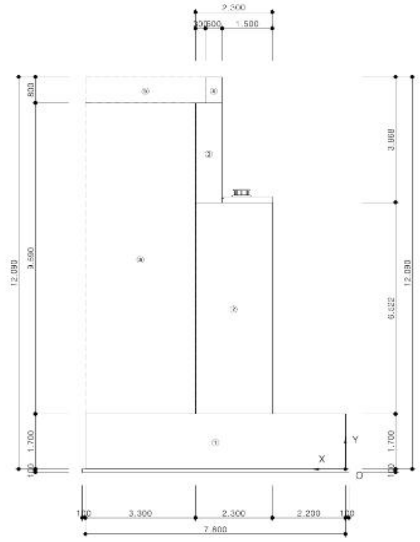
3) 지 반 조 건
(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 50.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 42.386 ° {Φ2 = 15 + √15N}
(4) 기초지반의 점착력 : C = 500.000 kN/m²
(5) 기초지반의 최대 허용지지력 : Qa = 600.00 kN/m²
(6) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.600 : tanΦb = 0.60, Cb = 0 : 암괴 콘크리트
(7) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 28000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
(1) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
(2) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
(3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
(4) 도로설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 연직 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	계
고정하중	3152.708	937.641	4090.348
활하중	1126.075	249.704	1375.779

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	계
교축방향	640.711	640.711	1281.422
직각방향	0.000	629.914	629.914

H = R x A x S R : 교량받침의 고정하중 반력, A : 가속도계수(=0.154), S : 지반계수(=1.000)
교축직각방향 H = ∑Ra x A x S ∑Ra : 교대의 전체 고정하중 반력
교축방향 H = ∑Rt x A x S ∑Rt : 상부구조의 전체 고정하중 반력

4. 안 정 검 토

1) 하중집계 및 조합
① 작용하중 집계표 : 「하중계산 참조」

구 분	수직력	수평력	작용거리		모멘트	
			X(m)	Y(m)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
1. 교대구체(정상시)	777.685	-	3.651	3.674	2840.264	-
2. 교대구체(지진시)	777.685	59.897	3.651	3.674	2840.264	220.054
3. 뒷채움재(정상시)	690.540	-	6.137	6.928	4238.181	-
4. 뒷채움재(지진시)	690.540	53.172	6.137	6.928	4238.181	368.393
5. 배면토압(정상시)	-	396.116	-	4.030	-	1596.347
6. 배면토압(지진시)	-	458.966	-	6.045	-	2774.462
7. 뒷채움 상재하중	36.000	32.764	6.000	6.045	216.000	198.058
8. 상부 고정하중반력	471.782	-	3.120	-	1471.960	-
9. 상부 활하중반력	158.683	-	3.120	-	495.091	-
10. 교량받침마찰력	-	23.589	-	8.622	-	203.393
11. 상부관성력	-	147.800	-	8.622	-	1274.384

② 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	1504.428	428.880	7294.445	1794.405
COMB 2	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	1504.428	428.880	7294.445	1794.405
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	1468.428	572.037	7078.445	3362.909
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)	2134.893	428.880	9261.496	1794.405
COMB 5	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)	2134.893	428.880	9261.496	1794.405
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+8'+1)	1940.210	719.837	8550.405	4637.293

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 설부하중 비재하시(가설시) : 설부하중 재하시
가설시의 활하중은 다점기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.

2) 전도에 대한 안정
- 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 핵부에 부지는 평상시에는 바닥판 중심으로부터 바닥판 폭의 1/6이내, 지진시와 폭풍시에는 바닥판 폭의 1/3이내에 있어야 한다. [도로교설계기준 5.6.2]
- 평상시 전도에 대한 저항모멘트는 전도모멘트의 2.0배 이상이어야 한다.
- 지진시 전도에 대한 저항모멘트는 전도모멘트의 1.5배 이상이어야 한다.

구 분	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	V(kN)	S.F	e(m)	편중폭(m)	비 고
COMB 1	7294.445	1794.405	1504.428	4.065	0.244	1.300	O.K
COMB 2	7294.445	1794.405	1504.428	4.065	0.244	1.300	O.K
COMB 3	7078.445	3362.909	1468.428	2.105	1.370	2.600	O.K
COMB 4	9261.496	1794.405	2134.893	5.161	0.422	1.300	O.K
COMB 5	9261.496	1794.405	2134.893	5.161	0.422	1.300	O.K
COMB 6	8550.405	4637.293	1940.210	1.844	1.853	2.600	O.K

註) B : 기초의 폭원 (7.800m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V
S.F = Mr / Mo ≥ 2.00 (평상시), ≥ 1.50 (지진시)

3) 활동에 대한 안정
- 직접기초바닥면에서의 전단저항력은 바닥면 아래 기초지반의 허용전단저항력 이내에 있어야 한다.
[도로교설계기준 5.6.2]

$$H_u = C_b A + V \tan \phi_b$$

Hu : 기초저면과 지반과의 사이에 작용하는 전단 저항력(kN)
Cb : 기초저면과 지반과의 부착력(kN/m²)
Φb : 기초저면과 지반과의 마찰각(degree)
A' : 기초저면의 유효재하면적(m²)
V : 기초저면에 작용하는 연직하중(kN), 다만 부력을 뺀 값으로 한다.

구 분	V(kN)	Hu(kN)	H(kN)	S.F	허용안전율	비 고
COMB 1	1504.428	902.657	428.880	2.105	1.500	O.K
COMB 2	1504.428	902.657	428.880	2.105	1.500	O.K
COMB 3	1468.428	881.057	572.037	1.540	1.200	O.K
COMB 4	2134.893	1280.936	428.880	2.987	1.500	O.K
COMB 5	2134.893	1280.936	428.880	2.987	1.500	O.K
COMB 6	1940.210	1164.126	719.837	1.617	1.200	O.K

註) tanΦb = 0.600, Cb = 0, 암괴 콘크리트 [도로설계편람 509-22]
S.F = Hu / H ≥ 1.50 (평상시), ≥ 1.20 (지진시)

4) 지지력에 대한 안정
- 직접기초 바닥면에서의 연직지반반력은 기초 바닥아래 지지지반의 허용연직지지력 이내에 있어야 한다.
[도로교설계기준 5.6.2]

구 분	V(kN)	M'(kN.m)	e(m)	Qmin(kN)	Qmin(kN)	Qa(kN)	비 고
COMB 1	1504.428	5500.040	0.244	229.091	156.559	1275.070	O.K
COMB 2	1504.428	5500.040	0.244	229.091	156.559	1275.070	O.K
COMB 3	1468.428	3715.536	1.370	385.995	0.000	1912.605	O.K
COMB 4	2134.893	7467.091	0.402	358.417	188.991	1275.070	O.K
COMB 5	2134.893	7467.091	0.402	358.417	188.991	1275.070	O.K
COMB 6	1940.210	3913.112	1.883	641.334	0.000	1912.605	O.K

註) B : 기초의 폭원 (7.800m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V
- 하중의 작용위치가 저면 핵 내에 있는 경우 (사다리꼴 분포)

$$Q_{max} = \frac{V}{B}\left(1 + \frac{6e}{B}\right), Q_{min} = \frac{V}{B}\left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

: 지반반력의 작용폭(x = 3×[B/2-e])이 B부다 큰 경우 => COMB 1,2,4,5
- 하중의 작용위치가 저면 핵 외에 있는 경우 (삼각형 분포)

$$Q_{max} = \frac{2V}{Lx}$$

: 지반반력의 작용폭(x = 3×[B/2-e])이 B부다 작은 경우 => COMB 3,6

지반의 허용연직지지력 산정은 「별첨자료」를 참조.

21.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 21.2.1】 고양분기점 11교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	고양분기점 11교의 주요 손상현황으로는 교대 폐콘크리트 퇴적 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공미흡에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하며, 배수시설의 현재 손상 등 상태는 양호하나 포장부의 원활한 배수를 위하여 주기적인 정비가 요망된다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	고양분기점 11교의 주요 손상현황으로는 교대 폐콘크리트 퇴적 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공미흡에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하며, 배수시설의 현재 손상 등 상태는 양호하나 포장부의 원활한 배수를 위하여 주기적인 정비가 요망된다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	- 교대 폐콘크리트 퇴적	양호

21.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

21.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

21.2.5 시설물 보수 이력

【표 21.2.2】 고양분기점 11교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

21.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 21.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

21.3 현장조사

21.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 도보 및 사다리를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보 및 사다리	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



제원조사



비파괴시험

【사진 21.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

21.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 고양분기점 11교는 총 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=60.0m 폭 8.7m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 사다리로 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 21.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 균열부백태, 백태 등의 손상이 조사되었다.

【표 21.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열부백태 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)	
S1	0.12	4	0.09	1
합계	0.12	4	0.09	1

	
바닥판 하면 S1 균열부백태(0.1×0.3 x4EA)	바닥판 하면 S1 균열부백태(0.1×0.3 x4EA)
	
바닥판 하면 S1 백태(0.3×0.3)	바닥판 하면 S1 백태(0.3×0.3)

【사진 21.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 바닥판 하면의 현장조사 결과, 균열부 우수유입, 습기흡착에 의한 균열부백태, 백태가 조사되었으며, 시설물의 안전성에 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 판단되나 내구성확보 차원의 백태보수 등의 보수를 실시하고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 2열로 시공되었으며, 도보로 현장조사를 실시하였다

	
거더외부 전경	거더내부 전경

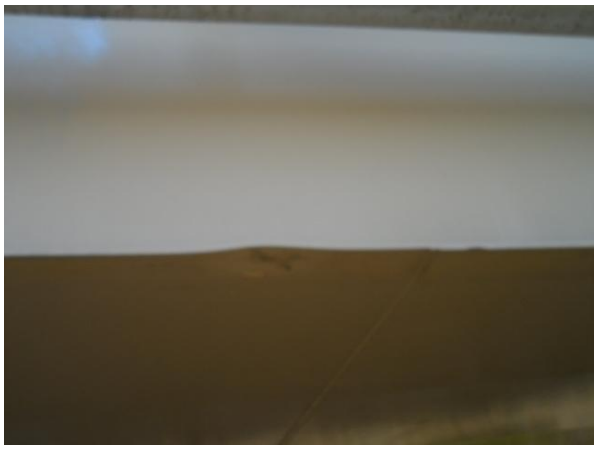
【사진 21.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 거더외부의 경우 도장긁힘, 변형의 손상이 확인되었고, 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 21.3.2】 거더 현장조사 결과

구분		도장긁힘 (㎡/개소)		변형 (㎡/개소)	
거더 외부	S1	0.10	1	0.03	1
거더 내부	S1	-	-	-	-
합계		0.10	1	0.03	1

	
S1-G1 도장긁힘(0.2×0.5)	S1-G1 도장긁힘(0.2×0.5)
	
S1-G1 변형(0.1×0.3)	S1-G1 변형(0.1×0.3)

【사진 21.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부에 발생한 도장긁힘, 변형은 시공 초기 외부 충격에 의한 긁힘으로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었다, 손상부는 강우시 부재의 부식 등의 진전을 유발할 수 있으므로 재도장 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 실시하는 것이 바람직하다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 STEEL로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 사다리 를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 전경	가로보 전경

【사진 21.3.6】 가로보 및 세로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보에 대한 현장조사 결과, 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 21.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 21.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 가로보의 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 고양분기점 11교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 A1 직접기초, A2 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보 및 사다리를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

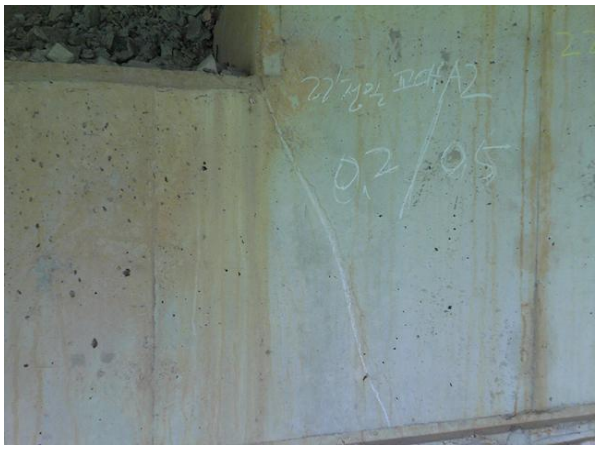
【사진 21.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 균열(Cw=0.3㎜미만,이상), 균열부백태, 법면 토사유실, 폐콘크리트 퇴적 등의 손상이 발생한 것으로 확인되었다.

【표 21.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)		균열부백태 (㎡/개소)		폐콘크리트 퇴적 (㎡/개소)		법면 토사유실 (m/개소)		마감불량 (개소)	
A1	0.50	1	3.00	2	0.06	2	9.00	1	-	-	42.00	42
A2	-	-	-	-	-	-	9.00	1	2.00	1	-	-
합계	0.50	1	3.00	2	0.06	2	18.00	2	2.00	1	42.00	42

	
교대 A2 균열(Cw=0.3㎜미만)	교대 A1 균열(Cw=0.3㎜이상)
	
교대 A1 균열(Cw=0.3㎜이상)	교대 A1 균열부백태(0.1×0.3)
	
교대 A1 균열부백태(0.1×0.3)	교대 A1 마감불량(42EA)

【사진 21.3.9】 교대 손상현황

	
교대 A1 폐콘크리트 퇴적(1.5×6.0)	교대 A2 폐콘크리트 퇴적(1.5×6.0)
	
교대 A2 법면 토사유실(L=2.00, T=0.5m)	교대 A2 법면 토사유실(L=2.00, T=0.5m)

【사진 21.3.9】 교대 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

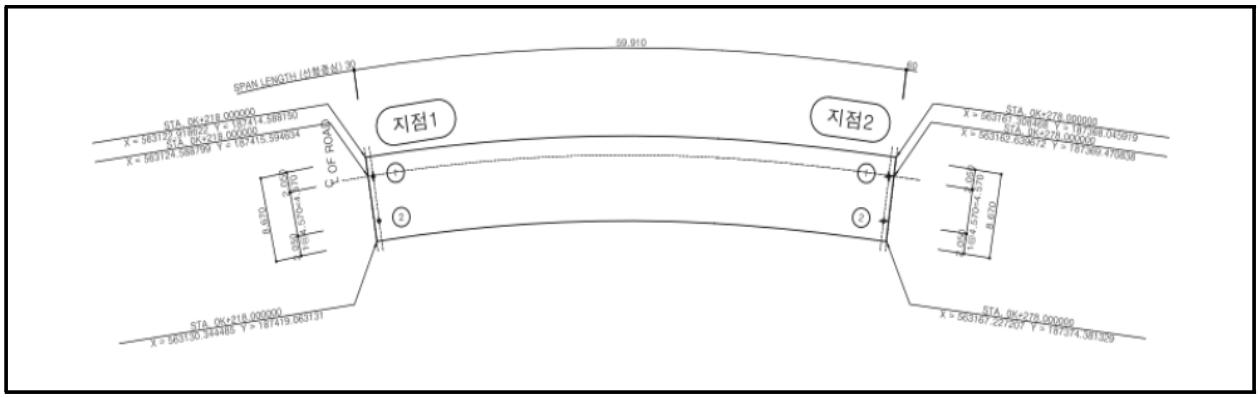
4) 검토의견

■ 교대에 건조수축, 시공미흡, 외부 우수유입, 다짐불량 등으로 인한 균열(Cw=0.3㎜미만, 이상), 균열부백태, 법면 토사유실 폐콘크리트 퇴적, 마감불량 등의 손상이 확인되었고, 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 주입보수, 정비 등의 보수조치가 필요하다고 판단된다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 고양분기점 11교의 받침은 포트받침으로 총 4기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 21.3.1】 교량받침 배치도



포트받침(일방향) 전경



포트받침(양방향) 전경



포트받침(고정) 전경

【사진 21.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 금회 조사된 손상으로 받침몰탈 박리, 편기 등의 손상이 확인되었다.

【표 21.3.5】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 박리 (㎡/개소)		편기 (개소)		여유량 부족 (개소)	
A1	0.02	1	1.00	1	-	-
A2	-	-	2.00	2	2.00	2
합계	0.02	1	3.00	3	2.00	2

	
교량받침 A1-Sh2 받침몰탈 박리(0.1×0.3)	교량받침 A1-Sh1 편기(1.0cm)
	
교량받침 A2-Sh1,2 여유량 부족(2EA)	교량받침 A2-Sh1,2 편기(1.5cm)

【사진 21.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

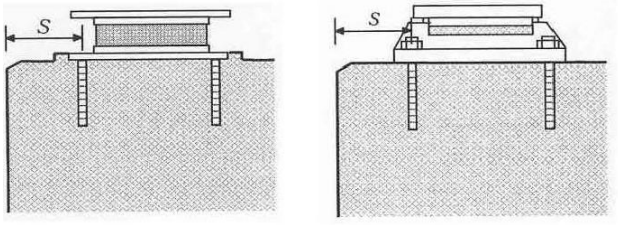
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 받침본체에서 발생된 받침몰탈 박리는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적인 손상으로 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 시 단면보수 등의 일괄보수가 필요할 것으로 판단되며, 받침 여유량 부족의 경우 프리세팅 오류, 설계시 예상못한 교대의 변위(토압에 의한 교대의 회전변위), 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 프리세팅 및 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.다.
- 받침본체에서 발생된 편기의 경우 시공시 교량 구배 등에 의한 것으로 판단되며, 편기 허용수치 이내인 것으로 확인된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 21.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 21.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500(㎜)

【표 21.3.6】 연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
		Sh1	Sh2	
A1	500	600	610	O.K
A2	500	640	640	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 21.3.13】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 21.3.7】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	고정단						
A2	29.4	30.6	0.000012	60.0	21.2	22.0	
1) 조사당시 온도 : 9.4℃(조사일 : 2022년 10월 18일, 평균온도, 고양시(기상청 자료 : 서울)) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 21.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	고정단							-
A2	SH1	45(A2)	95	5	21.2	22.0	±50	N.G
	SH2	45(A2)	95	5	21.2	22.0	±50	N.G
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 온도변화에 따른 신장시 가동여유량을 확보하지 못하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 프리세팅 오류, 설계시 예상못한 교대의 변위(토압에 의한 교대의 회전변위), 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

【사진 21.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 금회 점검에서 이물질 퇴적이 확인되었다.

【표 21.3.9】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	이물질 퇴적 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	3.00	2
A2 (EXP J2)	1.50	1
합계	4.50	3

	
신축이음 A1 이물질 퇴적(L=1.50m x2EA)	신축이음 A2 이물질 퇴적(L=1.50m)
	
신축이음 A1 후타재 상태양호	신축이음 A2 후타재 상태양호

【사진 21.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

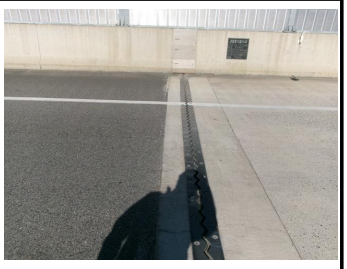
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 이물질 퇴적의 경우, 차량 통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 것으로 판단되며, 신축이음 장치의 원활한 가동을 위한 정비를 실시하는 것이 바람직하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 18. 기온 적용: 9.4℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−9.4℃ = 30.6℃
△T(수축시) : −20.0℃−(9.4℃) = 29.4℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 21.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 21.3.10】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	고정단									
A2	29.4	30.6	0.000012	60.0	21.2	22.0	35.0	35.0	55.0	
1) 조사당시 온도 : 9.4℃(조사일 : 2022년 10월 18일, 평균온도, 고양시(기상청 자료 : 서울)) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 21.3.11】 신축이음 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①-③)	최대 신장시 (③-②)	
A1		고정단						
A2	신축이음	21.2	22.0	35.0	60	3.8	13.0	O.K
	바닥판	21.2	22.0	35.0	-	-	13.0	O.K
	거더	21.2	22.0	55.0	-	-	33.0	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

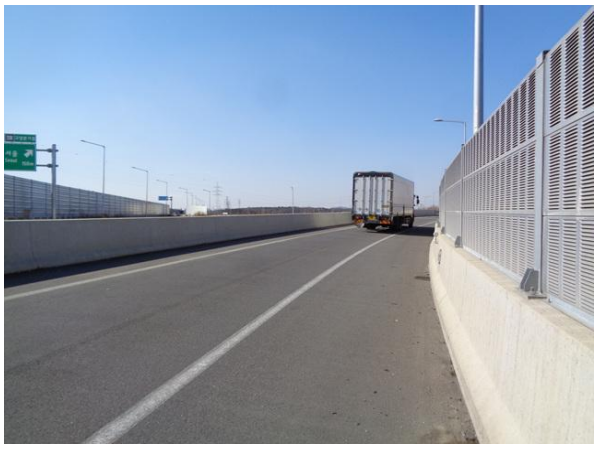
6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 고양분기점 11교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.

	
교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

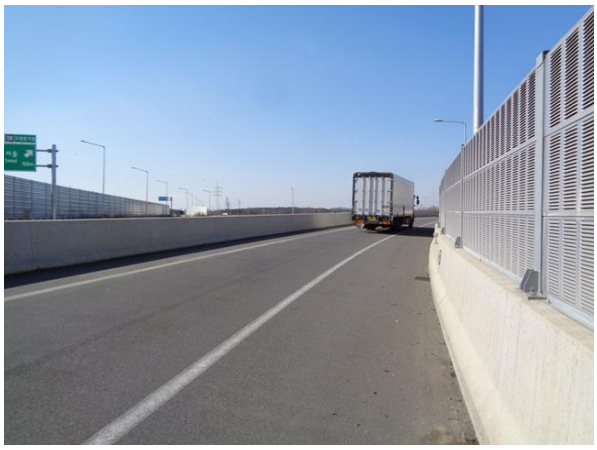
【사진 21.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 전면적으로 양호한 상태로 확인되었다.

【표 21.3.12】 교면포장 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
교면포장 상태양호	교면포장 상태양호
	
교면포장 접속도로 상태양호	교면포장 접속도로 상태양호

【사진 21.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장의 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 고양분기점 11교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수시설 전경	배수시설 전경

【사진 21.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설의 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

【표 21.3.13】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
배수시설 상태양호	배수시설 상태양호

【사진 21.3.20】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수시설은 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

	
방호벽 전경	방호벽 전경

【사진 21.3.21】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 균열(Cw=0.3㎜이상) 등의 손상이 발생한 것으로 확인되었다.

【표 21.3.14】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜이상) (m/개소)	
S1	3.00	3
합계	3.00	3

	
방호벽 S1 균열(Cw=0.3㎜이상)	방호벽 S1 균열(Cw=0.3㎜이상)
	
방호벽 상태양호	방음벽 상태양호

【사진 21.3.22】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 건조수축, 거푸집 조기탈거 등에 인한 균열(Cw=0.3㎜이상)의 손상이 확인되었고, 부재의 내구성 확보 차원의 주입보수 등의 보수조치가 필요하다고 판단된다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 본 교량은 교대 A2에 콘크리트 점검계단이 설치되어 있고, 교대 A1에는 별도의 점검심설은 설치되어있지 않은 상태이다.



교대 A1 점검로 유무 현황



교대 A2 점검로 전경

【사진 21.3.23】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대에 설치된 점검통로 조사결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 21.3.15】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
A2	-	-
합계	-	-

	
점검시설 상태양호	점검시설 상태양호

【사진 21.3.24】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

카. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

21.3.3 현장조사 총괄표

【표 21.3.16】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열부백태	㎡	0.12	4	
		백태	㎡	0.09	1	
거더	거더외부	도장긁힘	㎡	0.10	1	
		변형	㎡	0.03	1	
	거더내부	상태양호	-	-	-	
가로보		상태양호	-	-	-	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	0.50	1	
		균열(0.3㎜이상)	m	3.00	2	
		균열부백태	㎡	0.06	2	
		마감미흡	EA	42.00	42	
		폐콘크리트 퇴적	㎡	18.00	2	
		법면 토사유실	m	2.00	1	
교량받침		받침몰탈 박리	㎡	0.02	1	
		여유량 부족	EA	2.00	2	
		편기	EA	3.00	3	
신축이음		이물질퇴적	m	4.50	3	
교면포장		상태양호	-	-	-	
배수시설		상태양호	-	-	-	
방호벽		균열(0.3㎜이상)	m	3.00	3	
점검시설		상태양호	-	-	-	

21.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

21.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

21.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 21.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	2	2	2	2	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



반발경도 시험 현황



반발경도 시험 현황



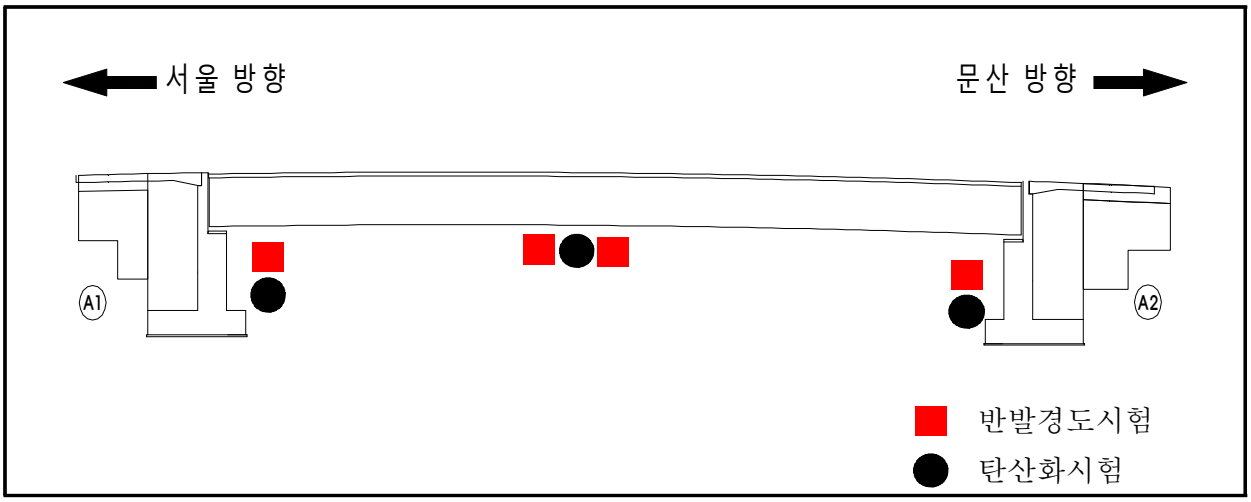
탄산화깊이 측정 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 21.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 21.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

21.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 4개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 21.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	46.1	27.2	28.7	0.67	27.0	
	S1	바닥판	46.5	27.5	28.8			

【표 21.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	교대	42.7	24.3	27.0	0.67	24.0	
	A2	교대	43.2	24.7	27.3			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~28.8MPa, 하부구조(교대) 24.3~27.3 MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 21.4.4】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.2 ~ 28.8	27.0	100.6 ~ 106.8
하부구조	교대	24.3 ~ 27.3	24.0	101.1 ~ 113.6

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 21.4.5】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판 하면	1.00	40.0	39.0	0.71	100년이상	a
하부구조	A1 교대	0.50	100.0	99.5	0.35	100년이상	a
	A2 교대	1.00	100.0	99.0	0.71	100년이상	a

탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 0.5~1.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 21.4.6】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.0	39.0	
하부구조	0.5~1.0	99.0~99.5	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 21.4.7】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.8	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.3~27.3	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		99.0~99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

21.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 현장조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

21.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급'으로 산정되었다.

【표 21.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	b	b	a	a	a	c	b	c	c	q	a	a
	A2								b	c	a	q	-	a
평균			0.200	0.200	0.100	0.100	0.100	0.400	0.200	0.400	0.250	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.040	0.005	0.007	0.003	0.008	0.018	0.036	0.050	-	0.004	0.003
													0.210	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.210) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 21.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
고양분기점 11교	0.210	B	60	1	60	1.000	0.210
합계(∑)			60	1	60	1.000	0.210
1. 평가지수 =							0.210
2. 상태평가결과 =							B

21.5.2 기 점검 결과와의 비교

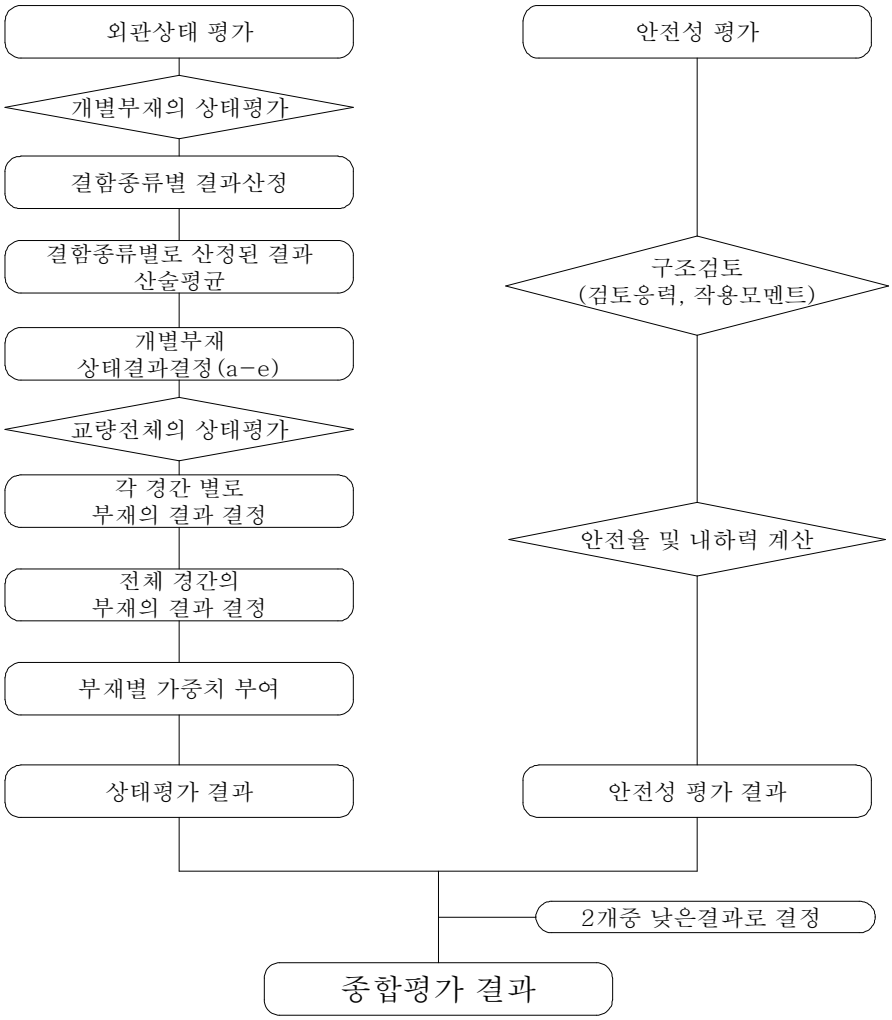
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

21.6 종합평가 및 안전등급 지정

21.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 21.6.1】 종합평가 결과 산정절차

21.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 21.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
고양분기점 11교	0.210	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

21.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 21.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

21.7 보수·보강 및 유지관리방안

21.7.1 보수·보강 방안

【표 21.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열부백태	㎡	0.12	4	백태보수	하자
		백태	㎡	0.09	1	백태보수	하자
거더	거더외부	도장긁힘	㎡	0.10	1	재도장	하자
		변형	㎡	0.03	1	주의관찰	하자
	거더내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		균열(0.3㎜미만)	m	0.50	1	표면처리	하자
		균열(0.3㎜이상)	m	3.00	2	주입보수	하자
		균열부백태	㎡	0.06	2	백태보수	하자
		마감미흡	EA	42.00	42	정비	하자
		폐콘크리트 퇴적	㎡	18.00	2	정비	하자
		법면 토사유실	m	2.00	1	정비	하자
교량받침		받침몰탈 박리	㎡	0.02	1	단면보수	하자
		여유량 부족	EA	2.00	2	프리세팅	하자
		편기	EA	3.00	3	주의관찰	하자
신축이음		이물질퇴적	m	4.50	3	정비	하자
교면포장		상태양호	-	-	-	-	-
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
방호벽		균열(0.3㎜이상)	m	3.00	3	주입보수	하자
점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

21.7.2 개략공사비

【표 21.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	균열부백태	백태보수	0.12	0.18	㎡	-	-	하자
	백태	백태보수	0.09	0.14	㎡	-	-	하자
거더 외부	도장긁힘	재도장	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
	변형	주의관찰	0.03	0.05	㎡	-	-	하자
교대	균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.50	0.19	㎡	-	-	하자
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	3.00	4.50	m	-	-	하자
	균열부백태	백태보수	0.06	0.09	㎡	-	-	하자
	마감미흡	정비	42.00	42.00	EA	-	-	하자
	폐콘크리트 퇴적	정비	18.00	27.00	㎡	-	-	하자
	법면 토사유실	정비	2.00	3.00	m	-	-	하자
교량받침	받침몰탈 박리	단면보수	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
	여유량 부족	프리세팅	2.00	2.00	EA	-	-	하자
	편기	주의관찰	3.00	3.00	EA	-	-	하자
신축이음	이물질퇴적	정비	4.50	6.75	m	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜이상)	주입보수	3.00	4.50	m	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

21.7.3 유지관리방안

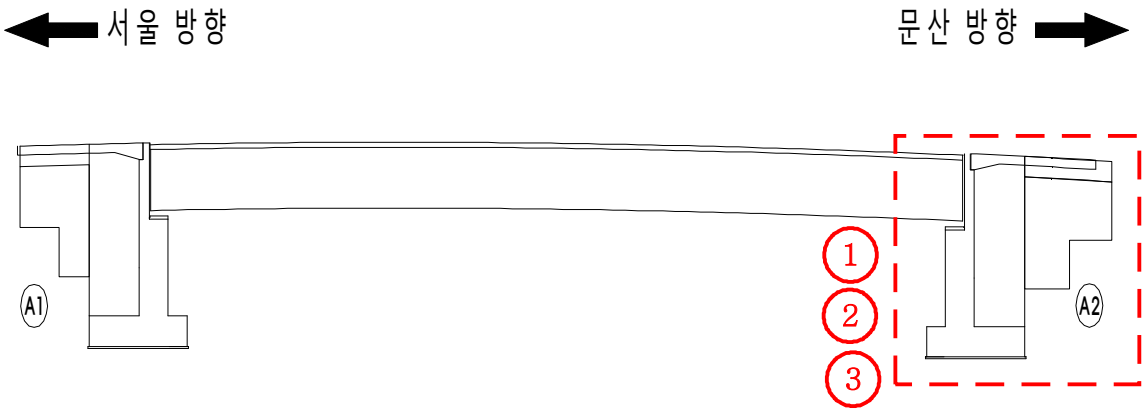
본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 21.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>① 교량받침 A2-SH1,2 여유량 부족 - 주기적인 여유량 측정</td><td>② 교량받침 A2-SH1,2 편기 - 진전 여부확인</td><td>③ 하부구조 균열(0.3㎜ 이상) 및 균열부백태 - 진전 여부확인</td></tr>
</table>



21.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 원당동 1060-9에 위치한 교량으로 총 연장 60.0m, 폭 8.7m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

21.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면의 현장조사 결과, 균열부 우수유입, 습기흡착에 의한 균열부백태, 백태가 조사되었으며, 시설물의 안전성에 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 판단되나 내구성확보 차원의 백태보수 등의 보수를 실시하고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부에 발생한 도장긁힘, 변형은 시공 초기 외부 충격에 의한 긁힘으로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었다, 손상부는 강우시 부재의 부식 등의 진전을 유발할 수 있으므로 재도장 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 실시하는 것이 바람직하다.

3) 가로보

- 가로보의 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 건조수축, 시공미흡, 외부 우수유입, 다짐불량 등으로 인한 균열(Cw=0.3㎜미만, 이상), 균열부백태, 법면 토사유실 폐콘크리트 퇴적, 마감불량 등의 손상이 확인되었고, 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 주입보수, 정비 등의 보수조치가 필요하다고 판단된다.

5) 교량받침

- 받침본체에서 발생된 받침몰탈 박리는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적인 손상으로 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 시 단면보수 등의 일괄보수가 필요할 것으로 판단되며, 받침 여유량 부족의 경우 프리세팅 오류, 설계시 예상못한 교대의 변위(토압에 의한 교대의 회전변위), 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 프리세팅 및 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.다.
- 받침본체에서 발생된 편기의 경우 시공시 교량 구배 등에 의한 것으로 판단되며, 편기 허용수치 이내인 것으로 확인된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 온도변화에 따른 신장시 가동여유량을 확보하지 못하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 프리세팅 오류, 설계시 예상못한 교대의 변위(토압에 의한 교대의 회전변위), 온도에 따른 상부구조의 회전(사교의 특성) 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 교대 및 교량받침에 대한 주기적인 계측을 실시하며, 그에 따른 보수대책을 수립하는 것이 필요하다.

6) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 이물질 퇴적의 경우, 차량 통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 것으로 판단되며, 신축이음 장치의 원활한 가동을 위한 정비를 실시하는 것이 바람직하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 교면포장의 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

8) 배수시설

- 배수시설은 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

■ 방호벽에 건조수축, 거푸집 조기탈거 등에 인한 균열(Cw=0.3㎜이상)의 손상이 확인되었고, 부재의 내구성 확보 차원의 주입보수 등의 보수조치가 필요하다고 판단된다.

10) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

11) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~28.8㎫, 하부구조(교대) 24.3~27.3㎫로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 0.5~1.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 고양분기점 11교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.210, 상태평가 점수는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 고양분기점 11교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

21.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

21.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

22. 원당천(R-A)교
(퇴계원방향 확장부)

22.1 시설물 개요
22.2 자료수집 및 분석
22.3 현장조사
22.4 콘크리트 내구성조사
22.5 상태평가
22.6 종합평가 및 안전등급 지정
22.7 보수·보강 및 유지관리 방안
22.8 종합결론

22. 원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부)

22.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 원당동 249-9에 위치한 교량으로 총 연장 200.0m, 폭 4.1m로 시공되어 있다.

22.1.1 일반사항

【표 22.1.1】 원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부) 일반사항

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000114</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td>경기도 고양시 덕양구 원당동 249-9</td><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td></tr>
<tr><td colspan="2">시점이정</td><td>-</td><td colspan="2">노 선 명</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=200.0m(2@55+2@45=200.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=4.1m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조 형식</td><td>상부</td><td>Steel Box</td><td rowspan="2">기초 형식</td><td>교 대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교 각</td><td>직접기초
강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>강핑거죠인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>효릉천도로</td><td colspan="2">통과높이</td><td>5.8</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td>-</td><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td></tr>
<tr><td colspan="2">시 공 자</td><td>지에스건설㈜</td><td colspan="2">관리주체</td><td>㈜다산컨설턴트</td></tr>
<tr><td colspan="2">감 리 자</td><td>㈜동일기술공사</td><td colspan="2">관리주체</td><td>서울문산고속도로주식회사</td></tr>
<tr><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">측면 전경</td><td colspan="3">상부 전경</td></tr>
</table>

22.1.2 위치도 및 전경사진



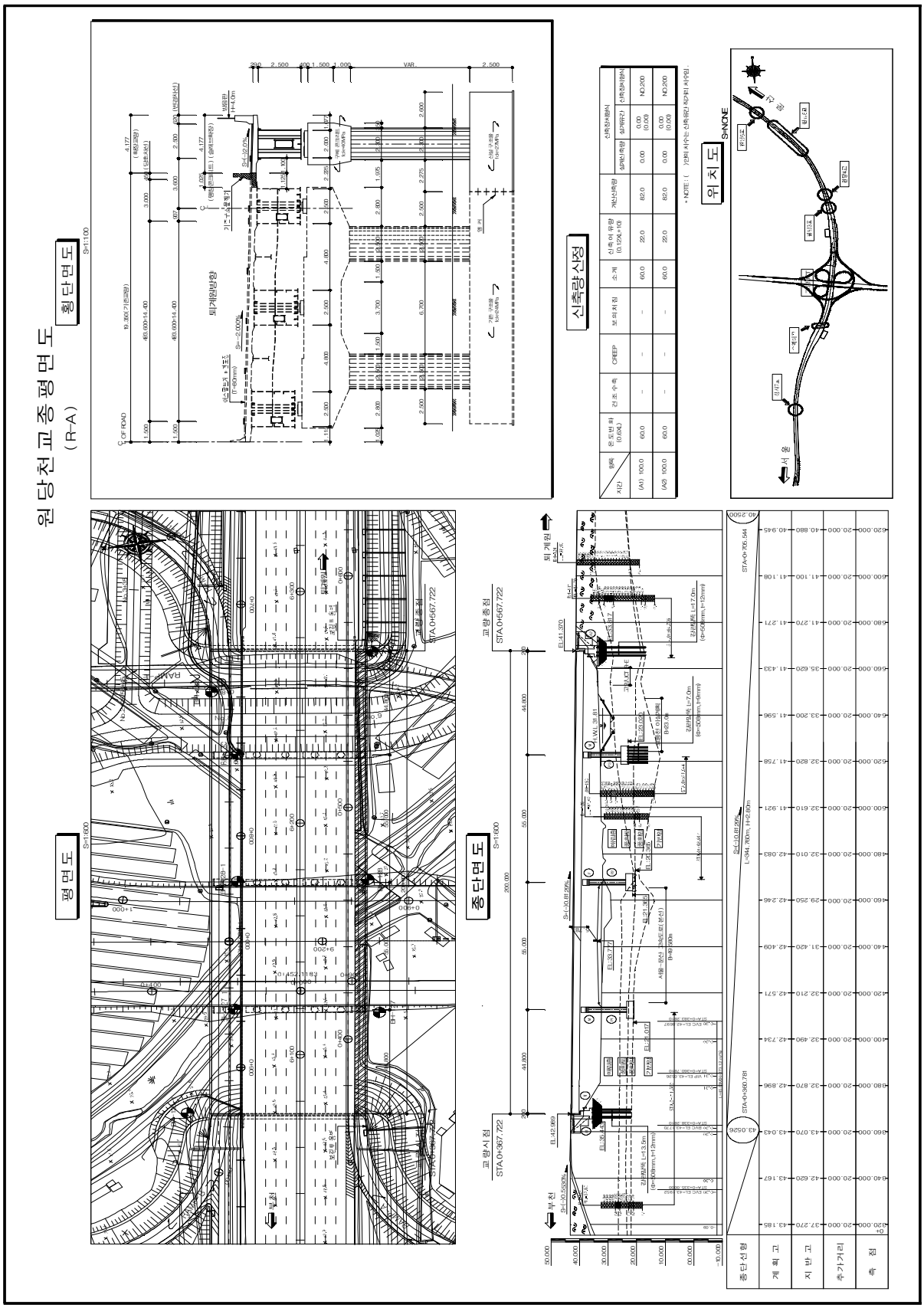
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S4	고소차, 사다리	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 5.1.1】 위치도

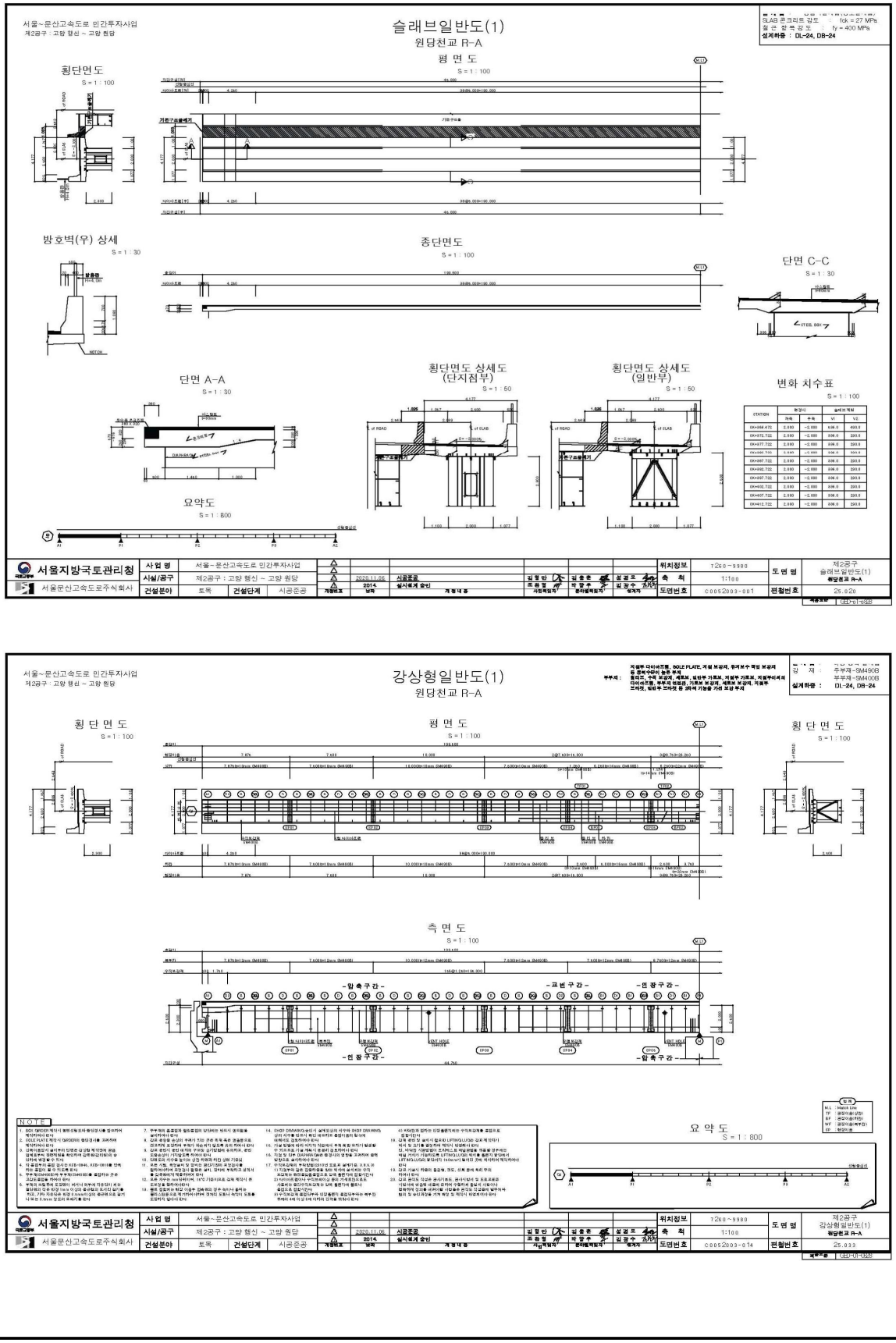
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 22.1.2】 부재별 현황

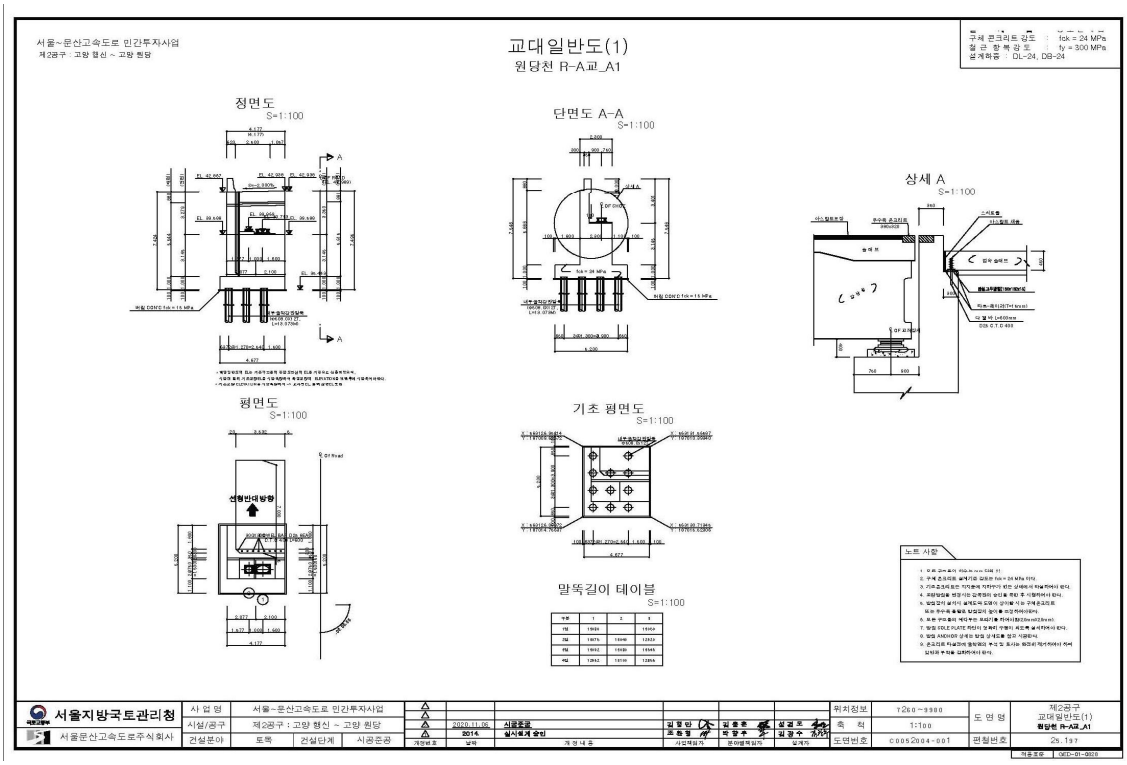
22.1.3 시설물 일반도

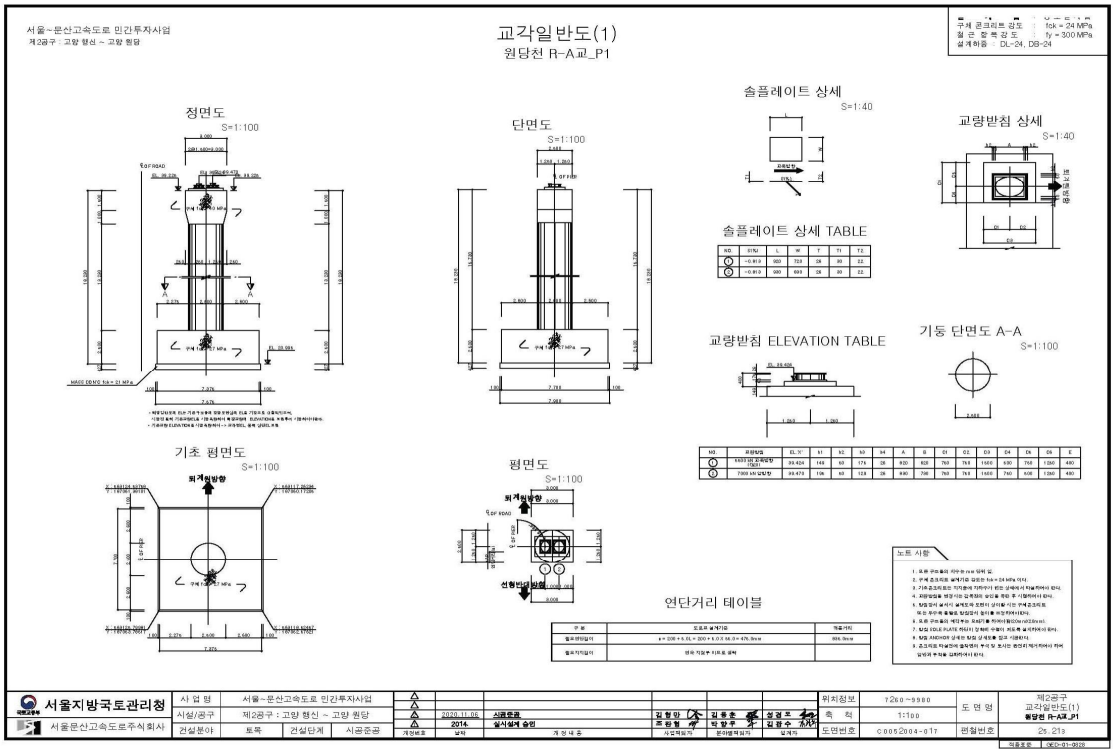


【그림 22.1.3】 평면 및 종단면도

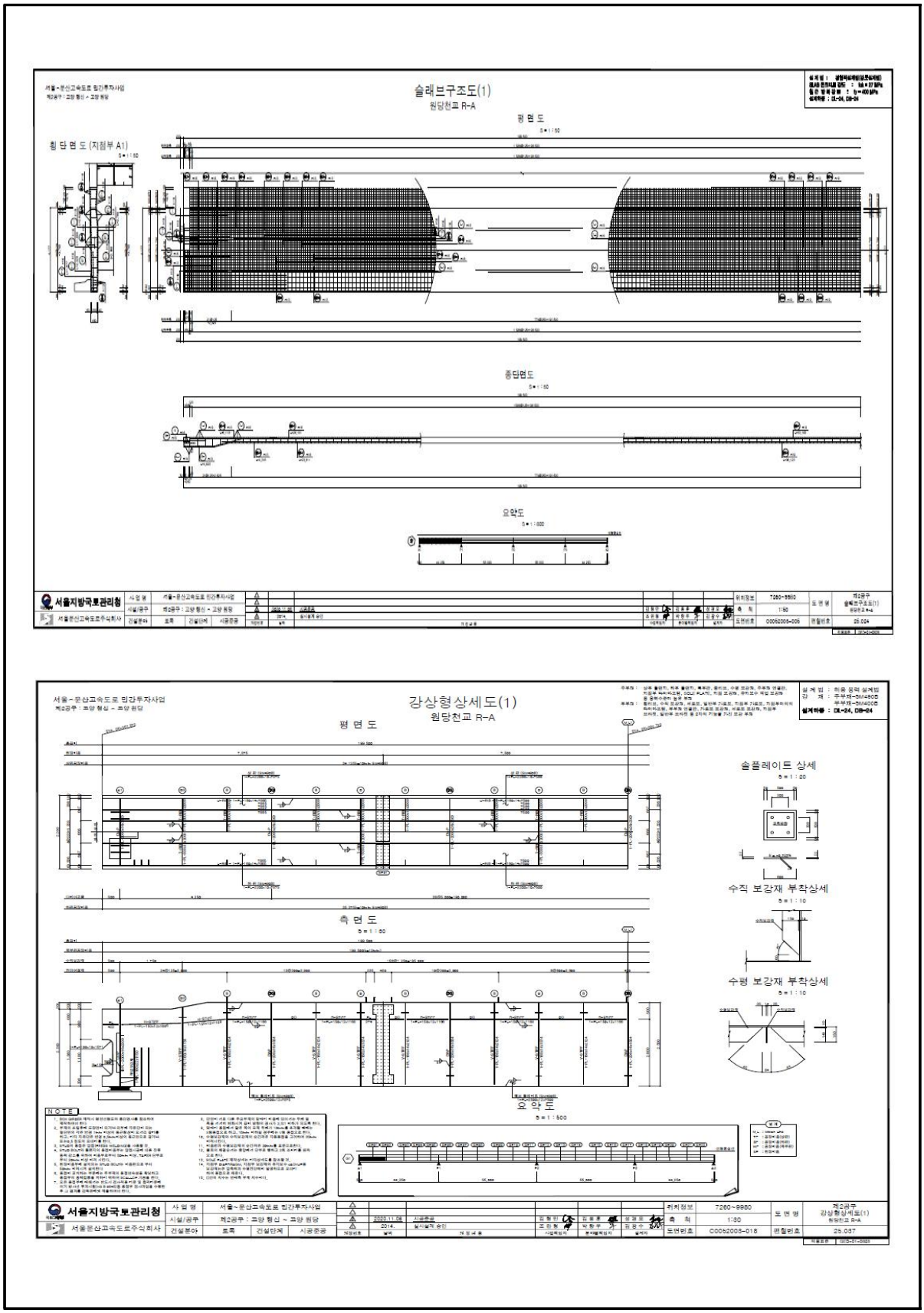


【그림 22.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도

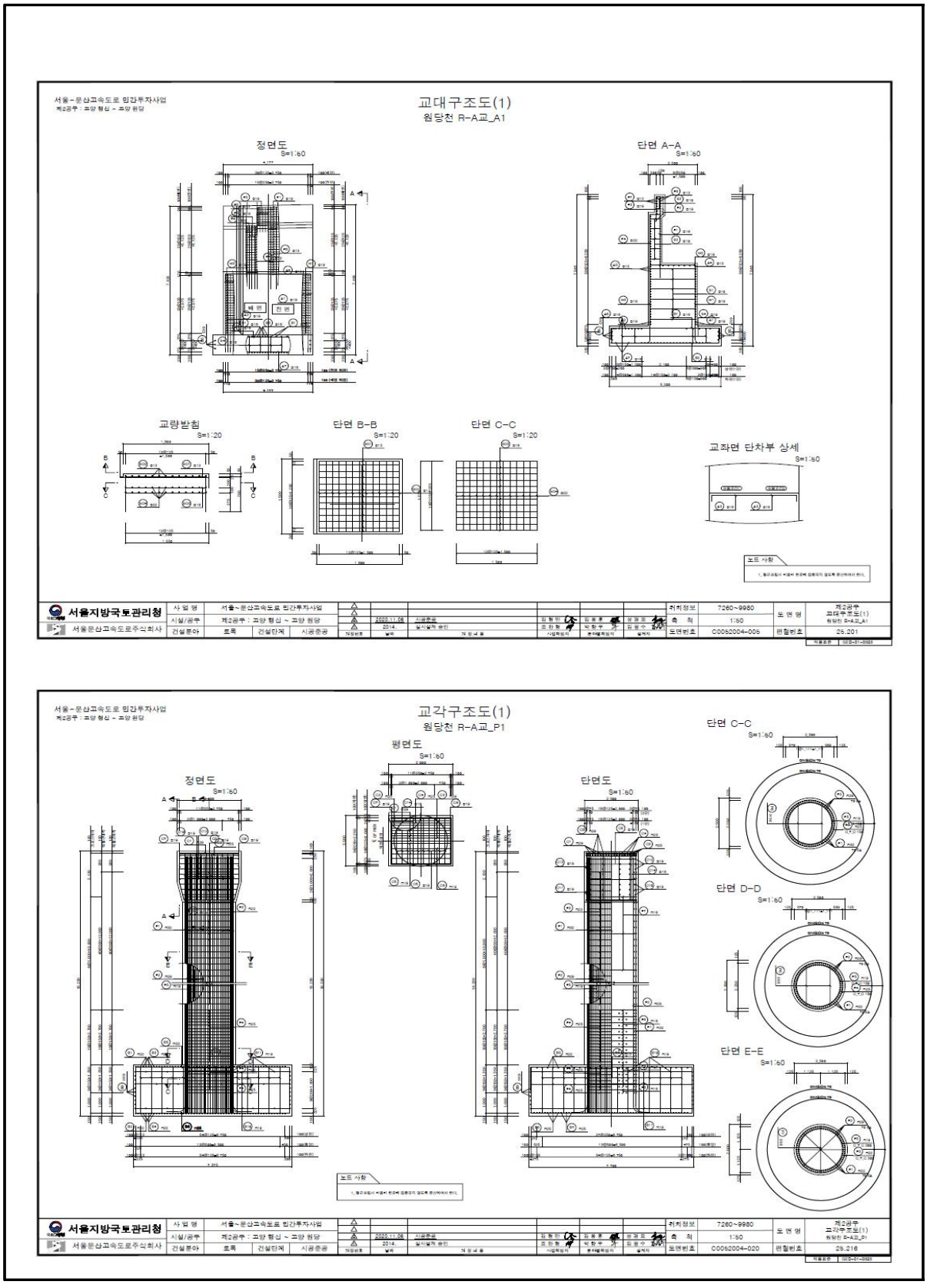




【그림 22.1.5】 교대 일반도



【그림 22.1.6】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도



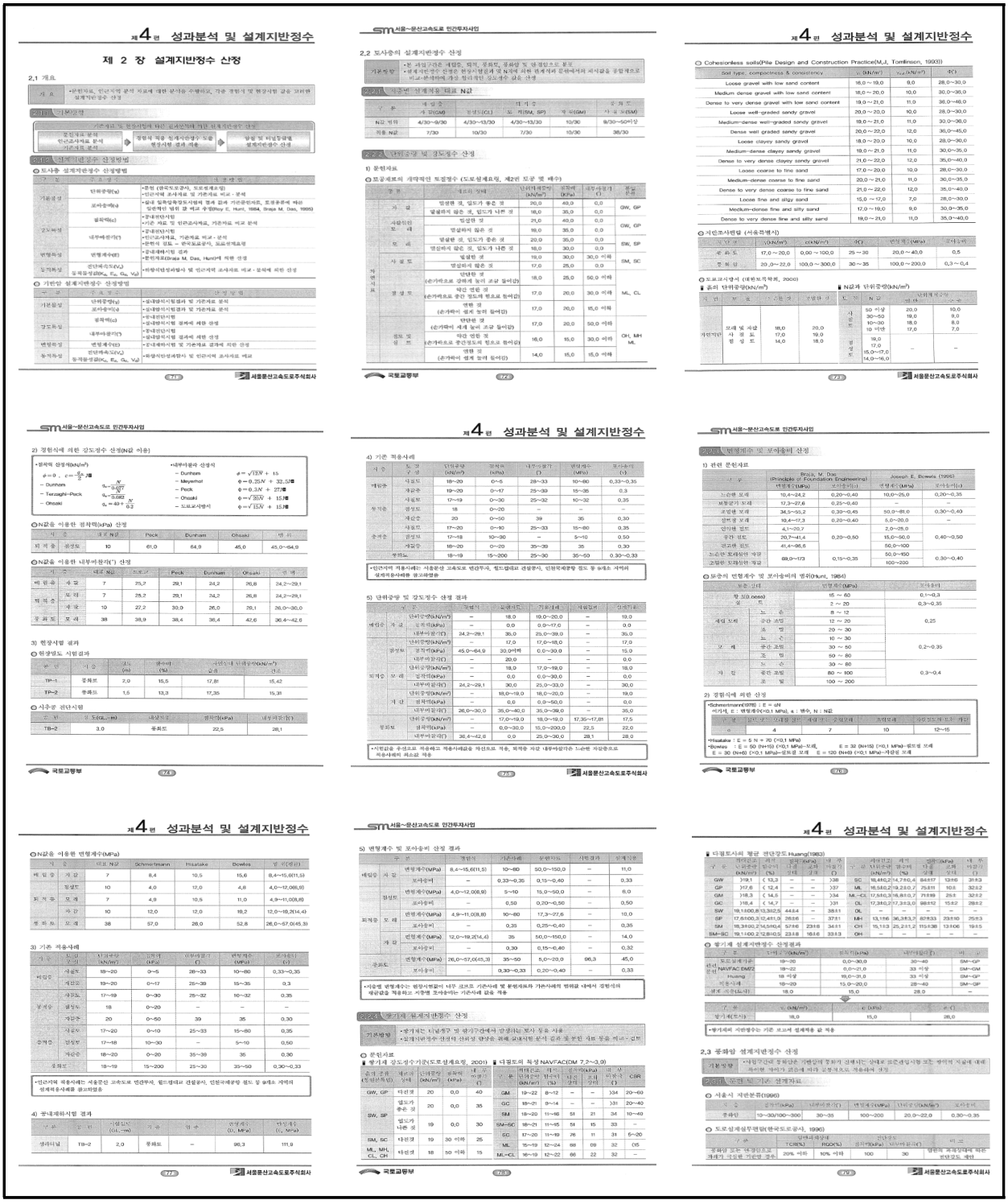
【그림 22.1.7】 교대, 교각 구조도

22.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

22.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질





제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요 •문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
	일반	
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
	일반	
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
	일반	
균열 간격이 없을때	불투수성	1.0×10^{-9} 이상
	일반	

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

89 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

2.7.3 물안속체 설계지반정수

암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부 90

나. 지반 및 지질 조사보고서

제3편 지반조사 결과

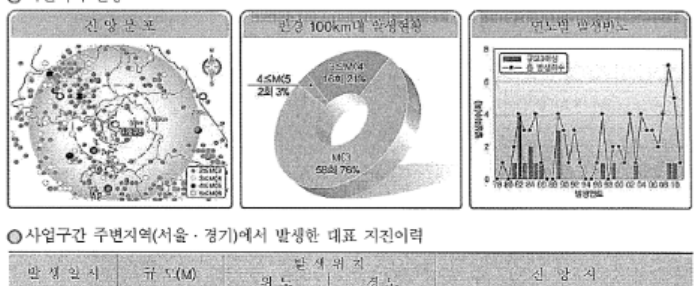
제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

○지진이력 현황



○사업구간 주변지역(서울 · 경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

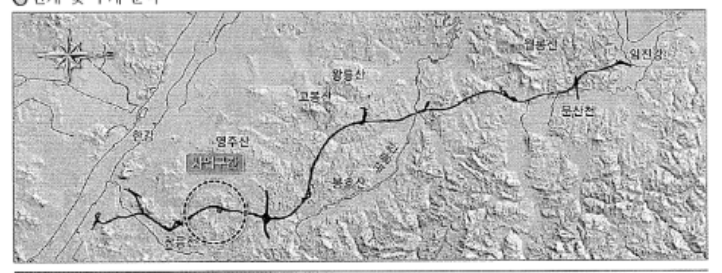
33 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

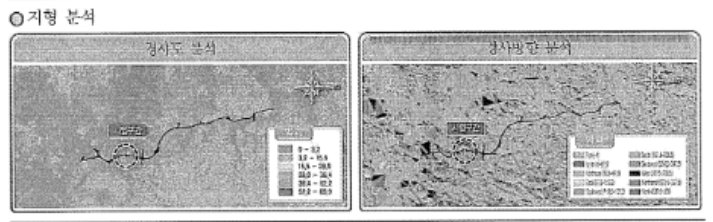
기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석



산 계	•사업노선이 통과하는 지역은 영주산–고봉산–왕동산–월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수 계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 저산상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 저산~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석



경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

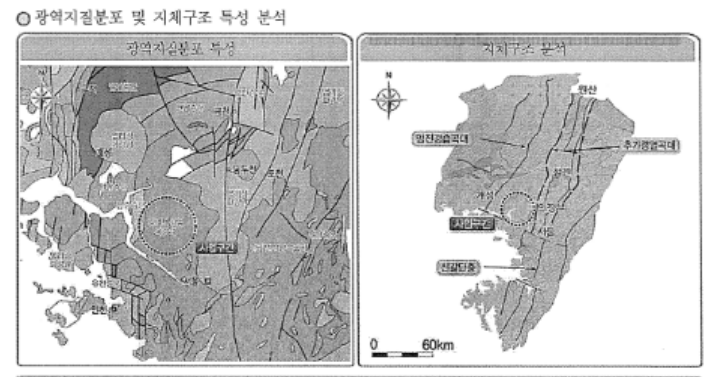
분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부 34

제3편 지반조사 결과

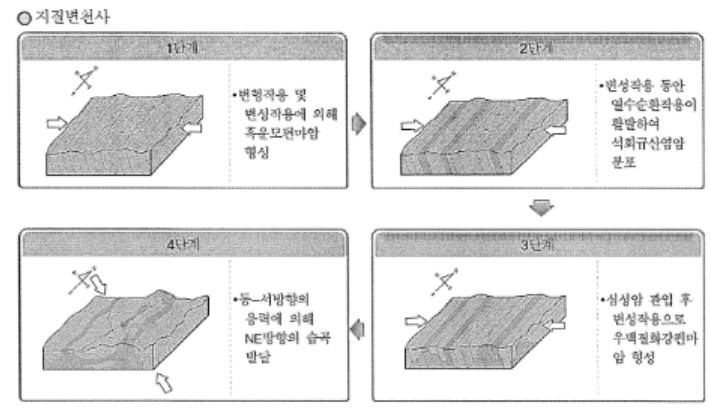
1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석



•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
•사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사



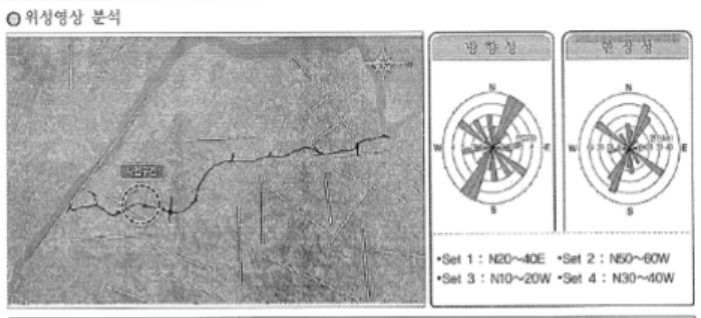
35 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

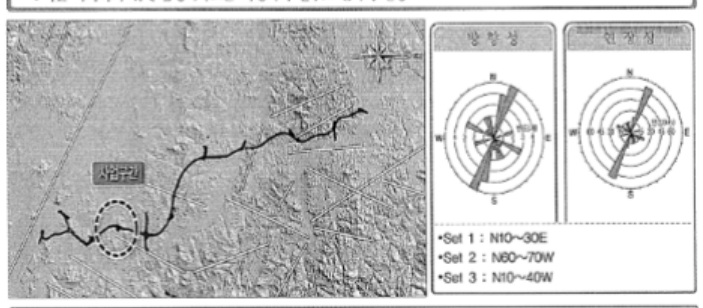
○위성영상 분석



분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

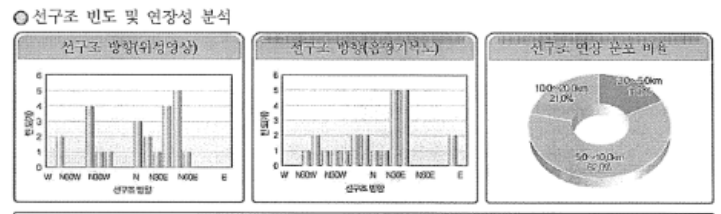


분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부 36

제3편 지반조사 결과

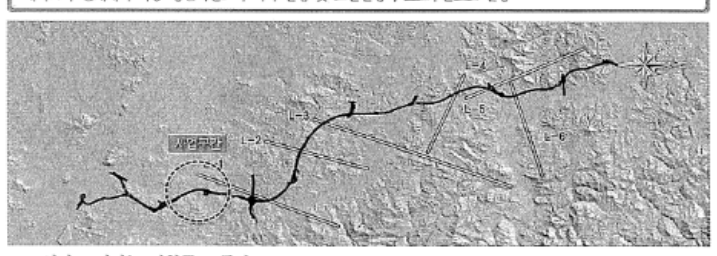
○선구조 빈도 및 연장성 분석



분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용



○노선과 교차하는 선형구조 특성

구 분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	해당 구조물	비 고
L－1	6+300	N20E	12	깎기부	
L－2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L－3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L－4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L－5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L－6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 관측되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

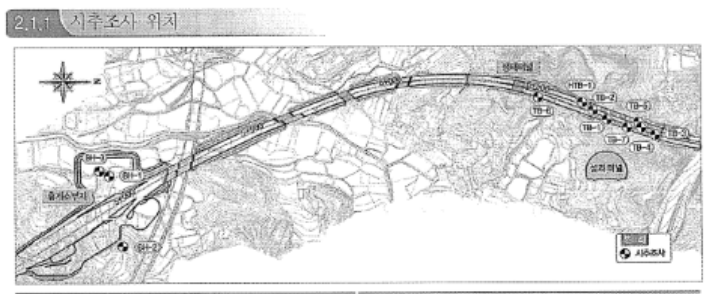
37 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

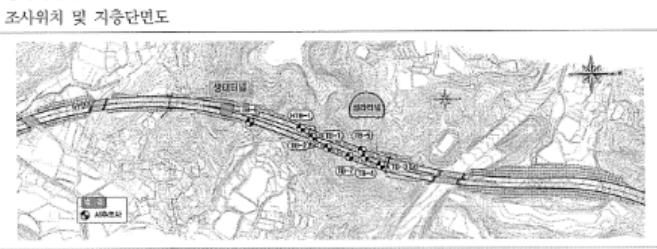


구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
성라터널	TB-1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB-1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB-2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB-6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB-3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소부지	BH-1	559070.96	186753.06	16.4
	TB-4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH-2	559115.20	186992.49	23.8
	TB-5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH-3	559038.13	186737.77	16.3
	TB-7	560,829.00	186,592.00	76.0		–	–	–	–

2.1.2 지층분포 현황

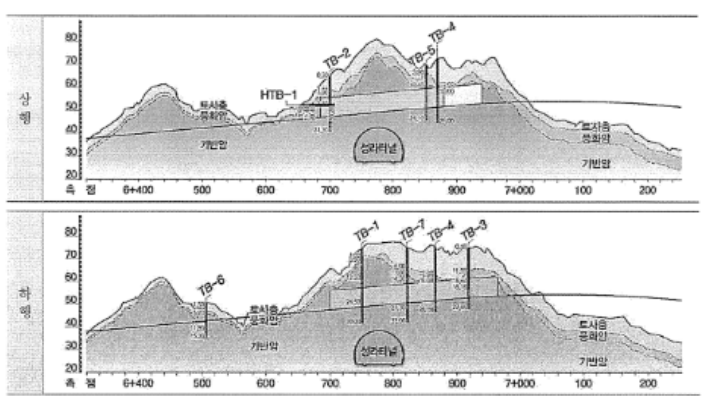
○성라터널 및 생태터널

▮조사위치 및 지층단면도



국토교통부 38

제3편 지반조사 결과



▮지층상태

구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연 암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경 암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

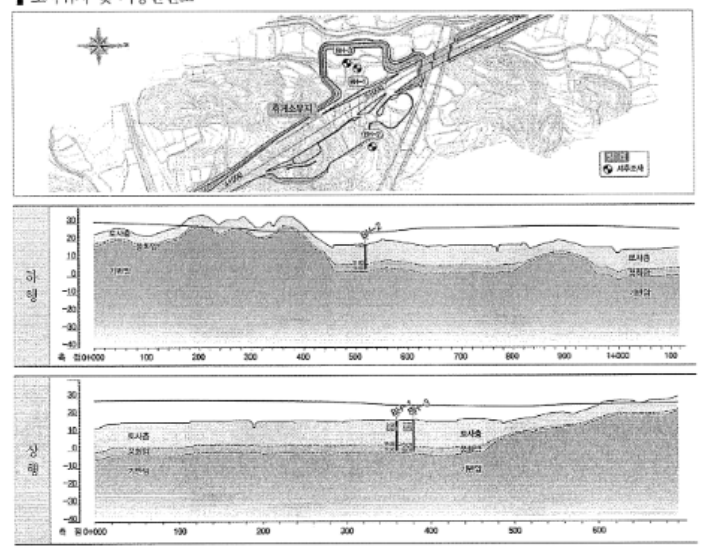
구 분	지층개요
붕적층	•TB-2, TB-3, TB-6, HTB-1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB-5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연 암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경 암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▮조사위치 및 지층단면도



▮지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부 40

제3편 지반조사 결과

구 분		지층개요
매립층	모래	•BH-1, BH-3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH-1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
	모래	•BH-2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
	모래	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
	자갈	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포. • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개 요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구 분	공 번	심 도(GL. –m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP-1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
	TP-2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 현장밀도시험 결과

구 분	공 번	심 도 (GL, -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
성라터널	TP-1	2.0	풍화토	17.81	15.42	14.18	12.28	1.256
	TP-2	1.5	풍화토	17.35	15.31	13.62	12.02	1.274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17.35~17.81kN/m³, 건조단위중량 : 15.31~15.42kN/m³ •L값 : 1.256~1.274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

구 분	지 층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	-
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토사구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

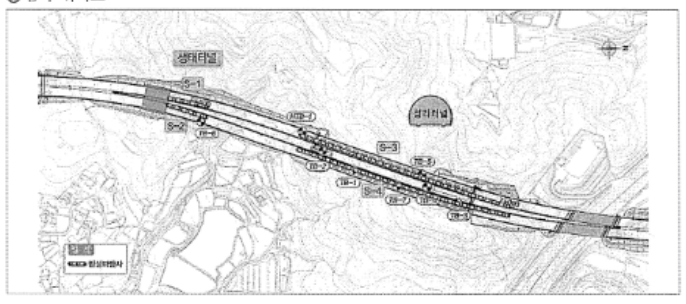
국토교통부 42

제3편 지반조사 결과

제 3 장 물리탐사

3.1 굴절법탄성파탐사

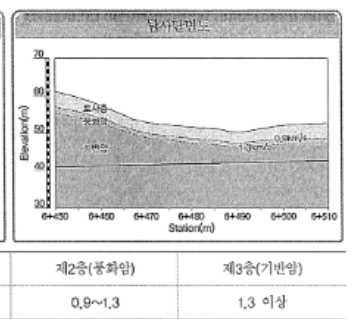
○ 탐사 위치도



○ 탐사 결과

▪ S-1





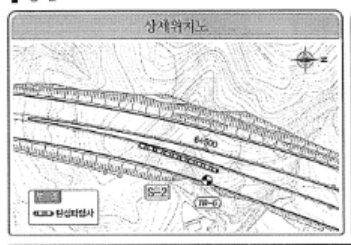
구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL.-4.71 출현

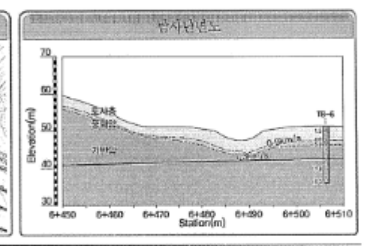
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 풍화암층의 두께는 1.13~1.68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.03~5.61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 풍화암층의 평균 두께는 1.36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.71m로 분석되었음

43 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

▪ S-2

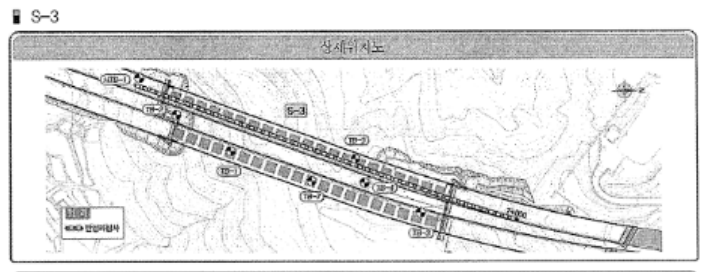


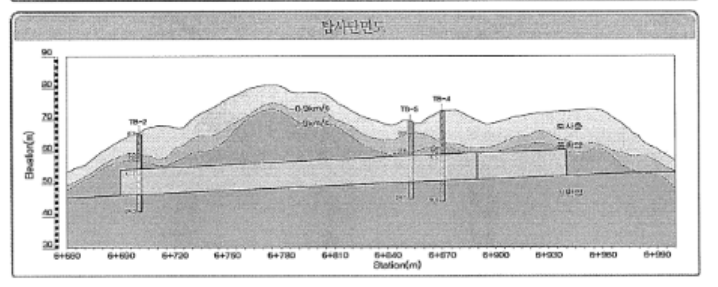


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.16	0.92	GL.-4.09 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.29~4.03m, 풍화암층의 두께는 0.52~1.20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2.81~5.21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3.16m, 풍화암층의 평균 두께는 0.92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.09m로 분석되었음

▪ S-3





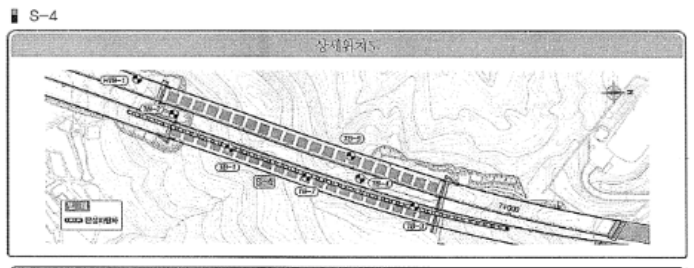
국토교통부 44

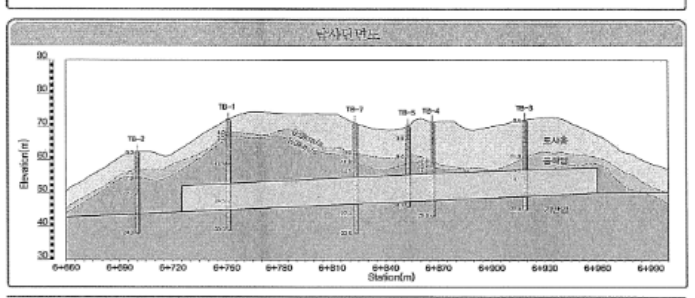
제3편 지반조사 결과

구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6.67	2.93	GL.-9.60 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.78~10.86m, 풍화암층의 두께는 0.95~5.92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.45~13.60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6.67m, 풍화암층의 평균 두께는 2.93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9.60m로 분석되었음

▪ S-4





구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7.80	2.32	GL.-10.11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.98~13.49m, 풍화암층의 두께는 0.61~5.28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5.64~15.54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7.80m, 풍화암층의 평균 두께는 2.32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10.11m로 분석되었음

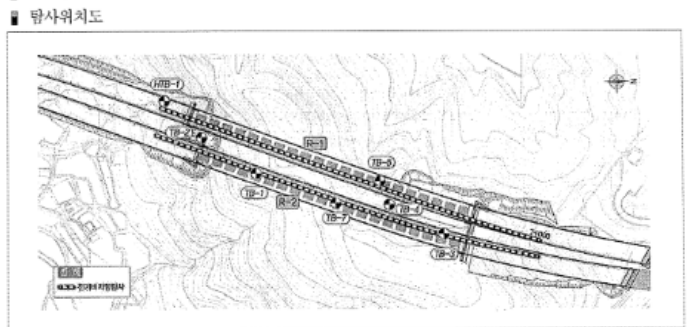
45 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

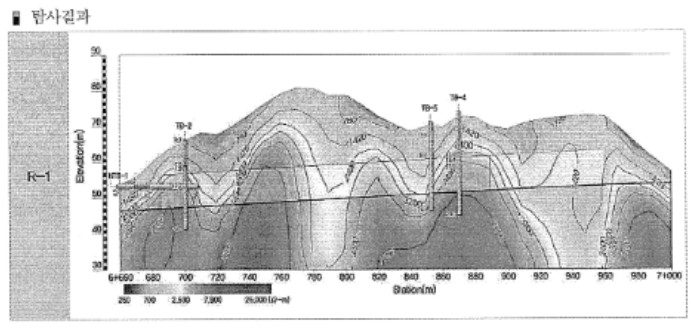
3.2 전기비저항탐사

○ 성라터널 서울방향

▪ 탐사위치도



▪ 탐사결과



▪ 분석결과

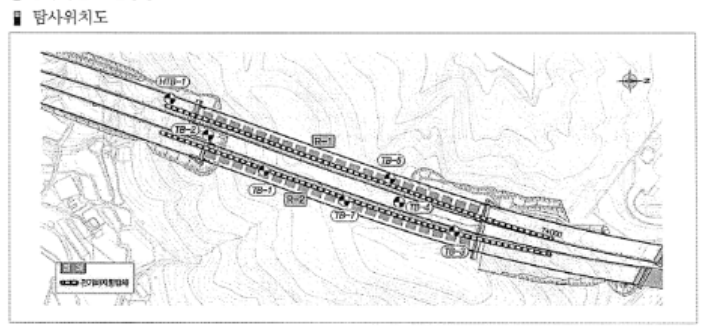
•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

국토교통부 46

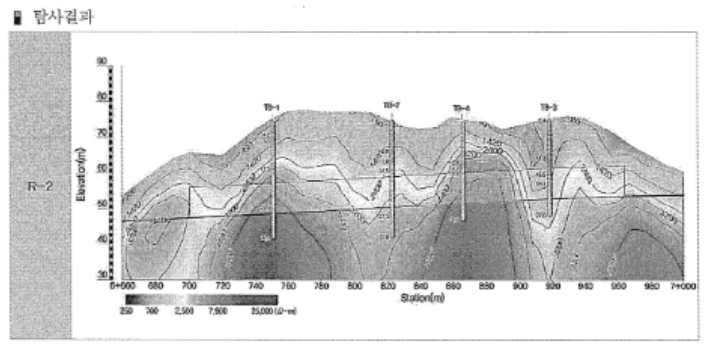
제3편 지반조사 결과

○ 성라터널 문산방향

▪ 탐사위치도



▪ 탐사결과



▪ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

47 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2.0	풍화토	-	96.3	111.9
	TB-2	11.0	연 암	화강편마암	980.3	1,166.2
	TB-3	13.0	풍화암	-	156.1	231.1
	TB-3	17.0	연 암	화강편마암	598.9	908.3

○ 결과분석

구분	변형계수(D,MPa) 풍화토	변형계수(D,MPa) 풍화암	변형계수(D,MPa) 연 암	탄성계수(E,MPa) 풍화토	탄성계수(E,MPa) 풍화암	탄성계수(E,MPa) 연 암
성라터널	96.3	156.1	598.9~980.3	111.9	231.1	908.3~1,166.2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96.3MPa, 풍화암은 156.1MPa,연암은 598.9~980.3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 현지반 점착력(C)과 내부마찰각(Ø) 측정

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3.0	풍화토	22.5	28.1
	TB-3	12.0	풍화암	31.1	31.4

○ 결과분석

구분	점착력(c, kPa) 풍화토	점착력(c, kPa) 풍화암	마찰각(Ø, °) 풍화토	마찰각(Ø, °) 풍화암
성라터널	22.5	31.1	28.1	31.4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22.5kPa, 풍화암 31.1kPa로 산정되며, 마찰각(Ø)은 풍화토 28.1°, 풍화암 31.4°로 나타남

국토교통부 48

제3편 지반조사 결과

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

○ 터널구간

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
TB-1	7.4	66.5	TB-4	15.5	58.0	TB-7	17.6	58.4
TB-2	6.1	60.6	TB-5	6.8	60.2	-	-	-
TB-3	17.0	59.0	TB-6	3.6	43.5	-	-	-

○ 기타구간(휴게소 부지)

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
BH-1	3.2	13.2	BH-2	6.6	17.2	BH-3	3.5	12.8

○ 결과분석

구 분	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
터널구간	3.6~17.6	43.5~66.5
기타구간 (휴게소 부지)	3.2~6.6	12.8~17.2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3.6~17.6m, 기타구간 : GL.- 3.2~6.6m 범위로 분포

49 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.2.2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL.-m)	지 층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	1.95×10^{-4}	7.4
	TB-2	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	3.08×10^{-4}	6.1
	TB-3	12.0 ~ 13.0	풍화암	-	4.53×10^{-5}	17.0
	TB-4	8.0 ~ 9.0	풍화토	SM	2.07×10^{-4}	15.5

○ 결과분석

구 분	풍 화 토	풍 화 암
성라터널	1.96×10^{-4} ~ 3.08×10^{-4}cm/s	4.53×10^{-5}cm/s

4.2.3 수압시험

개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 계번을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

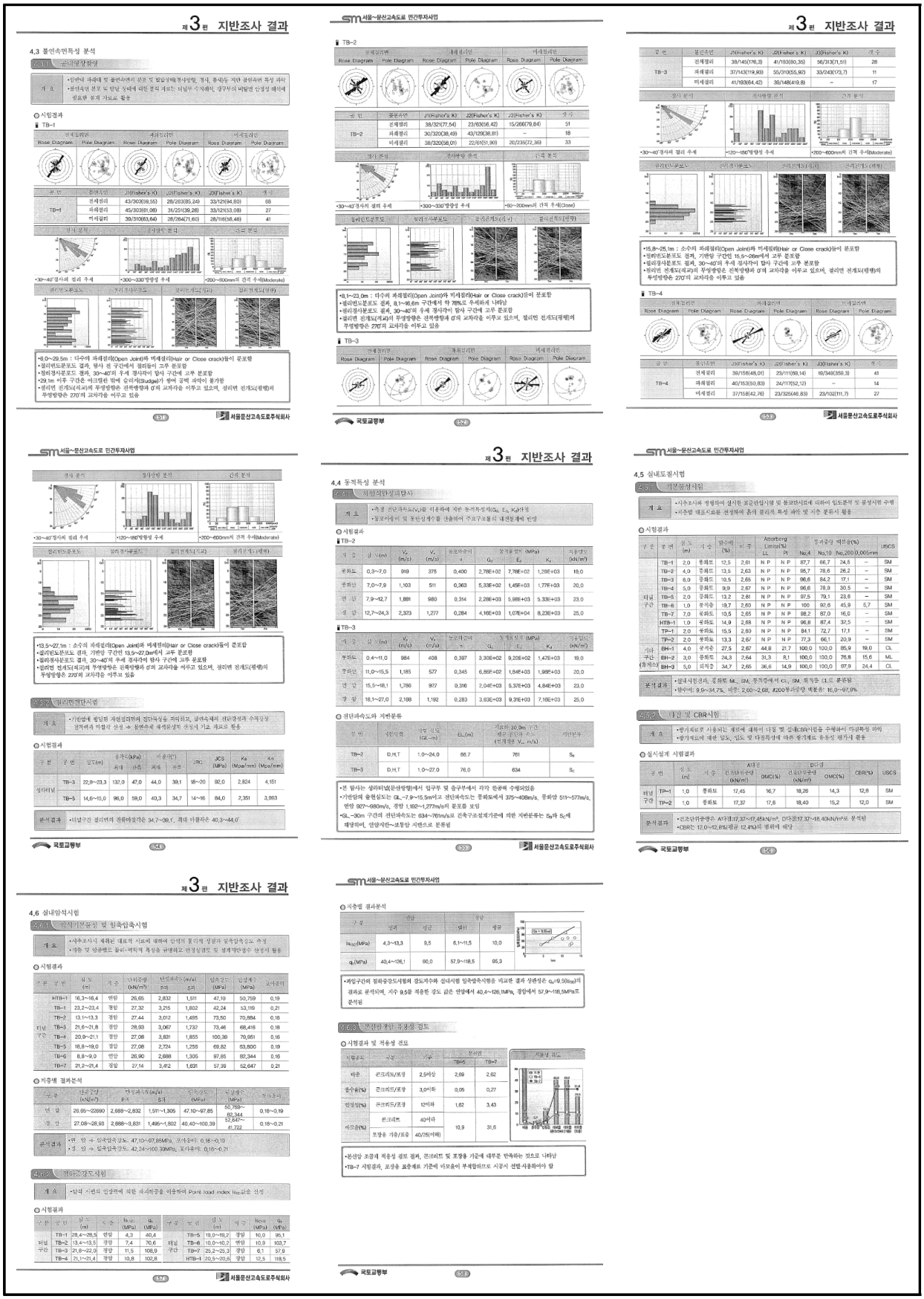
○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7.0 ~ 12.0	연 암	3.06×10^{-6}	0.11	Dilation
	TB - 2	16.0 ~ 21.0	경 암	1.28×10^{-6}	0.08	Dilation
	TB - 3	20.0 ~ 25.0	경 암	2.49×10^{-6}	0.04	Dilation
	TB - 6	6.0 ~ 11.0	연 암	4.76×10^{-6}	0.14	Dilation

○ 결과분석

구 분	투수계수(cm/s) 연 암	투수계수(cm/s) 경 암	평균 Lugeon 연 암	평균 Lugeon 경 암
성라터널	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	0.11~0.14	0.04~0.08

국토교통부 50



제3편 지반조사 결과

4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

개 요 •일반대 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 통과)등 지반 불연속면 특성 파악
•불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수직해석, 경구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

시험결과

TB-1

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-1	전체절리	43/303(59,55)	28/263(85,24)	33/121(94,80)	68
	파쇄절리	45/303(61,08)	31/251(39,28)	33/121(53,08)	27
	미세절리	39/310(63,64)	28/264(71,60)	28/116(58,48)	41

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(직교) / 절리전개도(평행)

•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 아크랜탄 밖에 슬리지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

51 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

TB-2

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-2	전체절리	38/321(77,54)	23/63(56,42)	15/266(79,84)	51
	파쇄절리	30/320(38,49)	43/129(38,81)	–	18
	미세절리	38/320(58,01)	22/61(51,90)	20/235(72,39)	33

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •60~200mm의 간격 우세(Close)

절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(직교) / 절리전개도(평행)

•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-3

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-3	전체절리	38/145(176,3)	41/193(80,35)	56/313(71,51)	28
	파쇄절리	37/143(119,93)	55/310(55,92)	33/243(173,7)	11
	미세절리	41/193(64,42)	39/148(419,8)	–	17

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(직교) / 절리전개도(평행)

•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-4

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-4	전체절리	39/156(48,01)	23/111(69,14)	19/349(359,3)	41
	파쇄절리	40/153(50,83)	24/117(52,12)	–	14
	미세절리	37/158(42,76)	23/325(46,83)	23/102(111,7)	27

53 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(직교) / 절리전개도(평행)

•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요 •기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 결정에서 마찰각 산정 → 불연속체 해석문제의 산정시 기초 자료로 활용

시험결과

구 분	공 번	심도(m)	정착도(kPa) 최대	정착도(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과 •터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

54 국토교통부

제3편 지반조사 결과

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요 •측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_o, E_o, K_d)산정
•동교아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

시험결과

TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동교아송비 σ	동적물성치 (MPa) G_o	E_o	K_d	지층밀도 (kN/m³)
풍화도	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동교아송비 σ	동적물성치 (MPa) G_o	E_o	K_d	지층밀도 (kN/m³)
풍화도	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	927	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,168	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 심도 (GL~m)	EL_s(m)	기초하 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (전개점용 V_{s}, m/s)	지반분류
TB-2	D,H,T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D,H,T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL~7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화도에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL~30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당되며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

55 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요 •시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
•지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널 구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	풍적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타 구간 (참조소)	BH-1	4.0	풍적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과 •실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 풍적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨
•함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 타입 및 CBR시험

개 요 •평가재료로 사용되는 재료에 대하여 타입 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악
•평가재료에 대한 입도, 입도 및 다짐특성에 따른 평가재료 유용성 평가시 활용

실시설계 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	A타입 건조단위중량 (kN/m³)	A타입 OMC(%)	D타입 건조단위중량 (kN/m³)	D타입 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널 구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.28	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과 •건조단위중량은 A타입17.37~17.45kN/m³, D타입17.37~18.40kN/m³로 분석됨
•CBR는 12.0~12.8%평균 12.4%의 범위에 해당

56 국토교통부

제3편 지반조사 결과

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요 •시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정
•지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성계수도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,255	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

지층별 결과분석

구 분	탄성강량 (kN/m³)	탄성계수도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22890	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과 •연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19
•경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

개 요 •암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index I_{S50}값을 산정

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{S(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{S(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널 구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널 구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

57 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
I_{S50}(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3

•기반암의 출현심도는 GL~7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화도에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL~30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당되며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

4.6.3 본선암계암 유용성 검토

시험결과 및 적용성 검토

시험결과	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

지층성 검토

•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

58 국토교통부

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

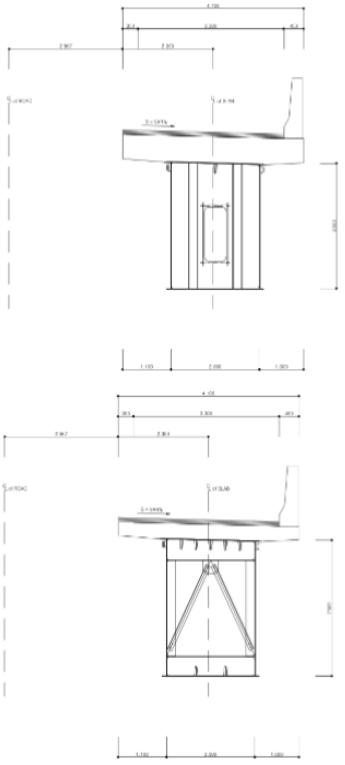
(1) 교 량 명 : 서울방향
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 45.000 + 55.000 + 55.000 + 45.000 = 200.000 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 4.100 m
(6) Girder 제원 : B = 2.000 m H = 2.500 m
(7) 사 각(Skew) : 90.000 °
(8) 곡률반경(R) : 좌측 = ∞ m 중앙 = ∞ m 우측 = ∞ m
(9) 설 계 속 도 : 100.000 km/h
(10) 사용재료 및 물리적 특성치
① 강 재
• 사 용 재 료

주 부 재	SM490B(상판, 하판, 복부판, 상부측리브, 하부측리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_s)	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

2. 단면가정



10. 사용성검토

10.1 피로 검토 (☞ 도.설 3.3.4.1)

가) 응력반복횟수

부재 및 하중구분 / 도로의 종류	종방향 주부재 트럭하중	종방향 주부재 차선하중	횡방향 부재 트럭하중	비 고
고속도로,국도 주간선 도로	2 백만	50 만	2 백만 이상	
기 타 도 로	10 만	10 만	50 만	

나) 허용응력 범위 fsr (MPa)

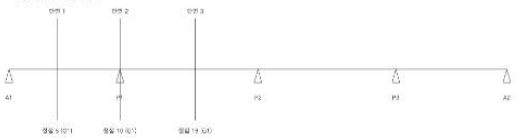
응력 범주	다재하 경로구조 10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상	단재하 경로구조 10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상
A	442	260	165	168	351	203	168	168
B	344	203	126	112	274	161	112	112
B'	274	161	101	84	218	126	77	77
C	250	147	91	70	196	112	70	53
				84*			84*	77*
D	196	112	70	48	154	91	56	35
E	154	91	56	31	119	70	42	16
E'	112	64	40	18	84	49	28	9
F	105	64	63	56	84	63	49	42

주 : * 는 거더 복부판과 플랜지의 수직보강재 용접의 경우

다) 피로조사위치 및 응력범주의 설정

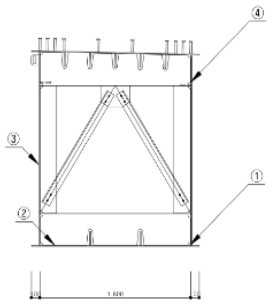
활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



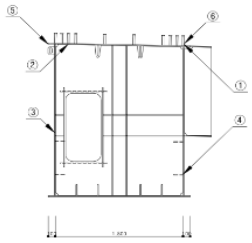
본 교량은 주간선도로에 속하는 다재하경로구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

단면 I



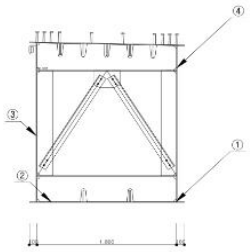
구분	상 세	응력 범주	fsr (MPa) DB 하중	fsr (MPa) DL 하중	비 고
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

단면 Ⅰ



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa) DB 하중	fsr (MPa) DL 하중	비 고
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
		F	63	84	전단고려검토
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	
⑤	인장측 플랜지에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
⑥	스터드에 인접한 인장측 플랜지부	C	91	147	

단면 Ⅱ



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa) DB 하중	fsr (MPa) DL 하중	비 고
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

라) 설계피로응력

· 최모멘트에 대한 피로검토

여기서, Δf: 설계피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$$\Delta f = \frac{\Delta M}{Iv} y$$

ΔM = Mmax - Mmin (4.4 라.1)모델하중 작용범위 참조)

Iv : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

y : 합성후 단면 도심으로부터의 거리

단면 Ⅰ

구분	ΔM (kN·m) DB 하중	ΔM (kN·m) DL 하중	Iv (m^4)	y (m)	Δf (MPa) DB 하중	Δf (MPa) DL 하중	응력 범주	fsr (MPa) DB 하중	fsr (MPa) DL 하중	비 고
①	4907.438	5374.057	1.735E+11	1816.2	51.376	56.261	B	126	203	O.K.
②				1816.2	51.376	56.261	C	91	147	O.K.
③				922.2	26.087	28.567	E	56	91	O.K.
④				33.5	0.956	1.047	E	56	91	O.K.

단면 Ⅰ

구분	ΔM (kN·m) DB 하중	ΔM (kN·m) DL 하중	Iv (m^4)	y (m)	Δf (MPa) DB 하중	Δf (MPa) DL 하중	응력 범주	fsr (MPa) DB 하중	fsr (MPa) DL 하중	비 고
①	3270.048	6720.451	1.367E+11	1075.9	25.734	52.887	B	126	203	O.K.
②				1075.9	25.734	52.887	C	91	147	O.K.
③				220.1	5.504	11.311	E	56	91	O.K.
④				815.1	19.520	40.117	E	56	91	O.K.
⑤				1082.9	25.901	53.231	E	56	91	O.K.
⑥				1075.9	25.734	52.887	C	91	147	O.K.

단면 Ⅱ

구분	ΔM (kN·m) DB 하중	ΔM (kN·m) DL 하중	Iv (m^4)	y (m)	Δf (MPa) DB 하중	Δf (MPa) DL 하중	응력 범주	fsr (MPa) DB 하중	fsr (MPa) DL 하중	비 고
①	4772.982	6207.752	1.735E+11	1816.2	49.968	62.895	B	126	203	O.K.
②				1816.2	49.968	62.895	C	91	147	O.K.
③				922.2	25.372	31.936	E	56	91	O.K.
④				33.5	0.930	1.170	E	56	91	O.K.

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필릿용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 'F' 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 21 을 설정 하였음

$$\Delta \upsilon = \frac{\Delta S \cdot Q}{Iv \cdot \Sigma a}$$

여기서, Δυ : 설계전단피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

ΔS = Smax - Smin (4.4 라.1)모델하중 작용범위 참조)

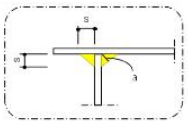
Q : 용접선 인측 플랜지의 중립면에 관한 단면 1차 모멘트 (mm^3)= A(mm^2) · y(mm)

y = Yvsu(1) - tu(1)/2

Iv : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

Σa : 필릿 용접의 목두께의 빗 (mm)= 4EA ×s $\sqrt{2}$

s : 필릿 용접 치수 (mm)



- 상부 플랜지와 복부판

구 분	ΔS (kN)	tl (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Yvsu (mm)	Q (mm^3)	Iv (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δυ (MPa)	υsr (MPa)	비고
DB하중	1244.054	14	2000	28000	1075	2.998E+07	1.379E+11	6	17.0	15.9	63	OK
DL하중	1554.354									19.9	84	OK

- 하부 플랜지와 복부판

구 분	ΔS (kN)	tl (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Yvsl (mm)	Q (mm^3)	Iv (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δυ (MPa)	υsr (MPa)	비고
DB하중	1244.054	18	2000	36000	1157	4.133E+07	1.379E+11	6	17.0	22.0	63	OK
DL하중	1554.354									27.4	84	OK

10.2 처짐 검토

유려하중을 포함한 등하중에 의한 각 위치별 최대 처짐량 (전산 OUTPUT 참조) (☞ 도.설 3.2.3)

< Girder 1 > (단위 : mm)

절점NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
처 짐 량	0.000	-6.943	-14.084	-19.209	-21.679	-21.221	-18.045	-12.836	-6.458	0.000
절점NO.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
처 짐 량	-7.017	-14.706	-21.574	-27.478	-30.620	-30.836	-28.075	-22.712	-15.571	-7.623
절점NO.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
처 짐 량	0.000	-7.625	-15.573	-22.714	-28.077	-30.837	-30.620	-27.477	-21.872	-14.705
절점NO.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
처 짐 량	-7.015	0.000	-6.459	-12.838	-18.047	-21.224	-21.681	-19.211	-14.084	-6.943
절점NO.	41									
처 짐 량	0.000									



◈ 허용 처짐량

지간 길이 L = 44.250 m

δ1 = 21.679 mm < δa = L / 500 = 44.3 m / 500 = 88.50 mm O.K

지간 길이 L = 55.000 m

δ2 = 30.836 mm < δa = L / 500 = 55.0 m / 500 = 110.00 mm O.K

지간 길이 L = 55.000 m

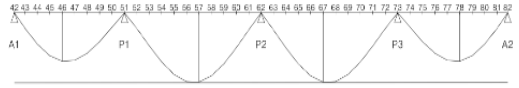
δ3 = 30.837 mm < δa = L / 500 = 55.0 m / 500 = 110.00 mm O.K

지간 길이 L = 44.250 m

δ4 = 21.681 mm < δa = L / 500 = 44.3 m / 500 = 88.50 mm O.K

< Girder 2 > (단위 : mm)

절점NO.	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
처 짐 량	0.000	-6.639	-13.491	-18.432	-20.831	-20.411	-17.364	-12.370	-6.246	0.000
절점NO.	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
처 짐 량	-6.775	-14.166	-21.063	-26.468	-29.512	-29.730	-27.068	-21.906	-15.035	-7.385
절점NO.	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
처 짐 량	0.000	-7.386	-15.035	-21.906	-27.068	-29.729	-29.512	-26.467	-21.062	-14.166
절점NO.	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
처 짐 량	-6.775	0.000	-6.246	-12.370	-17.363	-20.411	-20.831	-18.432	-13.490	-6.638
절점NO.	82									
처 짐 량	0.000									



◈ 허용 처짐량

지간 길이 L = 44.250 m

δ1 = 30.831 mm < δa = L / 500 = 44.3 m / 500 = 88.50 mm O.K

지간 길이 L = 55.000 m

δ2 = 39.730 mm < δa = L / 500 = 55.0 m / 500 = 110.00 mm O.K

지간 길이 L = 55.000 m

δ3 = 39.729 mm < δa = L / 500 = 55.0 m / 500 = 110.00 mm O.K

지간 길이 L = 44.250 m

δ4 = 30.831 mm < δa = L / 500 = 44.3 m / 500 = 88.50 mm O.K

< Girder 3 > (단위 : mm)

절점NO.	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
처 짐 량	0.000	-6.731	-13.670	-18.659	-21.070	-20.638	-17.559	-12.502	-6.300	0.000
절점NO.	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
처 짐 량	-6.841	-14.326	-21.307	-26.767	-29.834	-30.049	-27.364	-22.145	-15.190	-7.448
절점NO.	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
처 짐 량	0.000	-7.449	-15.191	-22.146	-27.366	-30.049	-29.834	-26.767	-21.306	-14.325
절점NO.	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122
처 짐 량	-6.840	0.000	-6.301	-12.503	-17.560	-20.639	-21.071	-18.660	-13.670	-6.731
절점NO.	123									
처 짐 량	0.000									



◈ 허용 처짐량

지간 길이 L = 44.250 m

δ1 = 21.070 mm < δa = L / 500 = 44.3 m / 500 = 88.50 mm O.K

지간 길이 L = 55.000 m

δ2 = 30.049 mm < δa = L / 500 = 55.0 m / 500 = 110.00 mm O.K

지간 길이 L = 55.000 m

δ3 = 30.049 mm < δa = L / 500 = 55.0 m / 500 = 110.00 mm O.K

지간 길이 L = 44.250 m

δ4 = 21.071 mm < δa = L / 500 = 44.3 m / 500 = 88.50 mm O.K

11. 솟음(CAMBER)

< Girder 1 > (단위 : mm)

절점번호	합성전 고정하중 Steel (1)	합성전 고정하중 Concrete (2)	합성후 고정하중 (3)	솟음량 공장 제작시 (1)-(3) 합계	솟음량 현장 거치시 (4)-(1)	솟음량 1차 고정하중 재하시 (5)-(2)	솟음량 2차 고정하중 재하시 (6)-(3)	비고
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A1
2	5.380	10.730	1.980	18.090	12.710	1.980	0.000	
3	10.630	21.140	3.910	35.680	25.050	3.910	0.000	
4	13.570	27.560	5.090	46.520	32.650	5.090	0.000	
5	14.580	29.140	5.360	49.180	34.500	5.360	0.000	
6	13.080	25.980	4.730	43.790	30.710	4.730	0.000	
7	9.620	19.120	3.430	32.170	22.550	3.430	0.000	
8	5.300	10.600	1.870	17.770	12.470	1.870	0.000	
9	1.510	3.090	0.550	5.150	3.640	0.550	0.000	
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P1
11	1.790	3.330	0.530	5.650	3.860	0.530	0.000	
12	5.880	11.130	1.840	18.850	12.970	1.840	0.000	
13	10.540	20.100	3.410	34.050	23.510	3.410	0.000	
14	14.430	27.650	4.780	46.860	32.430	4.780	0.000	
15	16.510	31.900	5.570	54.080	37.470	5.570	0.000	
16	16.570	31.870	5.570	54.010	37.440	5.570	0.000	
17	14.530	27.570	4.780	46.880	32.350	4.780	0.000	
18	10.390	19.980	3.410	33.780	23.390	3.410	0.000	
19	5.730	11.010	1.840	18.580	12.850	1.840	0.000	
20	1.690	3.250	0.530	5.470	3.780	0.530	0.000	
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P2
22	1.690	3.250	0.530	5.470	3.780	0.530	0.000	
23	5.730	11.010	1.840	18.580	12.850	1.840	0.000	
24	10.390	19.980	3.410	33.780	23.390	3.410	0.000	
25	14.330	27.570	4.780	46.880	32.350	4.780	0.000	
26	16.570	31.870	5.570	54.010	37.440	5.570	0.000	
27	16.900	31.900	5.570	54.070	37.470	5.570	0.000	
28	14.430	27.650	4.780	46.860	32.430	4.780	0.000	
29	10.540	20.090	3.410	34.040	23.500	3.410	0.000	
30	5.880	11.130	1.840	18.850	12.970	1.840	0.000	
31	1.790	3.330	0.530	5.650	3.860	0.530	0.000	
32	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P3
33	1.510	3.090	0.550	5.150	3.640	0.550	0.000	
34	5.300	10.600	1.870	17.770	12.470	1.870	0.000	
35	9.620	19.120	3.430	32.170	22.550	3.430	0.000	
36	13.080	25.980	4.730	43.790	30.710	4.730	0.000	
37	14.570	29.140	5.360	49.170	34.500	5.360	0.000	
38	13.570	27.560	5.090	46.520	32.650	5.090	0.000	
39	10.630	21.140	3.910	35.680	25.050	3.910	0.000	
40	5.380	10.730	1.980	18.090	12.710	1.980	0.000	
41	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A2

< Girder 2 >

(단위 : mm)

절점번호	합성전 고정하중 Steel (1)	합성전 고정하중 Concrete (2)	합성후 고정하중 (3)	소음량 공장 제작시 (1)~(3) 합계	소음량 현장 거치시 (4)-(1)	소음량 1차 고정하중 재하시 (5)-(2)	소음량 2차 고정하중 재하시 (6)-(3)	비고
42	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A1
43	5.390	10.690	2.210	18.290	12.900	2.210	0.000	
44	10.640	21.080	4.380	36.100	25.460	4.380	0.000	
45	13.890	27.480	5.710	47.080	33.190	5.710	0.000	
46	14.700	29.060	6.030	49.790	35.090	6.030	0.000	
47	13.100	25.900	5.350	44.350	31.250	5.350	0.000	
48	9.640	19.050	3.900	32.590	22.950	3.900	0.000	
49	5.310	10.540	2.130	17.980	12.670	2.130	0.000	
50	1.520	3.070	0.620	5.210	3.690	0.620	0.000	
51	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P1
52	1.800	3.300	0.640	5.740	3.940	0.640	0.000	
53	5.890	11.070	2.190	19.150	13.260	2.190	0.000	
54	10.550	20.020	4.010	34.580	24.030	4.010	0.000	
55	14.450	27.560	5.580	47.590	33.140	5.580	0.000	
56	16.630	31.800	6.470	54.900	38.270	6.470	0.000	
57	16.590	31.770	6.470	54.830	38.240	6.470	0.000	
58	14.350	27.490	5.570	47.410	33.060	5.570	0.000	
59	10.410	19.910	4.000	34.320	23.910	4.000	0.000	
60	5.740	10.950	2.170	18.860	13.120	2.170	0.000	
61	1.690	3.210	0.630	5.530	3.840	0.630	0.000	
62	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P2
63	1.690	3.210	0.630	5.530	3.840	0.630	0.000	
64	5.740	10.950	2.170	18.860	13.120	2.170	0.000	
65	10.410	19.910	4.000	34.320	23.910	4.000	0.000	
66	14.350	27.490	5.570	47.410	33.060	5.570	0.000	
67	16.590	31.770	6.470	54.830	38.240	6.470	0.000	
68	16.630	31.800	6.470	54.900	38.270	6.470	0.000	
69	14.450	27.560	5.580	47.590	33.140	5.580	0.000	
70	10.550	20.020	4.010	34.580	24.030	4.010	0.000	
71	5.890	11.070	2.190	19.150	13.260	2.190	0.000	
72	1.800	3.300	0.640	5.740	3.940	0.640	0.000	
73	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P3
74	1.520	3.070	0.620	5.210	3.690	0.620	0.000	
75	5.310	10.540	2.130	17.980	12.670	2.130	0.000	
76	9.640	19.050	3.900	32.590	22.950	3.900	0.000	
77	13.100	25.900	5.350	44.350	31.250	5.350	0.000	
78	14.700	29.060	6.030	49.790	35.090	6.030	0.000	
79	13.890	27.480	5.710	47.080	33.190	5.710	0.000	
80	10.640	21.080	4.380	36.100	25.460	4.380	0.000	
81	5.390	10.690	2.210	18.290	12.900	2.210	0.000	
82	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A2

< Girder 3 >

(단위 : mm)

절점번호	합성전 고정하중 Steel (1)	합성전 고정하중 Concrete (2)	합성후 고정하중 (3)	소음량 공장 제작시 (1)-(3) 합계	소음량 현장 거치시 (4)-(1)	소음량 1차 고정하중 재하시 (5)-(2)	소음량 2차 고정하중 재하시 (6)-(3)	비고
83	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A1
84	5.380	10.710	2.580	18.670	13.290	2.580	0.000	
85	10.630	21.110	5.070	36.810	26.180	5.070	0.000	
86	13.670	27.510	6.590	47.970	34.100	6.590	0.000	
87	14.580	29.090	6.980	50.750	36.070	6.980	0.000	
88	13.080	25.930	6.240	45.250	32.170	6.240	0.000	
89	9.620	19.090	4.620	33.330	23.710	4.620	0.000	
90	5.300	10.570	2.590	18.460	13.160	2.590	0.000	
91	1.510	3.080	0.780	5.370	3.860	0.780	0.000	
92	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P1
93	1.790	3.320	0.850	5.960	4.170	0.850	0.000	
94	5.880	11.100	2.740	19.720	13.840	2.740	0.000	
95	10.530	20.050	4.880	35.460	24.930	4.880	0.000	
96	14.430	27.590	6.670	48.890	34.460	6.670	0.000	
97	16.600	31.830	7.670	56.100	39.500	7.670	0.000	
98	16.570	31.800	7.660	56.030	39.460	7.660	0.000	
99	14.330	27.510	6.650	48.490	34.160	6.650	0.000	
100	10.390	19.930	4.850	35.170	24.780	4.850	0.000	
101	5.730	10.980	2.710	19.420	13.690	2.710	0.000	
102	1.690	3.230	0.830	5.750	4.060	0.830	0.000	
103	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P2
104	1.690	3.230	0.830	5.750	4.060	0.830	0.000	
105	5.730	10.980	2.710	19.420	13.690	2.710	0.000	
106	10.390	19.930	4.850	35.170	24.780	4.850	0.000	
107	14.330	27.510	6.650	48.490	34.160	6.650	0.000	
108	16.570	31.800	7.660	56.030	39.460	7.660	0.000	
109	16.600	31.830	7.670	56.100	39.500	7.670	0.000	
110	14.430	27.590	6.670	48.890	34.260	6.670	0.000	
111	10.530	20.050	4.880	35.460	24.930	4.880	0.000	
112	5.880	11.100	2.740	19.720	13.840	2.740	0.000	
113	1.790	3.320	0.850	5.960	4.170	0.850	0.000	
114	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P3
115	1.510	3.080	0.780	5.370	3.860	0.780	0.000	
116	5.300	10.570	2.590	18.460	13.160	2.590	0.000	
117	9.620	19.090	4.620	33.330	23.710	4.620	0.000	
118	13.080	25.930	6.240	45.250	32.170	6.240	0.000	
119	14.580	29.090	6.970	50.740	36.060	6.970	0.000	
120	13.670	27.510	6.590	47.970	34.100	6.590	0.000	
121	10.630	21.110	5.060	36.900	26.170	5.060	0.000	
122	5.380	10.710	2.580	18.570	13.290	2.580	0.000	
123	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A2

1. 설계조건

상부구조형식	구 조 형 식	Steel Box GIRDER교	
	교량내진등급	1등급	
	지 간	45.000 + 2@55.000 + 45.000 = 200.000 m	
	폭 원	19.350(기존교량) + 4.100(확장교량) = 23.450 m	
하부구조형식	교 각 형 식	π형(기존) + T형(확장)	
	기 초 형 식	직접 + 말뚝기초	
사 용 재 료	콘크리트 (fck)	27 Mpa	
	콘크리트 (fck)	27 Mpa	
재 료 특 성	콘크리트 단위중량(g_c)	25.0 kN/㎥	
	아스팔트 단위중량(g_c)	23.0 kN/㎥	
가 속 도 계 수(A)	지진구역계수	0.11 (I)	
	위 험 도 계수	1.4 (1000년 재현주기)	
	가 속 도 계수 (A)	지진구역계수 × 위험도 계수 = 0.154 g	
지 반 계 수 (S)	지 반 종 류	II	
	지 반 계 수	S = 1.2 (내진설계)	
응 답 수 정 계 수	구 조 부 재	항복시 (설계기준) R	단성거동시 R
	기 둥 (단 수)	3.0	1.0
	연결 상부구조와 교대	0.8	0.8
	연결 상부구조의 교각	1.0	1.0
	기 초	3.0 / 2 = 1.5	1.0
해 석 방 법	• POT 받침은 응답스펙트럼을 이용하여 다중모드 응답스펙트럼 방법을 수행함.		

2. 해석 방법별 특성 및 받침 물성치

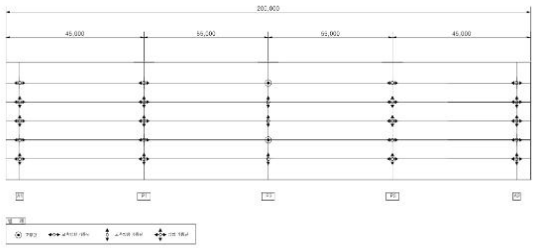
1) 내진해석

- POT 받침 적용시 내진해석.
  - 받침은 NLLINK로 (표 POT 받침 물성치)와 같이 모델링 하였다.
  - 해석시 5% 감쇠비를 적용하고 Ritz Vector 해석 수행 , 질량참여율이 90% 넘도록 50차 모드 까지 고려 하였다.
  - 지진하중은 지반계수 S=II (내진해석시 S=1.2), 가속도계수 A=0.154g 에 해당하는 응답스펙트럼을 사용하였다.
  - 해석은 다중모드 응답스펙트럼 방법을 사용하였다.

받침종류	해 석 시 입 력 값	설 명	적용위치	비고
POT 고정단	NAME=POTFIX TYPE=GAP	NLLink type	A1, A2	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=1E+08 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=1E+08 CE=0	교직방향 강성		
POT 일방향 (교축)	NAME=POTM1 TYPE=GAP	NLLink type	P1, P2	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=0 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=1E+08 CE=0	교직방향 강성		
POT 일방향 (교직)	NAME=POTM2 TYPE=GAP	NLLink type	P1, P2	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=1E+08 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=0 CE=0	교직방향 강성		
POT 양방향	NAME=POTM TYPE=GAP	NLLink type	P1, P2	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=0 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=0 CE=0	교직방향 강성		

5. 내진 해석결과

5.1 받침 배치도



5.2 받침 수평력 검토

위 치	받 침 NO.	받 침 Type	용량 (kN)	지진시 작용 수평력(kN) 교축해석 교축	교축해석 교직	교직해석 교축	교직해석 교직	지진시 허용 수평력 (kN) 교축	교직	판정 교축	교직	비고
A1	1	교축방향	4500G50	0	206	0	646	0	2,925	OK	OK	기존
	2	직방향	3000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	3	직방향	3000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	4	교축방향	1600G60	0	270	0	860	0	1,248	OK	OK	신설
	5	직방향	1600M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
P1	6	교축방향	8000G50	0	1,296	0	4,310	0	5,200	OK	OK	기존
	7	직방향	8000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	8	직방향	8000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	9	교축방향	3500G30	0	311	0	1,031	0	1,365	OK	OK	신설
	10	직방향	4000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
P2	11	고정단	9000F50	2,244	1,574	690	5,232	5,850	5,850	OK	OK	기존
	12	교직방향	8000G50	2,692	0	824	0	5,200	5,200	OK	OK	
	13	교직방향	8000G30	2,394	0	737	0	3,120	3,120	OK	OK	
	14	고정단	3500F40	1,782	383	1,546	1,269	1,820	1,820	OK	OK	신설
	15	교직방향	4000G40	1,601	0	1,501	0	2,080	0	OK	OK	
P3	16	교축방향	9000G50	0	1,000	0	3,315	0	5,850	OK	OK	기존
	17	직방향	8000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	18	직방향	8000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	19	교축방향	3500G30	0	257	0	849	0	1,365	OK	OK	신설
	20	직방향	4000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
A2	21	교축방향	3000G40	0	187	0	586	0	1,560	OK	OK	기존
	22	직방향	3000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	23	직방향	3000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	24	교축방향	1600G60	0	245	0	779	0	1,248	OK	OK	신설
	25	직방향	1600M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	

5.3 받침 변위 검토

위 치	받 침 NO.	받 침 Type	용량 (kN)	지진시 작용 변위(mm) 교축해석 교축	교축해석 교직	교직해석 교축	교직해석 교직	지진시 허용 변위 (mm) 교축	교직	판정 교축	교직	비고
A1	1	교축방향	4500G50	105	0	32	0	150	0	OK	OK	기존
	2	직방향	3000M	101	0	31	1	150	50	OK	OK	
	3	직방향	3000M	100	0	30	1	150	50	OK	OK	
	4	교축방향	1600G60	100	0	30	0	150	0	OK	OK	신설
	5	직방향	1600M	100	0	31	0	150	50	OK	OK	
P1	6	교축방향	8000G50	84	0	25	0	100	0	OK	OK	기존
	7	직방향	8000M	82	2	25	6	100	50	OK	OK	
	8	직방향	8000M	81	2	24	7	100	50	OK	OK	
	9	교축방향	3500G30	86	0	26	0	100	0	OK	OK	신설
	10	직방향	4000M	86	0	26	0	100	50	OK	OK	
P1	11	고정단	9000F50	0	0	0	0	0	0	OK	OK	기존
	12	교직방향	8000G50	0	2	0	7	0	50	OK	OK	
	13	교직방향	8000G30	0	2	0	8	0	50	OK	OK	
	14	고정단	3500F40	0	0	0	0	0	0	OK	OK	신설
	15	교직방향	4000G40	0	0	0	1	0	50	OK	OK	
P1	16	교축방향	9000G50	94	0	29	0	100	0	OK	OK	기존
	17	직방향	8000M	92	1	28	4	100	50	OK	OK	
	18	직방향	8000M	91	2	27	5	100	50	OK	OK	
	19	교축방향	3500G30	94	0	26	0	100	0	OK	OK	신설
	20	직방향	4000M	94	0	29	0	100	50	OK	OK	
	21	교축방향	3000G40	105	0	32	0	150	0	OK	OK	
A2	22	직방향	3000M	101	0	31	1	150	50	OK	OK	기존
	23	직방향	3000M	100	0	30	0	150	50	OK	OK	
	24	교축방향	1600G60	100	0	30	0	150	0	OK	OK	
	25	직방향	1600M	100	0	31	0	150	50	OK	OK	신설

5.4 부재력 해석 결과

1) 교각하단 부재력

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	교축방향 지진력 직용시 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	교직 직각방향 지진력 직용시 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	비고
P1L	P11B	7.20	10,379	44	801	9	23	16,624	7	2,116	기존
P1R	P12B	7.55	10,800	40	819	8	31	22,860	9	3,282	기존
P1	P13B	7.55	5,164	28	437	4	13	12,333	4	1,359	신설
P2L	P21B	7.55	57,068	19	3,760	6	149	18,327	19	2,427	기존
P2R	P22B	7.55	60,926	21	4,110	6	94	25,855	14	3,928	기존
P2	P23B	7.55	41,876	14	2,833	4	123	14,107	12	1,607	신설
P3L	P31B	7.55	7,710	39	739	10	35	9,344	14	1,405	기존
P3R	P32B	7.55	7,971	36	740	9	34	14,151	13	2,559	기존
P3	P33B	7.55	3,582	22	377	5	26	8,175	10	1,051	신설

2) 교각상단 부재력

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	교축방향 지진력 작용시 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	교직 직각방향 지진력 작용시 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	비고
P1L	P11T	7.20	3,565	51	649	10	27	10,941	5	2,001	기존
P1R	P12T	7.55	3,773	43	678	8	26	20,211	4	3,155	기존
P1	P13T	7.55	1,615	11	300	3	16	5,046	2	1,257	신설
P2L	P21T	7.55	25,641	19	3,716	6	55	11,567	18	2,317	기존
P2R	P22T	7.55	26,559	16	4,069	6	64	22,841	12	3,806	기존
P2	P23T	7.55	18,452	10	2,797	2	50	5,356	8	1,511	신설
P3L	P31T	7.55	2,787	46	619	9	32	5,035	7	1,342	기존
P3R	P32T	7.55	2,989	40	635	8	32	12,275	6	2,493	기존
P3	P33T	7.55	1,215	13	289	3	25	2,430	4	995	신설

5.5 부재력 하중조합 (적용 부재력)

- COM1 : 종방향축 해석으로부터 구한 지진력에 횡방향축의 해석으로부터 구한 지진력의 30%를 합한 경우.
  - ◆ C1-1 1.0×종축해석에 의한 종방향 부재력 + 0.3×횡축해석에 의한 종방향 부재력
  - ◆ C1-2 1.0×종축해석에 의한 횡방향 부재력 + 0.3×횡축해석에 의한 횡방향 부재력
- COM2 : 횡방향축 해석으로부터 구한 지진력에 종방향축의 해석으로부터 구한 지진력의 30%를 합한 경우.
  - ◆ C2-1 0.3×종축해석에 의한 종방향 부재력 + 1.0×횡축해석에 의한 종방향 부재력
  - ◆ C2-2 0.3×종축해석에 의한 횡방향 부재력 + 1.0×횡축해석에 의한 횡방향 부재력

1) 교각하단 하중조합

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	COM1 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	COM2 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	비고
P1L	P11B	7.20	10,386	5,031	803	644	3,137	16,638	247	2,118	기존
P1R	P12B	7.55	10,810	6,896	822	993	3,271	22,872	255	3,285	기존
P1	P13B	7.55	5,167	3,723	439	412	1,562	12,340	135	1,360	신설
P2L	P21B	7.55	57,113	5,517	3,766	734	17,270	18,332	1,148	2,429	기존
P2R	P22B	7.55	60,954	7,777	4,114	1,185	18,372	25,862	1,247	3,930	기존
P2	P23B	7.55	41,912	4,246	2,837	486	12,685	14,112	882	1,608	신설
P3L	P31B	7.55	7,720	2,843	744	431	2,348	9,356	236	1,407	기존
P3R	P32B	7.55	7,981	4,282	743	777	2,425	14,161	234	2,561	기존
P3	P33B	7.55	3,590	2,474	380	320	1,101	6,181	123	1,053	신설

2) 교각상단 하중조합

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	COM1 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	COM2 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	비고
P1L	P11T	7.20	3,573	3,333	650	610	1,096	10,956	199	2,004	기존
P1R	P12T	7.55	3,780	6,107	679	955	1,158	20,224	236	3,158	기존
P1	P13T	7.55	1,619	1,525	300	380	501	5,050	92	1,256	신설
P2L	P21T	7.55	25,658	3,489	3,721	701	7,747	11,572	1,130	2,319	기존
P2R	P22T	7.55	26,578	6,886	4,072	1,148	8,231	22,846	1,233	3,808	기존
P2	P23T	7.55	18,467	1,617	2,799	456	5,586	5,361	847	1,512	신설
P3L	P31T	7.55	2,796	1,556	621	411	886	5,046	193	1,345	기존
P3R	P32T	7.55	2,999	3,722	637	756	929	12,287	197	2,496	기존
P3	P33T	7.55	1,222	742	270	301	389	2,434	85	996	신설

5.6 코핑 상단 변위

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	코핑상단변위(mm)				비고
			COM1		COM2		
			교축	교직	교축	교직	
P1L	P11T	7.20	16	5	5	17	기존
P1R	P12T	7.55	16	5	5	17	기존
P1	P13T	7.55	12	7	4	22	신설
P2L	P21T	7.55	88	5	26	18	기존
P2R	P22T	7.55	87	5	26	18	기존
P2	P23T	7.55	98	7	30	23	신설
P3L	P31T	7.55	8	2	2	7	기존
P3R	P32T	7.55	8	2	2	7	기존
P3	P33T	7.55	6	3	2	10	신설

5.7 질량참여율

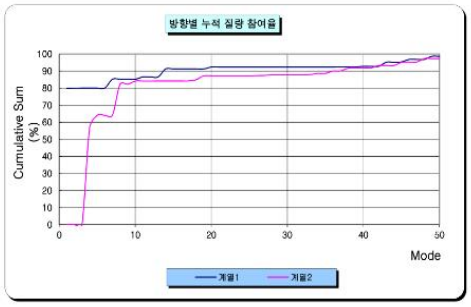
◎ 질량참여율

Mode No	Period (sec)	Frequency (rad/sec)	Frequency (cycle/sec)	TRAN-X MASS(%)	TRAN-X SUM(%)	TRAN-Y MASS(%)	TRAN-Y SUM(%)	TRAN-Z MASS(%)	TRAN-Z SUM(%)
1	1.556	4.036	0.643	79.959	79.959	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.654	9.606	1.529	0.025	79.984	0.001	0.001	0.000	0.000
3	0.550	11.429	1.819	0.054	80.047	0.036	0.037	0.000	0.000
4	0.527	11.915	1.896	0.000	80.047	0.043	56.980	0.043	0.043
5	0.467	13.462	2.139	0.000	80.047	7.389	64.329	0.011	0.054
6	0.402	15.614	2.485	0.000	80.047	0.067	64.396	0.002	0.055
7	0.386	16.325	2.598	5.148	85.196	0.000	64.396	0.000	0.055
8	0.366	17.170	2.733	0.000	85.196	18.086	82.481	0.026	0.081
9	0.350	17.973	2.861	0.000	85.196	0.003	82.485	0.000	0.081
10	0.325	19.331	3.077	0.000	85.196	1.960	84.445	0.008	0.089
11	0.299	21.014	3.344	1.322	86.518	0.000	84.445	0.000	0.089
12	0.299	21.039	3.348	0.004	86.522	0.004	84.449	0.003	0.092
13	0.294	21.372	3.401	0.000	86.522	0.017	84.466	0.004	0.097
14	0.272	23.134	3.682	4.694	91.215	0.000	84.466	0.000	0.097
15	0.266	23.587	3.754	0.001	91.216	0.000	84.466	0.001	0.097
16	0.260	24.173	3.847	0.000	91.216	0.021	84.487	54.226	54.323
17	0.242	25.941	4.129	0.000	91.216	0.016	84.503	0.000	54.324
18	0.226	27.852	4.433	0.000	91.216	0.704	84.207	1.331	55.655
19	0.214	29.319	4.666	0.000	91.216	2.279	87.185	0.004	55.658
20	0.205	30.607	4.871	1.124	92.340	0.000	87.185	0.000	55.658
21	0.191	32.821	5.224	0.003	92.343	0.000	87.185	0.000	55.658
22	0.183	34.269	5.454	0.001	92.343	0.000	87.185	0.000	55.658
23	0.177	35.518	5.653	0.000	92.343	0.005	87.190	0.000	55.658
24	0.146	43.117	6.862	0.002	92.345	0.000	87.190	0.000	55.658
25	0.140	44.867	7.141	0.005	92.350	0.002	87.192	0.000	55.659
26	0.136	45.568	7.252	0.000	92.350	0.194	87.385	0.006	55.665
27	0.135	46.386	7.383	0.000	92.350	0.059	87.444	0.004	55.669
28	0.129	48.693	7.750	0.000	92.350	0.309	87.753	0.004	55.673
29	0.124	50.477	8.034	0.000	92.351	0.008	87.761	0.001	55.674
30	0.123	51.017	8.120	0.000	92.351	0.013	87.774	0.003	55.677
31	0.119	53.009	8.437	0.000	92.351	0.000	87.774	0.010	55.687
32	0.107	58.950	9.382	0.000	92.351	0.012	87.786	0.050	55.736
33	0.097	64.562	10.275	0.000	92.351	0.150	87.936	0.007	55.743
34	0.095	65.867	10.473	0.000	92.351	0.679	88.614	0.036	55.779
35	0.090	69.471	11.057	0.000	92.351	0.058	88.672	1.013	56.793
36	0.088	71.699	11.411	0.000	92.351	1.300	89.972	0.003	56.796
37	0.076	83.147	13.233	0.053	92.404	0.052	90.024	0.003	56.799
38	0.072	86.756	13.808	0.014	92.418	1.858	91.881	0.017	56.817
39	0.069	91.032	14.488	0.000	92.418	0.145	91.026	5.780	62.597
40	0.066	94.646	15.063	0.320	92.739	0.003	91.029	0.004	62.601
41	0.062	101.913	16.220	0.000	92.739	0.004	91.034	13.008	75.608

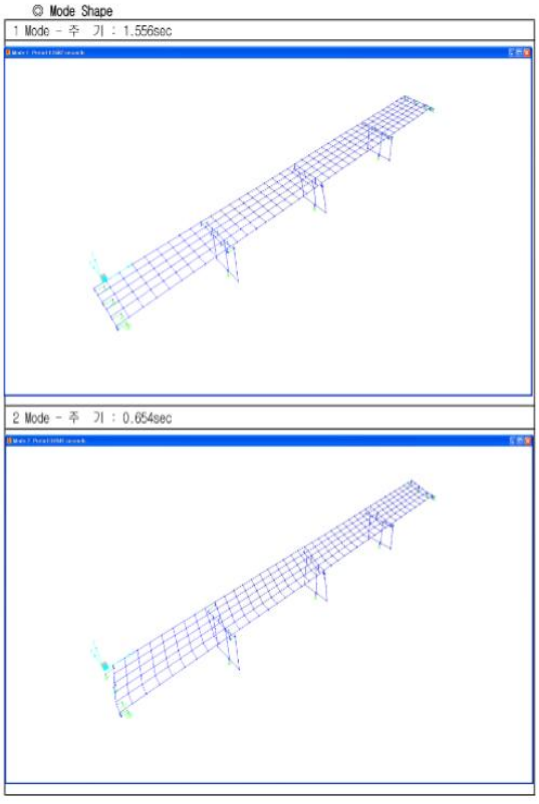
Mode No	Period (sec)	Frequency (rad/sec)	Frequency (cycle/sec)	TRAN-X MASS(%)	TRAN-X SUM(%)	TRAN-Y MASS(%)	TRAN-Y SUM(%)	TRAN-Z MASS(%)	TRAN-Z SUM(%)
42	0.054	115.397	18.366	0.001	92.739	1.386	93.220	1.120	76.728
43	0.049	127.405	20.277	2.383	95.122	0.000	93.220	0.006	76.734
44	0.045	138.615	22.061	0.003	95.125	0.016	93.237	9.594	86.328
45	0.034	182.880	29.106	0.182	95.307	1.791	95.027	0.220	86.548
46	0.034	185.944	29.594	1.450	96.757	0.203	95.230	0.278	86.826
47	0.033	190.156	30.264	0.031	96.788	0.031	95.261	4.426	91.251
48	0.018	349.960	54.266	0.007	96.794	2.008	97.269	0.089	91.340
49	0.016	392.937	62.538	1.820	98.614	0.006	97.275	0.003	91.343
50	0.016	403.420	64.206	0.007	98.621	0.002	97.277	2.789	94.132

▷ 방향별 누적 질량 참여율

고유치 해석결과 방향별 유효 질량 참여율의 합이 90%이상 임을 확인하여 본 해석에 교량의 동적거동을 충분히 구현하고 있음을 확인하였다.



◎ Mode Shape



22.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 22.2.1】 원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부)의 주요 손상현황으로는 교량받침 받침몰탈 균열, 몰탈파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축에 의한 손상으로, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다,	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부)의 주요 손상현황으로는 교량받침 받침몰탈 균열, 몰탈파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축에 의한 손상으로, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다,	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	- 교량받침 받침몰탈 균열(cw=0.3㎜미만), 받침몰탈 파손	양호

22.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

22.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

22.2.5 시설물 보수 이력

【표 22.2.2】 원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

22.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 22.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

22.3 현장조사

22.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~4	고소차, 사다리	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



비파괴시험



비파괴시험

【사진 22.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

22.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부)는 총 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=200.0m 폭 4.1m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보로 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 22.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 22.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
합계	-	-

	
바닥판 하면 S3 상태양호	바닥판 하면 S4 상태양호
	
바닥판 하면 S2 상태양호	바닥판 하면 S4 상태양호

【사진 22.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 바닥판 하면의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 1열로 시공되었으며, 도보로 현장조사를 실시하였다



거더외부 전경



거더내부 전경

【사진 22.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 거더외부와 거더내부 모두 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 22.3.2】 거더 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
거더 내부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
합계		-	-

	
거더외부 S4 상태양호	거더외부 S3 상태양호
	
거더내부 S1 상태양호	거더내부 S4 상태양호

【사진 22.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 교대

1) 부재의 개요

■ 원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 22.3.6】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 22.3.3】 교대 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
교대 A1 상태양호	교대 A1 상태양호
	
교대 A2 상태양호	교대 A2 상태양호

【사진 22.3.7】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교각

1) 부재의 개요

■ 원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부)의 교각은 T형으로 구성되어 있으며, 직접기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교각 P3 전경</td><td>교각 P1 전경</td></tr>
</table>

【사진 22.3.8】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 22.3.4】 교각 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
합계	-	-

	
교각 P1 코핑부 상태양호	교각 P1 기둥부 상태양호
	
교각 P3 코핑부 상태양호	교각 P3 기둥부 상태양호

【사진 22.3.9】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

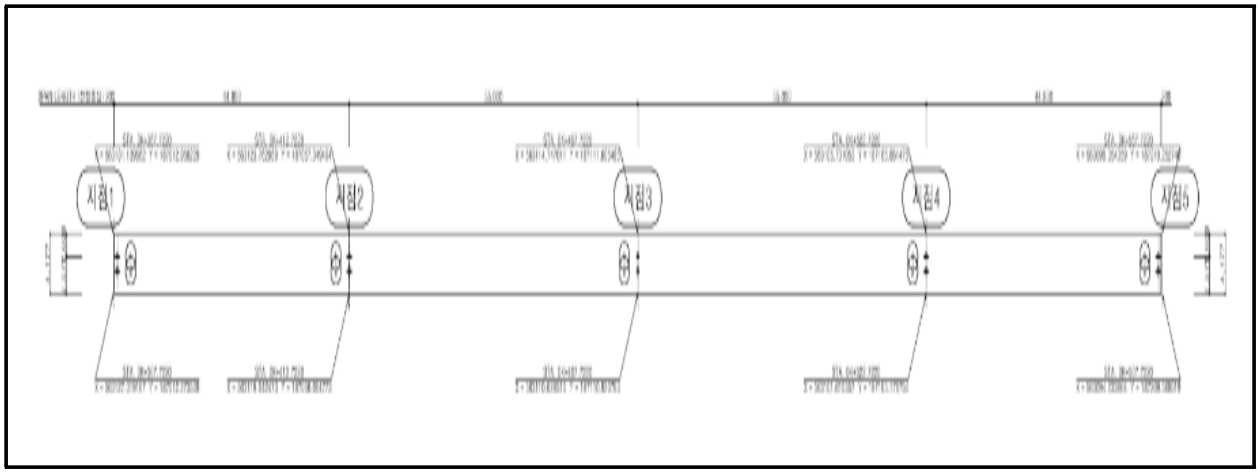
4) 검토의견

■ 교각의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부)의 받침은 포트받침으로 총 10기가 설치되어 있으며, 받침 장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 22.3.1】 교량받침 배치도



포트받침(일방향) 전경



포트받침(양방향) 전경



포트받침(고정) 전경

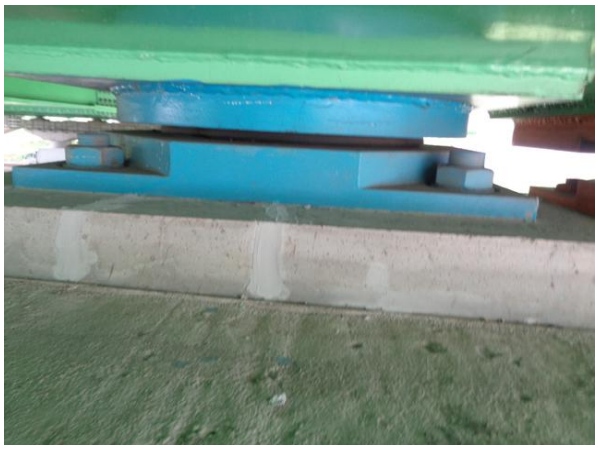
【사진 22.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 받침 몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만), 받침몰탈 파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 22.3.5】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침몰탈 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		받침몰탈 파손 (㎡/개소)	
A1	-	-	-	-
P1	-	-	-	-
P2	0.10	1	0.02	1
P3	-	-	-	-
A2	-	-	-	-
합계	0.10	1	0.02	1



교량받침 P2-Sh1 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)



교량받침 P2-Sh1 받침몰탈 파손(0.2×1.0)

【사진 22.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

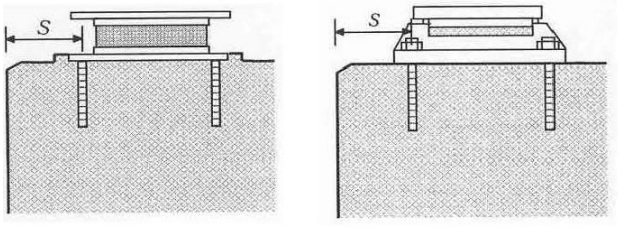
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교량받침에서 발생된 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만), 받침몰탈 파손은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 것으로 판단되며, 해당 부재의 내구성 확보차원의 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 또한 받침몰탈 파손의 경우 고정단에 발생한 손상으로 단면보수를 시행하고 지속적인 점검을 통하여 재손상 발생여부를 확인하는 등의 유지관리가 필요하다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 5.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 22.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=55.0m) : 200+5×55.0 = 475(㎜)
- 거더 경간길이(L=45.0m) : 200+5×45.0 = 425(㎜)

【표 22.3.6】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		425	445	450	O.K
P1	A1측	475	850	855	O.K
	A2측	475	860	860	O.K
P2	A1측	475	880	890	O.K
	A2측	475	885	890	O.K
P3	A1측	475	900	870	O.K
	A2측	475	890	890	O.K
A2		425	520	520	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 22.3.13】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 22.3.7】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	46.8	13.2	0.000012	100.0	56.2	15.8	
P1	46.8	13.2	0.000012	55.0	30.9	8.7	
P2	고정단						
P3	46.8	13.2	0.000012	55.0	30.9	8.7	
A2	46.8	13.2	0.000012	100.0	56.2	15.8	
1) 조사당시 온도 : 26.8℃(조사일 : 2022년 08월 22일, 평균온도, 고양시(기상청 자료 : 서울)) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 22.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	15(A1)	115	85	56.2	15.8	±100	OK
	SH2	15(A1)	115	85	56.2	15.8	±100	OK
P1	SH1	11(A1)	111	89	30.9	8.7	±100	OK
	SH2	11(A1)	111	89	30.9	8.7	±100	OK
P2	SH1,2	고정단						
P3	SH1	0	100	100	30.9	8.7	±100	OK
	SH2	0	100	100	30.9	8.7	±100	OK
A2	SH1	18(A2)	118	82	56.2	15.8	±100	OK
	SH2	18(A2)	118	82	56.2	15.8	±100	OK
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 강핑거조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

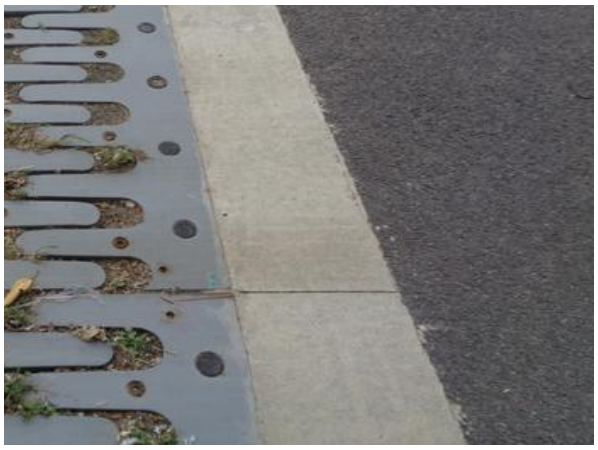
【사진 22.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 22.3.9】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1 (EXP J1)	-	-
A2 (EXP J2)	-	-
합계	-	-

	
신축이음 A1 본체 상태양호	신축이음 A1 후타재 상태양호
	
신축이음 A2 본체 상태양호	신축이음 A2 후타재 상태양호

【사진 22.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10-5, α(콘크리트): 1.0×10-5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 08. 22. 기온 적용: 26.8℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃-26.8℃ = 13.2℃
△T(수축시) : -20.0℃-(26.8℃) = 46.8℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>-10~+40</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>-10~+50</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>-5~+35</td><td>-15~+35</td><td>1.0×10-5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 22.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 22.3.10】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	46.8	13.2	0.000012	100.0	56.2	15.8	85.0	170.0	145.0	
A2	46.8	13.2	0.000012	100.0	56.2	15.8	85.0	200.0	65.0	
1) 조사당시 온도 : 26.8℃(조사일 : 2022년 08월 22일, 평균온도, 고양시(기상청 자료 : 서울)) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 22.3.11】 신축이음 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①-③)	최대 신장시 (③-②)	
A2	신축이음	56.2	15.8	85.0	200	58.8	69.2	O.K
	바닥판	56.2	15.8	170.0	-	-	154.2	O.K
	거더	56.2	15.8	145.0	-	-	129.2	O.K
A2	신축이음	56.2	15.8	85.0	200	58.8	69.2	O.K
	바닥판	56.2	15.8	200.0	-	-	184.2	O.K
	거더	56.2	15.8	65.0	-	-	49.2	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

【사진 22.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 22.3.12】 교면포장 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
합계	-	-

	
교면포장 S1 상태양호	교면포장 S2 상태양호
	
교면포장 S3 상태양호	교면포장 S4 상태양호

【사진 22.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 22.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 22.3.13】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수구 토사퇴적 (개소)	
S1	12.00	12
S2	17.00	17
S3	18.00	18
S4	17.00	17
합계	64.00	64

	
배수시설 S1 배수구 토사퇴적	배수시설 S2 배수구 토사퇴적
	
배수시설 S3 배수구 토사퇴적	배수시설 S4 배수관 상태양호

【사진 22.3.20】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수시설의 배수관은 현재 양호한 상태이나, 배수구에서 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 배수구 토사퇴적이 발생하였다. 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

	
방호벽 전경	방호벽 전경

【사진 22.3.21】 방호벽 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 해당 시설물의 방호벽 접속부에 접속부 파손의 손상이 확인되었다.

【표 22.3.14】 방호벽 현장조사 결과

구분	접속부 파손 (㎡/개소)	
S1	0.15	1
S2	-	-
S3	-	-
S4	0.15	1
합계	0.30	2

	
방호벽 S1 접속부 파손(0.1×1.5)	방호벽 S4 접속부 파손(0.1×1.5)
	
방호벽 S2 상태양호	방호벽 S3 상태양호

【사진 22.3.22】 방호벽 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽의 현장조사 결과, 발생한 접속부 파손은 시공초기 지반안정기간에 발생한 초기 침하가 원인으로 판단되며, 손상부에 대한 단면보수 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요하다고 사료된다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 본 교량은 A1,2 콘크리트 점검계단, P1~3에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.

	
점검시설 전경	점검시설 전경

【사진 22.3.23】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 및 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 22.3.15】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
점검시설 상태양호	점검시설 상태양호

【사진 22.3.24】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

카. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

22.3.3 현장조사 총괄표

【표 22.3.16】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	
거더	거더외부	상태양호	-	-	-	
	거더내부	상태양호	-	-	-	
교대		상태양호	-	-	-	
교각		상태양호	-	-	-	
교량받침		받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	0.10	1	
		받침몰탈 파손	㎡	0.02	1	
신축이음		상태양호	-	-	-	
교면포장		상태양호	-	-	-	
배수시설		배수구 토사퇴적	EA	64.00	64	
방호벽		접속부 파손	㎡	0.30	2	
점검시설		상태양호	-	-	-	

22.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

22.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

22.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 22.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	4	4	4	4	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

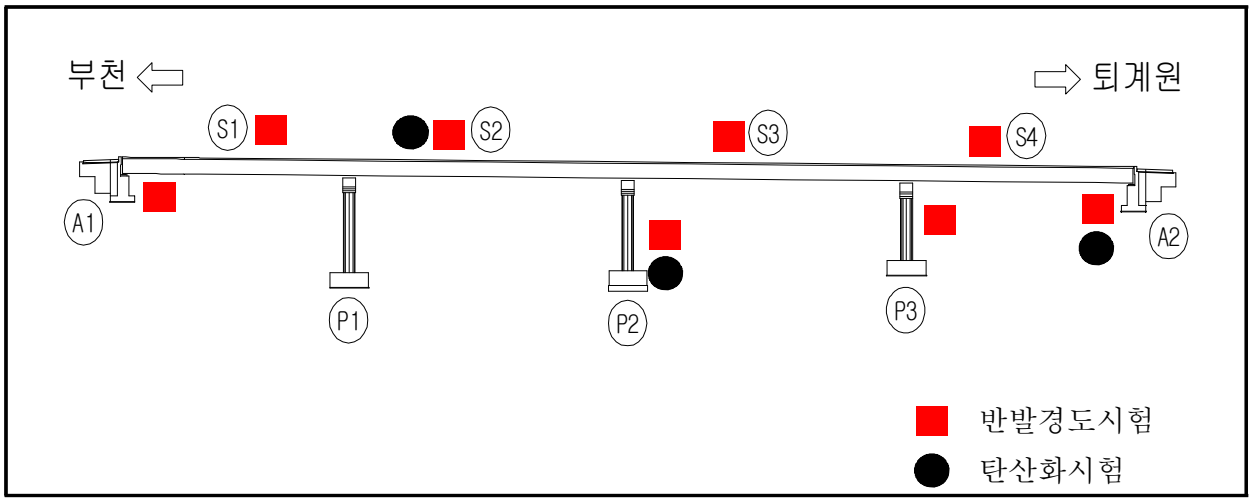
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

	
반발경도 시험 현황	반발경도 시험 현황
	
탄산화깊이 측정 현황	탄산화깊이 측정 현황

【사진 22.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 22.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

22.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 8개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 22.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	45.9	27.0	28.6	0.67	27.0	
	S2	바닥판	46.0	27.1	28.6			
	S3	바닥판	46.6	27.6	28.9			
	S4	바닥판	46.0	27.1	28.6			

【표 22.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	교대	42.7	24.3	27.0	0.67	24.0	
	A2	교대	45.7	26.8	28.5			

【표 22.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
하부구조	P2	교각	48.3	40.7	48.5	0.67	40.0	
	P3	교각	48.0	40.4	48.0			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~28.9㎫, 하부구조(교대) 24.3~28.5㎫, 하부구조(교각) 40.4~48.5㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 22.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.0 ~ 28.9	27.0	100.1 ~ 107.1
하부구조	교대	24.3 ~ 28.5	24.0	101.1 ~ 118.6
	교각	40.4 ~ 48.5	40.0	101.1 ~ 121.2

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 22.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S2 바닥판 하면	1.00	40.00	39.00	0.71	100년이상	a
하부구조	A2 교대	0.50	100.00	99.50	0.35	100년이상	a
	P2 교대	1.00	100.00	99.00	0.71	100년이상	a

탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화 깊이는 1.0㎜, 하부구조 탄산화 깊이는 0.5~1.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 22.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.0	39.0	
하부구조	0.5~1.0	99.0~99.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 22.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.3~28.5	24.0	
		교각	40.4~48.5	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		99.0~99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

22.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 현장조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

22.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급'으로 산정되었다.

【표 22.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	a	a	q	a	c	c	a	a	a	q	-	-
S2	P1	STB	a	a	q	a	c	a	-	a	a	q	a	-
S3	P2	STB	a	a	q	a	c	a	-	c	a	q	-	a
S4	P3	STB	a	a	q	a	c	c	-	a	a	q	-	-
	A2								a	a	a	q	-	a
평균			0.100	0.100	-	0.100	0.400	0.250	0.100	0.160	0.100	-	0.100	0.100
가중치			18	25	-	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.025	-	0.007	0.012	0.005	0.009	0.014	0.020	-	0.004	0.003
													0.117	
													A	

■ 결함도 범위 : 0.100 ≤ 결함도지수(0.117) < 0.130

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 22.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
원당천(R-A)교 (퇴계원방향 확장부)	0.117	A	200	1	200	1.000	0.117
합계(Σ)			200	1	200	1.000	0.117
1. 평가지수 =							0.117
2. 상태평가결과 =							A

22.5.2 기 점검 결과와의 비교

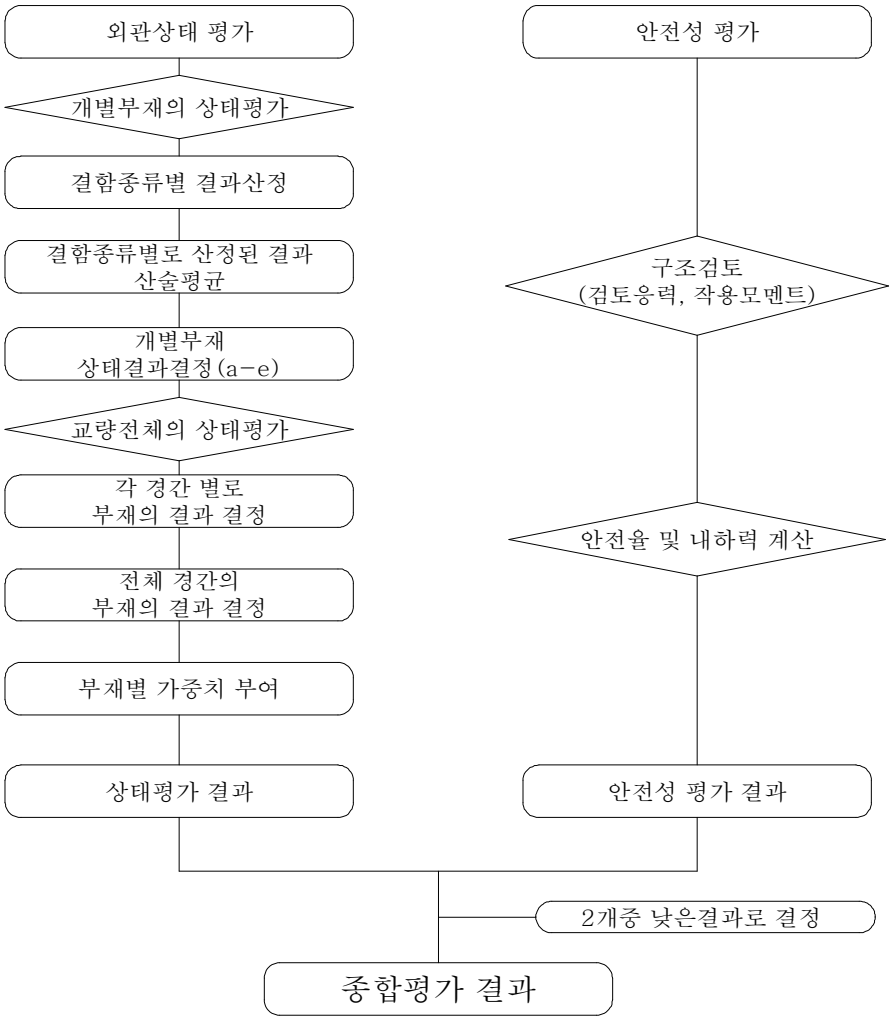
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

22.6 종합평가 및 안전등급 지정

22.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 22.6.1】 종합평가 결과 산정절차

22.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “A” 로 평가되었다.

【표 22.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
원당천(R-A)교 (퇴계원방향 확장부)	0.117	A	-	-	A
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 문제점이 없는 최상의 상태인 “A” 로 평가됨 •종합평가 결과, “A” 로 평가됨				

22.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『문제점이 없는 최상의 상태』인 **“A등급”** 으로 지정하였다.

【표 22.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

22.7 보수·보강 및 유지관리방안

22.7.1 보수·보강 방안

【표 22.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	-	-
거더	거더외부	상태양호	-	-	-	-	-
	거더내부	상태양호	-	-	-	-	-
교대		상태양호	-	-	-	-	-
교각		상태양호	-	-	-	-	-
교량받침		받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	0.10	1	표면처리	하자
		받침몰탈 파손	㎡	0.02	1	단면보수	하자
신축이음		상태양호	-	-	-	-	-
교면포장		상태양호	-	-	-	-	-
배수시설		배수구 토사퇴적	EA	64.00	64	정비	하자
방호벽		접속부 파손	㎡	0.30	2	단면보수	하자
점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

22.7.2 개략공사비

【표 22.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교량받침	받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.10	0.04	㎡	-	-	하자
	받침몰탈 파손	단면보수	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
배수시설	배수구 토사퇴적	정비	64.00	64.00	EA	-	-	하자
방호벽	접속부 파손	단면보수	0.30	0.45	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

22.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

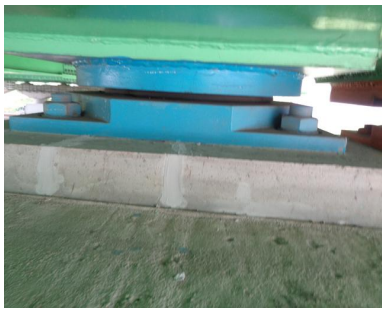
【표 22.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상



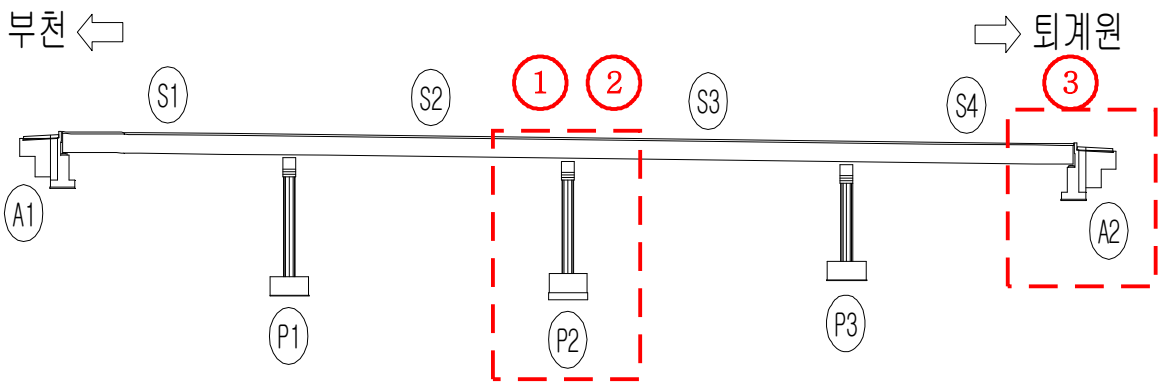
① 교량받침 P2-SH1 받침몰탈 파손 - 진전 여부확인



② 교량받침 P2-SH1 받침몰탈 균열(0.3㎜ 미만) - 진전 여부확인



③ 방호벽 S4 접속부 파손 - 진전 여부확인



22.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 원당동 249-9에 위치한 교량으로 총 연장 200.0m, 폭 4.1m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

22.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 교대

- 교대의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교각

- 교각의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교량받침

- 교량받침에서 발생된 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만), 받침몰탈 파손은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 것으로 판단되며, 해당 부재의 내구성 확보차원의 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 또한 받침몰탈 파손의 경우 고정단에 발생한 손상으로 단면보수를 시행하고 지속적인 점검을 통하여 재손상 발생여부를 확인하는 등의 유지관리가 필요하다.

- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

6) 신축이음장치

- 신축이음의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 교면포장의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

8) 배수시설

- 배수시설의 배수관은 현재 양호한 상태이나, 배수구에서 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 배수구 토사퇴적이 발생하였다. 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

- 방호벽의 현장조사 결과, 발생한 접속부 파손은 시공초기 지반안정기간에 발생한 초기 침하가 원인으로 판단되며, 손상부에 대한 단면보수 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요하다고 사료된다.

10) 교량 점검시설

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

11) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~28.9㎫, 하부구조(교대) 24.3~28.5㎫, 하부구조(교각) 40.4~48.5㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화 깊이는 1.0㎜, 하부구조 탄산화 깊이는 0.5~1.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부)의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.117, 상태평가 점수는 “A”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 원당천(R-A)교(퇴계원방향 확장부)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

22.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

22.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

23. 원당천(R-C)교
(부천방향 확장부)

23.1 시설물 개요
23.2 자료수집 및 분석
23.3 현장조사
23.4 콘크리트 내구성조사
23.5 상태평가
23.6 종합평가 및 안전등급 지정
23.7 보수·보강 및 유지관리 방안
23.8 종합결론

23. 원당천(R-C)교(부천방향 확장부)

23.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 원당동 277-11에 위치한 교량으로 총 연장 200.0m, 폭 11.2m로 시공되어 있다.

23.1.1 일반사항

【표 23.1.1】 원당천(R-C)교(부천방향 확장부) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000115	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 원당동 277-11	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		-	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=200.0m(2@55+2@45=200.0m)			
	폭	B=11.2m			
구조 형식	상부	Steel Box	기초 형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형 교각: T형		교 각	강관말뚝기초
교량받침		포트받침	신축이음		핑거조인트
교차시설물		효릉천도로	통과높이		5.7m
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		지에스건설㈜	관리주체		㈜다산컨설턴트
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체		서울문산고속도로주식회사



측면 전경



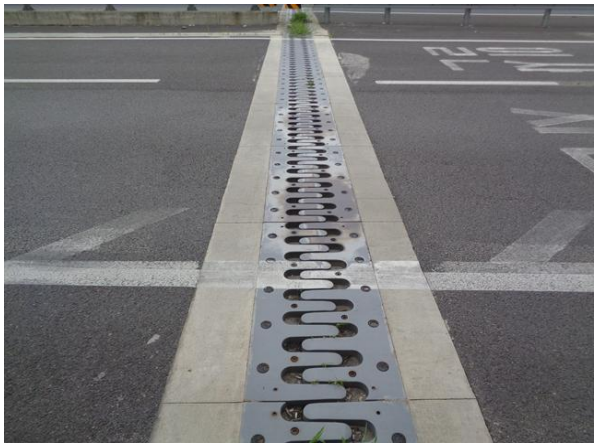
상부 전경

23.1.2 위치도 및 전경사진



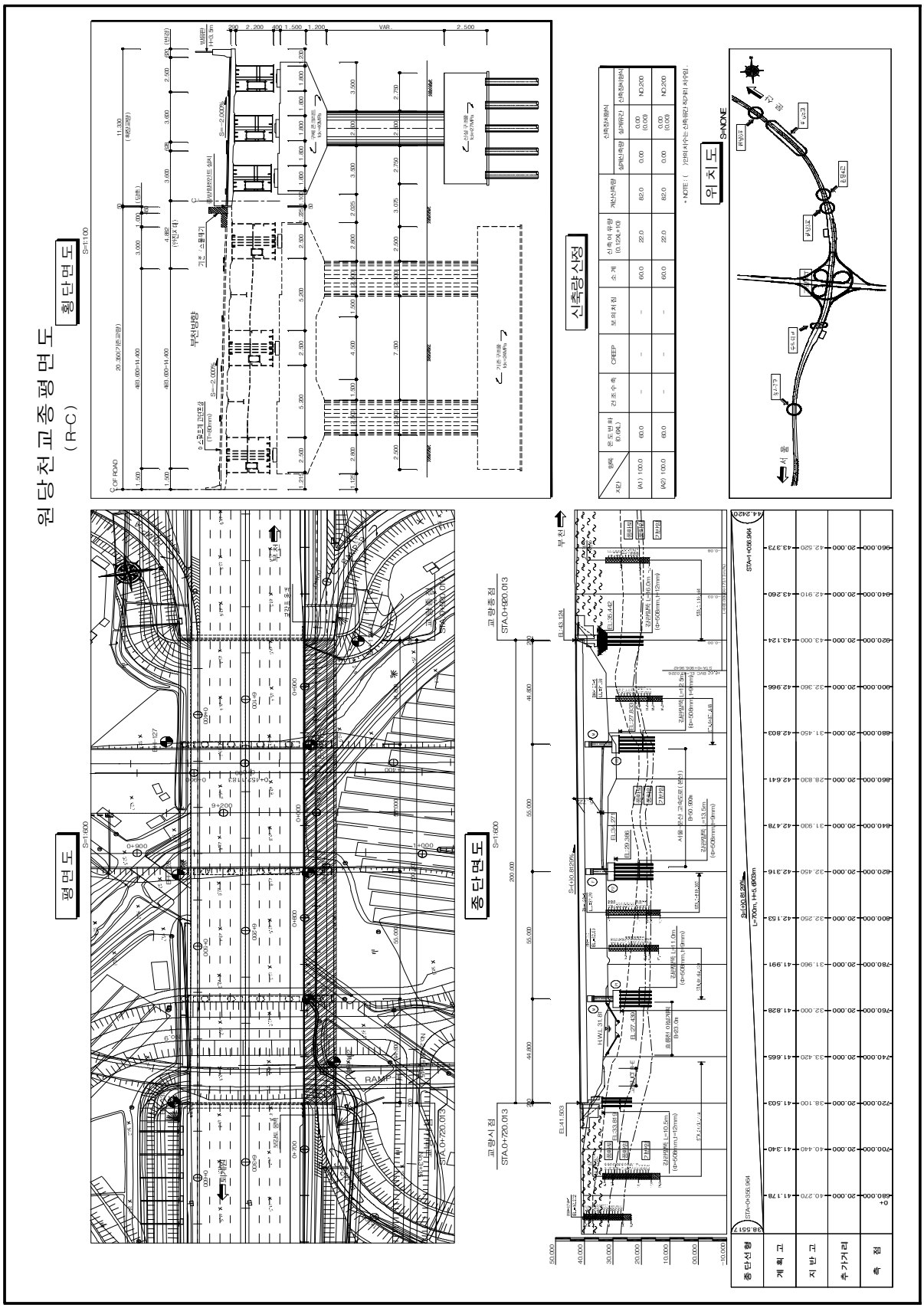
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~4	고소차, 사다리	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 23.1.1】 위치도

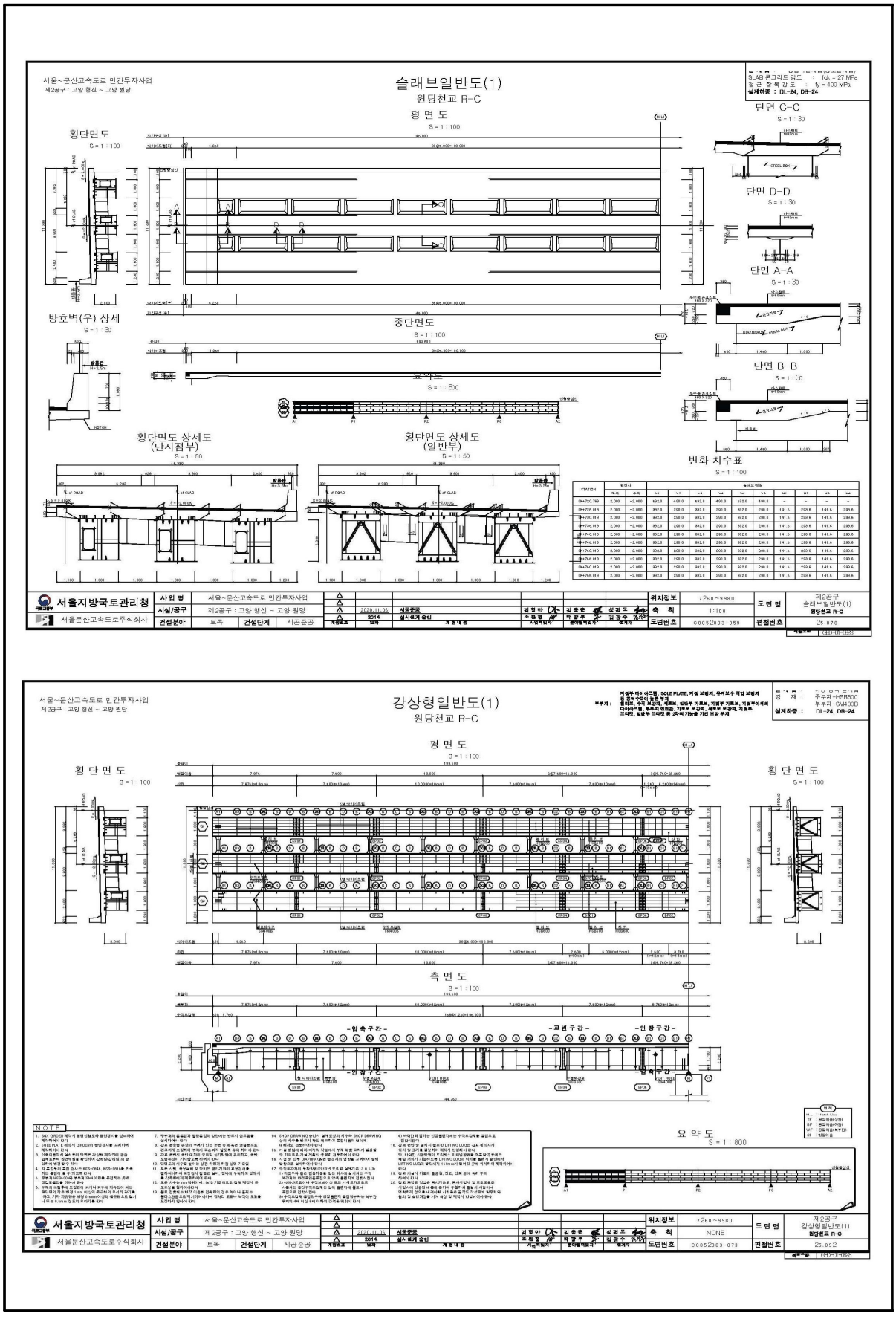
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 23.1.2】 부재별 현황

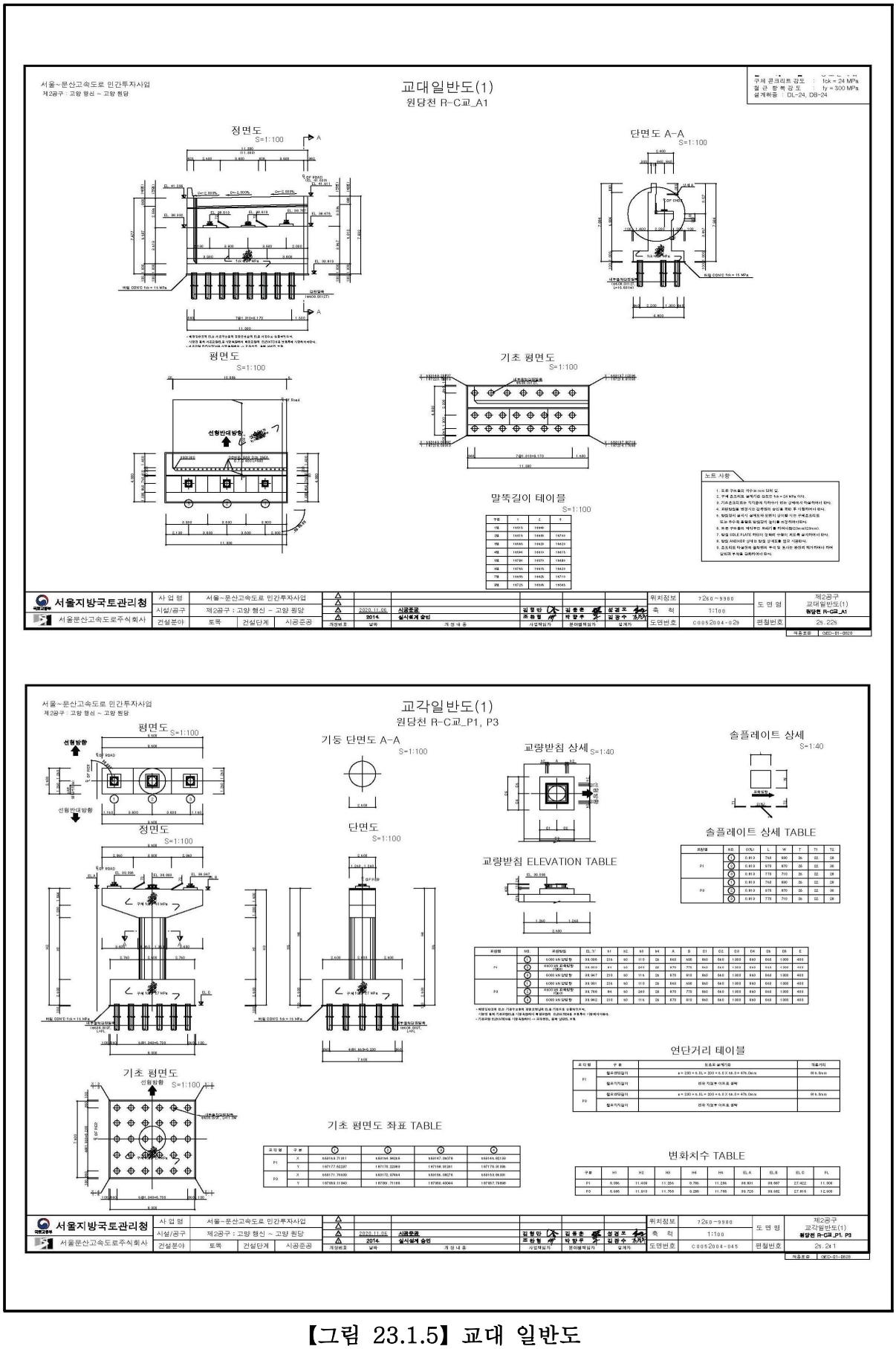
23.1.3 시설물 일반도



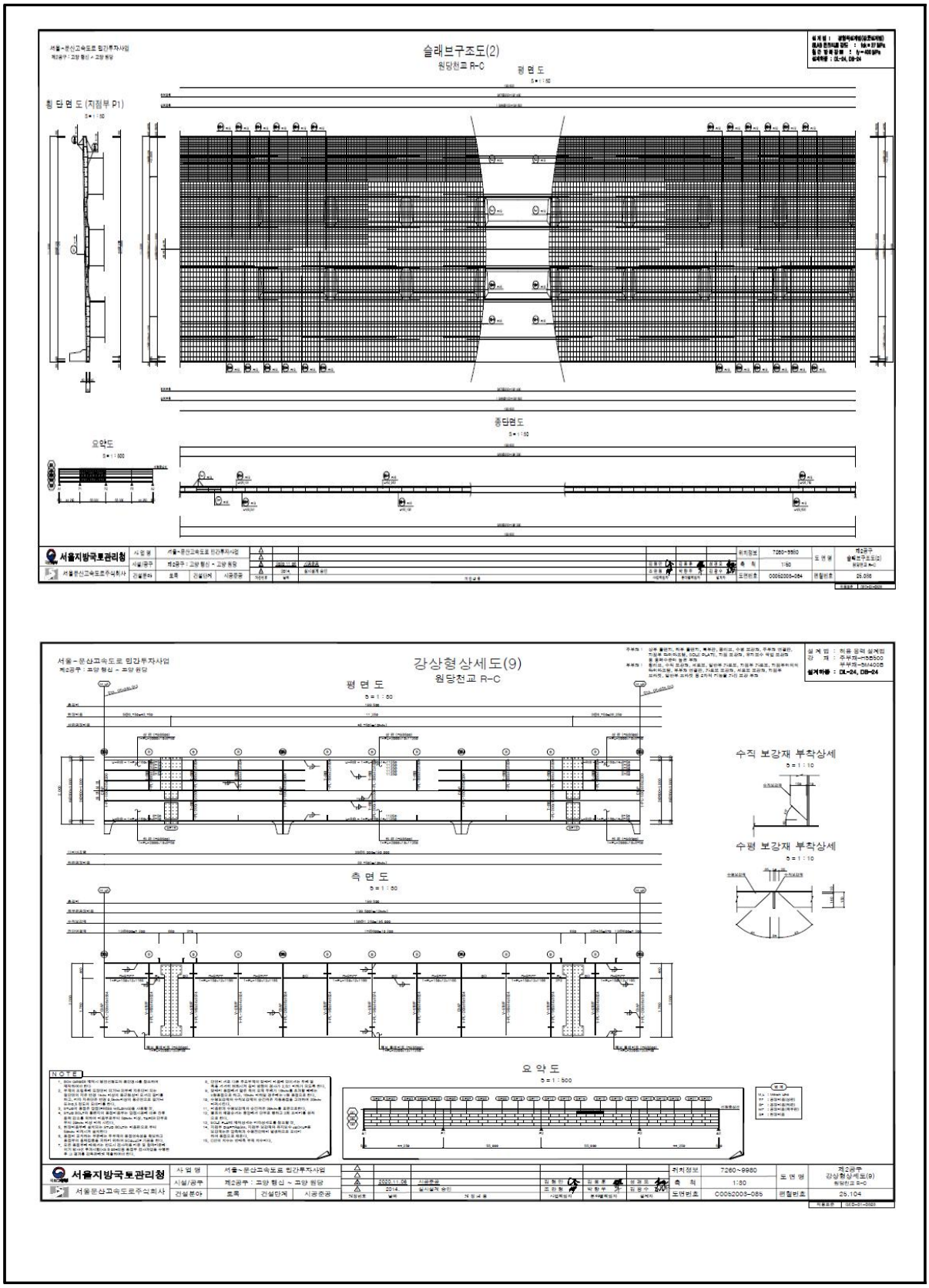
【그림 23.1.3】 평면 및 종단면도



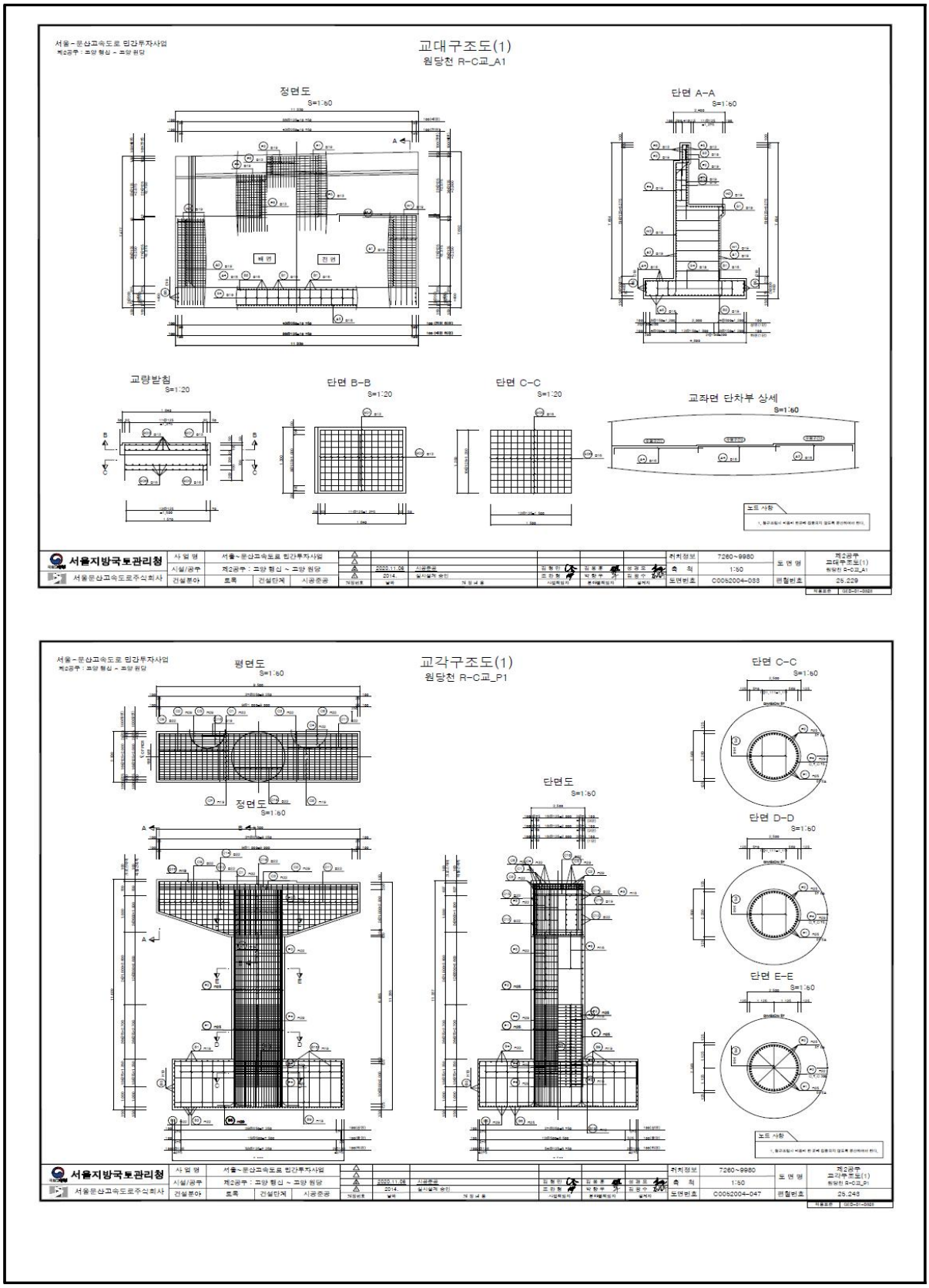
【그림 23.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도



【그림 23.1.5】 교대 일반도



【그림 23.1.6】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도



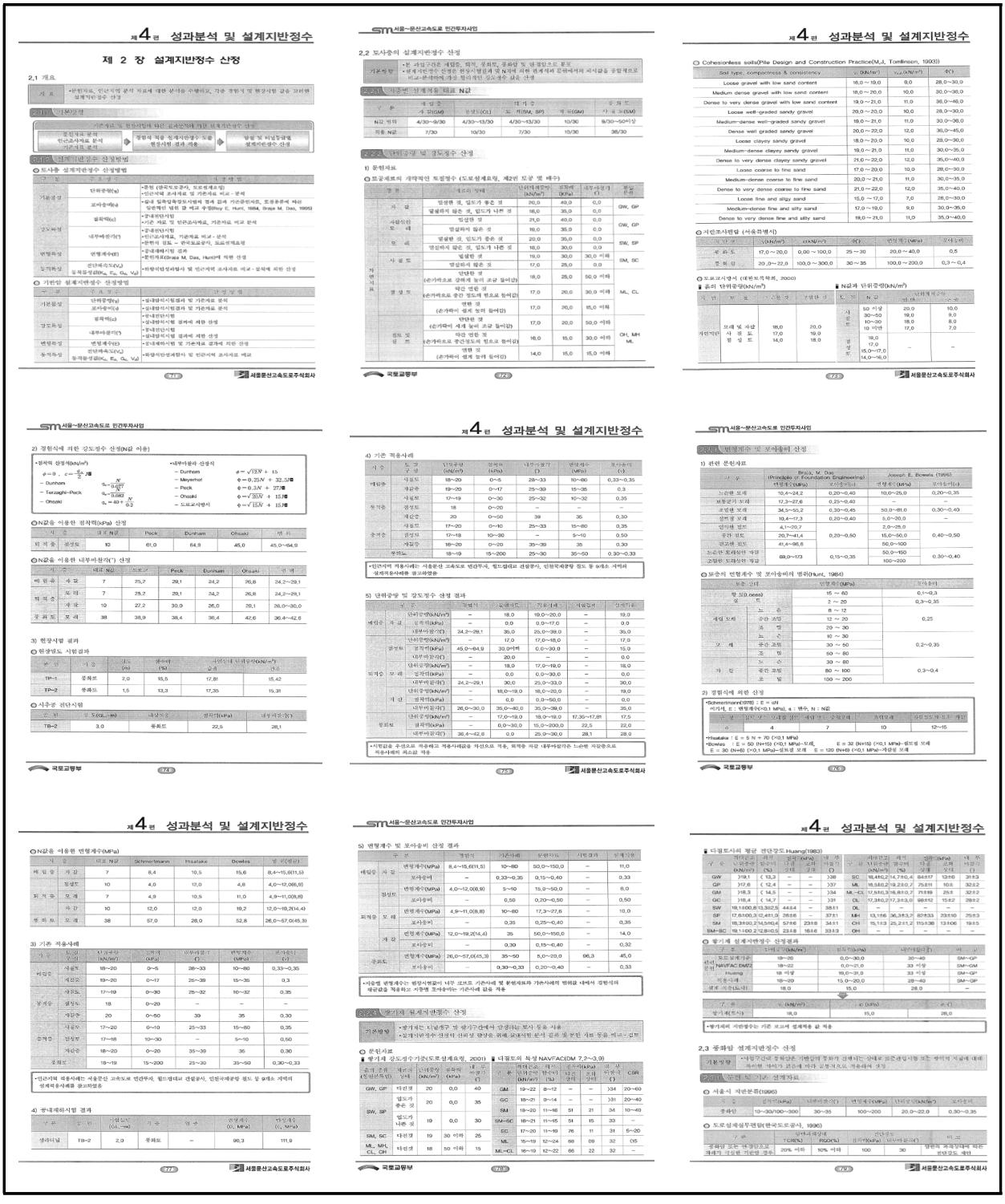
【그림 23.1.7】 교대 및 교각 구조도

23.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

23.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	-
	2001	20	30	35	-
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범위		19.5~21	10~30	30~36	-

○ 기존 적용사례

구분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0,30~0,31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공번	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31,1	31,4	156,1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	-	19,5~22,0	20,0~22,0	-	20,0
포아송비(ν)	-	0,20~0,45	0,30~0,31	-	0,30

○ 전단강도 및 변형계수

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	-	10,0~300	20~50	31,1	30,0
내부마찰각(°)	〉39,5	30,0~36,0	30~33	31,4	31,0
변형계수(MPa)	-	200	50,0~350,0	156,1	150,0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 선정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○ 도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암석종류(강도)	암반파쇄상태 (NX 규격 시추조사시)		암반의 강도정수	
	T.C.R(%)	R.Q.D(%)	φ(°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~30%	10~25%	33°	130
	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○ 서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반별	단위중량 γ_t (kN/m³)	내부마찰각 φ(°)	변형계수 E_s (MPa)	포아송비 ν
연암	23~25	30~40	200~400	0,25~0,30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0,25
경암	25~27	35~45	1,000~4,000	0,20

2) 기존 적용사례

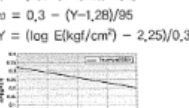
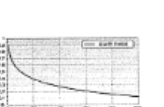
구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	I등급	27	4,200	44~45	18,000	0,21
	II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0,22
	III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0,24
	IV등급	24	800~900	34	1,000	0,25
	V등급	23	400	33	500	0,26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

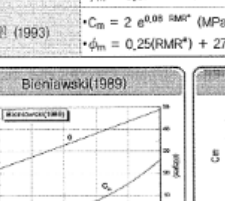
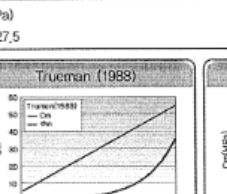
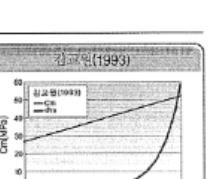
○ 제안자별 경험식

■ 단위중량 및 포아송비

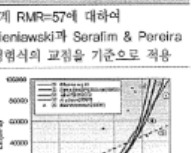
구분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산정식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y-1.28)/14.3] × 10 υ = 0.3 - (Y-1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) - 2.25)/0.35 	υ = -0.17 Ln(RMR')+0.9 

■ 점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	관계경험식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346\times10^{-5}RMR^2$ •$\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031\ RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0.25\ e^{0.05\ RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2\ e^{0.08\ RMR^*}$ (MPa) •$\phi_m = 0.25(RMR^*) + 27.5$

Bieniawski(1989)

Trueman (1988)

김교원(1993)


■ 변형계수

변형계수 경험식	관계경험식	적용내용
•Bieniawski (1978)	$E_m = 2RMR-100$(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\ e^{0.07RMR^*}$(GPa) − RMR* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\ RMR^{3.54}$(MPa)	
•Mohammad (1997)	$E_m = 0.562\ RMR + 0.183$ (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

■ 단위중량 및 포아송비

구분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	단위중량(kN/m³) 김교원 (1993)	포아송비(ν) Tsuchiya (1984)	포아송비(ν) 김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	26,3	-	0,21	0,15
	II등급	64	25,5	-	0,22	0,19
	III등급	53	24,8	-	0,23	0,22
	IV등급	36	23,8	-	0,24	0,29
	V등급	10	22,1	-	0,27	0,49

■ 점착력 및 내부마찰각

구분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	V등급	10	26	412	48	7	10	30

■ 변형계수

구분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Saratim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,800	13,100	12,300
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	-

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구분	공번	시험심도 (GL.-m)	지층	암종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11,0	연암	화강암질 편마암	IV	980,3	1,166,2
	TB-3	17,0	연암	화강암질 편마암	IV	598,9	908,3

○ 실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	탄성파속도(m/s) S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16,3~16,4	연암	IV	26,65	2,832	1,511	47,10	50,759	0,19
	TB-1	23,2~23,4	경암	III	27,32	3,215	1,802	42,24	53,119	0,21
	TB-2	13,1~13,3	경암	III	27,44	3,012	1,495	73,50	70,884	0,18
	TB-3	21,6~21,8	경암	III	28,93	3,067	1,732	73,46	68,416	0,18
	TB-4	20,9~21,1	경암	III	27,08	3,831	1,855	100,39	79,951	0,16
	TB-5	18,8~19,0	경암	III	27,08	2,724	1,256	69,82	63,800	0,19
	TB-6	8,8~9,0	연암	IV	26,90	2,688	1,305	97,85	82,344	0,16
	TB-7	21,2~21,4	경암	III	27,14	3,412	1,631	57,39	52,647	0,21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구분	지층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적용	포아송비(ν) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	27	26,3	-	27,0	0,21	0,15~0,21	-	0,21
	II등급	26	25,5	-	26,0	0,22	0,19~0,22	-	0,22
	III등급	25	24,8	26,65~26,90	25,0	0,24	0,22~0,23	0,16~0,19	0,24
	IV등급	24	23,8	27,08~28,93	24,0	0,25	0,24~0,29	0,16~0,21	0,25
	V등급	23	22,1	-	23,0	0,26	0,27~0,49	-	0,26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구분	지층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구분	지층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	-	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	-	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	-	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	-	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암석명	기본마찰각(ϕ_b)	암석명	기본마찰각(ϕ_b)
각섬암	32	화강암 (조립질)	31~35
현무암	31~38	석회암	33~40
역암	35	반암	31
백악	30	사암	25~35
백운암	27~31	셰일	27
편마암 (편암질)	23~29	미사암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점판암	25~30

주) 좌측 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암석명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비고
점착력이 없는 물질	발파/파쇄암석	현무암	40,0 ~ 50,0	-	-
		백악	30,0 ~ 40,0		
		화강암	45,0 ~ 50,0		
		석회암	35,0 ~ 40,0		
		사암	35,0 ~ 45,0		
		셰일	30,0 ~ 35,0		
점착력이 있는 물질	암석	견고한 화성암	35,0 ~ 45,0	35,7 ~ 56,1	(화강암, 현무암, 반암)
		변성암	30,0 ~ 40,0	20,4 ~ 40,8	(규암, 편마암, 점판암)
		견고한 퇴적암	35,0 ~ 45,0	10,2 ~ 30,6	(석회암, 백운석, 사암)
		연약한 퇴적암	25,0 ~ 35,0	1,0 ~ 20,4	(사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암석명	설명	최대강도 c'(kPa)	최대강도 φ(°)	잔류강도 c'(kPa)	잔류강도 φ(°)	시험자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240,0	42,0	-	-	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15,0 90,0~120,0 60,0~100,0	7,5 12,0~17,0 9,0~13,0	-	-	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0,0~270,0	8,5~29,0	30,0	8,5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0,0~180,0	12,0~18,5	0,0~3,0	10,5~16,0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60,0	32,0	-	-	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	-	-	0,0	19,0~25,0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
혈탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1,0~2,5cm	11,0~13,0	16,0	0,0	11,0~11,5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41,0	14,5	22,0	17,0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화상섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0,0	26,5	-	-	Brawner[116]
화강암/편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 악화된 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0,0~100,0 50,0~242,0	24,0~25,0 40,0~42,0	-	-	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	-	-	0,0	21,0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100,0 50,0~200,0	13,0~14,0 17,0~21,0	0,0	13,0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80,0 100,0	38,0 10,0	-	-	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0,0	25,0	0,0	15,0~24,0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14,0~30,0	15,0~17,5	-	-	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360,0 16,0~20,0	14,0 7,5~11,5	80,0	11,0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30,0~80,0 610,0~740,0 380,0	32,0 41,0 31,0	-	-	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50,0	33,0	-	-	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42,0~90,0	36,0~38,0	-	-	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구분	현무암	역암	편마암	화강암	사암	셰일
마찰각(°)	31,0 ~ 38,0	35,0	23,0 ~ 29,0	29,0 ~ 35,0	25,0 ~ 35,0	27,0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C, Wyllie, 1992)

구분	암종	내부마찰각(°)	비고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20,0 ~ 27,0	-
Medium-friction Rocks	27,0 ~ 34,0	-	-
사암, 역암, 편마암, 슬레이트	-	-	-

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구분	공번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상라터널	TB-3	22,9~23,3	132,0	47,0	44,0	39,1	18~20	92,0	2,824	4,151
	TB-5	14,6~15,0	96,0	59,0	40,3	34,7	14~16	84,0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암종	점착력(kPa) 기존문헌	점착력(kPa) 실내시험	점착력(kPa) 설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	내부마찰각(°) 실내시험	내부마찰각(°) 설계적용
편마암	-	47,0~59,0	47,0	-	34,7~39,1	34,0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음
•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76\times N^{0.33}$ • Imai(1982) $V_s = 97.0\times N^{0.314}$
•Okamoto(1989) $V_s = 125\times N^{0.3}$ • Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84\times N^{0.31}$
− 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$
− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$
− 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1-2\nu_d)$ 여기서, $\rho=\gamma_t/g$, γ_t=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구분		하향식탄성파 V_p(m/s)	하향식탄성파 V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비고
매립층		-	-	144,4~224,1	180	-
퇴적층	점토	-	-	162,5~249,4	200	-
	모래	-	-	144,4~224,1	170	-
	자갈	-	-	162,5~249,4	190	-
풍화토		919~984	375~408	252,4~372,3	392	-
풍화암		1,103~1,185	511~577	276,4~404,2	544	-
연암		1,786~1,881	927~980	-	954	4등급
경암		2,168~2,323	1,192~1,277	-	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0,33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0,40
	모래	480	170	52	140	156	0,35
	자갈	514	190	69	181	168	0,32
풍화토		952	392	268	713	699	0,33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0,30
연암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0,26
경암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0,24

분석결과	•내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용



제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-5}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-5}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
	일반	
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
	일반	
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
	일반	
균열 간격이 없을때	불투수성	1.0×10^{-9} 이상
	일반	

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

89 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
매립층	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
퇴적층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

2.7.3 물안속체 설계지반정수

암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	v_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부 90

나. 지반 및 지질 조사보고서

제3편 지반조사 결과

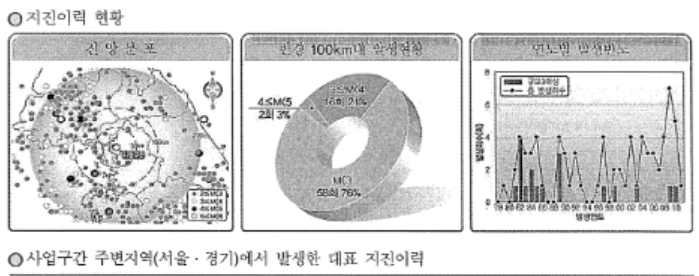
제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

○지진이력 현황



○사업구간 주변지역(서울 · 경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

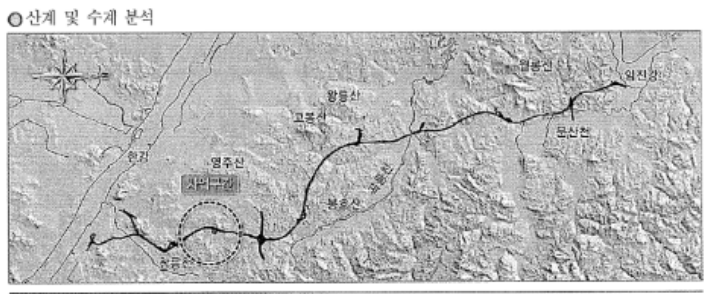
33 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

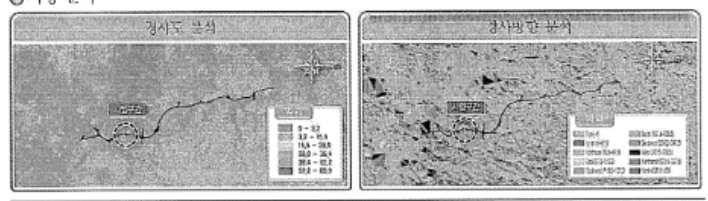
기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석



산계	•사업노선이 통과하는 지역은 영주산–고봉산–왕봉산–월봉산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월봉산등 비교적 고산능 발달
수계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 저산성의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 저산~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석



경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

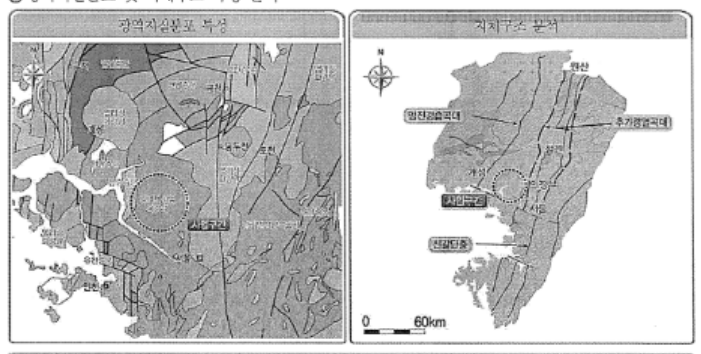
분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부 34

제3편 지반조사 결과

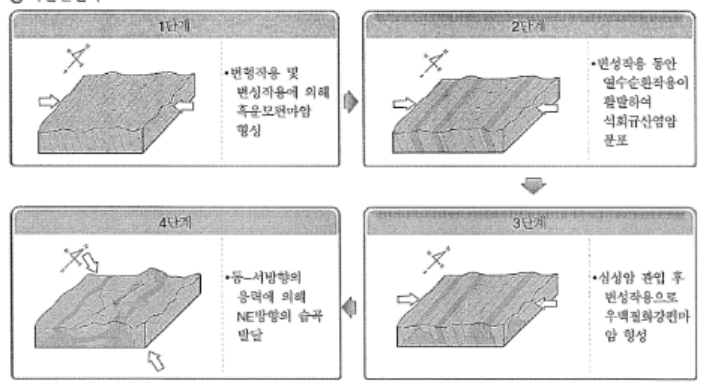
1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석



•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
•사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사



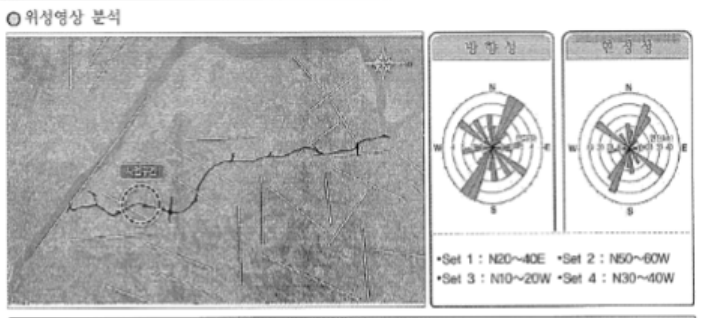
35 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

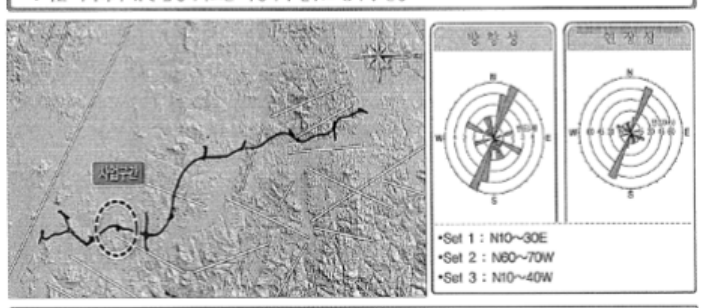
○위성영상 분석



분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

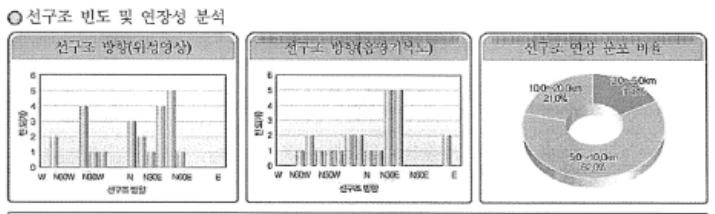


분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부 36

제3편 지반조사 결과

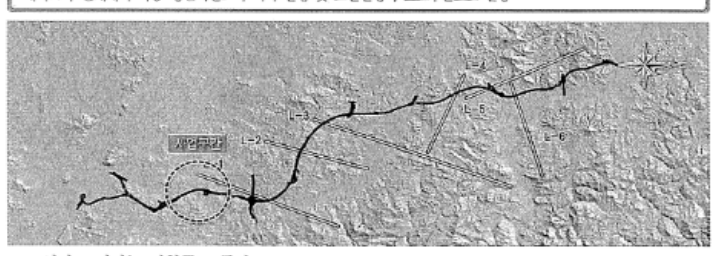
○선구조 빈도 및 연장성 분석



분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용



○노선과 교차하는 선형구조 특성

구분	교차위치(STA)	방향	교차각(°)	해당 구조물	비고
L－1	6+300	N20E	12	깎기부	
L－2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L－3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L－4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L－5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L－6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 관측되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

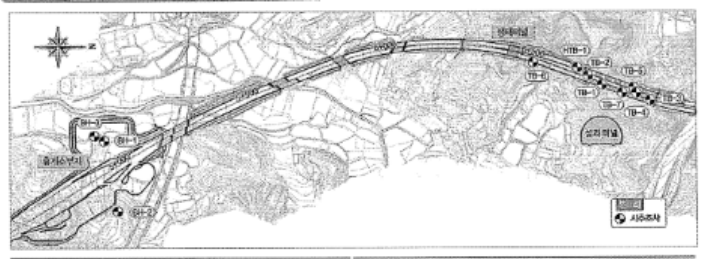
37 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

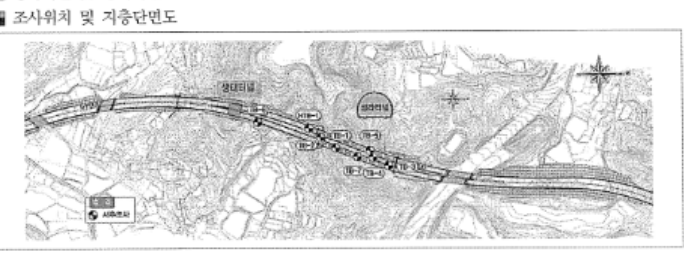


구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고(EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고(EL.m)
성라터널	TB-1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB-1	560,680.36	186,507.74	52.5
성라터널	TB-2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB-6	560,530.00	186,488.00	47.1
성라터널	TB-3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소부지	BH-1	559070.96	186753.06	16.4
성라터널	TB-4	560,874.57	186,593.93	73.5	휴게소부지	BH-2	559115.20	186992.49	23.8
성라터널	TB-5	560,867.00	186,574.00	67.0	휴게소부지	BH-3	559038.13	186737.77	16.3
성라터널	TB-7	560,829.00	186,592.00	76.0		–	–	–	–

2.1.2 지층분포 현황

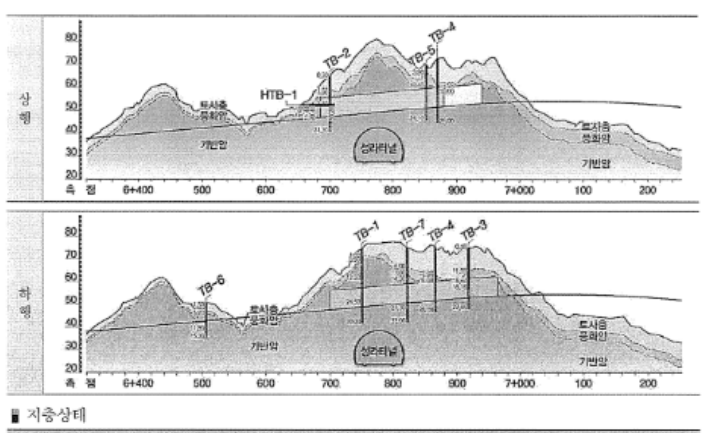
○성라터널 및 생태터널

▮ 조사위치 및 지층단면도



국토교통부 38

제3편 지반조사 결과



▮ 지층상태

구분	출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

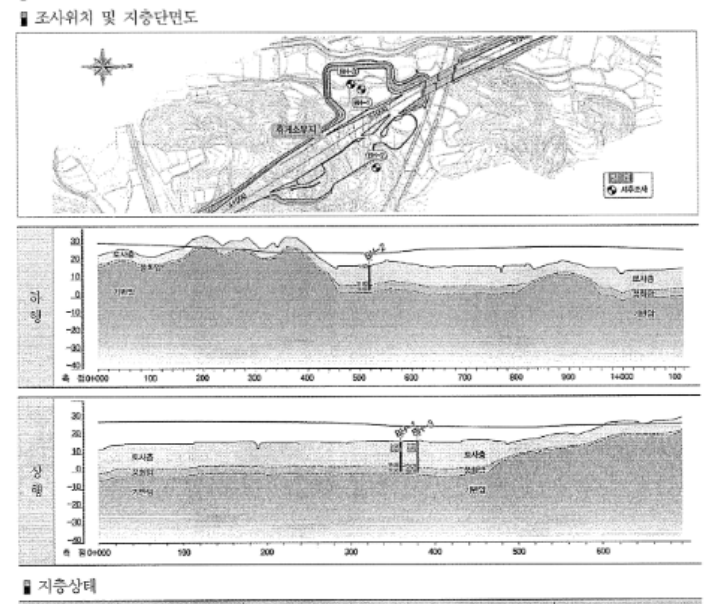
구분	지층개요
붕적층	•TB-2, TB-3, TB-6, HTB-1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB-5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▮ 조사위치 및 지층단면도



▮ 지층상태

구분		출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
붕적층	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
퇴적층	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
퇴적층	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부 40

제3편 지반조사 결과

구분		지층개요
매립층	모래	•BH-1, BH-3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH-1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
붕적층	모래	•BH-2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
퇴적층	모래	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
퇴적층	자갈	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포. • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구분	공번	심도(GL. –m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP-1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
성라터널	TP-1	0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
성라터널	TP-2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
성라터널	TP-2	0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41 서울문산고속도로주식회사

◎ 현장밀도시험 결과

구 분	공 번	심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
성라터널	TP-1	2.0	풍화토	17.81	15.42	14.18	12.28	1.256
	TP-2	1.5	풍화토	17.35	15.31	13.62	12.02	1.274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17.35~17.81kN/m³, 건조단위중량 : 15.31~15.42kN/m³ •L값 : 1.256~1.274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

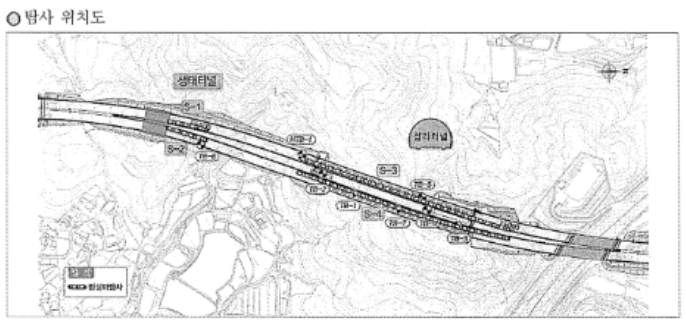
구 분	지 층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	-
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토사구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

제 3 장 물리탐사

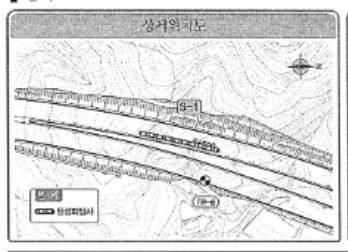
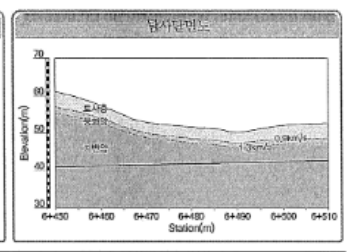
3.1 굴절법탄성파탐사

◎ 탐사 위치도



◎ 탐사 결과

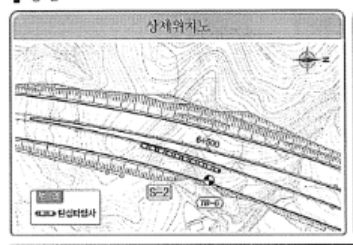
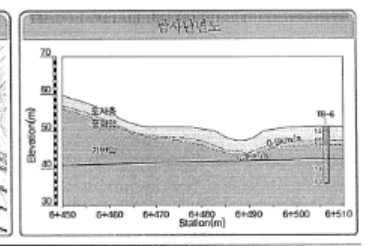
▮ S-1

구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL.-4.71 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 풍화암층의 두께는 1.13~1.68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.03~5.61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 풍화암층의 평균 두께는 1.36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.71m로 분석되었음

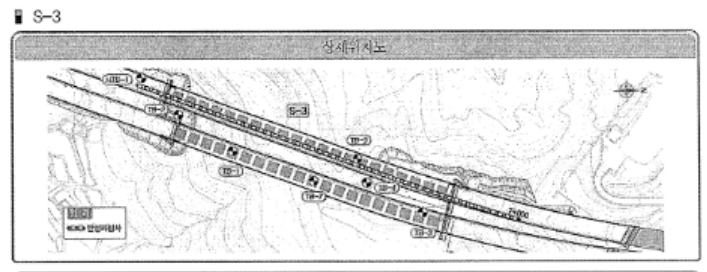
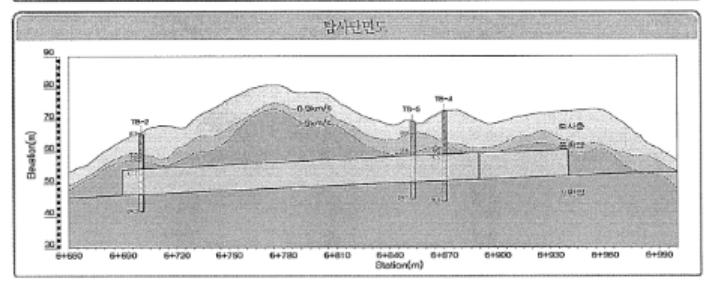
▮ S-2

구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.16	0.92	GL.-4.09 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.29~4.03m, 풍화암층의 두께는 0.52~1.20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2.81~5.21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3.16m, 풍화암층의 평균 두께는 0.92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.09m로 분석되었음

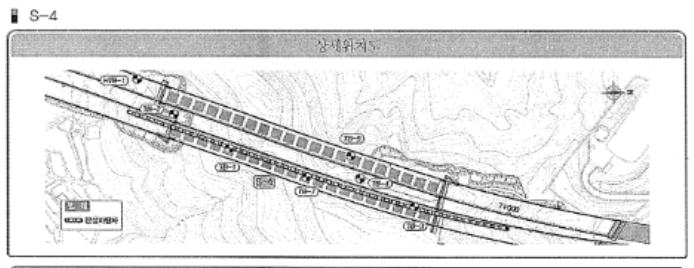
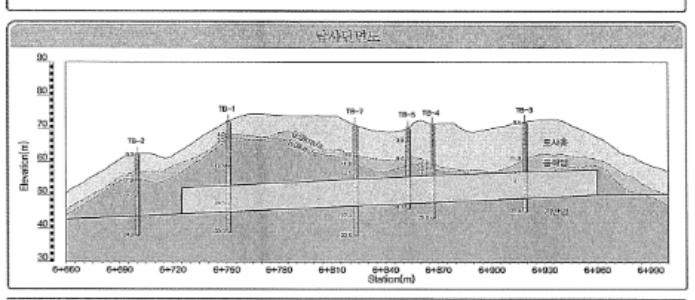
▮ S-3

구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6.67	2.93	GL.-9.60 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.78~10.86m, 풍화암층의 두께는 0.95~5.92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.45~13.60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6.67m, 풍화암층의 평균 두께는 2.93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9.60m로 분석되었음

▮ S-4

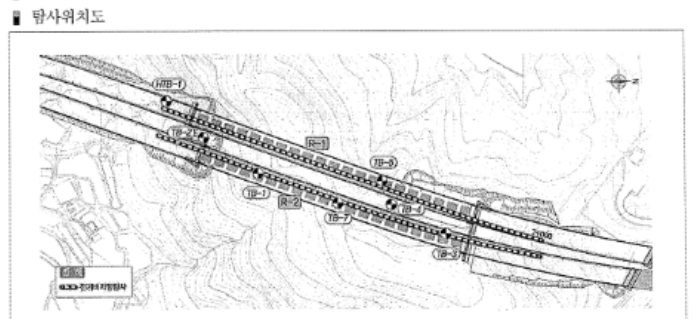
구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7.80	2.32	GL.-10.11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.98~13.49m, 풍화암층의 두께는 0.61~5.28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5.64~15.54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7.80m, 풍화암층의 평균 두께는 2.32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10.11m로 분석되었음

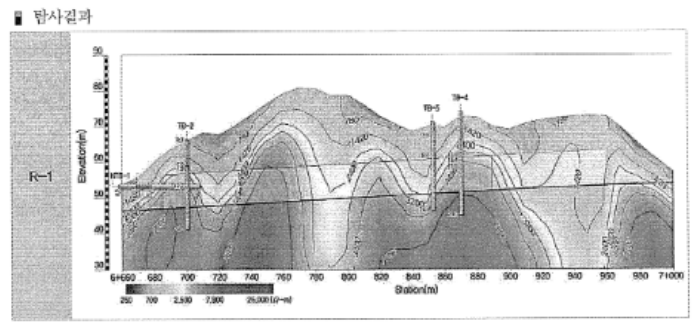
3.2 전기비저항탐사

◎ 성라터널 서울방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과

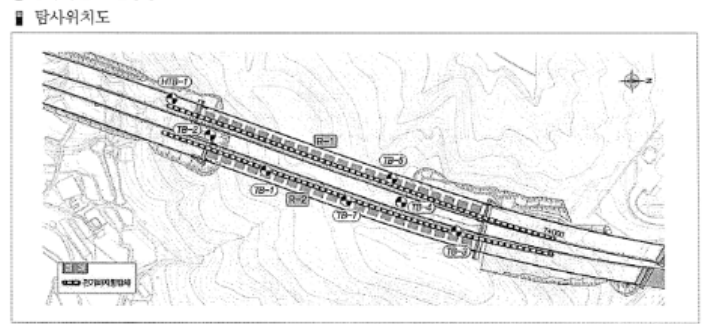


▮ 분석결과

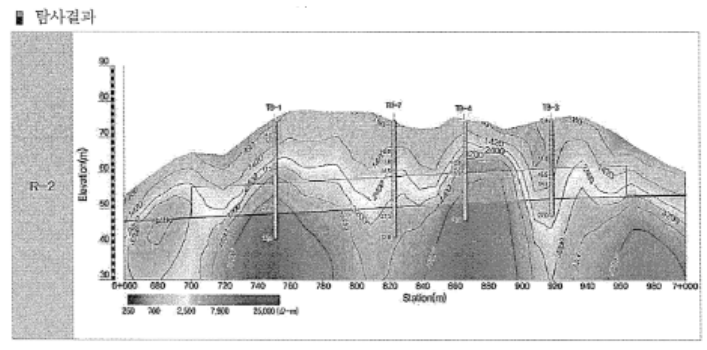
•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

◎ 성라터널 문산방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과



▮ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

◎ 시험결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2.0	풍화토	-	96.3	111.9
	TB-2	11.0	연 암	화강편마암	980.3	1,166.2
	TB-3	13.0	풍화암	-	156.1	231.1
	TB-3	17.0	연 암	화강편마암	598.9	908.3

◎ 결과분석

구분	변형계수(D,MPa) 풍화토	변형계수(D,MPa) 풍화암	변형계수(D,MPa) 연 암	탄성계수(E,MPa) 풍화토	탄성계수(E,MPa) 풍화암	탄성계수(E,MPa) 연 암
성라터널	96.3	156.1	598.9~980.3	111.9	231.1	908.3~1,166.2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96.3MPa, 풍화암은 156.1MPa,연암은 598.9~980.3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 원지반 점착력(C)과 내부마찰각(∅) 측정

◎ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3.0	풍화토	22.5	28.1
	TB-3	12.0	풍화암	31.1	31.4

◎ 결과분석

구분	점착력(c, kPa) 풍화토	점착력(c, kPa) 풍화암	마찰각(∅, °) 풍화토	마찰각(∅, °) 풍화암
성라터널	22.5	31.1	28.1	31.4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22.5kPa, 풍화암 31.1kPa로 산정되며, 마찰각(∅)은 풍화토 28.1°, 풍화암 31.4°로 나타남

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

◎ 터널구간

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
TB-1	7.4	66.5	TB-4	15.5	58.0	TB-7	17.6	58.4
TB-2	6.1	60.6	TB-5	6.8	60.2	-	-	-
TB-3	17.0	59.0	TB-6	3.6	43.5	-	-	-

◎ 기타구간(휴게소 부지)

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
BH-1	3.2	13.2	BH-2	6.6	17.2	BH-3	3.5	12.8

◎ 결과분석

구 분	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
터널구간	3.6~17.6	43.5~66.5
기타구간 (휴게소 부지)	3.2~6.6	12.8~17.2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3.6~17.6m, 기타구간 : GL.- 3.2~6.6m 범위로 분포

4.2.2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

◎ 시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL.-m)	지 층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	1.95×10^{-4}	7.4
	TB-2	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	3.08×10^{-4}	6.1
	TB-3	12.0 ~ 13.0	풍화암	-	4.53×10^{-5}	17.0
	TB-4	8.0 ~ 9.0	풍화토	SM	2.07×10^{-4}	15.5

◎ 결과분석

구 분	풍 화 토	풍 화 암
성라터널	1.96×10^{-4} ~ 3.08×10^{-4}cm/s	4.53×10^{-5}cm/s

4.2.3 수압시험

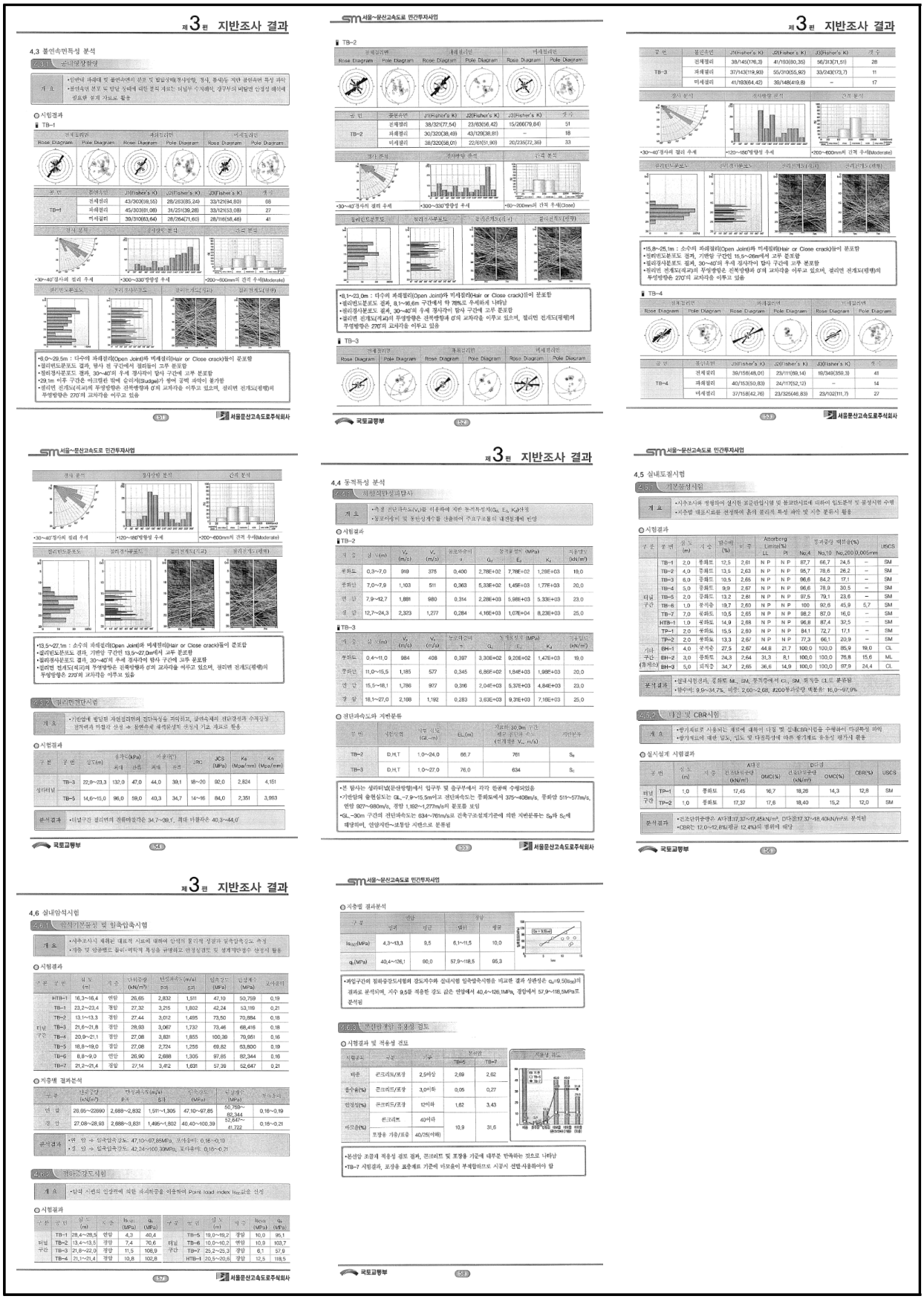
개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 계번을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

◎ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7.0 ~ 12.0	연 암	3.06×10^{-6}	0.11	Dilation
	TB - 2	16.0 ~ 21.0	경 암	1.28×10^{-6}	0.08	Dilation
	TB - 3	20.0 ~ 25.0	경 암	2.49×10^{-6}	0.04	Dilation
	TB - 6	6.0 ~ 11.0	연 암	4.76×10^{-6}	0.14	Dilation

◎ 결과분석

구 분	투수계수(cm/s) 연 암	투수계수(cm/s) 경 암	평균 Lugeon 연 암	평균 Lugeon 경 암
성라터널	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	0.11~0.14	0.04~0.08



제3편 지반조사 결과

4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

개 요 •일반대 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 통과)등 지반 불연속면 특성 파악
•불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수직해석, 경구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

시험결과

TB-1

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-1	전체절리	43/303(59,55)	28/263(85,24)	33/121(94,80)	68
	파쇄절리	45/303(61,08)	31/251(39,28)	33/121(53,08)	27
	미세절리	39/310(63,64)	28/264(71,60)	28/116(58,48)	41

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 아크랜탄 밖에 슬리지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(세파)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-2

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-2	전체절리	38/321(77,54)	23/63(56,42)	15/266(79,84)	51
	파쇄절리	30/320(38,49)	43/129(38,81)	–	18
	미세절리	38/320(58,01)	22/61(51,90)	20/235(72,39)	33

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •60~200mm의 간격 우세(Close)

•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(세파)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-3

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-3	전체절리	38/145(176,3)	41/193(80,35)	56/313(71,51)	28
	파쇄절리	37/143(119,93)	55/310(55,92)	33/243(173,7)	11
	미세절리	41/193(64,42)	39/148(419,8)	–	17

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(세파)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-4

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-4	전체절리	39/156(48,01)	23/111(69,14)	19/349(359,3)	41
	파쇄절리	40/153(50,83)	24/117(52,12)	–	14
	미세절리	37/158(42,76)	23/325(46,83)	23/102(111,7)	27

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(세파)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요 •기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 결정에서 마찰각 산정 → 불연속체 해석문제의 산정시 기초 자료로 활용

시험결과

구 분	공 번	심도(m)	정착도(kPa) 최대	정착도(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과 •터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요 •측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_o, E_o, K_d)산정
•동교아울비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

시험결과

TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동교아울비 σ	동적물성치 (MPa) G_o	E_o	K_d	지층밀도 (kN/m³)
풍화도	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동교아울비 σ	동적물성치 (MPa) G_o	E_o	K_d	지층밀도 (kN/m³)
풍화도	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	927	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,168	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

전단파속도와 지반분류

공 번	시험방향	시험 심도 (GL-m)	EL_s(m)	기초하 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (전개점용 V_{s}, m/s)	지반분류
TB-2	D,H,T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D,H,T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL-7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화도에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL-30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당되며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요 •시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
•지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	Pl	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	풍적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타구간 (참조소)	BH-1	4.0	풍적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과 •실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 풍적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨
•함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 타입 및 CBR시험

개 요 •평가재료로 사용되는 재료에 대하여 타입 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악
•평가재료에 대한 입도, 입도 및 다짐특성에 따른 평가재료 유용성 평가시 활용

실시설계 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	A타입 건조단위중량 (kN/m³)	A타입 OMC(%)	D타입 건조단위중량 (kN/m³)	D타입 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.28	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과 •건조단위중량은 A타입17.37~17.45kN/m³, D타입17.37~18.40kN/m³로 분석됨
•CBR는 12.0~12.8%평균 12.4%의 범위에 해당

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요 •시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정
•지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과 •연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19
•경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

개 요 •암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index I_{S50}값을 산정

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{S(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{S(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
$I_{S(50)}$(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3

•개입구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.50I_{S50}의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 본선암계암 유용성 검토

시험결과 및 적용성 검토

시험결과	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

지층성 검토

•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

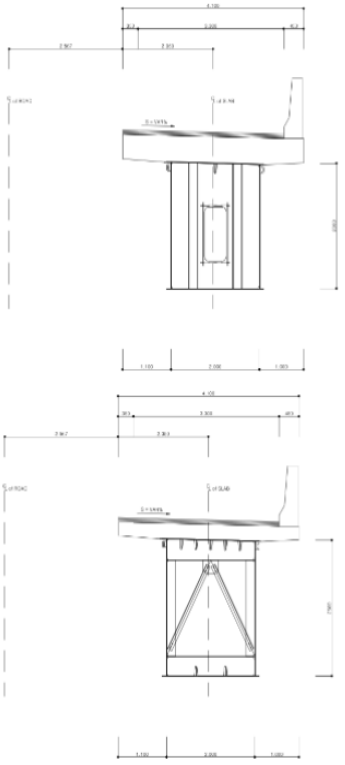
(1) 교 량 명 : 서울방향
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 45.000 + 55.000 + 55.000 + 45.000 = 200.000 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 4.100 m
(6) Girder 제원 : B = 2.000 m H = 2.500 m
(7) 사 각(Skew) : 90.000 °
(8) 곡률반경(R) : 좌측 = ∞ m 중앙 = ∞ m 우측 = ∞ m
(9) 설 계 속 도 : 100.000 km/h
(10) 사용재료 및 물리적 특성치
① 강 재
• 사 용 재 료

주 부 재	SM490B(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_s)	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

2. 단면가정



10. 사용성검토

10.1 피로 검토 (☞ 도.설 3.3.4.1)

가) 응력반복횟수

부재 및 하중구분 / 도로의 종류	종방향 주부재		횡방향 부재	비 고
	트럭하중	차선하중	트럭하중	
고속도로,국도 주간선 도로	2 백만	50 만	2 백만 이상	
기 타 도 로	10 만	10 만	50 만	

나) 허용응력 범위 fsr (MPa)

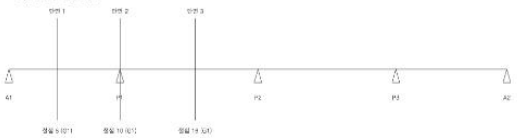
응 력 범 주	다재하 경로구조				단재하 경로구조			
	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상
A	442	260	165	168	351	203	168	168
B	344	203	126	112	274	161	112	112
B'	274	161	101	84	218	126	77	77
C	250	147	91	70	196	112	70	53
				84*			84*	77*
D	196	112	70	48	154	91	56	35
E	154	91	56	31	119	70	42	16
E'	112	64	40	18	84	49	28	9
F	105	64	63	56	84	63	49	42

주 : * 는 거더 복부판과 플랜지의 수직보강재 용접의 경우

다) 피로조사위치 및 응력범주의 설정

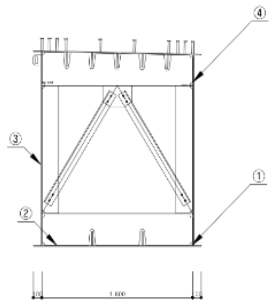
활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



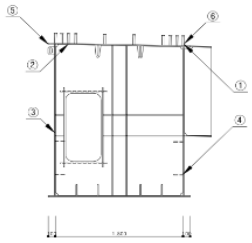
본 교량은 주간선도로에 속하는 다재하경로구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

단면 I



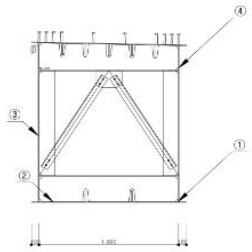
구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa) DB 하중	fsr (MPa) DL 하중	비 고
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

단면 I



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa) DB 하중	fsr (MPa) DL 하중	비 고
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
		F	63	84	전단고려필요
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	
⑤	인장측 플랜지에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
⑥	스터드에 인접한 인장측 플랜지부	C	91	147	

단면 II



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa) DB 하중	fsr (MPa) DL 하중	비 고
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

라) 설계피로응력

· 최모멘트에 대한 피로검토

여기서, Δf: 설계피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$$\Delta f = \frac{\Delta M}{Iv} y$$

ΔM = Mmax - Mmin (4.4 라.1)도로하중 작용범위 참조)

Iv : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

y : 합성후 단면 도심으로부터의 거리

단면 I

구분	ΔM (kN·m) DB 하중	ΔM (kN·m) DL 하중	Iv (m^4)	y (mm)	Δf (MPa) DB 하중	Δf (MPa) DL 하중	응력 범주	fsr (MPa) DB 하중	fsr (MPa) DL 하중	비 고
①	4907.438	5374.057	1.735E+11	1816.2	51.376	56.261	B	126	203	O.K.
②				1816.2	51.376	56.261	C	91	147	O.K.
③				922.2	26.087	28.567	E	56	91	O.K.
④				33.5	0.956	1.047	E	56	91	O.K.

단면 I

구분	ΔM (kN·m) DB 하중	ΔM (kN·m) DL 하중	Iv (m^4)	y (mm)	Δf (MPa) DB 하중	Δf (MPa) DL 하중	응력 범주	fsr (MPa) DB 하중	fsr (MPa) DL 하중	비 고
①	3270.048	6720.451	1.367E+11	1075.9	25.734	52.887	B	126	203	O.K.
②				1075.9	25.734	52.887	C	91	147	O.K.
③				220.1	5.504	11.311	E	56	91	O.K.
④				815.1	19.520	40.117	E	56	91	O.K.
⑤				1082.9	25.901	53.231	E	56	91	O.K.
⑥				1075.9	25.734	52.887	C	91	147	O.K.

단면 II

구분	ΔM (kN·m) DB 하중	ΔM (kN·m) DL 하중	Iv (m^4)	y (mm)	Δf (MPa) DB 하중	Δf (MPa) DL 하중	응력 범주	fsr (MPa) DB 하중	fsr (MPa) DL 하중	비 고
①	4772.982	6007.752	1.735E+11	1816.2	49.968	62.895	B	126	203	O.K.
②				1816.2	49.968	62.895	C	91	147	O.K.
③				922.2	25.372	31.936	E	56	91	O.K.
④				33.5	0.930	1.170	E	56	91	O.K.

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필릿용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 'F' 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 21 을 설정 하였음

$$\Delta \upsilon = \frac{\Delta S \cdot Q}{Iv \cdot \Sigma a}$$

여기서, Δυ : 설계전단피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

ΔS = Smax - Smin (4.4 라.1)도로하중 작용범위 참조)

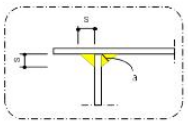
Q : 용접선 인측 플랜지의 중립면에 관한 단면 1차 모멘트 (mm^3)= A(mm^2) · y(mm)

y = Yvsu(1) - tu(1)/2

Iv : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

Σa : 필릿 용접의 목두께의 합 (mm^2)= 4EA ×s $\sqrt{2}$

s : 필릿 용접 치수 (mm)



- 상부 플랜지와 복부판

구 분	ΔS (kN)	tl (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Yvsu (mm)	Q (mm^3)	Iv (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δυ (MPa)	υsr (MPa)	비고
DB하중	1244.054	14	2000	28000	1075	2.998E+07	1.379E+11	6	17.0	15.9	63	OK
DL하중	1554.354									19.9	84	OK

- 하부 플랜지와 복부판

구 분	ΔS (kN)	tl (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Yvsl (mm)	Q (mm^3)	Iv (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δυ (MPa)	υsr (MPa)	비고
DB하중	1244.054	18	2000	36000	1157	4.133E+07	1.379E+11	6	17.0	22.0	63	OK
DL하중	1554.354									27.4	84	OK

10.2 처짐 검토

움직하중을 포함한 동하중에 의한 각 위치별 최대 처짐량 (전산 OUTPUT 참조) (☞ 도.설 3.2.3)

< Girder 1 > (단위 : mm)

절점NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
처 짐 량	0.000	-6.943	-14.084	-19.209	-21.679	-21.221	-18.045	-12.836	-6.458	0.000
절점NO.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
처 짐 량	-7.017	-14.706	-21.574	-27.478	-30.620	-30.836	-28.075	-22.712	-15.571	-7.623
절점NO.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
처 짐 량	0.000	-7.625	-15.573	-22.714	-28.077	-30.837	-30.620	-27.477	-21.872	-14.705
절점NO.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
처 짐 량	-7.015	0.000	-6.459	-12.838	-18.047	-21.224	-21.681	-19.211	-14.084	-6.943
절점NO.	41									
처 짐 량	0.000									



◈ 허용 처짐량

지간 길이 L = 44.250 m

δ1 = 21.679 mm < δa = L / 500 = 44.3 m / 500 = 88.50 mm O.K

지간 길이 L = 55.000 m

δ2 = 30.836 mm < δa = L / 500 = 55.0 m / 500 = 110.00 mm O.K

지간 길이 L = 55.000 m

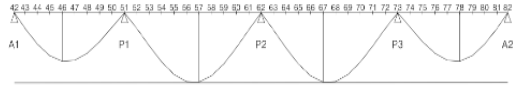
δ3 = 30.837 mm < δa = L / 500 = 55.0 m / 500 = 110.00 mm O.K

지간 길이 L = 44.250 m

δ4 = 21.681 mm < δa = L / 500 = 44.3 m / 500 = 88.50 mm O.K

< Girder 2 > (단위 : mm)

절점NO.	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
처 짐 량	0.000	-6.639	-13.491	-18.432	-20.831	-20.411	-17.364	-12.370	-6.246	0.000
절점NO.	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
처 짐 량	-6.775	-14.166	-21.063	-26.468	-29.512	-29.730	-27.068	-21.906	-15.035	-7.385
절점NO.	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
처 짐 량	0.000	-7.386	-15.035	-21.906	-27.068	-29.729	-29.512	-26.467	-21.062	-14.166
절점NO.	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
처 짐 량	-6.775	0.000	-6.246	-12.370	-17.363	-20.411	-20.831	-18.432	-13.490	-6.638
절점NO.	82									
처 짐 량	0.000									



◈ 허용 처짐량

지간 길이 L = 44.250 m

δ1 = 30.831 mm < δa = L / 500 = 44.3 m / 500 = 88.50 mm O.K

지간 길이 L = 55.000 m

δ2 = 39.730 mm < δa = L / 500 = 55.0 m / 500 = 110.00 mm O.K

지간 길이 L = 55.000 m

δ3 = 39.729 mm < δa = L / 500 = 55.0 m / 500 = 110.00 mm O.K

지간 길이 L = 44.250 m

δ4 = 30.831 mm < δa = L / 500 = 44.3 m / 500 = 88.50 mm O.K

< Girder 3 > (단위 : mm)

절점NO.	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
처 짐 량	0.000	-6.731	-13.670	-18.659	-21.070	-20.638	-17.559	-12.502	-6.300	0.000
절점NO.	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
처 짐 량	-6.841	-14.326	-21.307	-26.767	-29.834	-30.049	-27.364	-22.145	-15.190	-7.448
절점NO.	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
처 짐 량	0.000	-7.449	-15.191	-22.146	-27.366	-30.049	-29.834	-26.767	-21.306	-14.325
절점NO.	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122
처 짐 량	-6.840	0.000	-6.301	-12.503	-17.560	-20.639	-21.071	-18.660	-13.670	-6.731
절점NO.	123									
처 짐 량	0.000									



◈ 허용 처짐량

지간 길이 L = 44.250 m

δ1 = 21.070 mm < δa = L / 500 = 44.3 m / 500 = 88.50 mm O.K

지간 길이 L = 55.000 m

δ2 = 30.049 mm < δa = L / 500 = 55.0 m / 500 = 110.00 mm O.K

지간 길이 L = 55.000 m

δ3 = 30.049 mm < δa = L / 500 = 55.0 m / 500 = 110.00 mm O.K

지간 길이 L = 44.250 m

δ4 = 21.071 mm < δa = L / 500 = 44.3 m / 500 = 88.50 mm O.K

11. 솟음(CAMBER)

< Girder 1 > (단위 : mm)

측점번호	합성전 고정하중 Steel (1)	합성전 고정하중 Concrete (2)	합성후 고정하중 (3)	솟음량 공장 제작시 (1)-(3) 합계	솟음량 현장 거치시 (4)-(1)	솟음량 1차 고정하중 재하시 (5)-(2)	솟음량 2차 고정하중 재하시 (6)-(3)	비고
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A1
2	5.380	10.730	1.980	18.090	12.710	1.980	0.000	
3	10.630	21.140	3.910	35.680	25.050	3.910	0.000	
4	13.570	27.560	5.090	46.520	32.650	5.090	0.000	
5	14.580	29.140	5.360	49.180	34.500	5.360	0.000	
6	13.080	25.980	4.730	43.790	30.710	4.730	0.000	
7	9.620	19.120	3.430	32.170	22.550	3.430	0.000	
8	5.300	10.600	1.870	17.770	12.470	1.870	0.000	
9	1.510	3.090	0.550	5.150	3.640	0.550	0.000	
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P1
11	1.790	3.330	0.530	5.650	3.860	0.530	0.000	
12	5.880	11.130	1.840	18.850	12.970	1.840	0.000	
13	10.540	20.100	3.410	34.050	23.510	3.410	0.000	
14	14.430	27.650	4.780	46.860	32.430	4.780	0.000	
15	16.510	31.900	5.570	54.080	37.470	5.570	0.000	
16	16.570	31.870	5.570	54.010	37.440	5.570	0.000	
17	14.530	27.570	4.780	46.880	32.350	4.780	0.000	
18	10.390	19.980	3.410	33.780	23.390	3.410	0.000	
19	5.730	11.010	1.840	18.580	12.850	1.840	0.000	
20	1.690	3.250	0.530	5.470	3.780	0.530	0.000	
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P2
22	1.690	3.250	0.530	5.470	3.780	0.530	0.000	
23	5.730	11.010	1.840	18.580	12.850	1.840	0.000	
24	10.390	19.980	3.410	33.780	23.390	3.410	0.000	
25	14.330	27.570	4.780	46.880	32.350	4.780	0.000	
26	16.570	31.870	5.570	54.010	37.440	5.570	0.000	
27	16.900	31.900	5.570	54.070	37.470	5.570	0.000	
28	14.430	27.650	4.780	46.860	32.430	4.780	0.000	
29	10.540	20.090	3.410	34.040	23.500	3.410	0.000	
30	5.880	11.130	1.840	18.850	12.970	1.840	0.000	
31	1.790	3.330	0.530	5.650	3.860	0.530	0.000	
32	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P3
33	1.510	3.090	0.550	5.150	3.640	0.550	0.000	
34	5.300	10.600	1.870	17.770	12.470	1.870	0.000	
35	9.620	19.120	3.430	32.170	22.550	3.430	0.000	
36	13.080	25.980	4.730	43.790	30.710	4.730	0.000	
37	14.570	29.140	5.360	49.170	34.500	5.360	0.000	
38	13.570	27.560	5.090	46.520	32.650	5.090	0.000	
39	10.630	21.140	3.910	35.680	25.050	3.910	0.000	
40	5.380	10.730	1.980	18.090	12.710	1.980	0.000	
41	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A2

< Girder 2 >

(단위 : mm)

절점번호	합성전 고정하중 Steel (1)	합성전 고정하중 Concrete (2)	합성후 고정하중 (3)	소음량 공장 제작시 (1)~(3) 합계	소음량 현장 거치시 (4)-(1)	소음량 1차 고정하중 재하시 (5)-(2)	소음량 2차 고정하중 재하시 (6)-(3)	비고
42	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A1
43	5.390	10.690	2.210	18.290	12.900	2.210	0.000	
44	10.640	21.080	4.380	36.100	25.460	4.380	0.000	
45	13.890	27.480	5.710	47.080	33.190	5.710	0.000	
46	14.700	29.060	6.030	49.790	35.090	6.030	0.000	
47	13.100	25.900	5.350	44.350	31.250	5.350	0.000	
48	9.640	19.050	3.900	32.590	22.950	3.900	0.000	
49	5.310	10.540	2.130	17.980	12.670	2.130	0.000	
50	1.520	3.070	0.620	5.210	3.690	0.620	0.000	
51	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P1
52	1.800	3.300	0.640	5.740	3.940	0.640	0.000	
53	5.890	11.070	2.190	19.150	13.260	2.190	0.000	
54	10.550	20.020	4.010	34.580	24.030	4.010	0.000	
55	14.450	27.560	5.580	47.590	33.140	5.580	0.000	
56	16.630	31.800	6.470	54.900	38.270	6.470	0.000	
57	16.590	31.770	6.470	54.830	38.240	6.470	0.000	
58	14.350	27.490	5.570	47.410	33.060	5.570	0.000	
59	10.410	19.910	4.000	34.320	23.910	4.000	0.000	
60	5.740	10.950	2.170	18.860	13.120	2.170	0.000	
61	1.690	3.210	0.630	5.530	3.840	0.630	0.000	
62	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P2
63	1.690	3.210	0.630	5.530	3.840	0.630	0.000	
64	5.740	10.950	2.170	18.860	13.120	2.170	0.000	
65	10.410	19.910	4.000	34.320	23.910	4.000	0.000	
66	14.350	27.490	5.570	47.410	33.060	5.570	0.000	
67	16.590	31.770	6.470	54.830	38.240	6.470	0.000	
68	16.630	31.800	6.470	54.900	38.270	6.470	0.000	
69	14.450	27.560	5.580	47.590	33.140	5.580	0.000	
70	10.550	20.020	4.010	34.580	24.030	4.010	0.000	
71	5.890	11.070	2.190	19.150	13.260	2.190	0.000	
72	1.800	3.300	0.640	5.740	3.940	0.640	0.000	
73	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P3
74	1.520	3.070	0.620	5.210	3.690	0.620	0.000	
75	5.310	10.540	2.130	17.980	12.670	2.130	0.000	
76	9.640	19.050	3.900	32.590	22.950	3.900	0.000	
77	13.100	25.900	5.350	44.350	31.250	5.350	0.000	
78	14.700	29.060	6.030	49.790	35.090	6.030	0.000	
79	13.890	27.480	5.710	47.080	33.190	5.710	0.000	
80	10.640	21.080	4.380	36.100	25.460	4.380	0.000	
81	5.390	10.690	2.210	18.290	12.900	2.210	0.000	
82	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A2

< Girder 3 >

(단위 : mm)

절점번호	합성전 고정하중 Steel (1)	합성전 고정하중 Concrete (2)	합성후 고정하중 (3)	소음량 공장 제작시 (1)-(3) 합계	소음량 현장 거치시 (4)-(1)	소음량 1차 고정하중 재하시 (5)-(2)	소음량 2차 고정하중 재하시 (6)-(3)	비고
83	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A1
84	5.380	10.710	2.580	18.670	13.290	2.580	0.000	
85	10.630	21.110	5.070	36.810	26.180	5.070	0.000	
86	13.870	27.510	6.590	47.970	34.100	6.590	0.000	
87	14.680	29.090	6.980	50.750	36.070	6.980	0.000	
88	13.080	25.930	6.240	45.250	32.170	6.240	0.000	
89	9.620	19.090	4.620	33.330	23.710	4.620	0.000	
90	5.300	10.570	2.590	18.460	13.160	2.590	0.000	
91	1.510	3.080	0.780	5.370	3.860	0.780	0.000	
92	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P1
93	1.790	3.320	0.850	5.960	4.170	0.850	0.000	
94	5.880	11.100	2.740	19.720	13.840	2.740	0.000	
95	10.530	20.050	4.880	35.460	24.930	4.880	0.000	
96	14.430	27.590	6.670	48.690	34.260	6.670	0.000	
97	16.600	31.830	7.670	56.100	39.500	7.670	0.000	
98	16.570	31.800	7.660	56.030	39.460	7.660	0.000	
99	14.330	27.510	6.650	48.490	34.160	6.650	0.000	
100	10.390	19.930	4.850	35.170	24.780	4.850	0.000	
101	5.730	10.980	2.710	19.420	13.690	2.710	0.000	
102	1.690	3.230	0.830	5.750	4.060	0.830	0.000	
103	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P2
104	1.690	3.230	0.830	5.750	4.060	0.830	0.000	
105	5.730	10.980	2.710	19.420	13.690	2.710	0.000	
106	10.390	19.930	4.850	35.170	24.780	4.850	0.000	
107	14.330	27.510	6.650	48.490	34.160	6.650	0.000	
108	16.570	31.800	7.660	56.030	39.460	7.660	0.000	
109	16.600	31.830	7.670	56.100	39.500	7.670	0.000	
110	14.430	27.590	6.670	48.690	34.260	6.670	0.000	
111	10.530	20.050	4.880	35.460	24.930	4.880	0.000	
112	5.880	11.100	2.740	19.720	13.840	2.740	0.000	
113	1.790	3.320	0.850	5.960	4.170	0.850	0.000	
114	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P3
115	1.510	3.080	0.780	5.370	3.860	0.780	0.000	
116	5.300	10.570	2.590	18.460	13.160	2.590	0.000	
117	9.620	19.090	4.620	33.330	23.710	4.620	0.000	
118	13.080	25.930	6.240	45.250	32.170	6.240	0.000	
119	14.680	29.090	6.970	50.740	36.060	6.970	0.000	
120	13.870	27.510	6.590	47.970	34.100	6.590	0.000	
121	10.630	21.110	5.060	36.900	26.170	5.060	0.000	
122	5.380	10.710	2.580	18.570	13.290	2.580	0.000	
123	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	A2

2. 해석 방법별 특성 및 받침 물성치

1) 내진해석

- POT 받침 적용시 내진해석.
  - 받침은 NLLINK로 (표 POT 받침 물성치)와 같이 모델링 하였다.
  - 해석시 5% 감쇠비를 적용하고 Ritz Vector 해석 수행 , 질량참여율이 90% 넘도록 50차 모드 까지 고려 하였다.
  - 지진하중은 지반계수 S=II (내진해석시 S=1.2), 가속도계수 A=0.154g 에 해당하는 응답스펙트럼을 사용하였다.
  - 해석본 다층모드 응답스펙트럼 방법을 사용하였다.

받침종류	해 석 시 입 력 값	설 명	적용위치	비고
POT 고정단	NAME=POTFIX TYPE=GAP	NLLink type	P3	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=1E+08 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=1E+08 CE=0	교직방향 강성		
POT 일방향 (교축)	NAME=POTM1 TYPE=GAP	NLLink type	A1, A2, P1, P3	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=0 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=1E+08 CE=0	교직방향 강성		
POT 일방향 (교직)	NAME=POTM2 TYPE=GAP	NLLink type	P3	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=1E+08 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=0 CE=0	교직방향 강성		
POT 양방향	NAME=POTM TYPE=GAP	NLLink type	A1, A2, P1, P3	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=0 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=0 CE=0	교직방향 강성		

3. 지진하중 (응답스펙트럼)

(1) 탄성지진응답계수

1) 가속도계수

구분	적용 계수	비고
구역계수 (Z)	0.110	지진구역 I
지진위험도계수 (I)	1.400	내진등급 I등급 (재현주기 1000년)
가속도계수 (A)	0.154	A = Z x I

2) 지반계수

구분	적용 계수	비고
지반계수 (S)	1.200	지반종류 II

3) 탄성지진응답계수(Cs) 산정

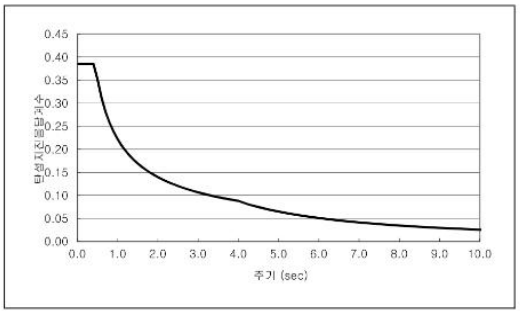
① T ≤ 4.0 sec

Cs = (1.2 x A x S) / T2/3 ≤ 2.5 x A

② T > 4.0 sec

Cs = (3 x A x S) / T4/3

여기서, T : 교량의 주기

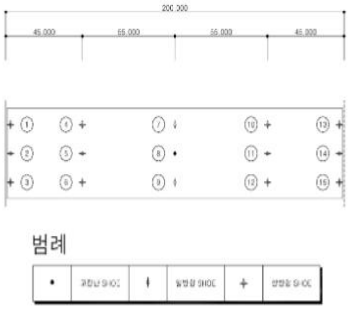


4) 탄성지진응답계수

주기 (sec)	가속도 계수	지반 계수	탄성지진 응답계수	탄성지진 가속도 (m/sec²)	비고
0.0000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.1000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.2000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.3000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.4000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.5000	0.1540	1.2000	0.3520	3.4533	
0.6000	0.1540	1.2000	0.3117	3.0581	
0.7000	0.1540	1.2000	0.2813	2.7594	
0.8000	0.1540	1.2000	0.2573	2.5244	
0.9000	0.1540	1.2000	0.2379	2.3338	
1.0000	0.1540	1.2000	0.2218	2.1755	
1.1000	0.1540	1.2000	0.2081	2.0415	
1.2000	0.1540	1.2000	0.1964	1.9265	
1.3000	0.1540	1.2000	0.1862	1.8264	
1.4000	0.1540	1.2000	0.1772	1.7383	
1.5000	0.1540	1.2000	0.1692	1.6602	
1.6000	0.1540	1.2000	0.1621	1.5903	
1.7000	0.1540	1.2000	0.1557	1.5273	
1.8000	0.1540	1.2000	0.1499	1.4702	
1.9000	0.1540	1.2000	0.1446	1.4181	
2.0000	0.1540	1.2000	0.1397	1.3705	
2.1000	0.1540	1.2000	0.1352	1.3266	
2.2000	0.1540	1.2000	0.1311	1.2861	
2.3000	0.1540	1.2000	0.1273	1.2485	
2.4000	0.1540	1.2000	0.1237	1.2136	
2.5000	0.1540	1.2000	0.1204	1.1810	
2.6000	0.1540	1.2000	0.1173	1.1505	
2.7000	0.1540	1.2000	0.1144	1.1220	
2.8000	0.1540	1.2000	0.1116	1.0951	
2.9000	0.1540	1.2000	0.1090	1.0698	
3.0000	0.1540	1.2000	0.1066	1.0459	
3.2000	0.1540	1.2000	0.1021	1.0018	
3.4000	0.1540	1.2000	0.0981	0.9621	
3.6000	0.1540	1.2000	0.0944	0.9262	
3.8000	0.1540	1.2000	0.0911	0.8934	
4.0000	0.1540	1.2000	0.0880	0.8633	
4.2500	0.1540	1.2000	0.0805	0.7900	
4.5000	0.1540	1.2000	0.0746	0.7321	
4.7500	0.1540	1.2000	0.0694	0.6811	
5.0000	0.1540	1.2000	0.0648	0.6361	
5.2500	0.1540	1.2000	0.0608	0.5960	
5.5000	0.1540	1.2000	0.0571	0.5602	
5.7500	0.1540	1.2000	0.0538	0.5280	
6.0000	0.1540	1.2000	0.0508	0.4988	
6.2500	0.1540	1.2000	0.0482	0.4724	
6.5000	0.1540	1.2000	0.0457	0.4483	
6.7500	0.1540	1.2000	0.0435	0.4263	
7.0000	0.1540	1.2000	0.0414	0.4062	
7.2500	0.1540	1.2000	0.0395	0.3876	
7.5000	0.1540	1.2000	0.0378	0.3705	
7.7500	0.1540	1.2000	0.0361	0.3546	
8.0000	0.1540	1.2000	0.0347	0.3399	
8.2500	0.1540	1.2000	0.0333	0.3263	
8.5000	0.1540	1.2000	0.0320	0.3135	
8.7500	0.1540	1.2000	0.0307	0.3016	
9.0000	0.1540	1.2000	0.0296	0.2905	
9.2500	0.1540	1.2000	0.0286	0.2801	
9.5000	0.1540	1.2000	0.0276	0.2703	
9.7500	0.1540	1.2000	0.0266	0.2611	
10.0000	0.1540	1.2000	0.0257	0.2524	
15.0000	0.1540	1.2000	0.0150	0.1470	
20.0000	0.1540	1.2000	0.0102	0.1002	

5. 내진 해석결과

5.1 받침 배치도



5.2 받침 수평력 검토

위 치	받 침 NO.	받 침 Type	중량 (kN)	지진시 작용 수평력(kN) 교축내식 교축	교축내식 교직	교직내식 교축	교직내식 교직	지진시 허용 수평력 (kN) 교축	교직	판정 교축	교직	비고
A1	1	장방향	2000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	2	교축방향	2000G4C	0	218	0	701	0	1,040	OK	OK	
	3	장방향	2000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
P1	4	장방향	5000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	5	교축방향	4500G4C	0	726	0	2,328	0	2,340	OK	OK	
	6	장방향	5000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
P2	7	교직방향	5000G6C	2,502	0	780	0	3,250	0	OK	OK	
	8	고정단	4500F6D	2,547	991	779	3,280	3,510	3,510	OK	OK	
	9	교직방향	5000G5C	2,618	0	814	0	3,250	0	OK	OK	
P3	10	장방향	5000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	11	교축방향	4500G4C	0	668	0	2,120	0	2,340	OK	OK	
	12	장방향	5000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
A2	13	장방향	2000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	14	교축방향	2000G4C	0	188	0	604	0	1,040	OK	OK	
	15	장방향	2000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	

5.3 받침 변위 검토

위 치	받 침 NO.	받 침 Type	중량 (kN)	지진시 작용 변위(mm) 교축내식 교축	교축내식 교직	교직내식 교축	교직내식 교직	지진시 허용 변위 (mm) 교축	교직	판정 교축	교직	비고
A1	1	장방향	2000M	25	0	8	0	50	20	OK	OK	
	1	교축방향	2000G4C	24	0	7	0	50	0	OK	OK	
	1	장방향	2000M	25	0	8	0	50	20	OK	OK	
P1	2	장방향	5000M	22	1	7	2	50	20	OK	OK	
	3	교축방향	4500G4C	22	0	7	0	50	0	OK	OK	
	4	장방향	5000M	22	1	7	2	50	20	OK	OK	
	5	교직방향	5000G6C	0	1	0	3	0	20	OK	OK	
P2	6	고정단	4500F6D	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	7	교직방향	5000G5C	0	1	0	3	0	20	OK	OK	
	8	장방향	5000M	22	1	7	2	50	20	OK	OK	
P3	9	교축방향	4500G4C	22	0	7	0	50	0	OK	OK	
	10	장방향	5000M	22	1	7	2	50	20	OK	OK	
	11	장방향	2000M	25	0	8	0	50	20	OK	OK	
A2	12	교축방향	2000G4C	24	0	7	0	50	0	OK	OK	
	13	장방향	2000M	25	0	8	0	50	20	OK	OK	

5.4 부재력 해석 결과

1) 교각하단 부재력

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	교축방향 지진력 작용시				교축 직각방향 지진력 작용시				비고
			모멘트 (kN-m)		전단력 (kN)		모멘트 (kN-m)		전단력 (kN)		
			교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	P1B	6.71	4,799	322	614	42	47	27,336	32	2,584	
P2	P2B	5.21	62,197	76	7,910	29	186	34,119	57	3,484	
P3	P3B	7.21	5,175	399	628	47	42	26,233	32	2,380	

2) 교각상단 부재력

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	교축방향 지진력 작용시				교축 직각방향 지진력 작용시				비고
			모멘트 (kN-m)		전단력 (kN)		모멘트 (kN-m)		전단력 (kN)		
			교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	P1T	6.71	2,112	178	556	35	47	15,846	9	2,559	
P2	P2T	5.21	54,737	49	7,893	16	83	22,101	28	3,471	
P3	P3T	7.21	2,228	215	564	40	42	14,862	7	2,303	

5.5 부재력 하중조합 (적용 부재력)

- COM1 : 종방향축 해석으로부터 구한 지진력에 횡방향축의 해석으로부터 구한 지진력의 30%를 합한 경우.
  - ◆ C1-1 1.0×종축해석에 의한 종방향 부재력 + 0.3×횡축해석에 의한 종방향 부재력
  - ◆ C1-2 1.0×종축해석에 의한 횡방향 부재력 + 0.3×횡축해석에 의한 횡방향 부재력
- COM2 : 횡방향축 해석으로부터 구한 지진력에 종방향축의 해석으로부터 구한 지진력의 30%를 합한 경우.
  - ◆ C2-1 0.3×종축해석에 의한 종방향 부재력 + 1.0×횡축해석에 의한 종방향 부재력
  - ◆ C2-2 0.3×종축해석에 의한 횡방향 부재력 + 1.0×횡축해석에 의한 횡방향 부재력

1) 교각하단 하중조합

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	COM1				COM2				비고
			모멘트 (kN-m)		전단력 (kN)		모멘트 (kN-m)		전단력 (kN)		
			교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	P1B	6.71	4,813	8,523	623	817	1,487	27,433	216	2,597	
P2	P2B	5.21	62,247	10,314	7,927	1,074	18,627	34,143	2,430	3,493	
P3	P3B	7.21	5,187	8,299	637	761	1,594	26,353	220	2,394	

2) 교각상단 하중조합

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	COM1				COM2				비고
			모멘트 (kN-m)		전단력 (kN)		모멘트 (kN-m)		전단력 (kN)		
			교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	P1T	6.71	2,126	4,931	558	802	681	15,899	176	2,570	
P2	P2T	5.21	54,762	6,680	7,901	1,056	10,504	22,116	2,394	3,476	
P3	P3T	7.21	2,238	4,674	566	746	731	14,927	176	2,365	

5.8 질량참여율

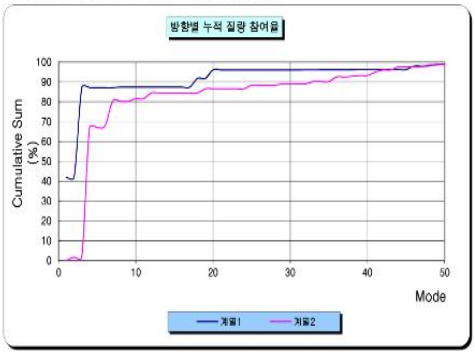
◎ 질량참여율

Mode	Period	Frequency	Frequency	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z	
No	(sec)	(rad/sec)	(cycle/sec)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.676	9.296	1.480	41.864	41.864	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.565	10.551	1.679	0.122	41.986	1.640	1.640	0.000	0.000
3	0.579	10.843	1.726	45.098	87.083	0.008	1.648	0.000	0.000
4	0.547	11.478	1.827	0.001	87.084	65.225	66.873	0.000	0.000
5	0.464	13.542	2.155	0.000	87.084	0.015	66.887	0.058	0.059
6	0.450	13.970	2.223	0.000	87.084	0.935	67.822	0.000	0.059
7	0.436	14.398	2.292	0.000	87.084	12.399	80.221	0.000	0.059
8	0.344	18.249	2.904	0.243	87.327	0.000	80.221	0.000	0.059
9	0.303	20.705	3.295	0.000	87.327	0.000	80.221	59.406	59.465
10	0.266	23.430	3.729	0.000	87.327	1.310	81.531	0.000	59.465
11	0.234	26.889	4.280	0.000	87.327	0.004	81.535	0.000	59.465
12	0.205	30.624	4.874	0.000	87.327	2.832	84.367	0.000	59.465
13	0.199	31.575	5.025	0.000	87.327	0.000	84.367	0.000	59.465
14	0.183	34.318	5.462	0.001	87.328	0.000	84.367	0.000	59.465
15	0.171	36.668	5.839	0.000	87.328	0.005	84.373	0.000	59.465
16	0.161	39.061	6.217	0.000	87.328	0.001	84.374	0.000	59.465
17	0.159	39.478	6.283	0.052	87.380	0.000	84.374	0.000	59.465
18	0.149	42.137	6.706	4.355	91.735	0.000	84.374	0.000	59.465
19	0.145	43.403	6.908	0.000	91.735	2.093	86.466	0.000	59.465
20	0.136	46.110	7.339	4.264	95.998	0.000	86.466	0.000	59.465
21	0.134	46.839	7.455	0.000	95.998	0.006	86.472	0.000	59.465
22	0.132	47.567	7.570	0.000	95.998	0.000	86.472	0.001	59.466
23	0.130	48.364	7.697	0.000	95.998	0.000	86.472	0.000	59.466
24	0.110	57.245	9.111	0.000	95.998	0.002	86.473	0.000	59.466
25	0.108	57.936	9.221	0.000	95.998	1.834	88.306	0.000	59.466
26	0.104	60.463	9.623	0.004	96.002	0.000	88.306	0.000	59.466
27	0.100	62.838	9.999	0.000	96.002	0.000	88.306	0.253	59.719
28	0.091	68.824	10.954	0.000	96.002	0.000	88.306	0.000	59.719
29	0.088	71.301	11.348	0.000	96.002	0.546	88.854	0.000	59.719
30	0.078	80.909	12.877	0.000	96.002	0.065	88.919	0.000	59.719
31	0.074	84.742	13.487	0.000	96.002	0.122	89.041	0.001	59.720
32	0.073	86.551	13.775	0.013	96.015	0.003	89.044	0.000	59.720
33	0.069	90.849	14.459	0.000	96.015	1.012	90.056	0.000	59.720
34	0.066	95.071	15.131	0.071	96.085	0.000	90.056	0.005	59.725
35	0.064	98.408	15.662	0.000	96.085	0.000	90.056	0.084	65.809
36	0.051	122.511	19.498	0.000	96.085	2.430	92.487	0.000	65.809
37	0.049	128.376	20.432	0.000	96.085	0.001	92.487	8.664	74.473
38	0.046	136.531	21.730	0.003	96.089	0.215	92.702	0.007	74.480
39	0.042	148.577	23.647	0.004	96.092	0.505	93.206	0.001	74.481
40	0.039	161.306	25.673	0.000	96.092	0.005	93.211	0.233	74.714
41	0.034	182.622	29.065	0.014	96.106	1.665	94.876	0.005	74.719

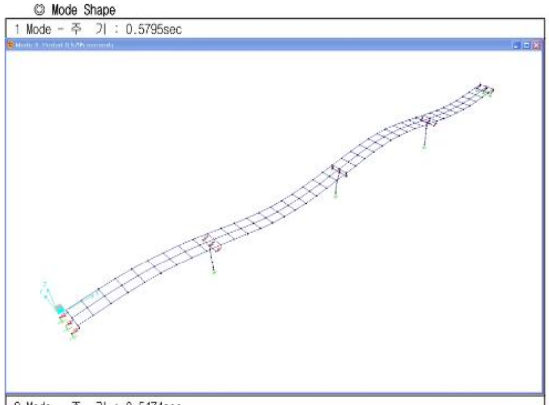
Mode	Period	Frequency	Frequency	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z	
No	(sec)	(rad/sec)	(cycle/sec)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
42	0.032	194.504	30.956	0.000	96.137	1.124	96.201	0.002	74.721
43	0.028	222.927	35.480	0.000	96.137	0.008	96.209	9.975	84.696
44	0.026	238.541	37.965	0.004	96.141	1.497	97.526	0.101	84.797
45	0.021	300.663	47.852	0.000	96.141	0.006	97.532	8.085	92.882
46	0.017	361.197	57.486	1.769	97.910	0.006	97.538	0.013	92.895
47	0.016	402.620	64.079	0.007	97.917	0.006	97.544	1.996	94.891
48	0.011	560.832	89.259	0.169	98.086	0.963	98.507	0.002	94.893
49	0.010	641.833	102.151	0.715	98.801	0.192	98.699	0.000	94.893
50	0.007	916.023	145.790	0.001	98.802	0.003	98.883	0.923	95.816

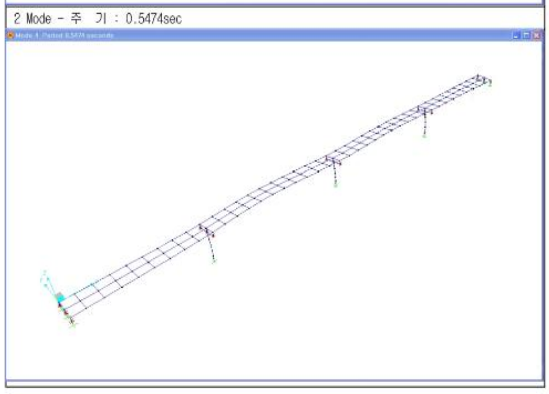
▷ 방향별 누적 질량 참여율

고유치 해석결과 방향별 유효 질량 참여율의 합이 90%이상 임을 확인하여 본 해석에 교량의 동적거동을 충분히 구현하고 있음을 확인하였다.



◎ Mode Shape





23.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 23.2.1】 원당천(R-C)교(부천방향 확장부) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	원당천(R-C)교(부천방향 확장부)는 현장조사 및 분석 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 시설물의 전반적인 안정성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로 판단된다. 해당 구조물의 경우 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다. 배수시설의 현재 손상 등 상태는 양호하나 포장부의 원활한 배수를 위하여 주기적인 정비가 요망된다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	원당천(R-C)교(부천방향 확장부)는 현장조사 및 분석 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 시설물의 전반적인 안정성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로 판단된다. 해당 구조물의 경우 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다. 배수시설의 현재 손상 등 상태는 양호하나 포장부의 원활한 배수를 위하여 주기적인 정비가 요망된다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	- 상태양호	양호

23.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

23.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

23.2.5 시설물 보수 이력

【표 23.2.2】 원당천(R-C)교(부천방향 확장부) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

23.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 23.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

23.3 현장조사

23.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차 및 사다리를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~4	사다리 및 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



비파괴시험



비파괴시험

【사진 23.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

23.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 원당천(R-C)교(부천방향 확장부)는 총 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=200.0m 폭 11.2m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차로 근접조사를 실시하였다.

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>바닥판 하면 전경</td><td>바닥판 하면 전경</td></tr>
</table>

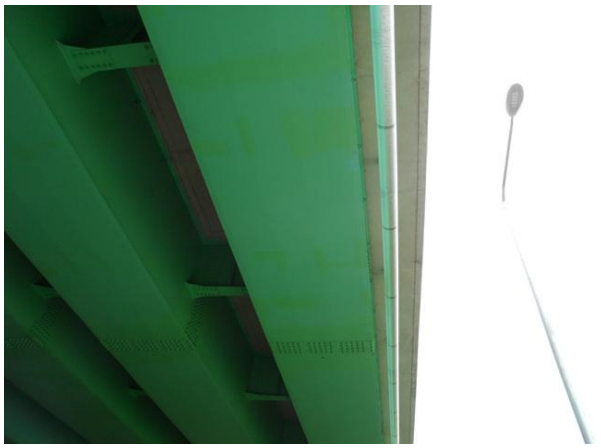
【사진 23.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 23.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
합계	-	-

	
바닥판 하면 S1 상태양호	바닥판 하면 S2 상태양호
	
바닥판 하면 S3 상태양호	바닥판 하면 S4 상태양호

【사진 23.3.3】바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 바닥판 하면의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 3열로 시공되었으며, 도보 및 고소작업차로 현장조사를 실시하였다

	
거더외부 전경	거더내부 전경

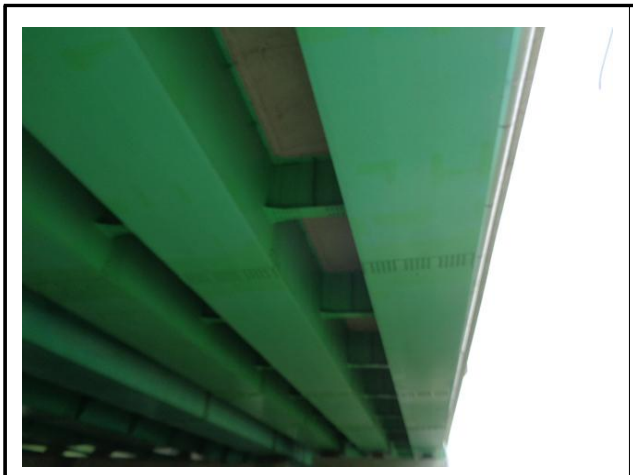
【사진 23.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 거더외부와 거더내부 모두 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 23.3.2】 거더 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
거더 내부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
합계		-	-

	
거더외부 S1 상태양호	거더외부 S2 상태양호
	
거더내부 S1 상태양호	거더내부 S4 상태양호

【사진 23.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 STEEL로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소작업차 를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 전경	가로보 전경

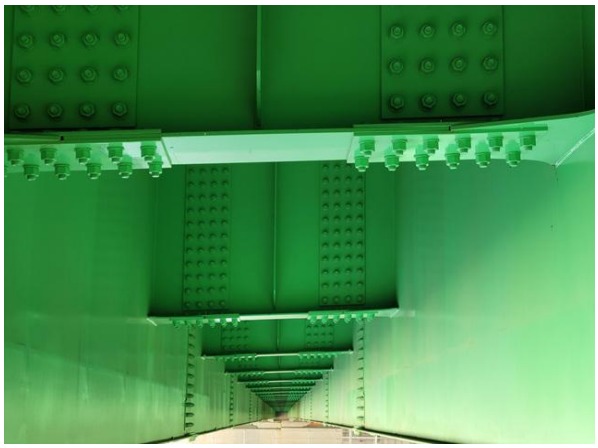
【사진 23.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 23.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
합계		-	-

	
가로보 S1 상태양호	가로보 S2 상태양호
	
가로보 S3 상태양호	가로보 S4 상태양호

【사진 23.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 가로보의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 원당천(R-C)교(부천방향 확장부) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 23.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 박리의 손상이 확인되었다.

【표 23.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	박리 (㎡/개소)	
A1	4.00	1
A2	-	-
합계	4.00	1

	
교대 A1 박리(2.0×2.0)	교대 A1 박리(2.0×2.0)
	
교대 A1 박리(2.0×2.0)	교대 A1 박리(2.0×2.0)

【사진 23.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 신축이음, 배수시설 및 외부 우수유입으로 인한 박리가 확인되었고, 손상부는 신축이음, 배수시설과 연계한 보수가 필요한 상태이다. 이에 단면보수 등의 조치가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 원당천(R-C)교(부천방향 확장부)의 교각은 T형으로 구성되어 있으며, 직접기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 고소작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.



교각 P3 전경



교각 P1 전경

【사진 23.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 23.3.5】 교각 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
P2	-	-
합계	-	-

	
교각 P1 코핑부 상태양호	교각 P1 기둥부 상태양호
	
교각 P3 코핑부 상태양호	교각 P3 기둥부 상태양호

【사진 23.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

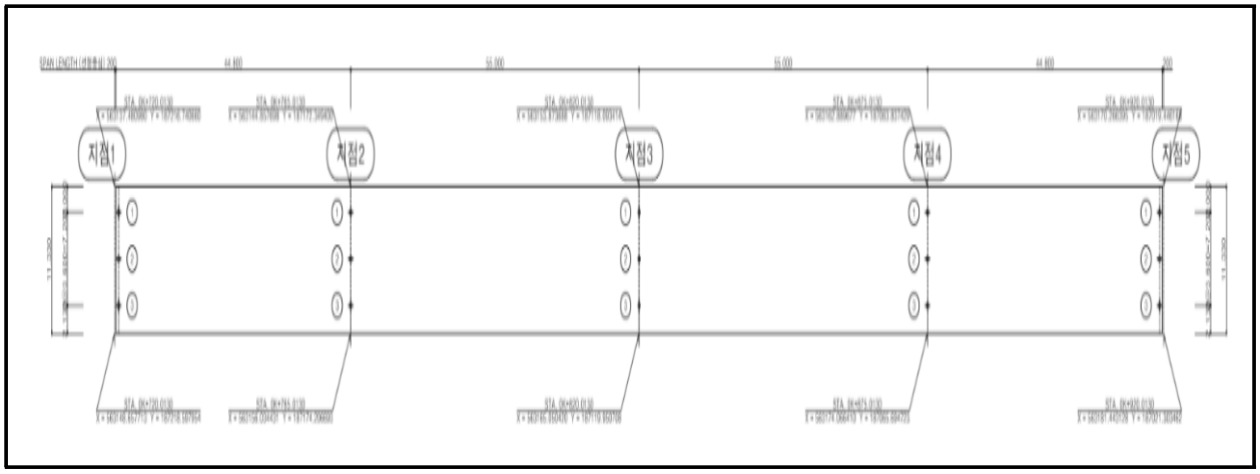
4) 검토의견

■ 교각의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 원당천(R-C)교(부천방향 확장부)의 받침은 포트받침으로 총 15기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



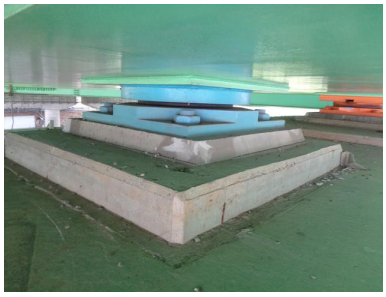
【그림 23.3.1】 교량받침 배치도



포트받침(일방향) 전경



포트받침(양방향) 전경



포트받침(고정) 전경

【사진 23.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

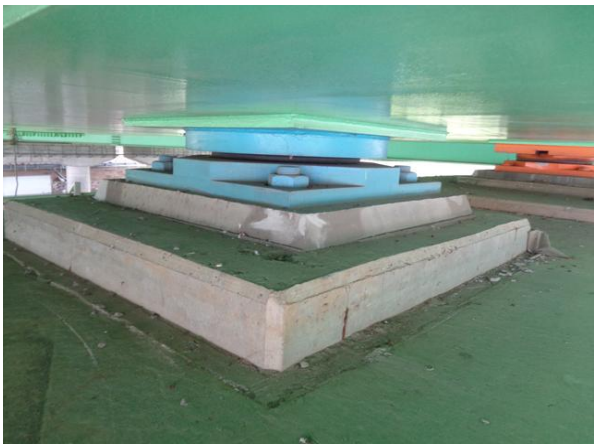
- 교량받침에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 23.3.6】 교량받침 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
A2	-	-
합계	-	-



교량받침 A2-Sh1 상태양호



교량받침 P2-Sh3 상태양호

【사진 23.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

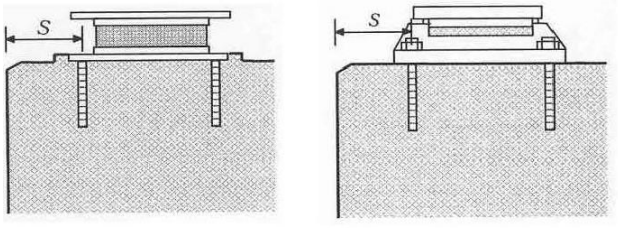
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교량받침의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 23.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 23.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=55.0m) : 200+5×55.0 = 475(㎜)
- 거더 경간길이(L=45.0m) : 200+5×45.0 = 425(㎜)

【표 23.3.7】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)			검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	
A1		425	500	510	510	O.K
P1	A1측	475	870	870	870	O.K
	A2측	475	880	870	880	O.K
P2	A1측	475	870	880	875	O.K
	A2측	475	890	890	885	O.K
P3	A1측	475	890	870	875	O.K
	A2측	475	890	885	885	O.K
A2		425	520	510	560	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 23.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 23.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	46.8	13.2	0.000012	100.0	56.2	15.8	
P1	46.8	13.2	0.000012	55.0	30.9	8.7	
P2	고정단						
P3	46.8	13.2	0.000012	55.0	30.9	8.7	
A2	46.8	13.2	0.000012	100.0	56.2	15.8	
1) 조사당시 온도 : 26.8℃(조사일 : 2022년 08월 22일, 평균온도, 고양시(기상청 자료 : 서울)) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 23.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	40(A1)	140	60	56.2	15.8	±100	OK
	SH2	40(A1)	140	60	56.2	15.8	±100	OK
	SH3	40(A1)	140	60	56.2	15.8	±100	OK
P1	SH1	5(A2)	95	105	30.9	8.7	±100	OK
	SH2	5(A2)	95	105	30.9	8.7	±100	OK
	SH3	5(A2)	95	105	30.9	8.7	±100	OK
P2	SH1,2	고정단						
P3	SH1	10(A2)	110	90	30.9	8.7	±100	OK
	SH2	10(A2)	110	90	30.9	8.7	±100	OK
	SH3	10(A2)	110	90	30.9	8.7	±100	OK
A2	SH1	30(A2)	130	70	56.2	15.8	±100	OK
	SH2	30(A2)	130	70	56.2	15.8	±100	OK
	SH3	30(A2)	130	70	56.2	15.8	±100	OK
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 강핑거조인트로 시공된 상태이다.



EXP.J1(A1) 전경



EXP.J2(A2) 전경

【사진 23.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 토사퇴적의 손상이 확인되었다.

【표 23.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	토사퇴적 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	2.50	1
A2 (EXP J2)	-	-
합계	2.50	1

	
신축이음 A1 토사퇴적(L=2.50m)	신축이음 A1 후타재 상태양호
	
신축이음 A2 상태양호	신축이음 A2 후타재 상태양호

【사진 23.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음의 현장조사 결과, 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 토사퇴적의 손상이 발생하였고, 신축이음 장치의 원활한 가동을 위하여 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10-5, α(콘크리트): 1.0×10-5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 08. 22. 기온 적용: 26.8℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃-26.8℃ = 13.2℃
△T(수축시) : -20.0℃-(26.8℃) = 46.8℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>-10~+40</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>-10~+50</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>-5~+35</td><td>-15~+35</td><td>1.0×10-5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 23.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 23.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	46.8	13.2	0.000012	100.0	56.2	15.8	80.0	80.0	100.0	
A2	46.8	13.2	0.000012	100.0	56.2	15.8	85.0	210.0	250.0	
1) 조사당시 온도 : 26.8℃(조사일 : 2022년 08월 22일, 평균온도, 고양시(기상청 자료 : 서울)) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 23.3.12】 신축이음 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①-③)	최대 신장시 (③-②)	
A2	신축이음	56.2	15.8	80.0	200	63.8	64.2	O.K
	바닥판	56.2	15.8	80.0	-	-	64.2	O.K
	거더	56.2	15.8	100.0	-	-	84.2	O.K
A2	신축이음	56.2	15.8	85.0	200	58.8	69.2	O.K
	바닥판	56.2	15.8	210.0	-	-	194.2	O.K
	거더	56.2	15.8	250.0	-	-	234.2	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 원당천(R-C)교(부천방향 확장부)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.

	
교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

【사진 23.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 23.3.13】 교면포장 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
합계	-	-

	
교면포장 S1 상태양호	교면포장 S2 상태양호
	
교면포장 S3 상태양호	교면포장 S4 상태양호

【사진 23.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 원당천(R-C)교(부천방향 확장부)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



배수구 전경



배수관 전경

【사진 23.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 배수구 토사퇴적이 확인되었다.

【표 23.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수구 토사퇴적 (개소)	
S1	11.00	11
S2	19.00	19
S3	19.00	19
S4	14.00	14
합계	63.00	63

	
배수시설 S1 배수구 토사퇴적	배수시설 S2 배수구 토사퇴적
	
배수시설 S3 배수구 토사퇴적	배수시설 S4 배수관 상태양호

【사진 23.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수시설의 배수관은 현재 양호한 상태이나, 배수구에서 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 배수구 토사퇴적이 발생하였다. 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

	
방호벽 전경	방호벽 전경

【사진 23.3.23】 방호벽 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 해당 시설물의 방호벽 접속부에 접속부 파손, 방음벽 파손의 손상이 확인되었다.

【표 23.3.15】 방호벽 현장조사 결과

구분	방호벽 파손 (㎡/개소)		방음벽 파손 (개소)	
S1	0.04	1	1.00	1
S2	-	-	-	-
S3	-	-	-	-
S4	-	-	-	-
합계	0.04	1	1.00	1

	
방호벽 S1 접속부 파손(0.2×0.2)	방호벽 S1 방음벽 파손(1EA)
	
방호벽 S1 상태양호	방호벽 S2 상태양호

【사진 23.3.24】 방호벽 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽의 현장조사 결과, 발생한 접속부 파손은 시공초기 지반안정기간에 발생한 초기 침하가 원인으로 판단되고, 방음벽 파손의 경우 외부충격에 의한 손상으로 유추되며, 손상부에 대한 단면보수 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요하다고 사료된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 본 교량은 P1~3에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.

	
점검시설 전경	점검시설 전경

【사진 23.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 및 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 23.3.16】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
합계	-	-

	
점검시설 상태양호	점검로 상태양호

【사진 23.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

23.3.3 현장조사 총괄표

【표 23.3.17】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	
거더	거더외부	상태양호	-	-	-	
	거더내부	상태양호	-	-	-	
가로보		상태양호	-	-	-	
교대		박리	㎡	4.00	1	
교각		상태양호	-	-	-	
교량받침		상태양호	-	-	-	
신축이음		토사퇴적	m	2.50	1	
교면포장		상태양호	-	-	-	
배수시설		배수구 토사퇴적	EA	63.00	63	
방호벽		방호벽 파손	㎡	0.04	1	
		방음벽 파손	EA	1.00	1	
점검시설		상태양호	-	-	-	

23.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

23.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

23.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 23.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	4	4	4	4	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

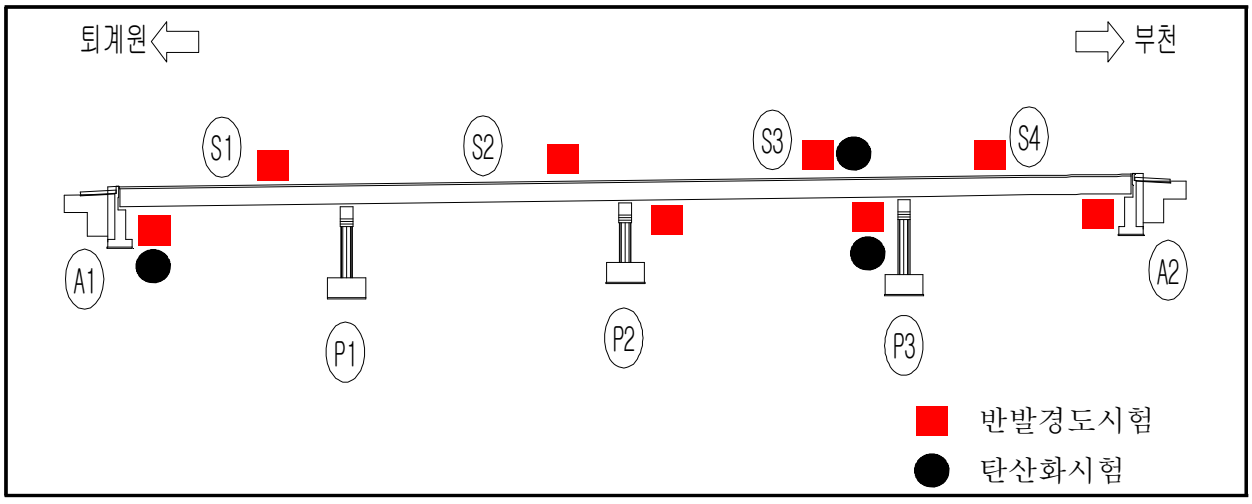
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

	
반발경도 시험 현황	반발경도 시험 현황
	
탄산화깊이 측정 현황	탄산화깊이 측정 현황

【사진 23.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 23.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

23.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 8개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 23.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(㎫)				설계기준 강도 (㎫)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1	바닥판	46.0	27.1	28.6	0.67	27.0	
	S2	바닥판	46.1	27.2	28.7			
	S3	바닥판	46.3	27.3	28.8			
	S4	바닥판	46.0	27.1	28.6			

【표 23.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(㎫)				설계기준 강도 (㎫)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1	교대	42.7	24.2	27.0	0.67	24.0	
	A2	교대	45.8	26.9	28.5			

【표 23.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(㎫)				설계기준 강도 (㎫)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	P2	교각	48.8	41.2	49.3	0.67	40.0	
	P3	교각	48.0	40.4	48.0			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.1~28.8㎫, 하부구조(교대) 24.2~28.5㎫, 하부구조(교각) 40.4~49.3㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 23.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.1 ~ 28.8	27.0	100.2 ~ 106.5
하부구조	교대	24.2 ~ 28.5	24.0	101.0 ~ 118.7
	교각	40.4 ~ 48.0	40.0	101.1 ~ 123.1

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 23.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S3 바닥판	1.00	40.00	39.00	0.71	100년이상	a
하부구조	A1 교대	0.50	100.00	99.50	0.35	100년이상	a
	P3 교대	1.00	100.00	99.00	0.71	100년이상	a

탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화 깊이는 1.0㎜, 하부구조 탄산화 깊이는 0.5~1.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 23.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.0	39.0	
하부구조	0.5~1.0	99.0~99.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 23.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.8	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.2~28.5	24.0	
		교각	40.4~48.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		99.0~99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

23.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 현장조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

23.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 문제점이 없는 최상의 상태인 'A등급'으로 산정되었다.

【표 23.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	a	a	a	a	c	c	b	a	a	q	-	a
S2	P1	STB	a	a	a	a	c	a	-	a	a	q	-	-
S3	P2	STB	a	a	a	a	c	a	-	a	a	q	a	-
S4	P3	STB	a	a	a	a	c	a	-	a	a	q	-	a
	A2								a	a	a	q	-	-
평균			0.100	0.100	0.100	0.100	0.400	0.175	0.150	0.100	0.100	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.020	0.005	0.007	0.012	0.004	0.014	0.009	0.020	-	0.004	0.003
													0.115	
													A	

■ 결함도 범위 : 0.100 ≤ 결함도지수(0.115) < 0.130

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 23.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
원당천(R-C)교 (부천방향 확장부)	0.115	A	200	1	200	1.000	0.115
합계(Σ)			200	1	200	1.000	0.115
1. 평가지수 =							0.115
2. 상태평가결과 =							A

23.5.2 기 점검 결과와의 비교

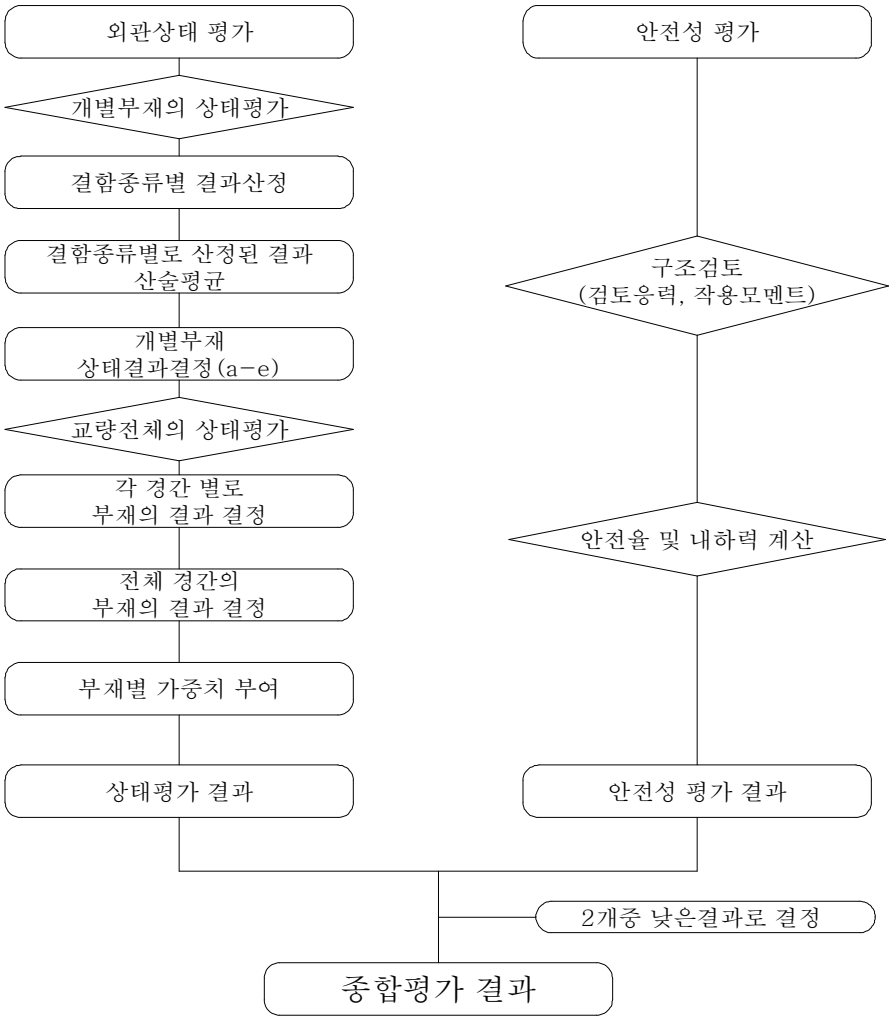
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

23.6 종합평가 및 안전등급 지정

23.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 23.6.1】 종합평가 결과 산정절차

23.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “A” 로 평가되었다.

【표 23.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
원당천(R-C)교 (부천방향 확장부)	0.115	A	-	-	A
종합평가	•문제점이 없는 최상의 상태인 “A” 로 평가됨 •종합평가 결과, “A” 로 평가됨				

23.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『문제점이 없는 최상의 상태』인 **“A등급”** 으로 지정하였다.

【표 23.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

23.7 보수·보강 및 유지관리방안

23.7.1 보수·보강 방안

【표 23.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	-	-
거더	거더외부	상태양호	-	-	-	-	-
	거더내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		박리	㎡	4.00	1	단면보수	하자
교각		상태양호	-	-	-	-	-
교량받침		상태양호	-	-	-	-	-
신축이음		토사퇴적	m	2.50	1	정비	하자
교면포장		상태양호	-	-	-	-	-
배수시설		배수구 토사퇴적	EA	63.00	63	정비	하자
방호벽		방호벽 파손	㎡	0.04	1	단면보수	하자
		방음벽 파손	EA	1.00	1	정비	하자
점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

23.7.2 개략공사비

【표 23.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교대	박리	단면보수	4.00	6.00	㎡	-	-	하자
신축이음	토사퇴적	정비	2.50	3.75	m	-	-	하자
배수시설	배수구 토사퇴적	정비	63.00	63.00	EA	-	-	하자
방호벽	방호벽 파손	단면보수	0.04	0.06	㎡	-	-	하자
	방음벽 파손	정비	1.00	1.00	EA	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

23.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 23.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상



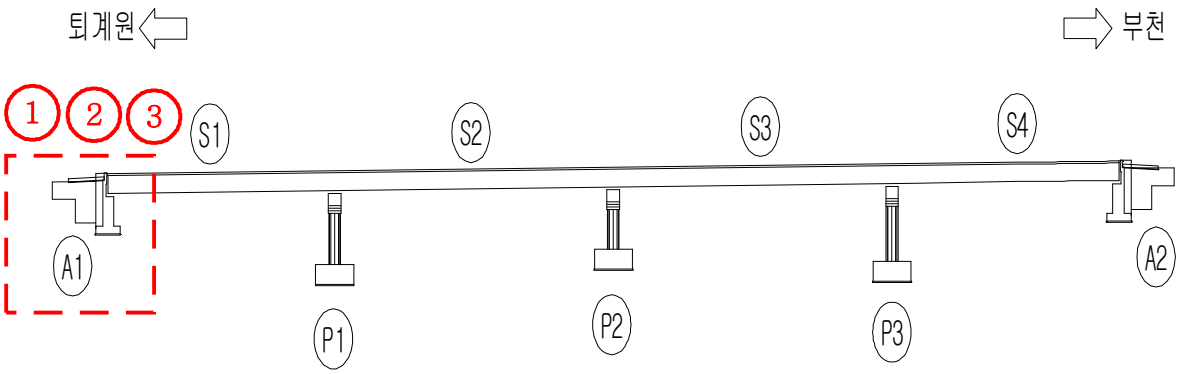
① 교대 A1 박리 – 진전 여부확인



② 방호벽 S1 파손 – 진전 여부확인



③ 방음벽 S1 파손 – 진전 여부확인



23.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 원당동 277-11에 위치한 교량으로 총 연장 200.0m, 폭 11.2m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

23.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 신축이음, 배수시설 및 외부 우수유입으로 인한 박리가 확인되었고, 손상부는 신축이음, 배수시설과 연계한 보수가 필요한 상태이다. 이에 단면보수 등의 조치가 요구된다.

5) 교각

- 교각의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

6) 교량받침

- 교량받침의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음의 현장조사 결과, 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 토사퇴적의 손상이 발생하였고, 신축이음 장치의 원활한 가동을 위하여 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

9) 배수시설

- 배수시설의 배수관은 현재 양호한 상태이나, 배수구에서 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 배수구 토사퇴적이 발생하였다. 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽의 현장조사 결과, 발생한 접속부 파손은 시공초기 지반안정기간에 발생한 초기 침하가 원인으로 판단되고, 방음벽 파손의 경우 외부충격에 의한 손상으로 유추되며, 손상부에 대한 단면보수 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요하다고 사료된다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.1~28.8㎫, 하부구조(교대) 24.2~28.5㎫, 하부구조(교각) 40.4~49.3㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화 깊이는 1.0㎜, 하부구조 탄산화 깊이는 0.5~1.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 원당천(R-C)교(부천방향 확장부)의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.115, 상태평가 점수는 “A”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 원당천(R-C)교(부천방향 확장부)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

23.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

23.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

24. 성사1교
(부천방향 확장부)

24.1 시설물 개요
24.2 자료수집 및 분석
24.3 현장조사
24.4 콘크리트 내구성조사
24.5 상태평가
24.6 종합평가 및 안전등급 지정
24.7 보수·보강 및 유지관리 방안
24.8 종합결론

24. 성사1교(부천방향 확장부)

24.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14에 위치한 교량으로 총 연장 120.0m, 폭 11.5m로 시공되어 있다.

24.1.1 일반사항

【표 24.1.1】 성사1교(부천방향 확장부) 일반사항

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000111</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td>경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14</td><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td></tr>
<tr><td colspan="2">시점이정</td><td>-</td><td colspan="2">노 선 명</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=120.0m(2@60=120.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=11.5m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조 형식</td><td>상부</td><td>Steel Box</td><td rowspan="2">기초 형식</td><td>교 대</td><td>말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교 각</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>호국로</td><td colspan="2">통과높이</td><td>9.4m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td>-</td><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td></tr>
<tr><td colspan="2">시 공 자</td><td>두산건설㈜</td><td colspan="2">관리주체</td><td>㈜다산컨설턴트</td></tr>
<tr><td colspan="2">감 리 자</td><td>㈜동일기술공사</td><td colspan="2">관리주체</td><td>서울문산고속도로주식회사</td></tr>
<tr><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">측면 전경</td><td colspan="3">상부 전경</td></tr>
</table>

24.1.2 위치도 및 전경사진



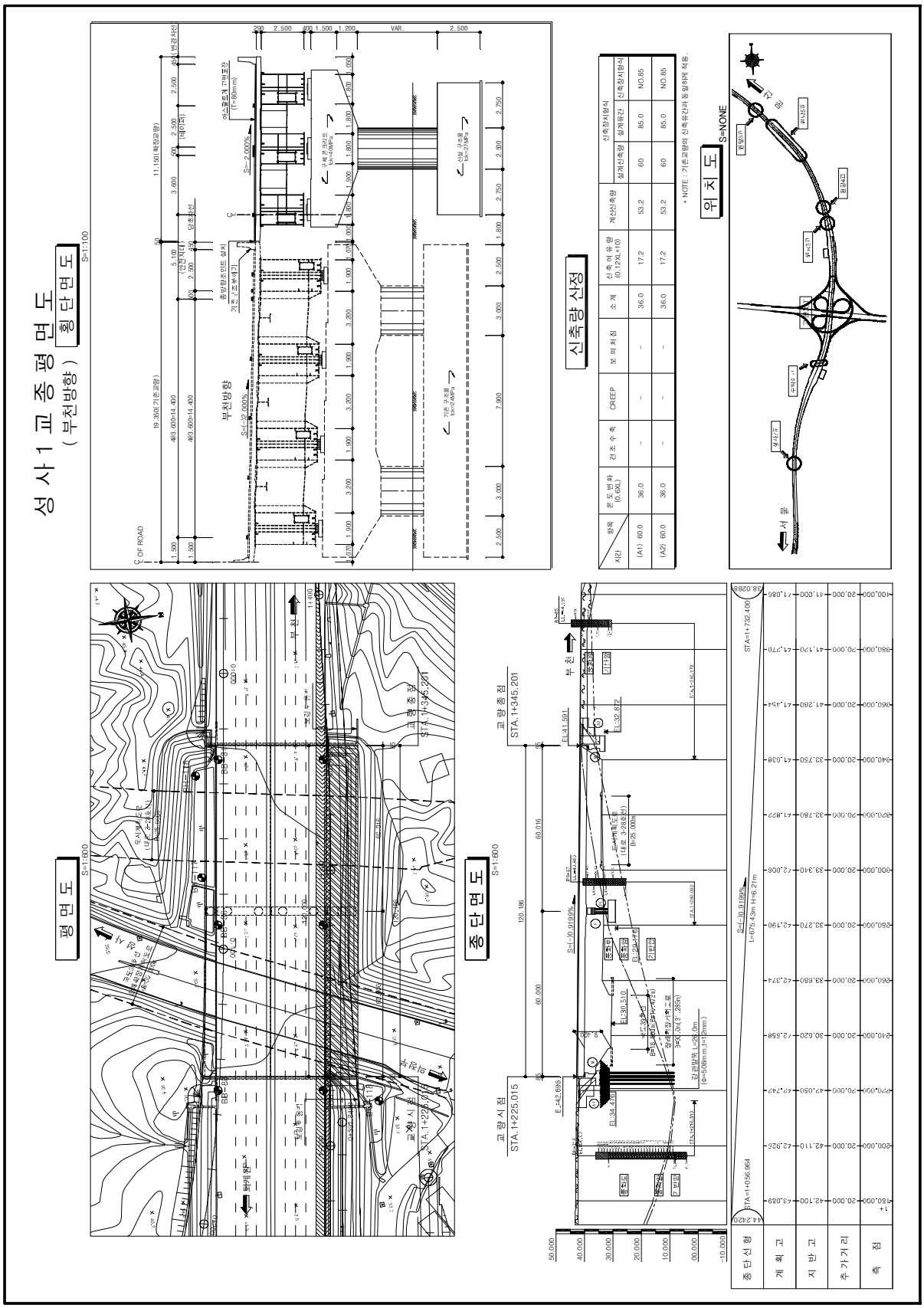
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~2	고소차, 사다리	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 5.1.1】 위치도

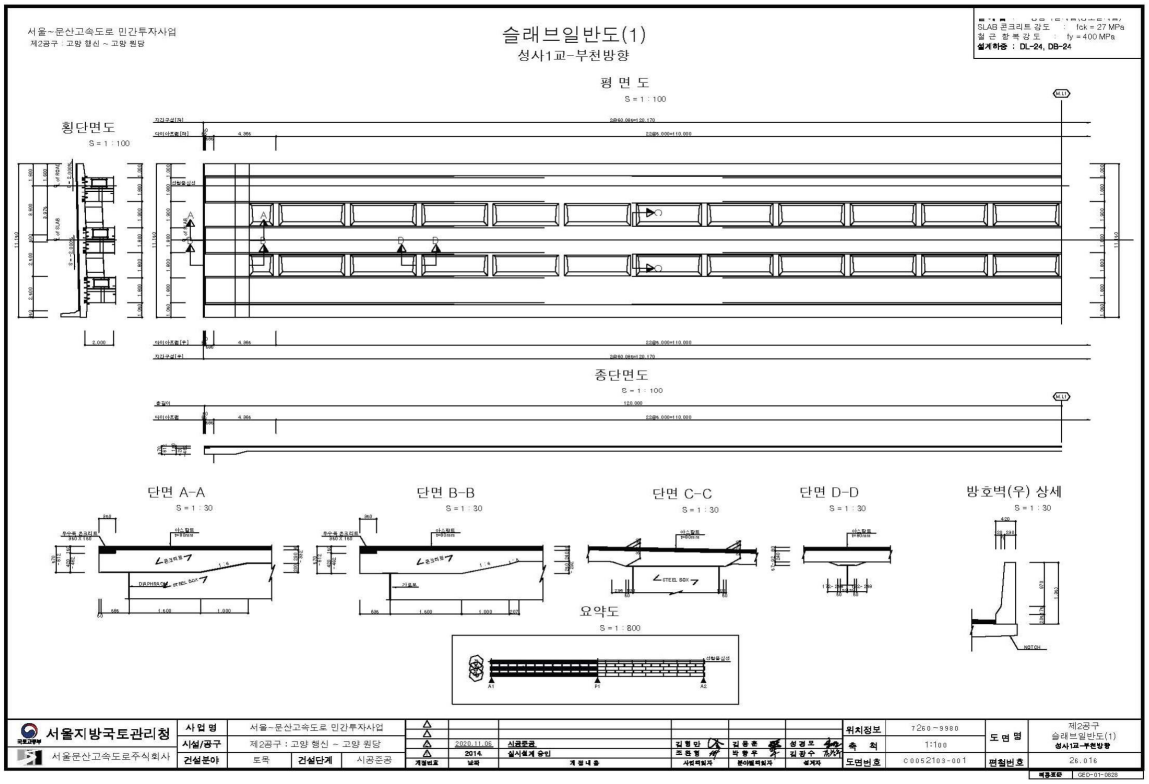
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

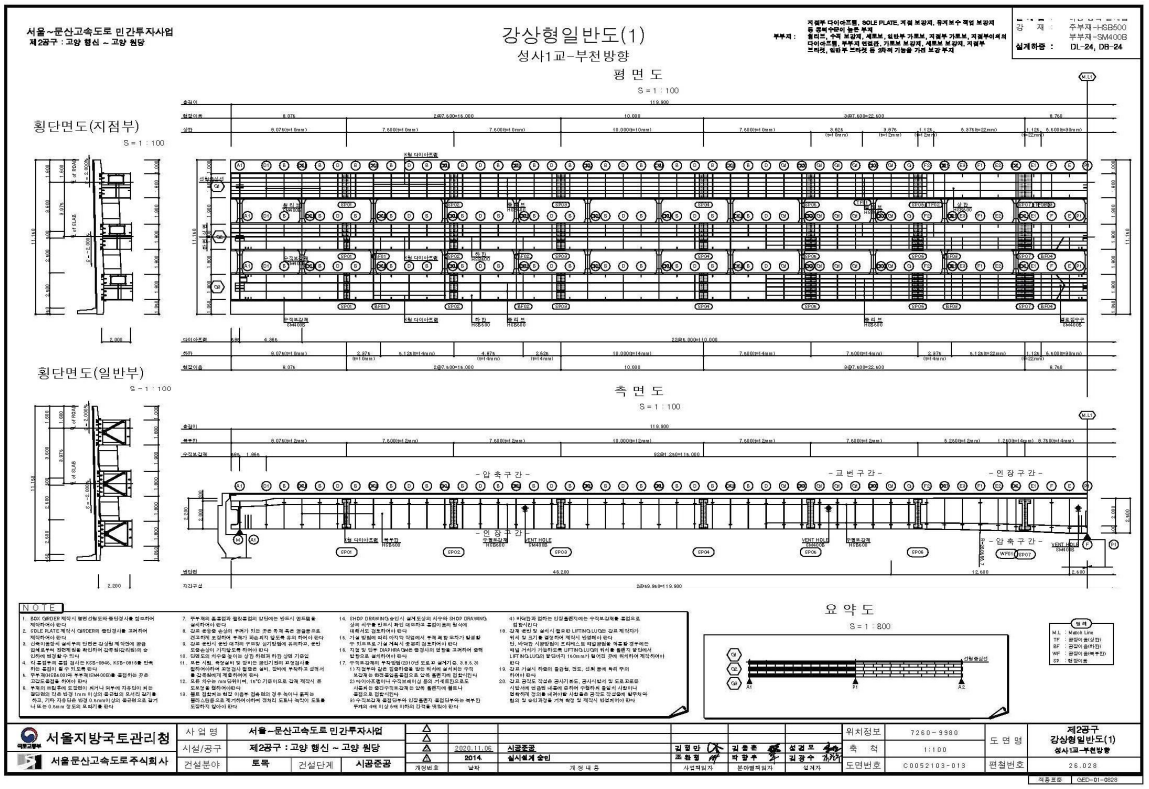
【그림 24.1.2】 부재별 현황

24.1.3 시설물 일반도

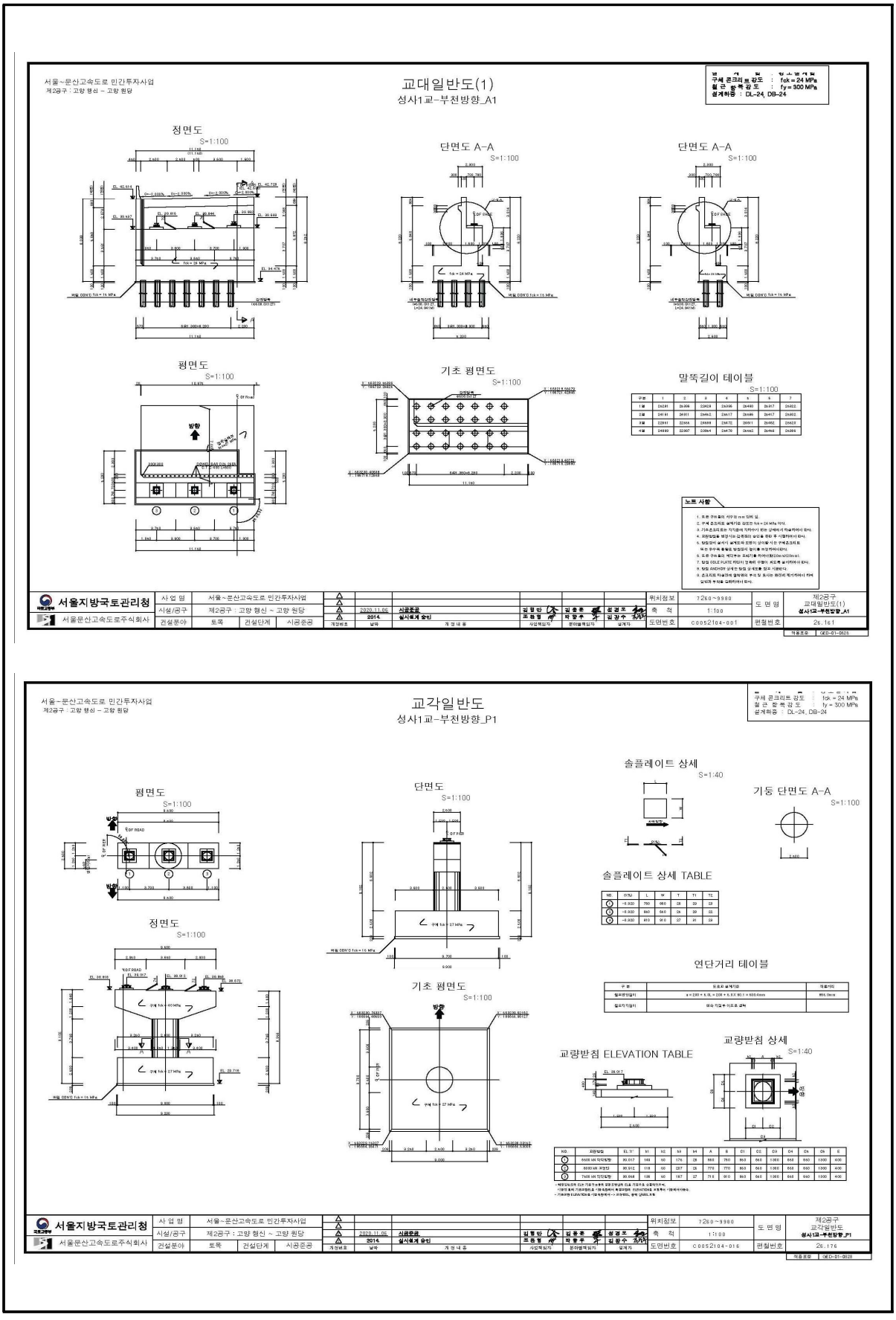


【그림 24.1.3】 평면 및 종단면도

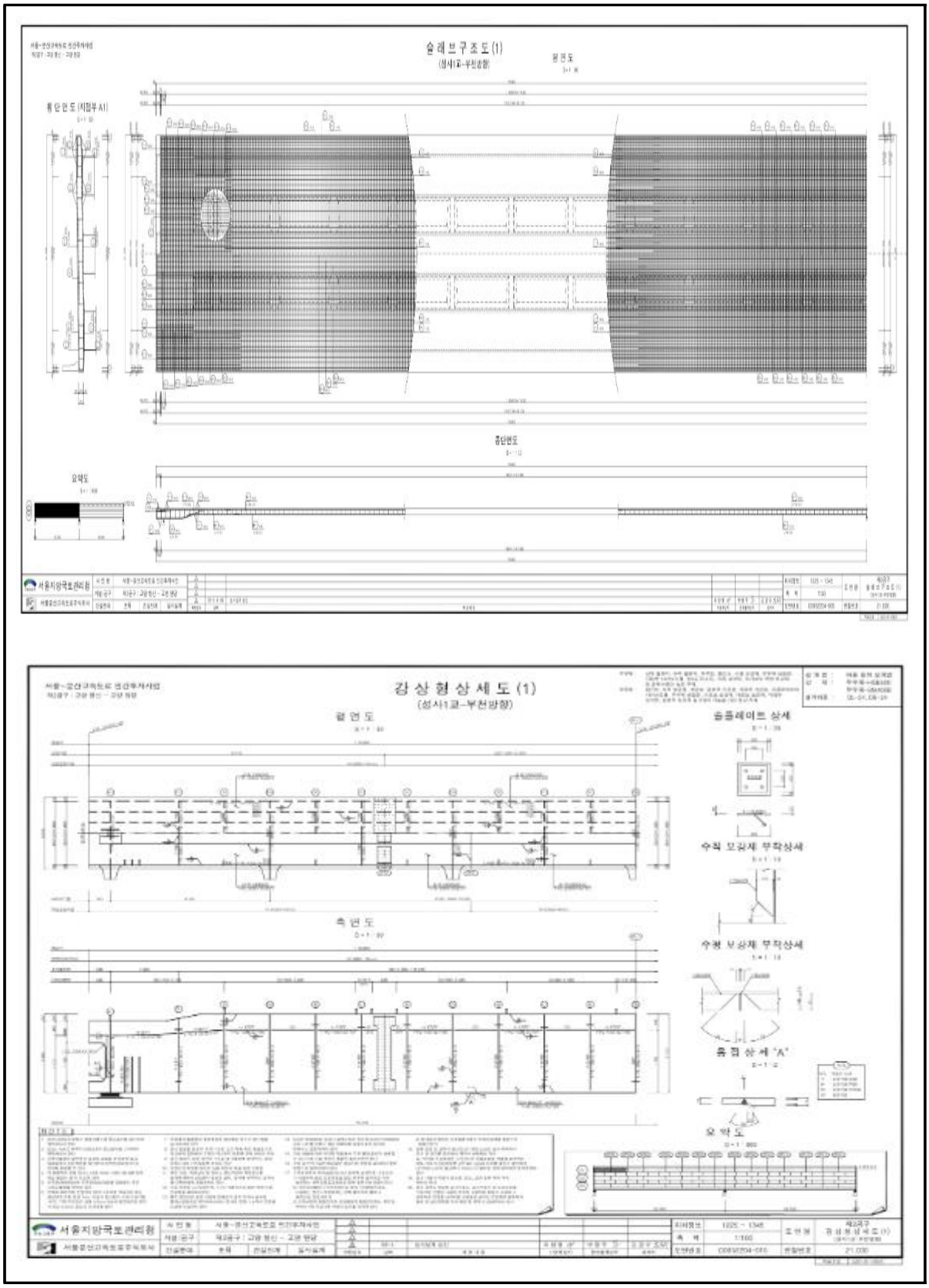




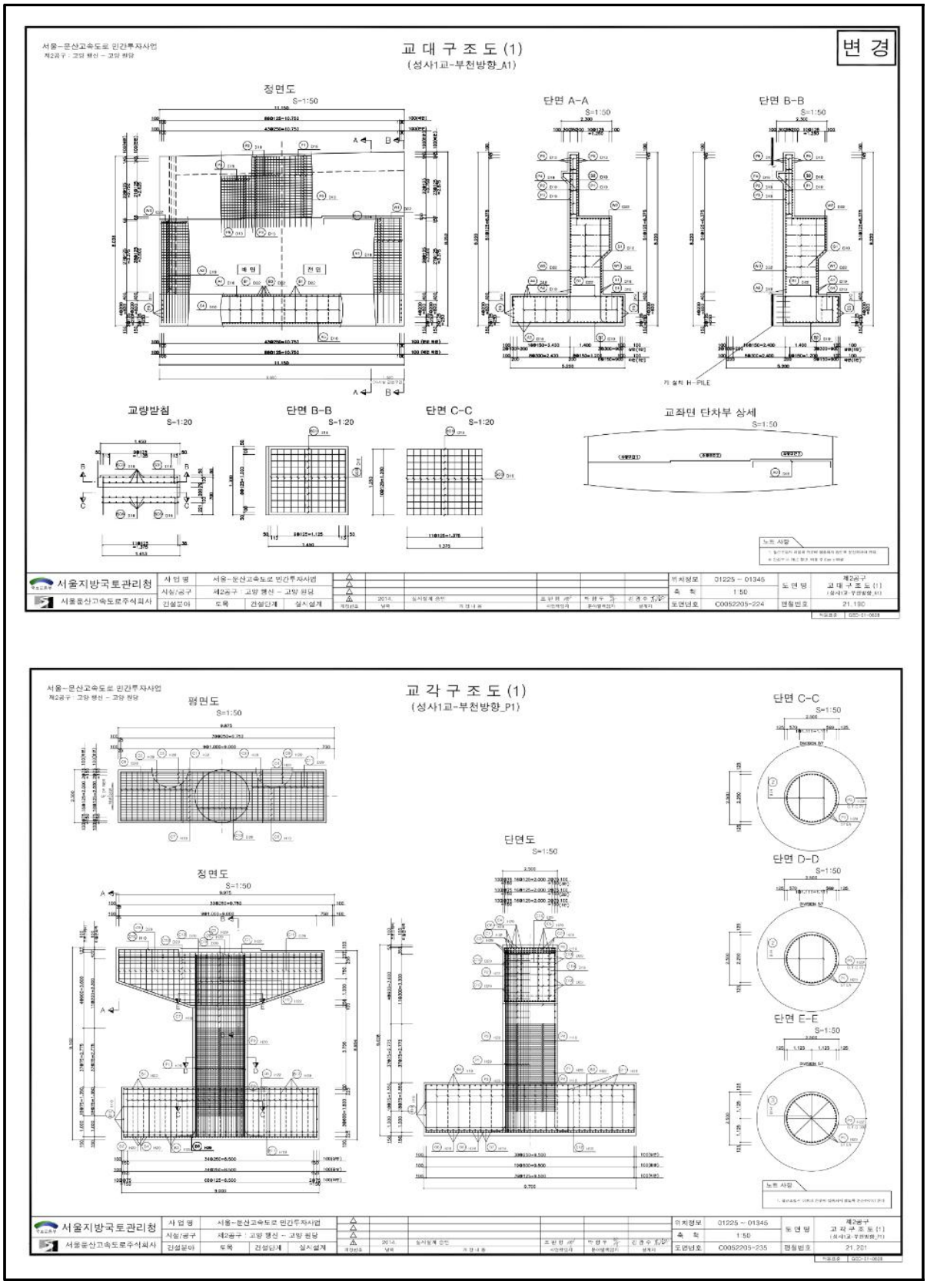
【그림 24.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도



【그림 24.1.5】 교대 일반도



【그림 24.1.6】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도



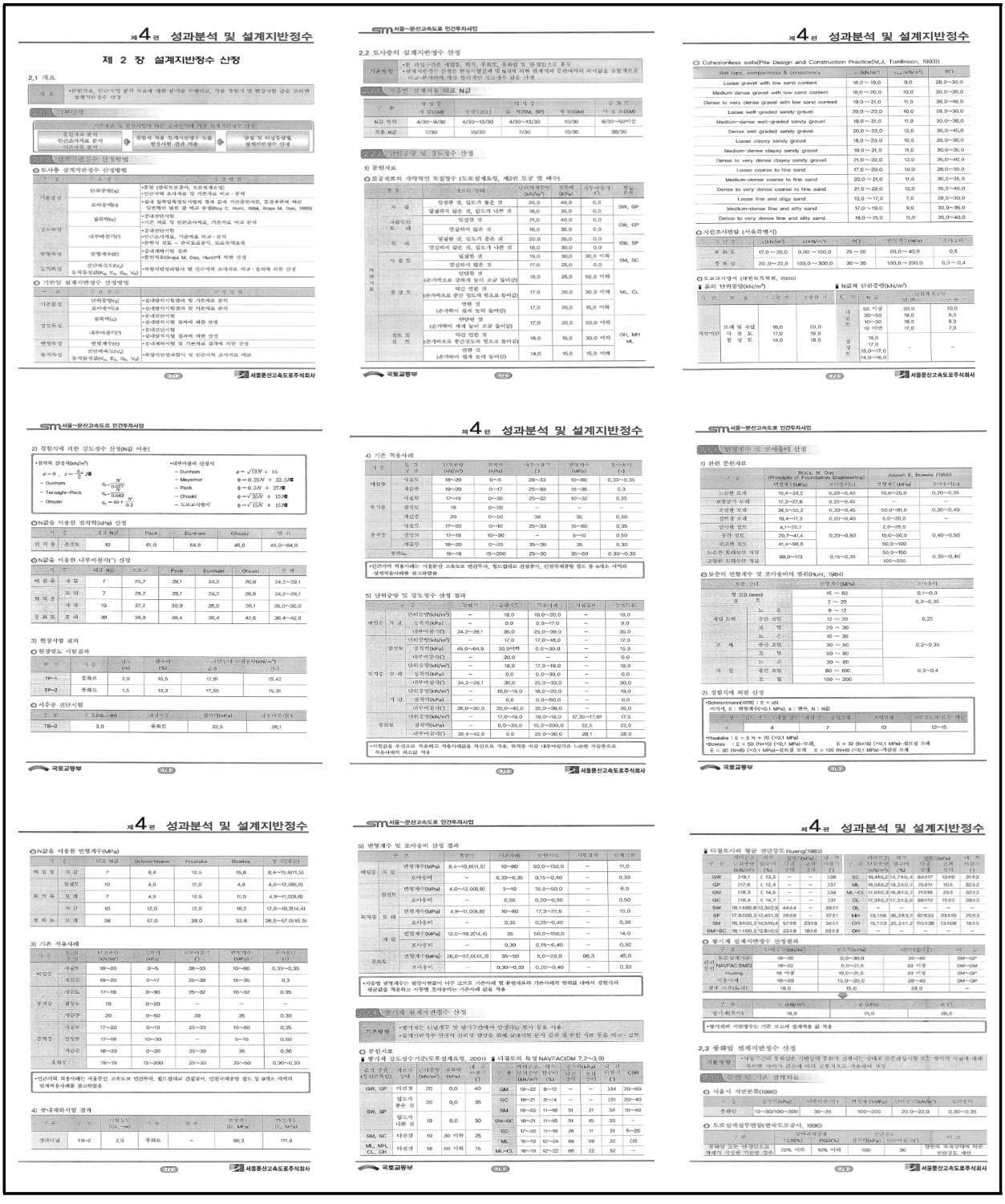
【그림 24.1.7】 교대 및 교각 구조도

24.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

24.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	–
	2001	20	30	35	–
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범위		19.5~21	10~30	30~36	–

○ 기존 적용사례

구분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0.30~0.31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공번	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31.1	31.4	156.1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	–	19.5~22.0	20.0~22.0	–	20.0
포아송비(ν)	–	0.20~0.45	0.30~0.31	–	0.30

○ 전단강도 및 변형계수

구분	경험식	문헌자료	적용사례	시험결과	설계적용
점착력(kPa)	–	10.0~300	20~50	31.1	30.0
내부마찰각(°)	) 39.5	30.0~36.0	30~33	31.4	31.0
변형계수(MPa)	–	200	50.0~350.0	156.1	150.0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 선정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암석종류(강도)	암반과쇄상태 (NX 규격 시추조사시) T.C.R(%)	R.Q.D(%)	암반의 강도정수 φ(°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~30%	10~25%	33°	130
	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반명	단위중량 γt (kN/m³)	내부마찰각 φ(°)	변형계수 Es (MPa)	포아송비 ν
연암	23~25	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0.25
경암	25~27	35~45	1,000~4,000	0.20

2) 기존 적용사례

구분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널구간	Ⅰ등급	27	4,200	44~45	18,000	0.21
	Ⅱ등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0.22
	Ⅲ등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0.24
	Ⅳ등급	24	800~900	34	1,000	0.25
	Ⅴ등급	23	400	33	500	0.26

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

○ 제안자별 경험식

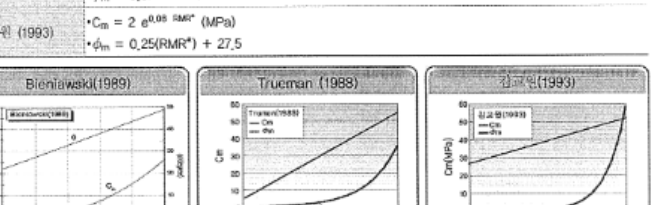
▮ 단위중량 및 포아송비

구분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산정식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y−1.28)/14.3] × 10 υ = 0.3 − (Y−1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35	υ = −0.17 Ln(RMR')+0.9



▮ 점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	관계경험식
•Bieniawski (1989)	$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346\times10^{-5}RMR^2$ $\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031\ RMR^2$
•Trueman (1988)	$C_m = 0.25\ e^{0.05\ RMR}$ (Mpa) $\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	$C_m = 2\ e^{0.08\ RMR^*}$ (MPa) $\phi_m = 0.25(RMR^*) + 27.5$



▮ 변형계수

변형계수 경험식	관계경험식	적용내용
•Bieniawski (1978)	E_m = 2RMR−100(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\ e^{0.07RMR^*}$(GPa) − RMR* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\ RMR^{3.54}$ (MPa)	
•Mohammad (1997)	E_m = 0.562 RMR + 0.183 (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)	포아송비(ν) Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
터널구간	Ⅰ등급	81	26.3	–	0.21	0.15
	Ⅱ등급	64	25.5	–	0.22	0.19
	Ⅲ등급	53	24.8	–	0.23	0.22
	Ⅳ등급	36	23.8	–	0.24	0.29
	Ⅴ등급	10	22.1	–	0.27	0.49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	Truman (1988)	김교원 (1993)
터널구간	Ⅰ등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	Ⅱ등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	Ⅲ등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	Ⅳ등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	Ⅴ등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Saratim & Pereira(1983)	김교원(1993)	Aydan(1977)
터널구간	Ⅰ등급	81	65,000	93,300	55,300
	Ⅱ등급	64	28,000	28,300	24,000
	Ⅲ등급	53	11,800	13,100	12,300
	Ⅳ등급	36	4,400	3,900	3,100
	Ⅴ등급	10	1,000	600	–

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구분	공번	시험심도 (GL.−m)	지층	암종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11.0	연암	화강암질 편마암	Ⅳ	980.3	1,166.2
	TB-3	17.0	연암	화강암질 편마암	Ⅳ	598.9	908.3

○실내시험 결과

구분	공번	심도 (m)	지층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	Ⅳ	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	Ⅲ	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	Ⅲ	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	Ⅲ	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	Ⅲ	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	Ⅲ	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	Ⅳ	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	Ⅲ	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구분	지층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적용	포아송비(ν) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	Ⅰ등급	27	26.3	–	27.0	0.21	0.15~0.21	–	0.21
	Ⅱ등급	26	25.5	–	26.0	0.22	0.19~0.22	–	0.22
	Ⅲ등급	25	24.8	26.65~26.90	25.0	0.24	0.22~0.23	0.16~0.19	0.24
	Ⅳ등급	24	23.8	27.08~28.93	24.0	0.25	0.24~0.29	0.16~0.21	0.25
	Ⅴ등급	23	22.1	–	23.0	0.26	0.27~0.49	–	0.26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구분	지층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적용
터널구간	Ⅰ등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	Ⅱ등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	Ⅲ등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	Ⅳ등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	Ⅴ등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구분	지층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적용
터널구간	Ⅰ등급	18,000	55,300~93,300	–	18,000
	Ⅱ등급	13,000~15,000	24,000~28,300	–	13,000
	Ⅲ등급	4,000~6,000	11,800~13,100	–	4,000
	Ⅳ등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	Ⅴ등급	500	600~1,000	–	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암석명	기본마찰각(ϕ_b)	암석명	기본마찰각(ϕ_b)
각섬암	32	화강암 (조립질)	31~35
현무암	31~38	석회암	33~40
역암	35	편암	31
백악	30	사암	25~35
백운암	27~31	셰일	27
편마암 (편암질)	23~29	미사암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점판암	25~30

주) 좌측 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암석면			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비고
점착력이 없는 물질	빙하 / 과쇄 암석	현무암	40.0 ~ 50.0	–	–
		백악	30.0 ~ 40.0		
		화강암	45.0 ~ 50.0		
		석회암	35.0 ~ 40.0		
		사암	35.0 ~ 45.0		
		셰일	30.0 ~ 35.0		
점착력이 있는 물질	암석	견고한 화성암	35.0 ~ 45.0	35.7 ~ 56.1	(화강암, 현무암, 반암)
		변성암	30.0 ~ 40.0	20.4 ~ 40.8	(규암, 편마암, 점판암)
		견고한 퇴적암	35.0 ~ 45.0	10.2 ~ 30.6	(석회암, 백운석, 사암)
		연약한 퇴적암	25.0 ~ 35.0	1.0 ~ 20.4	(사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암석명	설명	최대강도 c'(kPa)	φ(°)	잔류강도 c'(kPa)	φ(°)	시험자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240.0	42.0	–	–	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15.0 90.0~120.0 60.0~100.0	7.5 12.0~17.0 9.0~13.0	–	–	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0.0~270.0	8.5~29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0.0~180.0	12.0~18.5	0.0~3.0	10.5~16.0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60.0	32.0	–	–	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	–	–	0.0	19.0~25.0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
협탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0~13.0	16.0	0.0	11.0~11.5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화강섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0.0	26.5	–	–	Brawner[116]
화강암 /편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 악화됨, 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0.0~100.0 50.0~242.0	24.0~25.0 40.0~42.0	–	–	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	–	–	0.0	21.0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0~200.0	13.0~14.0 17.0~21.0	0.0	13.0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80.0 100.0	38.0 10.0	–	–	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0~24.0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14.0~30.0	15.0~17.5	–	–	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360.0 16.0~20.0	14.0 7.5~11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30.0~80.0 610.0~740.0 380.0	32.0 41.0 31.0	–	–	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50.0	33.0	–	–	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42.0~90.0	36.0~38.0	–	–	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구분	현무암	역암	편마암	화강암	사암	셰일
마찰각(°)	31.0 ~ 38.0	35.0	23.0 ~ 29.0	29.0 ~ 35.0	25.0 ~ 35.0	27.0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C, Wyllie, 1992)

구분	암종	내부마찰각(°)	비고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20.0 ~ 27.0	–
Medium-friction Rocks	27.0 ~ 34.0	–	–
사암, 역암, 편마암, 슬레이트	–	–	–

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구분	공번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	잔류	마찰각(°) 최대	잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상리터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암종	점착력(kPa) 기존문헌	실내시험	설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	실내시험	설계적용
편마암	–	47.0~59.0	47.0	–	34.7~39.1	34.0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음
•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76\times N^{0.33}$　• Imai(1982) $V_s = 97.0\times N^{0.314}$
•Okamoto(1989) $V_s = 125\times N^{0.3}$　• Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84\times N^{0.31}$
− 동전단계수 : $G_d = \rho\cdot V_s^2$
− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d\cdot(1+\nu_d)$
− 동체적계수 : $K_d = E_d/3(1-2\nu_d)$　여기서, $\rho=\gamma_t/g$, γ_t=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구분		하향식탄성파 V_p(m/s)	V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비고
매립층		–	–	144.4~224.1	180	–
퇴적층	점토	–	–	162.5~249.4	200	–
	모래	–	–	144.4~224.1	170	–
	자갈	–	–	162.5~249.4	190	–
풍화토		919~984	375~408	252.4~372.3	392	–
풍화암		1,103~1,185	511~577	276.4~404.2	544	–
연암		1,786~1,881	927~980	–	954	4등급
경암		2,168~2,323	1,192~1,277	–	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

분석결과 •내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용



제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
	일반	
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
	일반	
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
	일반	
균열 간격이 없을때	불투수성	1.0×10^{-9} 이상
	일반	

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

89 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
쌓기재	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

2.7.3 물안속체 설계지반정수

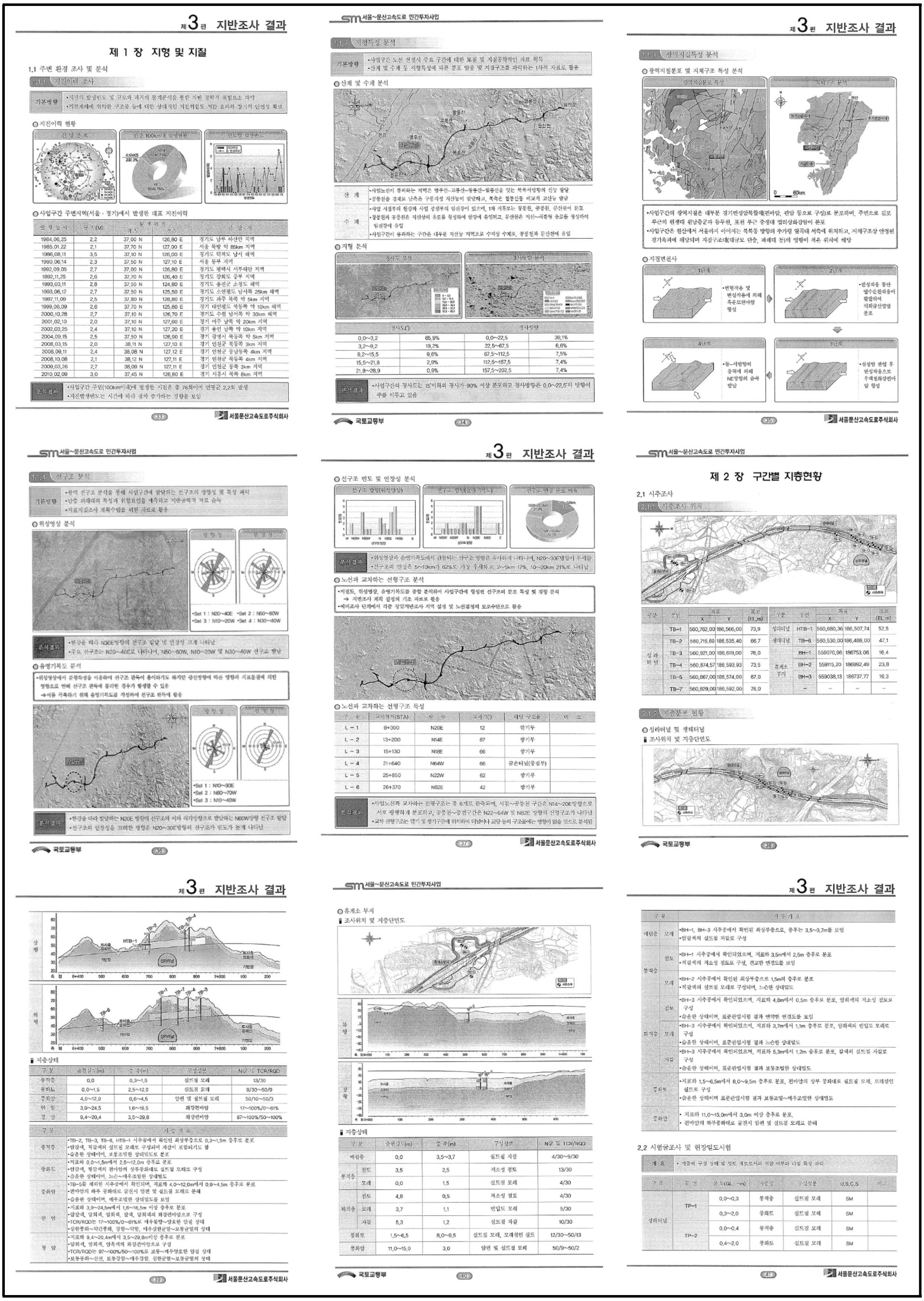
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	v_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부 90

나. 지반 및 지질 조사보고서



제3편 지반조사 결과

제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

○지진이력 현황

○사업구간 주변지역(서울 · 경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

33 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석

산 계	•사업노선이 통과하는 지역은 영주산-고봉산-왕룡산-월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수 계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 저산성의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 저산~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석

경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부 34

제3편 지반조사 결과

1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석

•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
•사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사

- 1단계: •변형작용 및 변성작용에 의해 흑운모편마암 형성
- 2단계: •변성작용 동안 열수순환작용이 활발하여 석회규산염암 분포
- 3단계: •심성암 관입 후 변성작용으로 우백질화강편마암 형성
- 4단계: •동-서방향의 응력에 의해 NE방향의 습곡 발달

35 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

○위성영상 분석

•Set 1 : N20~40E •Set 2 : N50~60W
•Set 3 : N10~20W •Set 4 : N30~40W

분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

•Set 1 : N10~30E
•Set 2 : N60~70W
•Set 3 : N10~40W

분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부 36

제3편 지반조사 결과

○선구조 빈도 및 연장성 분석

분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용

○노선과 교차하는 선형구조 특성

구 분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	해당 구조물	비 고
L - 1	6+300	N20E	12	깎기부	
L - 2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L - 3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L - 4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L - 5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L - 6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 관측되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

37 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
성라터널	TB-1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB-1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB-2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB-6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB-3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소 부지	BH-1	559070.96	186753.06	16.4
	TB-4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH-2	559115.20	186992.49	23.8
	TB-5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH-3	559038.13	186737.77	16.3
	TB-7	560,829.00	186,592.00	76.0		-	-	-	-

2.1.2 지층분포 현황

○성라터널 및 생태터널

▮조사위치 및 지층단면도

국토교통부 38

제3편 지반조사 결과

▮지층상태

구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연 암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경 암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

구 분	지층개요
붕적층	•TB-2, TB-3, TB-6, HTB-1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB-5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연 암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경 암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▮조사위치 및 지층단면도

▮지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부 40

제3편 지반조사 결과

구 분		지층개요
매립층	모래	•BH-1, BH-3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH-1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
	모래	•BH-2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
	모래	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
	자갈	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포. • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개 요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구 분	공 번	심 도(GL. -m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP-1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
	TP-2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41 서울문산고속도로주식회사

○ 현장밀도시험 결과

구 분	공 번	심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
성라터널	TP-1	2.0	풍화토	17.81	15.42	14.18	12.28	1.256
	TP-2	1.5	풍화토	17.35	15.31	13.62	12.02	1.274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17.35~17.81kN/m³, 건조단위중량 : 15.31~15.42kN/m³ •L값 : 1.256~1.274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

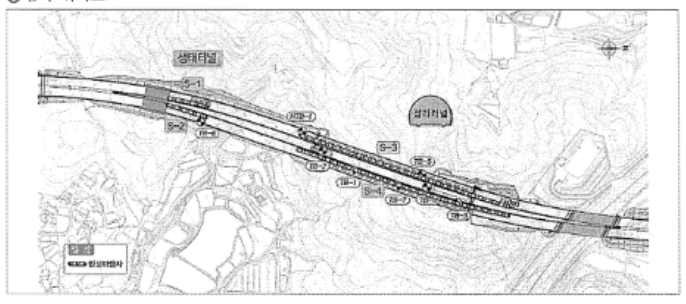
구 분	지 층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	-
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토사구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

제 3 장 물리탐사

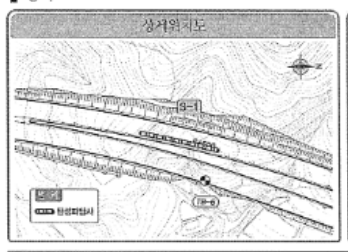
3.1 굴절법탄성파탐사

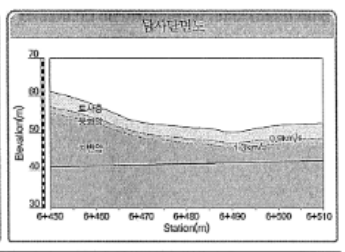
○ 탐사 위치도



○ 탐사 결과

▮ S-1

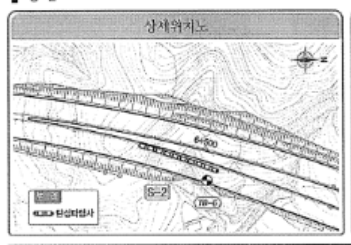


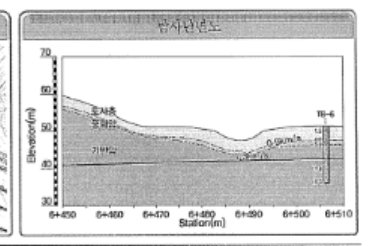


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL.-4.71 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 풍화암층의 두께는 1.13~1.68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.03~5.61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 풍화암층의 평균 두께는 1.36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.71m로 분석되었음

▮ S-2

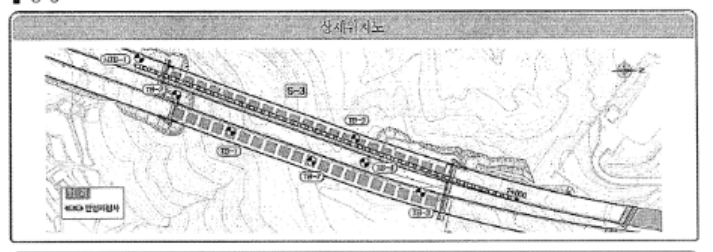


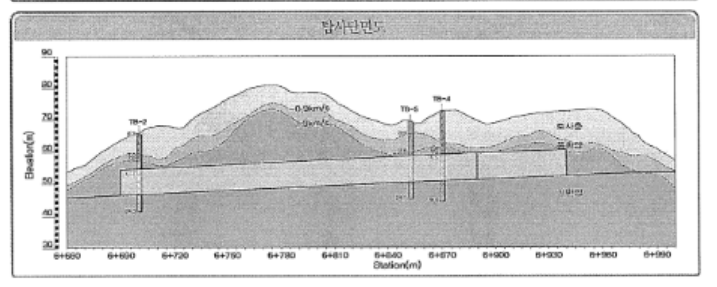


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.16	0.92	GL.-4.09 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.29~4.03m, 풍화암층의 두께는 0.52~1.20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2.81~5.21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3.16m, 풍화암층의 평균 두께는 0.92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.09m로 분석되었음

▮ S-3

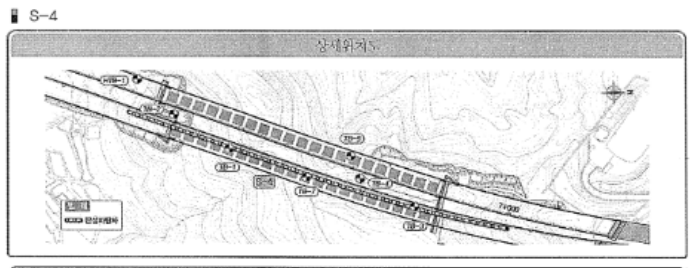


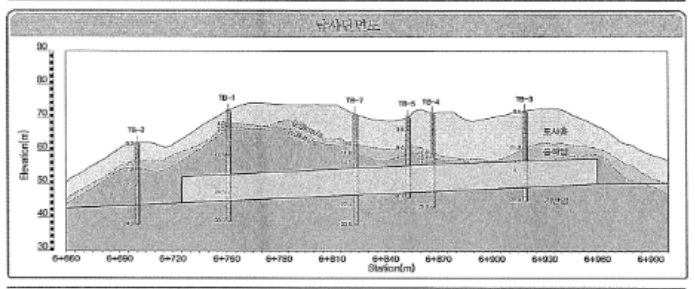


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6.67	2.93	GL.-9.60 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.78~10.86m, 풍화암층의 두께는 0.95~5.92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.45~13.60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6.67m, 풍화암층의 평균 두께는 2.93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9.60m로 분석되었음

▮ S-4





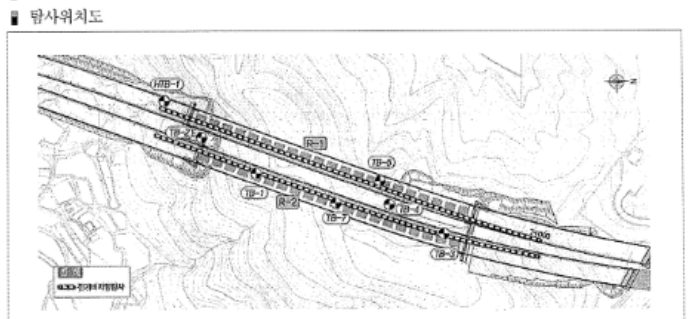
구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7.80	2.32	GL.-10.11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.98~13.49m, 풍화암층의 두께는 0.61~5.28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5.64~15.54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7.80m, 풍화암층의 평균 두께는 2.32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10.11m로 분석되었음

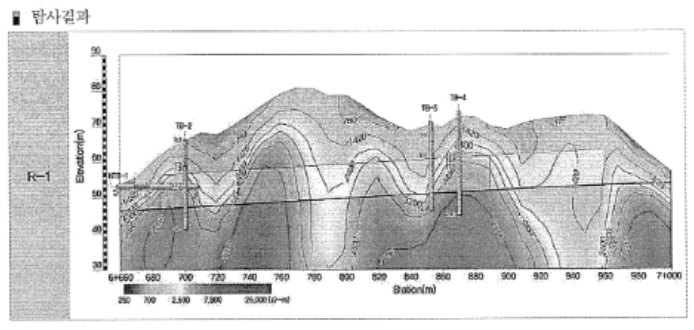
3.2 전기비저항탐사

○ 성라터널 서울방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과

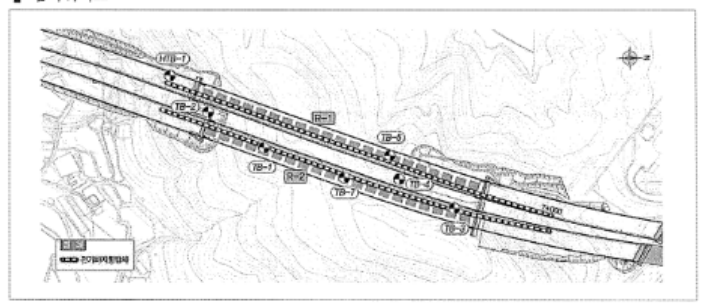


▮ 분석결과

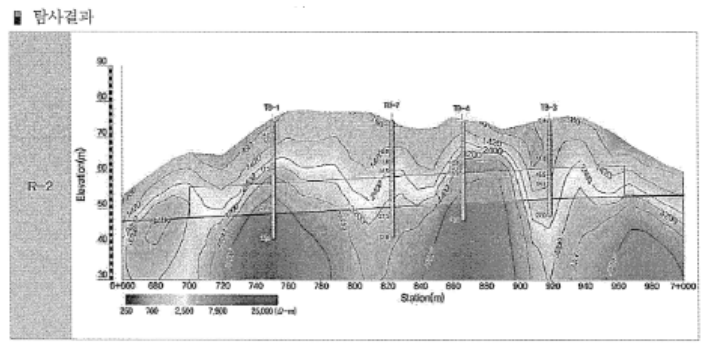
•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

○ 성라터널 문산방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과



▮ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-Ⅱ, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 시험결과

구분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2.0	풍화토	-	96.3	111.9
	TB-2	11.0	연 암	화강편마암	980.3	1,166.2
	TB-3	13.0	풍화암	-	156.1	231.1
	TB-3	17.0	연 암	화강편마암	598.9	908.3

○ 결과분석

구분	변형계수(D,MPa) 풍화토	변형계수(D,MPa) 풍화암	변형계수(D,MPa) 연 암	탄성계수(E,MPa) 풍화토	탄성계수(E,MPa) 풍화암	탄성계수(E,MPa) 연 암
성라터널	96.3	156.1	598.9~980.3	111.9	231.1	908.3~1,166.2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96.3MPa, 풍화암은 156.1MPa,연암은 598.9~980.3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 원지반 점착력(C)과 내부마찰각(Ø) 측정

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3.0	풍화토	22.5	28.1
	TB-3	12.0	풍화암	31.1	31.4

○ 결과분석

구분	점착력(c, kPa) 풍화토	점착력(c, kPa) 풍화암	마찰각(Ø, °) 풍화토	마찰각(Ø, °) 풍화암
성라터널	22.5	31.1	28.1	31.4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22.5kPa, 풍화암 31.1kPa로 산정되며, 마찰각(Ø)은 풍화토 28.1°, 풍화암 31.4°로 나타남

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

○ 터널구간

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
TB-1	7.4	66.5	TB-4	15.5	58.0	TB-7	17.6	58.4
TB-2	6.1	60.6	TB-5	6.8	60.2	-	-	-
TB-3	17.0	59.0	TB-6	3.6	43.5	-	-	-

○ 기타구간(휴게소 부지)

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
BH-1	3.2	13.2	BH-2	6.6	17.2	BH-3	3.5	12.8

○ 결과분석

구 분	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
터널구간	3.6~17.6	43.5~66.5
기타구간 (휴게소 부지)	3.2~6.6	12.8~17.2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3.6~17.6m, 기타구간 : GL.- 3.2~6.6m 범위로 분포

4.2.2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL.-m)	지 층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	1.95×10^{-4}	7.4
	TB-2	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	3.08×10^{-4}	6.1
	TB-3	12.0 ~ 13.0	풍화암	-	4.53×10^{-5}	17.0
	TB-4	8.0 ~ 9.0	풍화토	SM	2.07×10^{-4}	15.5

○ 결과분석

구 분	풍화토	풍화암
성라터널	1.96×10^{-4} ~ 3.08×10^{-4}cm/s	4.53×10^{-5}cm/s

4.2.3 수압시험

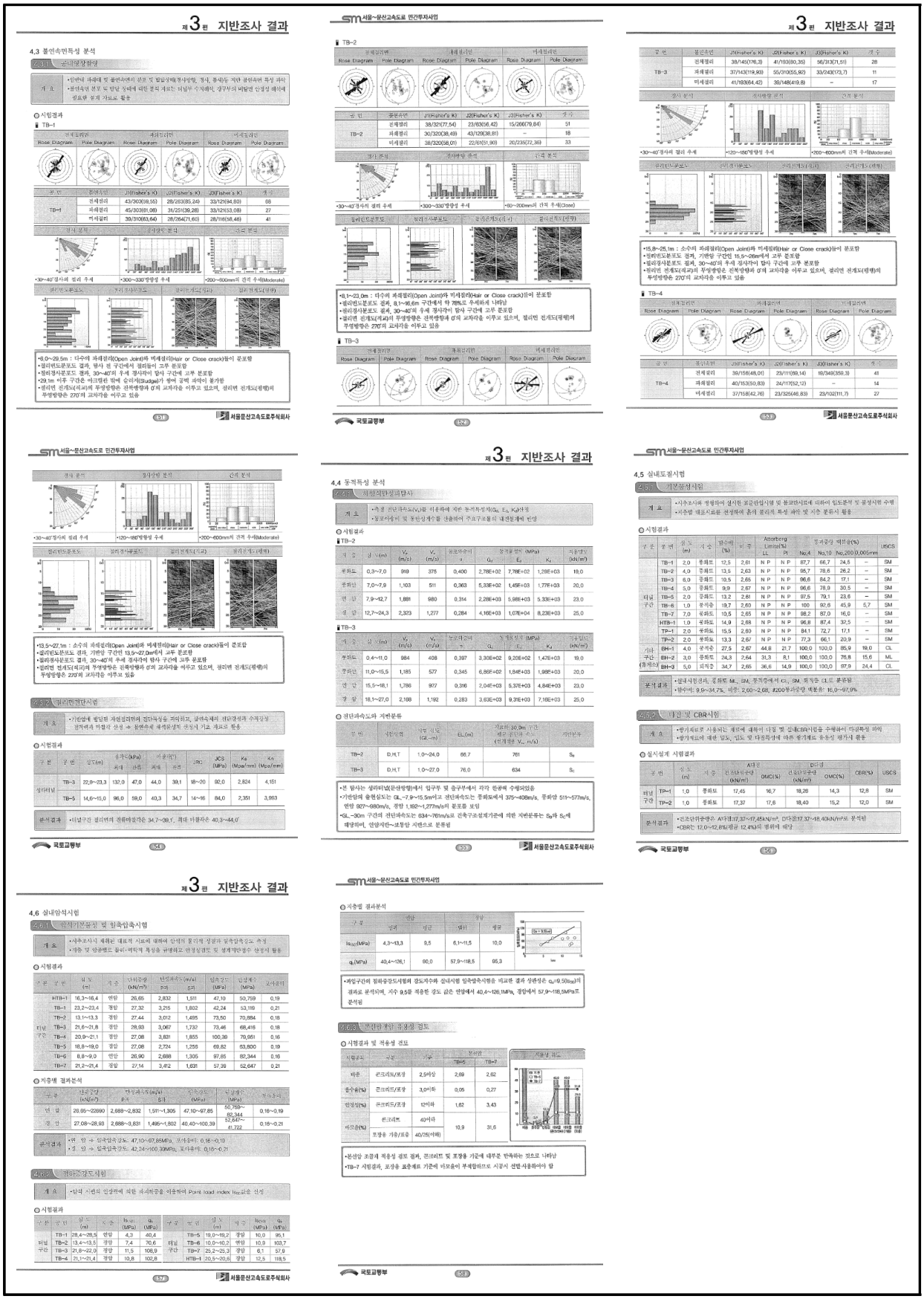
개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 계수를 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7.0 ~ 12.0	연 암	3.06×10^{-6}	0.11	Dilation
	TB - 2	16.0 ~ 21.0	경 암	1.28×10^{-6}	0.08	Dilation
	TB - 3	20.0 ~ 25.0	경 암	2.49×10^{-6}	0.04	Dilation
	TB - 6	6.0 ~ 11.0	연 암	4.76×10^{-6}	0.14	Dilation

○ 결과분석

구 분	투수계수(cm/s) 연 암	투수계수(cm/s) 경 암	평균 Lugeon 연 암	평균 Lugeon 경 암
성라터널	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	0.11~0.14	0.04~0.08



제3편 지반조사 결과

4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

개 요 •일반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 통과)등 지반 불연속면 특성 파악
•불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수직배치, 경구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

시험결과

TB-1

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-1	전체절리	43/303(59,55)	28/263(85,24)	33/121(94,80)	68
	파쇄절리	45/303(61,08)	31/251(39,28)	33/121(53,08)	27
	미세절리	39/310(63,64)	28/264(71,60)	28/116(58,48)	41

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 아크랜탄 밖에 슬리지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(세파)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

서울~문산고속도로 민간투자사업

TB-2

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-2	전체절리	38/321(77,54)	23/63(56,42)	15/266(79,84)	51
	파쇄절리	30/320(38,49)	43/129(38,81)	–	18
	미세절리	38/320(58,01)	22/61(51,90)	20/235(72,39)	33

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •60~200mm의 간격 우세(Close)

•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(세파)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-3

제3편 지반조사 결과

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-3	전체절리	38/145(176,3)	41/193(80,35)	56/313(71,51)	28
	파쇄절리	37/143(119,93)	55/310(55,92)	33/243(173,7)	11
	미세절리	41/193(64,42)	39/148(419,8)	–	17

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(세파)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-4

구 분	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-4	전체절리	39/156(48,01)	23/111(69,14)	19/349(359,3)	41
	파쇄절리	40/153(50,83)	24/117(52,12)	–	14
	미세절리	37/158(42,76)	23/325(46,83)	23/102(111,7)	27

서울~문산고속도로 민간투자사업

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(세파)의 투영방향은 전북방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요 •기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 결정에서 마찰각 산정 → 불연속체 해석문제의 안정성 기초 자료로 활용

시험결과

구 분	공 번	심도(m)	정착도(kPa) 최대	정착도(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과 •터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

제3편 지반조사 결과

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요 •측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_o, E_o, K_d)산정
•동교아울비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

시험결과

TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동교아울비 σ	동적물성치 (MPa) G_o	E_o	K_d	지층밀도 (kN/m³)
풍화도	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동교아울비 σ	동적물성치 (MPa) G_o	E_o	K_d	지층밀도 (kN/m³)
풍화도	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	927	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,168	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 심도 (GL~m)	EL_s(m)	기초하 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (전개점용 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D,H,T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D,H,T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL~7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화도에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL~30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당되며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요 •시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
•지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널 구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	풍적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타 구간 (참조소)	BH-1	4.0	풍적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과 •실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 풍적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨
•함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 타입 및 CBR시험

개 요 •평가재료로 사용되는 재료에 대하여 타입 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악
•평가재료에 대한 입도, 입도 및 다짐특성에 따른 평가재료 유용성 평가시 활용

실시설계 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널 구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.28	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과 •건조단위중량은 A다짐17.37~17.45kN/m³, D다짐17.37~18.40kN/m³로 분석됨
•CBR는 12.0~12.8%평균 12.4%의 범위에 해당

제3편 지반조사 결과

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요 •시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정
•지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과 •연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19
•경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

개 요 •암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index I_{S50}값을 산정

시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{S(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{S(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널 구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널 구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

서울~문산고속도로 민간투자사업

지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
I_{S50}(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3

•기반구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.50I_{S50}의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 본선암계암 유용성 검토

시험결과 및 적용성 검토

시험결과	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

지층성 검토

•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 서울방향
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 60.000 + 60.000 = 120.000 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 11.150 m
(6) Girder 제원 : B = 1.800 m H = 2.200 ~ 2.500 m
(7) 사 각(Skew) : 90.000 °
(8) 곡률반경(R) : 좌측 = ∞ m 중앙 = ∞ m 우측 = ∞ m
(9) 설 계 속 도 : 100.000 km/h

(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

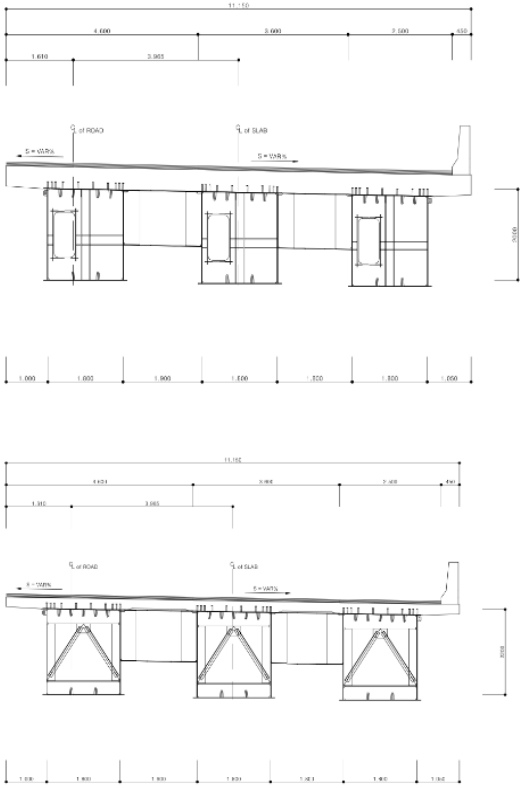
• 사 용 재 료

주 부 재	HSB520(상판, 하판, 복부판, 상부플리브, 하부플리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부의 다이아프램, 수직보강재, 플리브, 세로보, 웹판부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_{st})	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

2. 단면가정



(6) 단 면 검 토

【 내측교 : 좌측 캔틸레버부 】

• 단면제원 및 설계가정

fck = 27 MPa, fy = 400 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(m)	H(m)	d(m)	피복(m)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	290.00	230.00	60.00	110.03	0.00

• 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 1986.000 x 400.00 = 794400.000
C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 27.00 x a x 1000.000 = 22950.000 x a
T = C 이므로, a = 34.614 mm, c = 34.614 / β1 = 34.614 / 0.85 = 40.723 mm
εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0022
εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (230.00 - 40.723) / 40.723 = 0.01394
εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

• 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①
a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②
식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 1491.286 \text{ mm}^2$$

• 사용철근량 = 1986.0 mm² (철근도심 : 60.0 mm) , [사용율 = 1.332]
1단 : H16 - 10.0 EA (= 1986.0 mm²)

• 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00350
0.25 √fck / fy = 0.00325 , ρmin = 0.00350 적용
수축온도철근비 = 0.00200
ρmax = 0.714 x ρb = 0.714 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02089
ρuse = As / bd = 0.00863
ρmax ≥ ρuse ≥ ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

• 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 34.614 mm
ΦMn = 0.85 x 1986.000 x 400 x (230.00 - a/2) = 143.619 kN.m
≥ Mu (= 110.029 kN.m) ∴ O.K [안전율 1.305]

【 배력철근 검토 : 좌측 캔틸레버부 】

• 단면적비 (수축,온도철근) : 『콘크리트 구조설계기준 5.7.2』
전체 단면적 대비 0.0020 이상
사용철근량 : 1588.8 mm²
H16 - CTC 125

필요철근량 : 0.0020 x 1000.0 x 290.0 = 580.0 mm²
580.0 mm² < 1588.8 mm² ∴ O.K

• 주철근에 차량진행방향에 직각인 경우 『도로교 설계기준 3.6.1.4 (4)』
배분율 = 120.0 / √(0.950) = 123.1 과 67.0 중 작은 값 이상
사용철근량 : 1588.8 mm²
H16 - CTC 125
필요철근량 : 1491.3 x 0.670 = 999.2 mm² < 1588.8 mm² ∴ O.K

【 균열검토 : 좌측 캔틸레버부 】

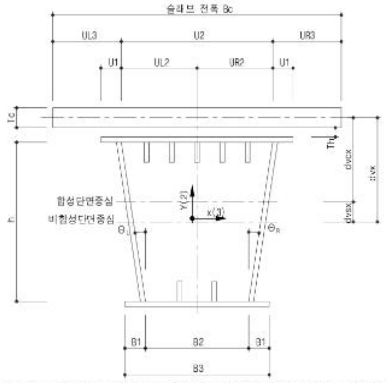
① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 52.686 x 1000000 / [1986.000 x (230.000 - 67.266/3)]
= 127.801 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b √[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x1986.000/1000.0 + 7x1986.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x230.0/(7x1986.000)]
= 67.266 mm
사용철근량 = 1986.0 mm² (철근도심 : 60.0 mm)
1단 : H16 - 10.0 EA (= 1986.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 60.00 - 16/2 = 52.00 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 127.80) - 2.5 x 52.00 = 486.19 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 127.80) = 492.95 mm
Sa는 작은 값인 486.19 mm 를 적용
S = 1000.00 / 10.0 EA = 100.00 ≤ Sa (= 486.19 mm) ∴ O.K

4.2 단 면 가 정(합성전)



주형의 탄성변형 및 부정정력을 계산하는 경우에는 정부모멘트에 관계없이 바닥판 콘크리트의 합성작용을 고려한다. (☞ 도.설 3.9.1.2)

Bc : 바닥판 콘크리트의 폭
Tc : 바닥판 콘크리트의 두께
Th : 바닥판 콘크리트의 헌치 높이
N : 강재와 콘크리트의 탄성계수비 ($N = E_s / E_c$)
Ac : 바닥판 콘크리트의 단면적
Av : 합성후 (강재 + 바닥판 콘크리트)의 환산 단면적
$I_{cc(y)}$: 2축(3축) 방향 바닥판 콘크리트의 단면 2차 모멘트
$d_{sc(y)}$: 2축(3축) 방향 강재단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
$d_{vc(y)}$: 2축(3축) 방향 합성후 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
$d_{vs(y)}$: 2축(3축) 방향 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리
(합성전 및 합성후 단면에서의 도심축 이동량)
I_{33} : 합성전 강재단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트
I_{22} : 합성전 강재단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트
I_{v33} : 합성후 단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트
I_{v22} : 합성후 단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트
Θ_L : 좌측 복부판과 연직선이 이루는 각도
Θ_R : 우측 복부판과 연직선이 이루는 각도

◎ 단면별 비틀림 모멘트 고려범위 판정 결과

구 분	B_u	B_l	H	Tu	t_l	t_w	$F(mm^2)$	β_u	β_l	ε	q'
단면-1	1,812.0	1,812.0	2,510.0	10.0	10.0	12.0	4.55E+06	0.602	0.602	1.389	11650.9
단면-2	1,812.0	1,812.0	2,510.0	10.0	10.0	12.0	4.55E+06	0.602	0.602	1.389	11650.9
단면-3	1,812.0	1,812.0	2,511.0	10.0	12.0	12.0	4.55E+06	0.601	0.722	1.667	12121.8
단면-4	1,812.0	1,812.0	2,513.0	10.0	16.0	12.0	4.55E+06	0.601	0.961	2.222	12767.9
단면-5	1,812.0	1,812.0	2,513.0	10.0	16.0	12.0	4.55E+06	0.601	0.961	2.222	12767.9
단면-6	1,812.0	1,812.0	2,516.0	20.0	16.0	12.0	4.56E+06	1.199	0.959	4.444	14635.1
단면-7	1,812.0	1,812.0	2,521.0	20.0	22.0	12.0	4.57E+06	1.198	1.318	6.111	15403.2
단면-8	1,812.0	1,812.0	2,526.0	24.0	28.0	12.0	4.58E+06	1.435	1.674	9.333	16311.5

구 분	$\Delta\omega$	ω_1	ω_2	I_v	$I_w(m^6)$	$h(m^2)$	α	판 정
단면-1	4,711,038.3	-2,355,519.2	2,355,519.2	59,365.0	1.78E+17	1.06E+11	28.40	$\alpha > 10$
단면-2	4,711,038.3	-2,355,519.2	2,355,519.2	59,365.0	1.78E+17	1.06E+11	28.40	$\alpha > 10$
단면-3	4,811,460.7	-2,445,241.5	2,366,219.2	59,365.0	1.93E+17	1.10E+11	27.86	$\alpha > 10$
단면-4	4,950,583.7	-2,593,299.3	2,357,284.4	59,365.0	2.18E+17	1.16E+11	25.89	$\alpha > 10$
단면-5	4,950,583.7	-2,593,299.3	2,357,284.4	59,365.0	2.18E+17	1.16E+11	25.89	$\alpha > 10$
단면-6	5,352,240.9	-2,597,441.7	2,754,799.2	59,365.0	2.99E+17	1.34E+11	24.61	$\alpha > 10$
단면-7	5,519,981.4	-2,798,816.7	2,721,164.7	59,365.0	3.47E+17	1.41E+11	23.48	$\alpha > 10$
단면-8	5,722,118.2	-2,936,166.9	2,785,951.3	59,365.0	4.22E+17	1.49E+11	21.92	$\alpha > 10$

※ 검토결과 비틀림 상수비 $\alpha < 0.4$일 경우 순수비틀림에 따른 응력계산을, $\alpha > 10$일 경우 뒴비틀림에 대한 응력계산을 각각 생략할 수 있다.

2) 합성후 WARPING TORSION 에 대한 검토

비틀림상수비 가장 큰 단면 8 에 대하여 검토함

$B_{1} = U_2 + t_w/2 \times 2es$ = 1,800.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 1,812.0 mm
$B_{2} = B_2 + t_w/2 \times 2es$ = 1,701.3 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 1,713.3 mm
$H = h + t_u/2 + t_l/2$ = 2,500.0 + 58.3 / 2 + 28.0 / 2 = 2,543.2 mm
$F = (B_2+B_1) / 2 \times H$ = (1,812.0 + 1,713.3) / 2 × 2,543.2 = 4,482,083.3 mm^2
$\beta_u = (B_u \times t_u)/(t_w \times H)$ = (1,812.0 × 58.3) / (12.0 × 2,543.2) = 3.462
$\beta_l = (B \times t_l)/(t_w \times H)$ = (1,713.3 × 28.0) / (12.0 × 2,543.2) = 1.572
$\varepsilon = 2 \times t_u \times t_l / t_w^2$ = 2 × 58.3 × 28.0 / 12.0² = 22.672

• 비틀림 함수

$q' = \{(B_u + B_l) / 2 \times t_w \times \varepsilon\} / (\beta_u + \beta_l + \varepsilon)$
= {(1,812.0 + 1,713.3)/2 × 12.0 × 22.672} / (3.462 + 1.572 + 22.672) = 17,309.0

• 뒴구침 함수(Unit Warping)

$\Delta\omega = \{(B_u + B_l) / 2 / 2 \times H\} + (q' \times H) / t_w$
= {(1,812.0 + 1,713.3)/2/2 × 2,543.2} + (17,309.0 × 2,543.2)/12.0 = 5,909,620.5
$\omega_1 = \{-\Delta\omega \times (\beta_l + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6)$
= {-5,909,620.5 × (1.572 + 3)} / (3.462 + 1.572 + 6) = -2,448,763.0

4.5 뒴비틀림(WARPING TORSION)에 대한 검토

1) 합성전 WARPING TORSION 에 대한 검토 (☞ 철.설 9.10.1 ☞ 강교설계의 기초 P165)

비틀림상수비 가장 큰 단면 8 에 대하여 검토함

$B_{1} = U_2 + t_w/2 \times 2es$ = 1,800.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 1,812.0 mm
$B_{2} = B_2 + t_w/2 \times 2es$ = 1,800.0 + 12.0 / 2 + 12.0 / 2 = 1,812.0 mm
$H = h + t_u/2 + t_l/2$ = 2,500.0 + 24.0 / 2 + 28.0 / 2 = 2,526.0 mm
$F = (B_2+B_1) / 2 \times H$ = (1,812.0 + 1,812.0) / 2 × 2,526.0 = 4,577,112.0 mm^2
$\beta_u = (B_u \times t_u)/(t_w \times H)$ = (1,812.0 × 24.0) / (12.0 × 2,526.0) = 1.435
$\beta_l = (B \times t_l)/(t_w \times H)$ = (1,812.0 × 28.0) / (12.0 × 2,526.0) = 1.674
$\varepsilon = 2 \times t_u \times t_l / t_w^2$ = 2 × 24.0 × 28.0 / 12.0² = 9.333

• 비틀림 함수

$q' = \{(B_u + B_l) / 2 \times t_w \times \varepsilon\} / (\beta_u + \beta_l + \varepsilon)$
= {(1,812.0 + 1,812.0)/2 × 12.0 × 9.333} / (1.435 + 1.674 + 9.333) = 16,311.5

• 뒴구침 함수(Unit Warping)

$\Delta\omega = \{(B_u + B_l) / 2 / 2 \times H\} + (q' \times H) / t_w$
= {(1,812.0 + 1,812.0)/2/2 × 2,526.0} + (16,311.5 × 2,526.0)/12.0 = 5,722,118.2
$\omega_1 = \{-\Delta\omega \times (\beta_l + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6)$
= {-5,722,118.2 × (1.674 + 3)} / (1.435 + 1.674 + 6) = -2,936,166.9
$\omega_2 = \{\Delta\omega \times (\beta_u + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6)$
= {5,722,118.2 × (1.435 + 3)} / (1.435 + 1.674 + 6) = 2,785,951.3

• 뒴구침 비틀림 상수

$I_v = H \times t_w/3 \{\omega_1^3(2+\beta_w) + 2 \times \omega_1 \times \omega_2 - \omega_2^3(2+\beta_l)\}$
= 2,526.0 × 12.0/3 × {-2,936,166.9³ ×(2 + 1.435)+ 2 × -2,936,166.9
× 2,785,951.32 + 2,785,951.3² × (2 + 1.674)} = 4.220E+17 mm^6

• 순수 비틀림 상수

$K = 4A^2 / \{\oint ds / t\}$
= $4H^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / t_w + B_u / t_{bu} + B_l / t_l\}$
= 4 × 4,577,112.0² / {(2,526.0 + 2,526.0) / 12.0 + 1,812.0 / 24.0
+ 1,812.0 / 28.0 } = 1.493E+11

• 비틀림 상수비

$\alpha = L \sqrt{\frac{G \cdot K}{E_s \cdot I_w}}$ = 59,365.0 × $\sqrt{\frac{79,000.0 \times 1.493E+11}{205,000.0 \times 4.220E+17}}$ = 21.922

α = 21.92 > 10.0 ※ 검토결과 $\alpha > 10$이므로 뒴비틀림에 따른 응력 계산을 생략할 수 있다.

L : 시간장(59,365.0 mm)
E_s : 탄성계수(205,000.0 MPa)
G : 전단탄성계수(79,000.0 MPa)

7.2 사용하중 조합시 부재력 집계

1) 교축직각방향

① 기둥 : 부재번호 12 (교직방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
SV001	-17403.078	1502.707	0.000	-17932.854	1502.707	0.000	
SV002	-15505.733	-1992.007	0.000	-17035.509	-1992.007	0.000	
SV003	-15416.525	6961.394	0.000	-16946.371	6961.394	0.000	
SV004	-13632.238	4008.638	-381.855	-14182.014	5692.045	-398.043	
SV005	-17403.078	2758.104	-281.055	-17932.854	3988.888	-289.149	
SV006	-15505.733	-736.610	-281.055	-17035.509	494.174	-289.149	
SV007	-15416.525	8216.791	-281.055	-16946.371	9447.575	-289.149	
SV008	-17403.078	1502.707	0.000	-17932.854	1502.707	0.000	
SV009	-17403.078	1502.707	0.000	-17932.854	1502.707	0.000	
SV010	-15505.733	-1992.007	0.000	-17035.509	-1992.007	0.000	
SV011	-15505.733	-1992.007	0.000	-17035.509	-1992.007	0.000	
SV012	-15416.525	6961.394	0.000	-16946.371	6961.394	0.000	
SV013	-15416.525	6961.394	0.000	-16946.371	6961.394	0.000	
SV014	-13632.238	4008.638	-381.855	-14182.014	5692.045	-398.043	
SV015	-13632.238	4008.638	-381.855	-14182.014	5692.045	-398.043	
SV016	-17403.078	2758.104	-281.055	-17932.854	3988.888	-289.149	
SV017	-17403.078	2758.104	-281.055	-17932.854	3988.888	-289.149	
SV018	-15505.733	-736.610	-281.055	-17035.509	494.174	-289.149	
SV019	-15505.733	-736.610	-281.055	-17035.509	494.174	-289.149	
SV020	-15416.525	8216.791	-281.055	-16946.371	9447.575	-289.149	
SV021	-15416.525	8216.791	-281.055	-16946.371	9447.575	-289.149	
SV022	-13632.238	2849.433	0.000	-14182.014	2849.433	0.000	
SV023	-17403.078	1502.707	0.000	-17932.854	1502.707	0.000	
SV024	-15505.733	-1992.007	0.000	-17035.509	-1992.007	0.000	
SV025	-15416.525	6961.394	0.000	-16946.371	6961.394	0.000	
SV026	-13632.238	4008.638	-381.855	-14182.014	5692.045	-398.043	

4. 안 정 검 토

1) 하중집계 및 조합

① 작용하중 집계표 : 『하중계산 참조』

구 분	수직력	수평력	작용거리		모멘트	
			X(m)	Y(m)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
1. 교대구체(중심시)	395.564	-	2.230	2.463	882.025	-
2. 교대구체(지진시)	395.564	30.458	2.230	2.463	882.025	75.024
3. 뒷채움재(중심시)	348.410	-	3.909	4.859	1361.949	-
4. 뒷채움재(지진시)	348.410	26.828	3.909	4.859	1361.949	130.345
5. 배면토압(중심시)	-	184.544	-	2.751	-	507.627
6. 배면토압(지진시)	-	213.826	-	4.126	-	882.259
7. 뒷채움 상재하중	26.000	22.363	3.900	4.126	101.400	92.271
8. 상부 고정하중반력	297.745	-	1.380	-	410.888	-
9. 상부 활하중반력	152.460	-	1.380	-	210.395	-
10. 교중앙풍하중력	-	14.887	-	5.628	-	83.777
11. 상부관성력	-	14.887	-	5.628	-	83.777

② 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	769.974	206.907	2345.374	599.895
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7)	769.974	206.907	2345.374	599.895
COMB 3	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+4+6)	743.974	271.112	2243.974	1087.628
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)	1220.179	206.907	2966.657	599.895
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+	1220.179	221.794	2966.657	683.675
COMB 6	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+4+6+	1041.719	285.999	2654.862	1171.405

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시
가설시의 상하중은 다점기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.

2) 전도에 대한 안정

- 말뚝기초 이므로 불필요 : 『10. 말뚝검토』 참조

3) 활동에 대한 안정

- 말뚝기초 이므로 불필요 : 『10. 말뚝검토』 참조

4) 지지력에 대한 안정

- 말뚝기초 이므로 불필요 : 『10. 말뚝검토』 참조

5) 말뚝도심에서의 작용하중 산정

① 말뚝도심의 작용하중 계산

$\sum M = \sum Mr - \sum Mo$

e = 말뚝도심(= 2.600) - $\sum M / \sum V$

$Mc = V \times e$

※ 말뚝도심의 계산

구 분	거 리(m)	본 수	거리 x 본수	도 심(m)
1 열	0.650	7.000	4.550	-
2 열	1.950	7.000	13.650	-
3 열	3.250	7.000	22.750	-
4 열	4.550	7.000	31.850	-
계	-	28.000	72.800	2.600

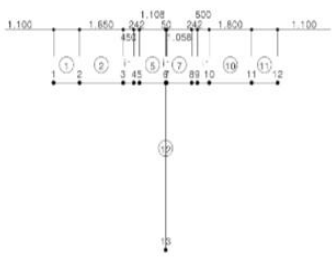
② 하중조합별 작용력

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	e(m)	Mc(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	8585.210	2307.013	0.333	2858.875
COMB 2	고정하중+활하중+투압+온도하중(1+3+	8585.210	2307.013	0.333	2858.875
COMB 3	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+	8295.310	3022.899	1.046	9676.894
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)	13604.996	2307.013	0.660	8979.297
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+	13604.996	2473.003	0.729	9918.042
COMB 6	고정하중+투압+지진하중+온도하중(2+	11615.167	3188.089	1.176	13659.436

註) COMB 1,2,3 : 상부하중 비재하시(가설시), COMB 4,5,6 : 상부하중 재하시
각 작용력은 교대의 전폭 11.150 m)을 ①라인 결과값임.

6. 구 조 해 석

6.1 해석 모델링



6.2 절점 좌표

절점	X	Z	절점	X	Z	절점	X	Z
1	0.000	6.267	6	4.750	6.257	11	8.400	6.267
2	1.100	6.267	7	4.800	6.257	12	9.500	6.267
3	2.950	6.267	8	5.858	6.257	13	4.750	0.000
4	3.400	6.267	9	6.100	6.257			
5	3.642	6.267	10	6.600	6.257			

6.3 단면 제원

구 분	B(m)	H(m)	A(m²)	I22(m⁴)	I33(m⁴)	적용절점
①	2.500	1.500	3.750	1.953125	0.703125	12
②	2.500	1.646	4.115	2.143229	0.929070	1
③	2.500	1.888	4.720	2.458333	1.402054	11
④	2.500	2.034	5.085	2.646437	1.753120	2
⑤	2.500	2.324	6.310	3.285456	3.349861	10
⑥	2.500	2.596	6.490	3.380208	3.644793	
⑦	2.500	2.613	6.532	3.402344	3.716867	3
⑧	2.500	2.687	6.717	3.498698	4.041678	
⑨	2.500	2.772	6.930	3.609375	4.437501	4-9
⑩	2.500	0.000	4.999	1.917476	1.917476	기둥상단
⑪	2.500	0.000	4.999	1.917476	1.917476	기둥하단

7. 해석결과 집계

7.1 하중별 부재력 집계

① 기둥 : 부재번호 12

(교직방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
D	-13632.238	2549.433	0.000	-14152.014	2849.433	0.000	
L1	-3770.840	-1346.726	0.000	-3770.840	-1346.726	0.000	
L2	-2873.495	-4841.440	0.000	-2873.495	-4841.440	0.000	
L3	-2784.357	4111.961	0.000	-2784.357	4111.961	0.000	
W-TR	0.000	1159.205	-381.855	0.000	2842.612	-398.043	
WL	0.000	675.795	-90.127	0.000	1064.875	-90.127	
G-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

(교축방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
D	-13632.238	0.000	0.000	-14152.014	0.000	0.000	
L1	-3770.840	0.000	0.000	-3770.840	0.000	0.000	
L2	-2873.495	0.000	0.000	-2873.495	0.000	0.000	
L3	-2784.357	0.000	0.000	-2784.357	0.000	0.000	
W-LC	0.000	-130.239	66.789	0.000	-453.508	82.977	
WL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-L01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-LC	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

② 누두부 : 내림부

하중	좌측 (부재5, 절점5)		우측 (부재7, 절점8)		비고
	M(kN.m)	V(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
D	-10432.946	4283.526	-12290.963	-5010.669	
L1	-3670.851	1444.080	-2688.750	-1057.730	
L2	-4053.905	1594.770	-645.469	-254.315	
L3	-756.187	297.477	-3582.390	-1409.280	
W-LC	0.000	0.000	0.000	0.000	
W-TR	138.196	0.000	-138.196	0.000	
WL	166.682	0.000	-166.682	0.000	
G-L01	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-LC	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	

1. 설계조건

상부구조형식	구 조 형 식	Steel Box GIRDER교	
	교량내진등급	1등급	
	지 간	2 @ 60.000 = 120.000 m	
	폭 원	11.150 m	
하부구조형식	교 각 형 식	T형	
	기 초 형 식	직접 + 말뚝기초	
사 용 재 료	교각 콘크리트 (fck)	27, 40 Mpa	
	교대 콘크리트 (fck)	24 Mpa	
재 료 특 성	콘크리트 단위중량(g_c)	25.0 kN/㎥	
	아스팔트 단위중량(g_a)	23.0 kN/㎥	
가 속 도 계 수(A)	지진구역계수	0.11 (I)	
	위 험 도 계 수	1.4 (1000년 재현주기)	
	가 속 도 계 수 (A)	지진구역계수 × 위험도 계수 = 0.154 g	
지 반 계 수 (S)	지 반 종 류	II	
	지 반 계 수	S = 1.2 (내진설계)	
응 답 수 정 계 수	구 소 부 재	항복시 (설계기준) R	탄성거동시 R
	기 둥 (단 주)	3.0	1.0
	연결 상부구조의 교대	0.8	0.8
	연결 상부구조와 교각	1.0	1.0
	기 초	3.0 / 2 = 1.5	1.0
해 석 방 법	• POT 받침은 응답스펙트럼을 이용하여 다중모드 응답스펙트럼 방법을 수행함.		

2. 해석 방법별 특성 및 받침 물성치

1) 내진해석

- POT 받침 적용시 내진해석.
  - 받침은 NLLINK로 (표 POT 받침 물성치)와 같이 모델링 하였다.
  - 해석시 5% 감쇠비를 적용하고 Ritz Vector 해석 수행 , 질량참여율이 90% 넘도록 50차 모드 까지 고려 하였다.
  - 지진하중은 지반계수 S=II (내진해석시 S=1.2), 가속도계수 A=0.154g 에 해당하는 응답스펙트럼을 사용하였다.
  - 해석은 다중모드 응답스펙트럼 방법을 사용하였다.

받침종류	해 석 시 입 력 값	설 명	적용위치	비고
POT 고정단	NAME=POTFIX TYPE=GAP	NLLink type	P1	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=1E+08 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=1E+08 CE=0	교직방향 강성		
POT 일방향 (교축)	NAME=POTM1 TYPE=GAP	NLLink type	A1, A2	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=0 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=1E+08 CE=0	교직방향 강성		
POT 일방향 (교직)	NAME=POTM2 TYPE=GAP	NLLink type	P1	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=1E+08 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=0 CE=0	교직방향 강성		
POT 양방향	NAME=POTM TYPE=GAP	NLLink type	A1, A2	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=0 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=0 CE=0	교직방향 강성		

3. 지진하중 (응답스펙트럼)

(1) 탄성지진응답계수

1) 가속도계수

구분	적용 계수	비고
구역계수 (Z)	0.110	지진구역 I
지진위험도계수 (I)	1.400	내진등급 1등급 (재현주기 1000년)
가속도계수 (A)	0.154	A = Z x I

2) 지반계수

구분	적용 계수	비고
지반계수 (S)	1.200	지반종류 II

3) 탄성지진응답계수(Cs) 산정

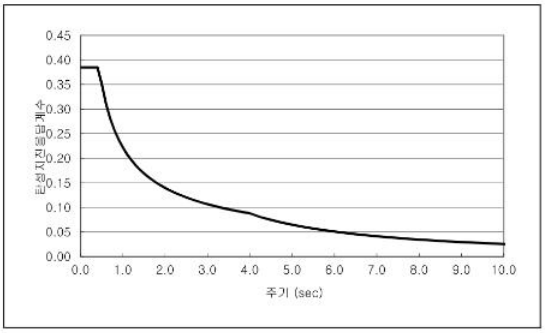
① T ≤ 4.0 sec

Cs = (1.2 x A x S) / T2/3 ≤ 2.5 x A

② T > 4.0 sec

Cs = (3 x A x S) / T4/3

여기서, T : 교량의 주기

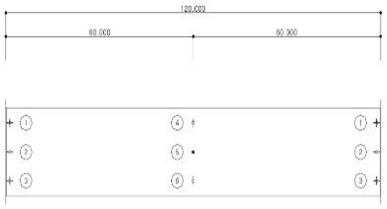


4) 탄성지진응답계수

주기 (sec)	가속도 계수	지반 계수	탄성지진 응답계수	탄성지진 가속도 (m/sec²)	비고
0.0000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.1000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.2000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.3000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.4000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.5000	0.1540	1.2000	0.3520	3.4533	
0.6000	0.1540	1.2000	0.3117	3.0581	
0.7000	0.1540	1.2000	0.2813	2.7594	
0.8000	0.1540	1.2000	0.2573	2.5244	
0.9000	0.1540	1.2000	0.2379	2.3338	
1.0000	0.1540	1.2000	0.2218	2.1755	
1.1000	0.1540	1.2000	0.2081	2.0415	
1.2000	0.1540	1.2000	0.1964	1.9265	
1.3000	0.1540	1.2000	0.1862	1.8264	
1.4000	0.1540	1.2000	0.1772	1.7383	
1.5000	0.1540	1.2000	0.1692	1.6602	
1.6000	0.1540	1.2000	0.1621	1.5903	
1.7000	0.1540	1.2000	0.1557	1.5273	
1.8000	0.1540	1.2000	0.1499	1.4702	
1.9000	0.1540	1.2000	0.1446	1.4181	
2.0000	0.1540	1.2000	0.1397	1.3705	
2.1000	0.1540	1.2000	0.1352	1.3266	
2.2000	0.1540	1.2000	0.1311	1.2861	
2.3000	0.1540	1.2000	0.1273	1.2485	
2.4000	0.1540	1.2000	0.1237	1.2136	
2.5000	0.1540	1.2000	0.1204	1.1810	
2.6000	0.1540	1.2000	0.1173	1.1505	
2.7000	0.1540	1.2000	0.1144	1.1220	
2.8000	0.1540	1.2000	0.1116	1.0951	
2.9000	0.1540	1.2000	0.1090	1.0698	
3.0000	0.1540	1.2000	0.1066	1.0459	
3.2000	0.1540	1.2000	0.1021	1.0018	
3.4000	0.1540	1.2000	0.0981	0.9621	
3.6000	0.1540	1.2000	0.0944	0.9262	
3.8000	0.1540	1.2000	0.0911	0.8934	
4.0000	0.1540	1.2000	0.0880	0.8633	
4.2500	0.1540	1.2000	0.0805	0.7900	
4.5000	0.1540	1.2000	0.0746	0.7321	

5. 내진 해석결과

5.1 받침 배치도



범례

•	고정단 SHOE	∤	횡방향 SHOE	+	양방향 SHOE

5.2 받침 수평력 검토

위치	받침 NO.	받침 Type	용량 (kN)	지진시 작용 수평력(kN) 교축해석 교축	교축해석 교직	교직해석 교축	교직해석 교직	지진시 허용 수평력 (kN) 교축	교직	판정 교축	교직	비고
A1	1	양방향	2000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	2	교축방향	2000G40	0	247	0	807	0	1,040	OK	OK	
	3	양방향	2500M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
P1	4	교직방향	6000G20	1,370	0	428	0	1,460	0	OK	OK	
	5	고정단	6000F40	1,397	851	425	2,796	2,860	2,860	OK	OK	
	6	교직방향	7000G20	1,422	0	442	0	1,820	0	OK	OK	
A2	7	양방향	2000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	8	교축방향	2000G40	0	243	0	800	0	1,040	OK	OK	
	9	양방향	2500M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	

5.3 받침 변위 검토

위치	받침 NO.	받침 Type	용량 (kN)	지진시 작용 변위(mm) 교축해석 교축	교축해석 교직	교직해석 교축	교직해석 교직	지진시 허용 변위 (mm) 교축	교직	판정 교축	교직	비고
A1	1	양방향	2000M	46	0	15	0	50	50	OK	OK	
	2	교축방향	2000G40	46	0	14	0	50	0	OK	OK	
	3	양방향	2500M	46	0	15	0	50	50	OK	OK	
P1	4	교직방향	6000G20	0	1	0	3	0	50	OK	OK	
	5	고정단	6000F40	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	6	교직방향	7000G20	0	1	0	3	0	50	OK	OK	
A2	7	양방향	2000M	46	0	15	0	50	50	OK	OK	
	8	교축방향	2000G40	46	0	14	0	50	0	OK	OK	
	9	양방향	2500M	46	0	15	0	50	50	OK	OK	

5.4 부재력 해석 결과

1) 교각하단 부재력

교각	부재 No.	높이 (m)	교축방향 지진력 작용시 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	교직 직각방향 지진력 작용시 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	비고
P1	P1B	9.34	52,796	179	4,466	15	178	28,116	21	3,084	신설

2) 교각상단 부재력

교각	부재 No.	높이 (m)	교축방향 지진력 작용시 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	교직 직각방향 지진력 작용시 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	비고
P1	P1T	9.34	25,017	68	4,430	15	51	9,140	20	3,047	

5.5 부재력 하중조합 (적용 부재력)

- COM1 : 종방향축 해석으로부터 구한 지진력에 횡방향축의 해석으로부터 구한 지진력의 30%를 합한 경우.
  - ◆ C1-1 1.0× 종축해석에 의한 종방향 부재력 + 0.3× 횡축해석에 의한 종방향 부재력
  - ◆ C1-2 1.0× 종축해석에 의한 횡방향 부재력 + 0.3× 횡축해석에 의한 횡방향 부재력
- COM2 : 횡방향축 해석으로부터 구한 지진력에 종방향축의 해석으로부터 구한 지진력의 30%를 합한 경우.
  - ◆ C2-1 0.3× 종축해석에 의한 종방향 부재력 + 1.0× 횡축해석에 의한 종방향 부재력
  - ◆ C2-2 0.3× 종축해석에 의한 횡방향 부재력 + 1.0× 횡축해석에 의한 횡방향 부재력

1) 교각하단 하중조합

교각	부재 No.	높이 (m)	COM1 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	COM2 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	비고
P1	P1B	9.34	52,650	6,014	4,472	840	16,017	28,170	1,360	3,069	

2) 교각상단 하중조합

교각	부재 No.	높이 (m)	COM1 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	COM2 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	비고
P1	P1T	9.34	25,032	2,830	4,436	829	7,556	9,167	1,349	3,051	

5.6 코핑 상단 변위

교각	부재 No.	높이 (m)	코핑상단변위(mm) COM1 교축	교직	COM2 교축	교직	비고
P1	P1T	9.34	43	9	13	51	

③ 교대1 여유간격

d = 45.9 m

Δl_s = 0.0 m

Δl_c = 0.0 m

L = 60.0 m

Δl_1 = 0.4×L = ±24 mm

$\therefore d$ = 45.9 + 0.4 × 24.0 = 55.474 mm

따라서 교대1의 여유간격은 55.5mm 이상 확보해야 함.

④ 교대2 여유간격

d = 45.9 m

Δl_s = 0.0 m

Δl_c = 0.0 m

L = 60.0 m

Δl_1 = 0.4×L = ±24 mm

$\therefore d$ = 45.9 + 0.4 × 48.0 = 65.093 mm

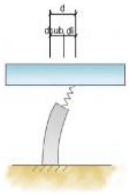
따라서 교대2의 여유간격은 65.1mm 이상 확보해야 함.

5.7 변위해석결과

• 지진시에 상부구조와 교대 혹은 인접하는 상부구조간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지할 설계시 고려된 내진성능이 충분히 발휘할 수 있도록 하기 위하여 상부구조의 단부에는 여유간격을 설치하여야 한다.

• 상부구조의 여유간격은 다음 식에 의한 값보다 작아서는 안된다.

「도로교설계기준,6.4.8」



$\Delta l_i = d + \Delta ls + \Delta lc + 0.4\Delta lt$

여기서, Δl_i : 상부구조의 여유간격

d : 지반에 대한 상부구조의 총변위 $(d_1 + d_{s2})$

Δl_s : 콘크리트 건조수축에 의한 이동량

Δl_c : 콘크리트 크리프에 의한 이동량

Δl_t : 온도변화에 의한 이동량

① 상부구조 총변위

교 각	절 점 No.	상부변위 (mm)		비고
		교축방향 해석시	교축직각방향 해석시	
A1	41	45.9	14.7	
A2	51	45.9	14.7	

• 여유간격 산정

- 지진시 상부가 교대의 흉벽에 충돌하는 경우 건조수축과 크리프의 변위는 충돌하려는 변위와 반대방향으로 거동하기 때문에 건조수축과 크리프의 변위량은 상부구조의 여유간격 감소 요인으로 작용하므로 반침의 이동량 및 신축유간보다 상부구조의 여유간격을 크게 확보하기 위해서는 건조수 및 크리프에 의한 이동은 완료된 것으로 보고 상부구조의 여유간격을 산정한다.

5.8 질량참여율

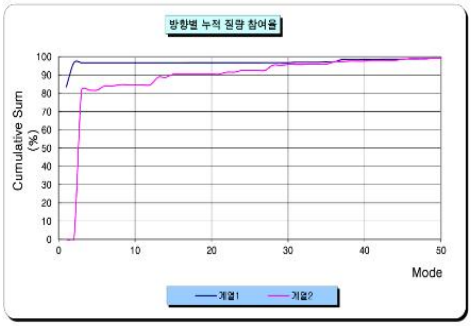
◎ 질량참여율

Mode No	Period (sec)	Frequency (rad/sec)	Frequency (cycle/sec)	TRAN-X MASS(%)	TRAN-X SUM(%)	TRAN-Y MASS(%)	TRAN-Y SUM(%)	TRAN-Z MASS(%)	TRAN-Z SUM(%)
1	0.909	6.915	1.101	83.570	83.570	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.782	8.031	1.278	13.187	96.757	0.097	0.098	0.000	0.001
3	0.764	8.229	1.310	0.011	96.769	81.667	81.764	0.001	0.002
4	0.692	9.086	1.446	0.000	96.769	0.002	81.767	0.000	0.002
5	0.486	12.937	2.059	0.001	96.769	0.001	81.768	64.563	64.565
6	0.322	19.523	3.107	0.000	96.769	2.189	83.957	0.000	64.565
7	0.229	27.462	4.374	0.000	96.769	0.000	83.957	0.000	64.565
8	0.208	30.203	4.807	0.000	96.769	0.759	84.715	0.000	64.565
9	0.200	31.373	4.993	0.021	96.791	0.000	84.715	0.000	64.565
10	0.193	32.543	5.179	0.000	96.791	0.001	84.716	0.000	64.565
11	0.189	33.269	5.295	0.000	96.791	0.001	84.717	0.000	64.565
12	0.155	40.573	6.457	0.000	96.791	0.000	84.717	1.293	65.858
13	0.129	48.550	7.727	0.000	96.791	4.060	88.777	0.000	65.858
14	0.104	60.365	9.607	0.000	96.791	0.000	88.777	0.000	65.858
15	0.096	63.996	10.185	0.000	96.791	1.649	90.426	0.000	65.858
16	0.089	70.821	11.272	0.000	96.791	0.000	90.426	0.000	65.858
17	0.066	71.051	11.308	0.007	96.798	0.000	90.426	0.000	65.858
18	0.076	83.119	13.229	0.000	96.798	0.000	90.426	12.386	78.243
19	0.075	83.296	13.257	0.000	96.798	0.000	90.426	0.000	78.244
20	0.071	88.440	14.076	0.000	96.798	0.007	90.434	0.000	78.244
21	0.070	90.389	14.386	0.000	96.798	0.000	90.434	0.000	78.244
22	0.069	91.030	14.488	0.000	96.798	1.139	91.573	0.000	78.244
23	0.064	97.564	15.528	0.000	96.798	0.000	91.573	0.000	78.244
24	0.062	102.022	16.237	0.000	96.798	0.986	92.559	0.000	78.244
25	0.061	102.848	16.337	0.000	96.798	0.000	92.559	0.000	78.244
26	0.052	121.736	19.375	0.000	96.798	0.000	92.559	0.000	78.244
27	0.050	125.892	20.036	0.019	96.817	0.000	92.559	0.000	78.244
28	0.047	133.555	21.256	0.000	96.817	2.869	95.429	0.001	78.244
29	0.046	136.774	21.768	0.000	96.817	0.001	95.430	2.165	80.409
30	0.043	145.814	23.207	0.000	96.817	0.335	95.765	0.000	80.409
31	0.042	151.033	24.038	0.192	97.009	0.000	95.765	0.000	80.410
32	0.040	158.862	25.284	0.000	97.009	0.000	95.765	0.000	80.410
33	0.036	175.558	27.941	0.000	97.009	0.180	95.945	0.000	80.410
34	0.032	194.450	30.948	0.000	97.009	0.000	95.945	10.480	90.890
35	0.032	195.961	31.188	0.115	97.124	0.000	95.945	0.008	90.897
36	0.031	203.919	32.455	0.000	97.124	1.338	97.284	0.001	90.898
37	0.029	218.052	34.704	1.330	98.454	0.000	97.284	0.000	90.898
38	0.027	234.020	37.245	0.000	98.454	0.421	97.705	0.000	90.898
39	0.025	252.575	40.199	0.000	98.454	0.000	97.705	1.733	92.631
40	0.022	289.425	46.063	0.370	98.824	0.003	97.708	0.011	92.642
41	0.021	302.869	48.203	0.002	98.826	0.344	98.052	0.003	92.645

Mode No	Period (sec)	Frequency (rad/sec)	Frequency (cycle/sec)	TRAN-X MASS(%)	TRAN-X SUM(%)	TRAN-Y MASS(%)	TRAN-Y SUM(%)	TRAN-Z MASS(%)	TRAN-Z SUM(%)
42	0.019	329.225	52.398	0.013	98.839	0.001	98.253	1.645	94.290
43	0.019	339.588	54.047	0.357	98.806	0.001	98.254	0.253	94.543
44	0.014	439.950	70.020	0.003	98.809	0.005	98.259	0.029	94.572
45	0.013	487.578	74.417	0.000	98.809	0.699	98.758	0.000	94.573
46	0.011	552.895	87.996	0.370	98.979	0.001	98.759	0.004	94.577
47	0.009	672.063	106.962	0.012	98.991	0.001	98.760	0.386	94.963
48	0.008	830.963	132.252	0.001	98.992	0.449	99.209	0.002	94.965
49	0.007	952.892	151.657	0.230	99.222	0.002	99.211	0.017	94.982
50	0.005	1306.648	207.960	0.002	99.224	0.000	99.211	0.324	95.306

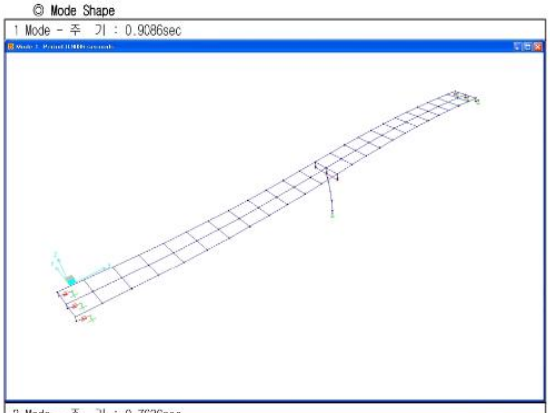
▷ 방향별 누적 질량 참여율

고유치 해석결과 방향별 유효 질량 참여율의 합이 90%이상 임을 확인하여 본 해석의 고려의 동적거동을 충분히 구현하고 있음을 확인하였다.

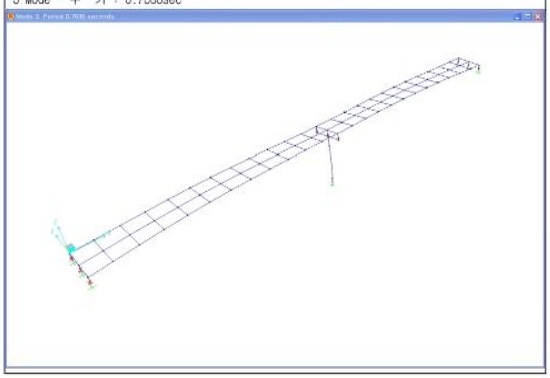


◎ Mode Shape

1 Mode - 주 기 : 0.9086sec



3 Mode - 주 기 : 0.7636sec



24.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 24.2.1】 성사1교(부천방향 확장부) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	성사1교(부천방향 확장부)는 현장조사 및 분석 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 시설물의 전반적인 안정성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로 판단된다. 해당 구조물의 경우 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	성사1교(부천방향 확장부)의 주요 손상현황으로는 교대 신축이음 하부 누수 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축으로 판단되며, 주의관칠 및 내구성 확보 차원의 보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	- 신축이음 신축이음 하부 누수	양호

24.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

24.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

24.2.5 시설물 보수 이력

【표 24.2.2】 성사1교(부천방향 확장부) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

24.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 24.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

24.3 현장조사

24.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 도보 및 사다리를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~2	도보 및 사다리	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



비파괴시험



비파괴시험

【사진 24.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

24.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 성사1교(부천방향 확장부)는 총 2경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=120.0m 폭 11.5m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보로 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 24.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 바닥판 하면 캔틸레버부에 파손 및 철근노출이 확인되었다.

【표 24.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	파손 및 철근노출 (㎡/개소)	
S1	-	-
S2	0.25	1
합계	0.25	1

	
바닥판 하면 S2 파손 및 철근노출(0.5×0.5)	바닥판 하면 S2 파손 및 철근노출(0.5×0.5)
	
바닥판 하면 S1 상태양호	바닥판 하면 S1 상태양호

【사진 24.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

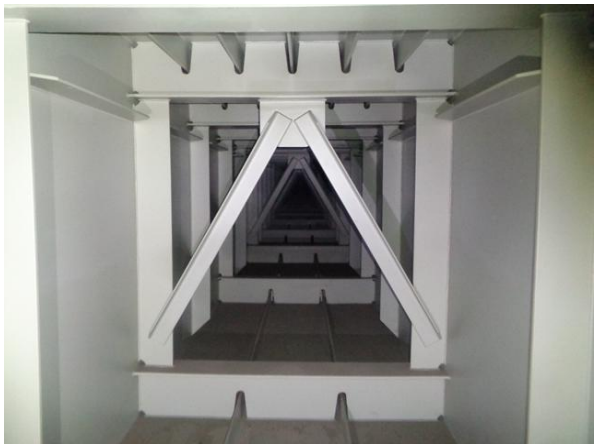
4) 검토의견

■ 바닥판하면의 현장조사 결과, 파손 및 철근노출이 조사되었으며, 조사된 손상은 시공미흡, 다짐불량 등의 복합적인 원인으로 발생한 손상으로 유추된다. 해당 손상에 대하여 조인트부 우수유입, 습기흡착으로 인한 철근부식, 손상의 진전 등 2차 손상 발생을 방지하고, 내구성 확보 차원의 단면보수(방청) 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 보수부위 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리가 요구된다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 3열로 시공되었으며, 도보로 현장조사를 실시하였다

	
거더외부 전경	거더내부 전경

【사진 24.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 거더외부와 거더내부 모두 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 24.3.2】 거더 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
거더 내부	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-

	
거더외부 S1 상태양호	거더외부 S2 상태양호
	
거더내부 S1 상태양호	거더내부 S2 상태양호

【사진 24.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

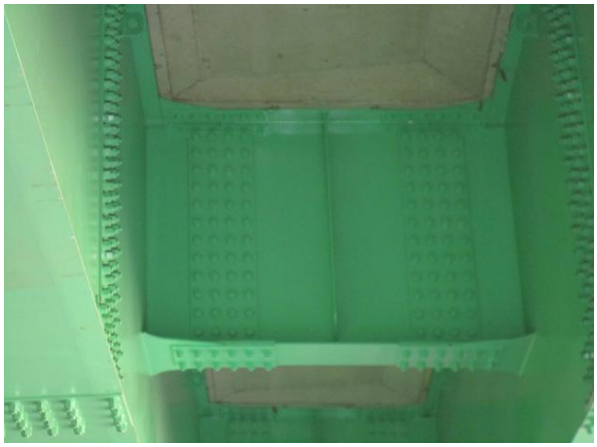
4) 검토의견

- 거더외부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 STEEL로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 전경	가로보 전경

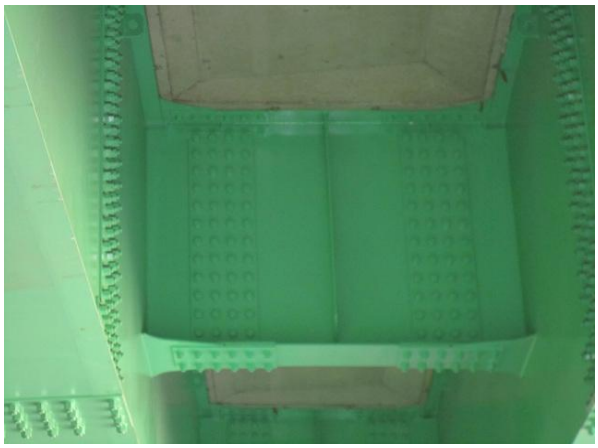
【사진 24.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 24.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 24.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 성사1교(부천방향 확장부) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 A1 강관말뚝기초, A2 직접기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 24.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 24.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	상태양호			
A1	-	-	-	-
A2	-	-	-	-
합계	-	-	-	-

	
교대 A1 상태양호	교대 A1 상태양호
	
교대 A2 상태양호	교대 A2 상태양호

【사진 24.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 성사1교(부천방향 확장부)의 교각은 T형으로 구성되어 있으며, 직접기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 사다리를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
교각 P1 전경	교각 P1 전경

【사진 2.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.3.5】 교각 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
합계	-	-

	
교각 P1 코핑부 상태양호	교각 P1 기둥부 상태양호

【사진 2.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

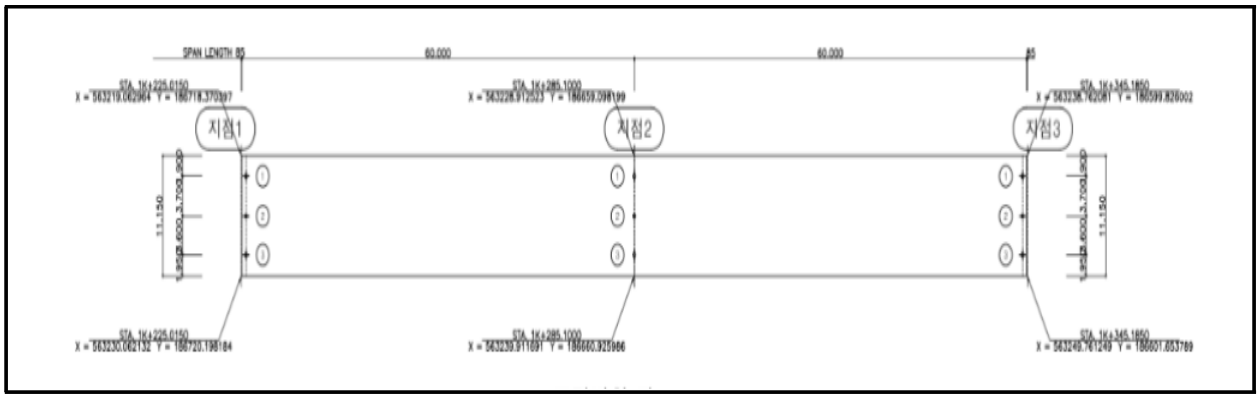
4) 검토의견

- 교각의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

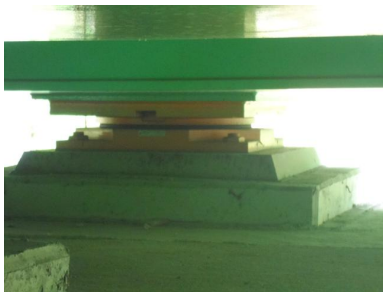
바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 성사1교(부천방향 확장부)의 받침은 포트받침으로 총 9기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



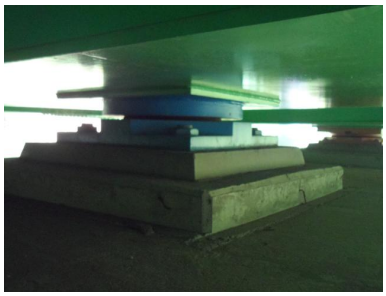
【그림 24.3.1】 교량받침 배치도



포트받침(일방향) 전경



포트받침(양방향) 전경



포트받침(고정) 전경

【사진 24.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 24.3.6】 교량받침 현장조사 결과

구분	상태양호			
A1	-	-	-	-
P1	-	-	-	-
A2	-	-	-	-
합계	-	-	-	-

	
교량받침 A1-Sh2 상태양호	교량받침 P1-Sh2 상태양호

【사진 24.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

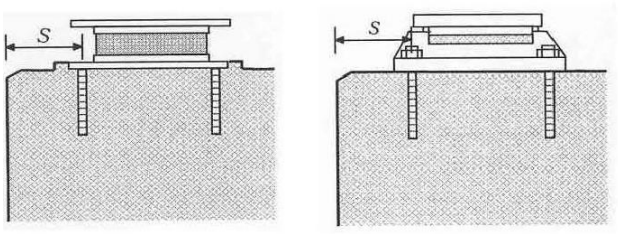
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교량받침의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 24.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 24.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500(㎜)

【표 24.3.7】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)			검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	
A1		500	610	570	610	O.K
P1	A1측	500	960	910	910	O.K
	A2측	500	960	915	910	O.K
A2		500	600	555	605	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 24.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 24.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	41.0	19.0	0.000012	60.0	29.5	13.7	
P1	고정단						
A2	41.0	19.0	0.000012	60.0	29.5	13.7	
1) 조사당시 온도 : 21.0℃(조사일 : 2022년 08월 29일, 평균온도, 고양시(기상청 자료 : 서울)) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 24.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	10(A1)	110	90	29.5	13.7	±100	OK
	SH2	10(A1)	110	90	29.5	13.7	±100	OK
	SH3	10(A1)	110	90	29.5	13.7	±100	OK
P1	SH1~3	고정단						
A2	SH1	10(A2)	110	90	29.5	13.7	±100	OK
	SH2	10(A2)	110	90	29.5	13.7	±100	OK
	SH3	10(A2)	110	90	29.5	13.7	±100	OK
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

【사진 24.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 후타재 균열(0.3㎜미만), 신축이음 하부 누수 등의 손상이 확인되었다.

【표 24.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		신축이음 하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	8.00	16	0.50	1
A2 (EXP J2)	8.00	16	-	-
합계	16.00	32	0.05	1

	
신축이음 A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	신축이음 A2 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
신축이음 A1 하부 누수(L=0.50m)	신축이음 A2 하부 상태양호

【사진 24.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

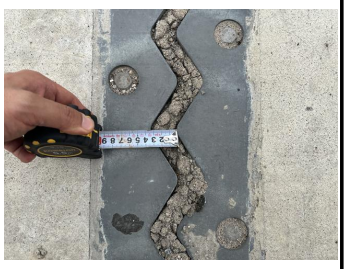
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만), 신축이음 하부 누수의 경우, 초기 건조수축, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 정도가 경미하나 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 유도배수관 설치 등의 보수를 실시하고 주기적인 안전점검을 통하여 손상의 재발생 여부 등을 확인하는 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 08. 29. 기온 적용: 21.0℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−21.0℃ = 19.0℃
△T(수축시) : −20.0℃−(21.0℃) = 41.0℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 24.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 24.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	41.0	19.0	0.000012	60.0	29.5	13.7	35.0	90.0	95.0	
A2	41.0	19.0	0.000012	60.0	29.5	13.7	40.0	110.0	80.0	
1) 조사당시 온도 : 21.0℃(조사일 : 2022년 08월 29일, 평균온도, 고양시(기상청 자료 : 서울)) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 24.3.12】 신축이음 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①-③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	29.5	13.7	35.0	80	15.5	21.3	O.K
	바닥판	29.5	13.7	90.0	-	-	76.3	O.K
	거더	29.5	13.7	95.0	-	-	81.3	O.K
A2	신축이음	29.5	13.7	40.0	80	10.5	26.3	O.K
	바닥판	29.5	13.7	110.0	-	-	96.3	O.K
	거더	29.5	13.7	80.0	-	-	66.3	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 성사1교(부천방향 확장부)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.

	
교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

【사진 24.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 24.3.13】 교면포장 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
합계	-	-

	
교면포장 S1 상태양호	교면포장 S2 상태양호

【사진 24.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 성사1교(부천방향 확장부)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



배수구 전경



배수관 전경

【사진 24.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 배수구 토사퇴적이 확인되었다.

【표 24.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수구 토사퇴적 (개소)	
S1	17.00	17
S2	17.00	17
합계	34.00	34

	
배수시설 S1 배수구 토사퇴적	배수시설 S1 배수구 토사퇴적
	
배수시설 S2 배수구 토사퇴적	배수시설 S2 배수구 토사퇴적

【사진 24.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 배수시설의 배수관은 현재 양호한 상태이나, 배수구에서 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 배수구 토사퇴적이 발생하였다. 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

	
방호벽 전경	중분대 전경

【사진 24.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 해당 시설물의 방호벽 접속부에 접속부 파손, 방음벽 파손의 손상이 확인되었다.

【표 24.3.15】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	접속부 파손 (㎡/개소)	
S1	0.30	1
S2	0.15	1
합계	0.45	2

	
방호벽 S1 접속부 파손(0.2×1.5)	방호벽 S1 접속부 파손(0.2×1.5)
	
방호벽 S2 접속부 파손(0.1×1.5)	방호벽 S2 접속부 파손(0.1×1.5)

【사진 24.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 방호벽의 현장조사 결과, 발생한 접속부 파손은 시공초기 지반안정기간에 발생한 초기 침하가 원인으로 판단되고, 방음벽 파손의 경우 외부충격에 의한 손상으로 유추되며, 손상부에 대한 단면보수 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요하다고 사료된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 본 교량은 점검통로 등의 별도의 점검시설은 설치되어있지 않은 상태이다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

24.3.3 현장조사 총괄표

【표 24.3.16】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		파손 및 철근노출	㎡	0.25	1	
거더	거더외부	상태양호	-	-	-	
	거더내부	상태양호	-	-	-	
가로보		상태양호	-	-	-	
교대		상태양호	-	-	-	
교각		상태양호	-	-	-	
교량받침		상태양호	-	-	-	
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	16.00	32	
		신축이음 하부 누수	m	0.50	1	
교면포장		상태양호	-	-	-	
배수시설		배수구 토사퇴적	EA	34.00	34	
방호벽		접속부 파손	㎡	0.45	2	

24.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

24.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

24.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 24.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	3	3	3	3	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



반발경도 시험 현황



반발경도 시험 현황



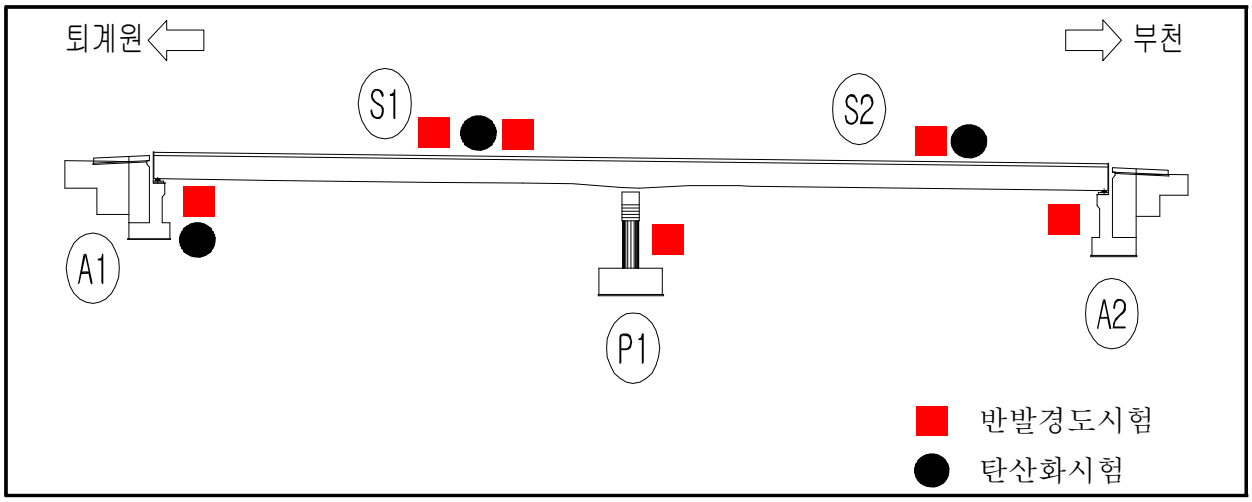
탄산화깊이 측정 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 24.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 24.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

24.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 6개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 24.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	46.9	27.8	29.0	0.67	27.0	
	S1	바닥판	46.7	27.7	29.0			
	S2	바닥판	47.8	28.6	29.5			

【표 24.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	교대	45.7	26.8	28.5	0.67	24.0	
	A2	교대	45.9	27.0	28.5			

【표 24.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
하부구조	P1	교각	51.3	43.8	53.2	0.67	40.0	

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.7~29.5㎫, 하부구조(교대) 26.8~28.5㎫, 하부구조(교각) 43.8~53.2㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 24.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.7 ~ 29.5	27.0	102.6 ~ 109.2
하부구조	교대	26.8 ~ 28.5	24.0	111.8 ~ 118.9
	교각	43.8 ~ 53.2	40.0	109.5 ~ 133.0

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 24.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판 하면	1.00	40.00	39.00	0.71	100년이상	a
	S2 바닥판 하면	0.50	40.00	39.50	0.35	100년이상	a
하부구조	A1 교대	0.50	100.00	99.50	0.35	100년이상	a

탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화 깊이는 0.5~1.0㎜, 하부구조 탄산화 깊이는 0.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 24.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	0.5~1.0	39.0~39.5	
하부구조	0.5	99.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 24.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.7~29.5	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	26.8~28.5	24.0	
		교각	43.8~53.2	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0~39.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		99.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

24.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 현장조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

24.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 24.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	a	a	a	a	c	c	c	a	a	q	a	a
S2	P1	STB	c	a	a	a	c	c	–	a	a	q	a	–
	A2								b	a	a	q	–	–
평균			0.250	0.100	0.100	0.100	0.400	0.400	0.300	0.100	0.100	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.045	0.020	0.005	0.007	0.012	0.008	0.027	0.009	0.020	–	0.004	0.003
													0.160	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.160) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 24.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
성사1교 (부천방향 확장부)	0.160	B	120	1	120	1.000	0.160
합계(Σ)			120	1	120	1	0.160
1. 평가지수 =							0.160
2. 상태평가결과 =							B

24.5.2 기 점검 결과와의 비교

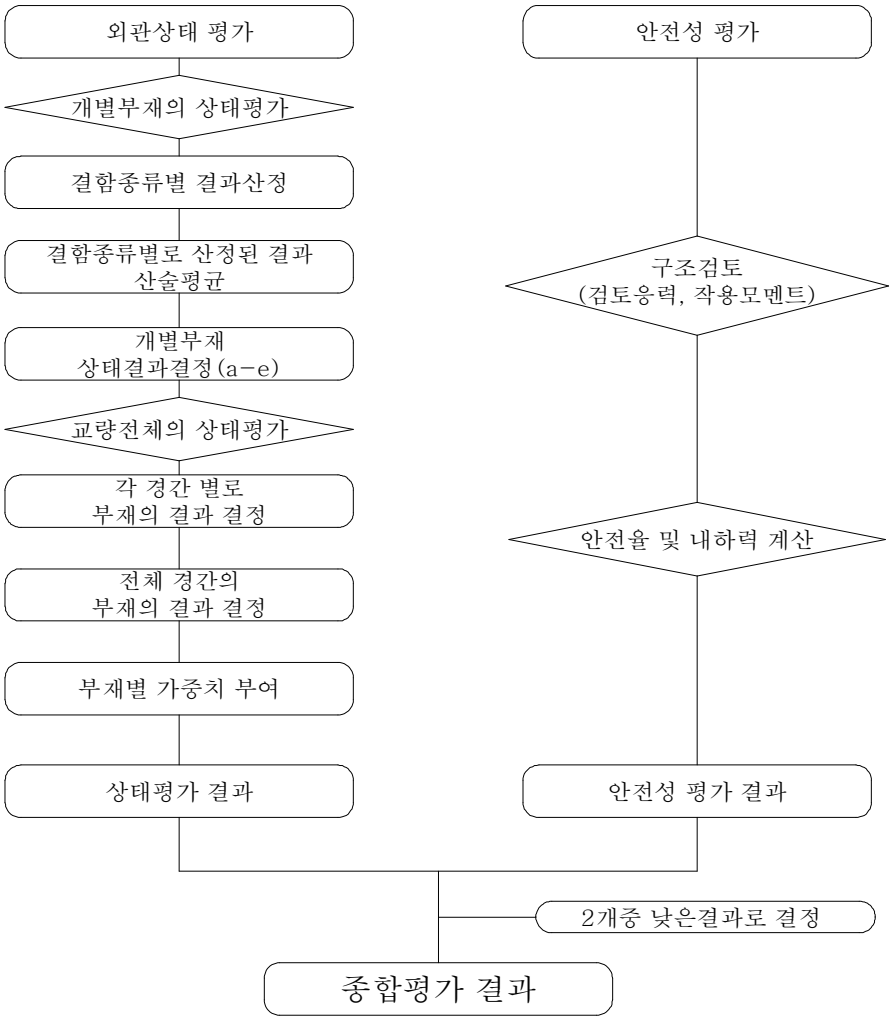
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

24.6 종합평가 및 안전등급 지정

24.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 24.6.1】 종합평가 결과 산정절차

24.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 24.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
성사1교 (부천방향 확장부)	0.160	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

24.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 24.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

24.7 보수·보강 및 유지관리방안

24.7.1 보수·보강 방안

【표 24.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		파손 및 철근노출	㎡	0.25	1	단면보수(방청)	하자
거더	거더외부	상태양호	-	-	-	-	-
	거더내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		상태양호	-	-	-	-	-
교각		상태양호	-	-	-	-	-
교량받침		상태양호	-	-	-	-	-
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	16.00	32	표면처리	하자
		신축이음 하부 누수	m	0.50	1	유도배수관 설치	하자
교면포장		상태양호	-	-	-	-	-
배수시설		배수구 토사퇴적	EA	34.00	34	정비	하자
방호벽		접속부 파손	㎡	0.45	2	단면보수	하자

24.7.2 개략공사비

【표 24.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	파손 및 철근노출	단면보수(방청)	0.25	0.38	㎡	-	-	하자
교대	후타재 균열(0.3㎜미만)	표면처리	16.00	6.00	㎡	-	-	하자
	신축이음 하부 누수	유도배수관 설치	0.50	0.75	m	-	-	하자
배수시설	배수구 토사퇴적	정비	34.00	34.00	EA	-	-	하자
방호벽	접속부 파손	단면보수	0.45	0.68	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

24.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 24.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상



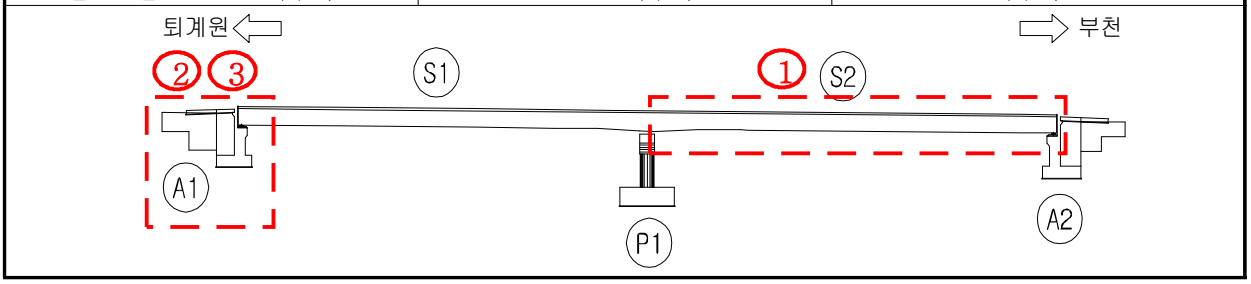
① 바닥판 하면 S2 파손 및 철근노출 – 진전 여부확인



② 신축이음 A1 신축이음 하부누수 – 진전 여부확인



③ 방호벽 S1 접속부 파손 – 진전 여부확인



24.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14에 위치한 교량으로 총 연장 120.0m, 폭 11.5m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

24.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면의 현장조사 결과, 파손 및 철근노출이 조사되었으며, 조사된 손상은 시공미흡, 다짐불량 등의 복합적인 원인으로 발생한 손상으로 유추된다. 해당 손상에 대하여 조인트부 우수유입, 습기흡착으로 인한 철근부식, 손상의 진전 등 2차 손상 발생을 방지하고, 내구성 확보 차원의 단면보수(방청) 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 보수부위 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리가 요구된다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교각

■ 교각의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

6) 교량받침

■ 교량받침의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

■ 신축이음에 발생한 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만), 신축이음 하부 누수의 경우, 초기 건조수축, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 정도가 경미하나 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 유도배수관 설치 등의 보수를 실시하고 주기적인 안전점검을 통하여 손상의 재발생 여부 등을 확인하는 유지관리가 필요하다.

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

■ 교면포장의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

9) 배수시설

■ 배수시설의 배수관은 현재 양호한 상태이나, 배수구에서 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 배수구 토사퇴적이 발생하였다. 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

■ 방호벽의 현장조사 결과, 발생한 접속부 파손은 시공초기 지반안정기간에 발생한 초기 침하가 원인으로 판단되고, 방음벽 파손의 경우 외부충격에 의한 손상으로 유추되며, 손상부에 대한 단면보수 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요하다고 사료된다.

11) 교량 점검시설

■ 해당사항 없음.

12) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.7~29.5㎫, 하부구조(교대) 26.8~28.5㎫, 하부구조(교각) 43.8~53.2㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화 깊이는 0.5~1.0㎜, 하부구조 탄산화 깊이는 0.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 성사1교(부천방향 확장부)의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.160, 상태평가 점수는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 성사1교(부천방향 확장부)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

24.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

24.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

25. 성사1교
(퇴계원방향 확장부)

25.1 시설물 개요
25.2 자료수집 및 분석
25.3 현장조사
25.4 콘크리트 내구성조사
25.5 상태평가
25.6 종합평가 및 안전등급 지정
25.7 보수·보강 및 유지관리 방안
25.8 종합결론

25. 성사1교(퇴계원방향 확장부)

25.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14에 위치한 교량으로 총 연장 120.0m, 폭 5.0m로 시공되어 있다.

25.1.1 일반사항

【표 25.1.1】 성사1교(퇴계원방향 확장부) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000112	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		-	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=120.0m(2@60=120.0m)			
	폭	B=5.0m			
구조 형식	상부	Steel Box	기초 형식	교 대	직접기초 강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형 교각: T형		교 각	강관말뚝기초
교량받침		포트받침	신축이음		뉴모노셀조인트
교차시설물		호국로	통과높이		8.6m
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		두산건설㈜	관리주체		㈜다산컨설턴트
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체		서울문산고속도로주식회사



측면 전경



상부 전경

25.1.2 위치도 및 전경사진



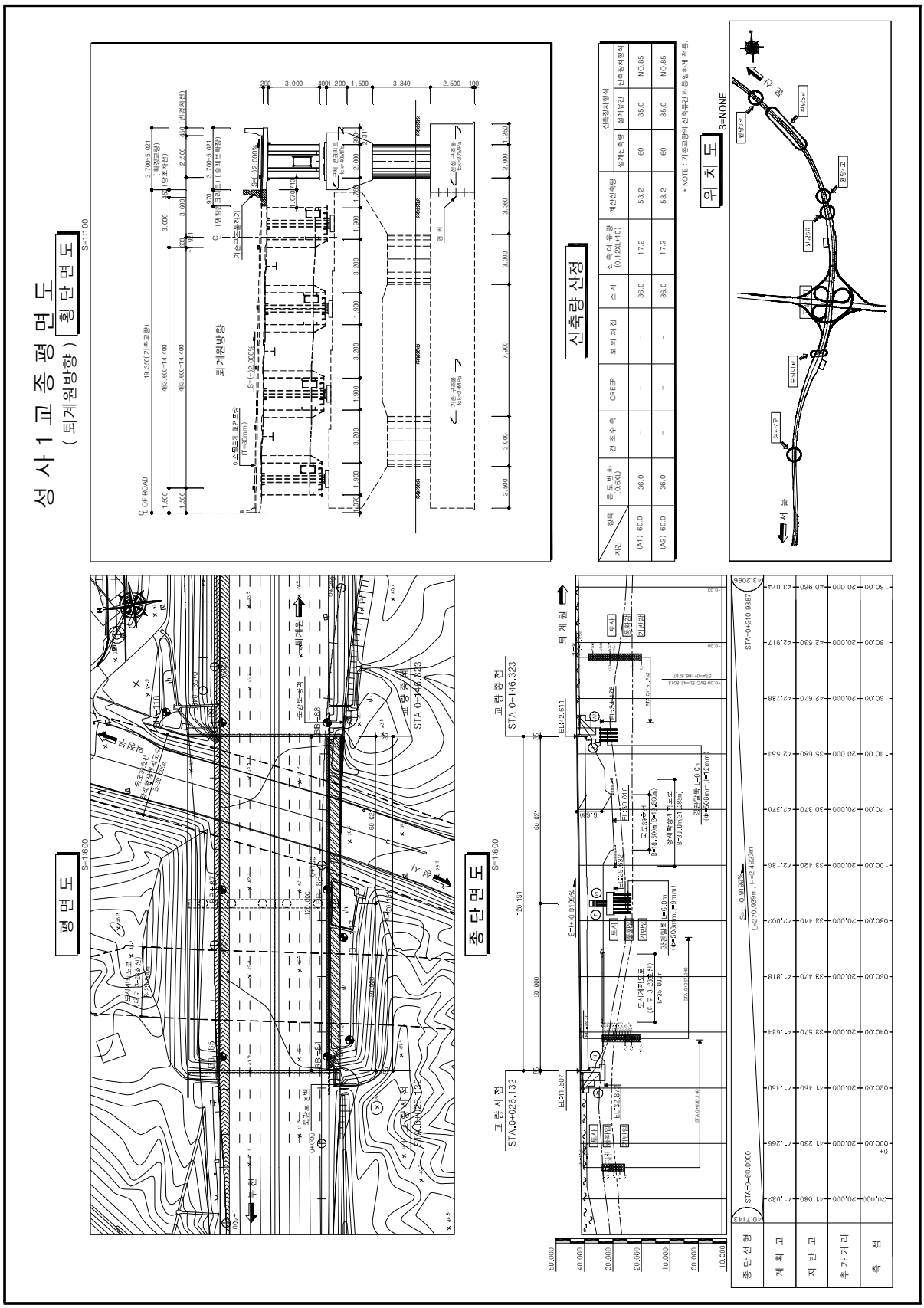
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~2	도보, 사다리	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 25.1.1】 위치도

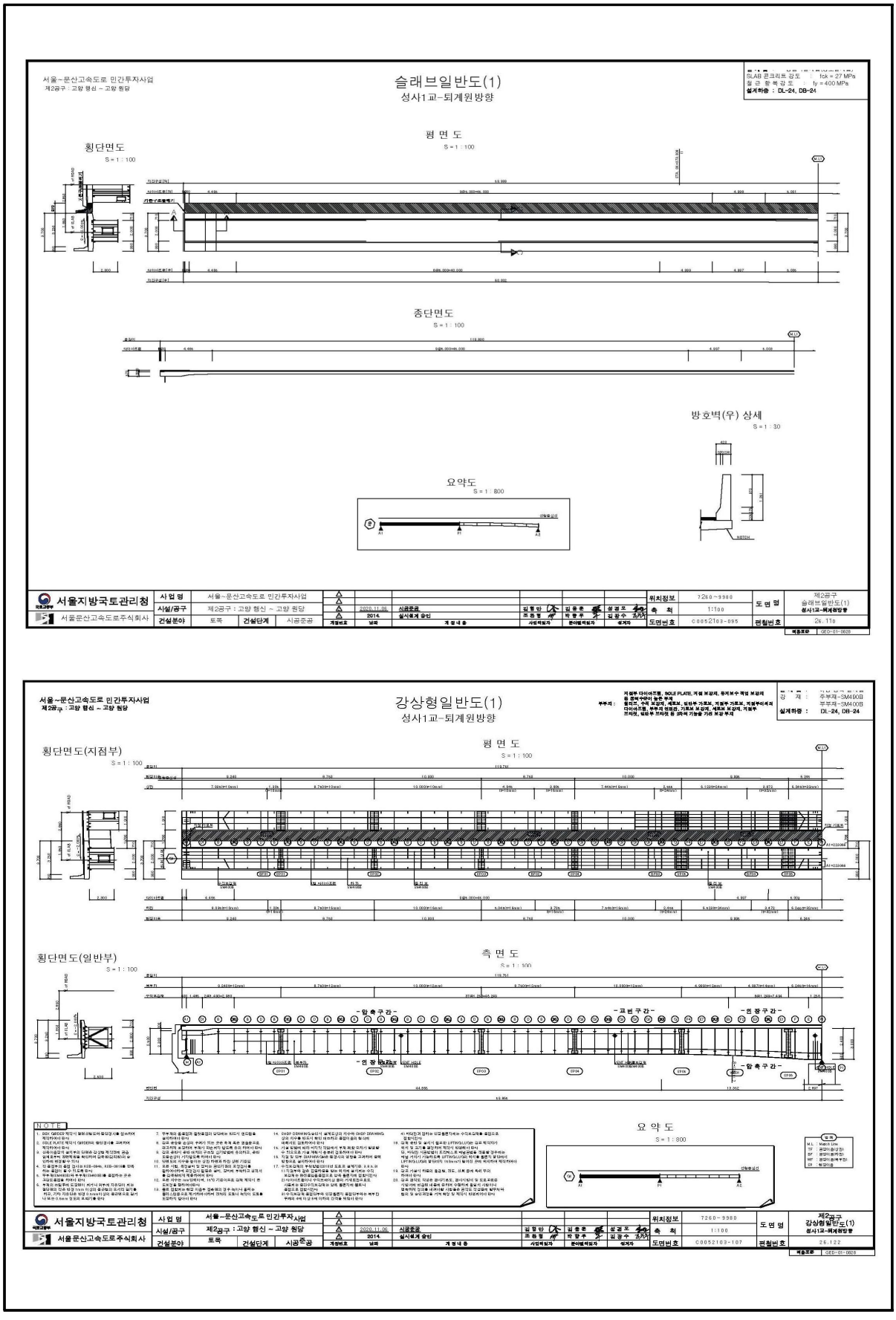
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 25.1.2】 부재별 현황

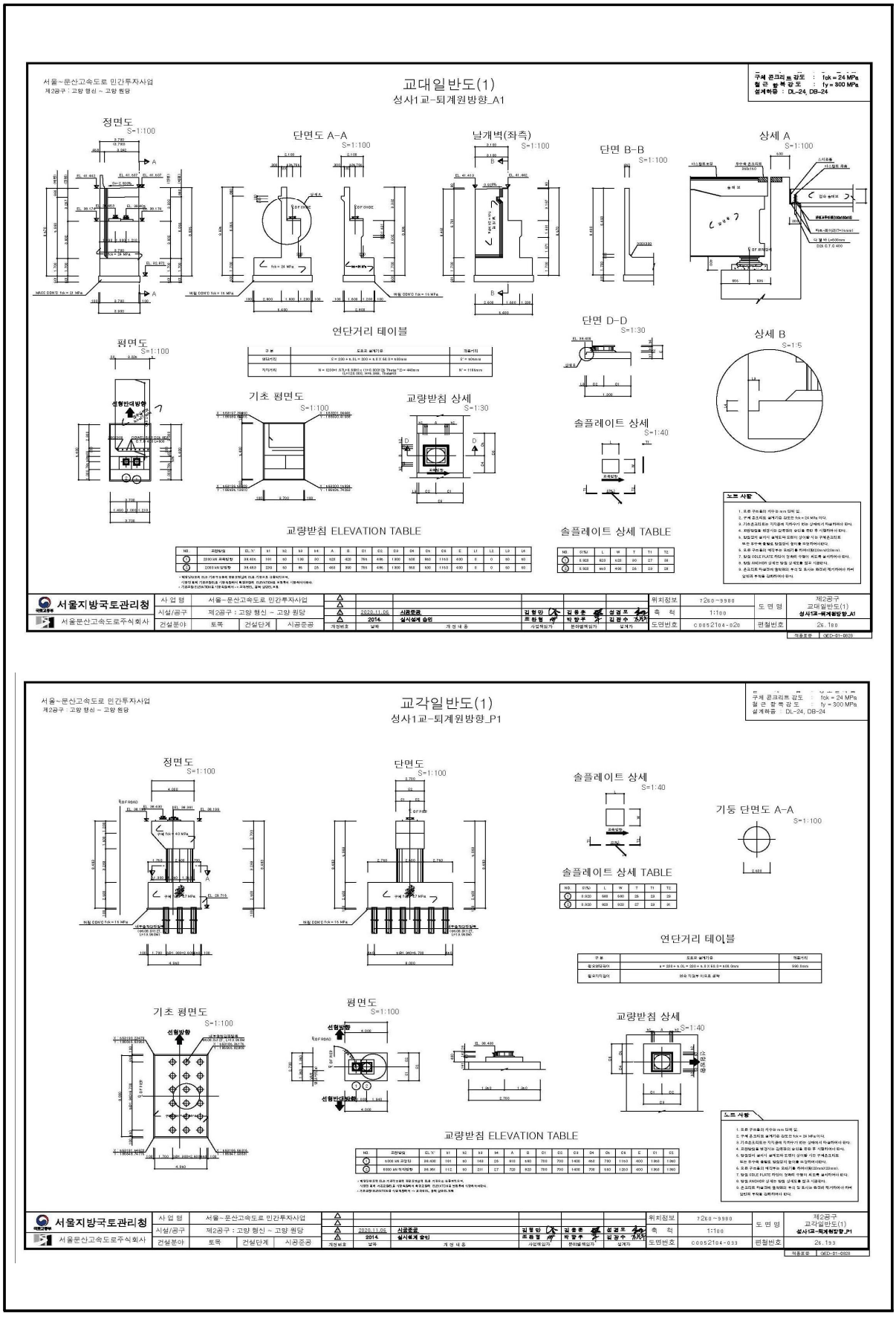
25.1.3 시설물 일반도



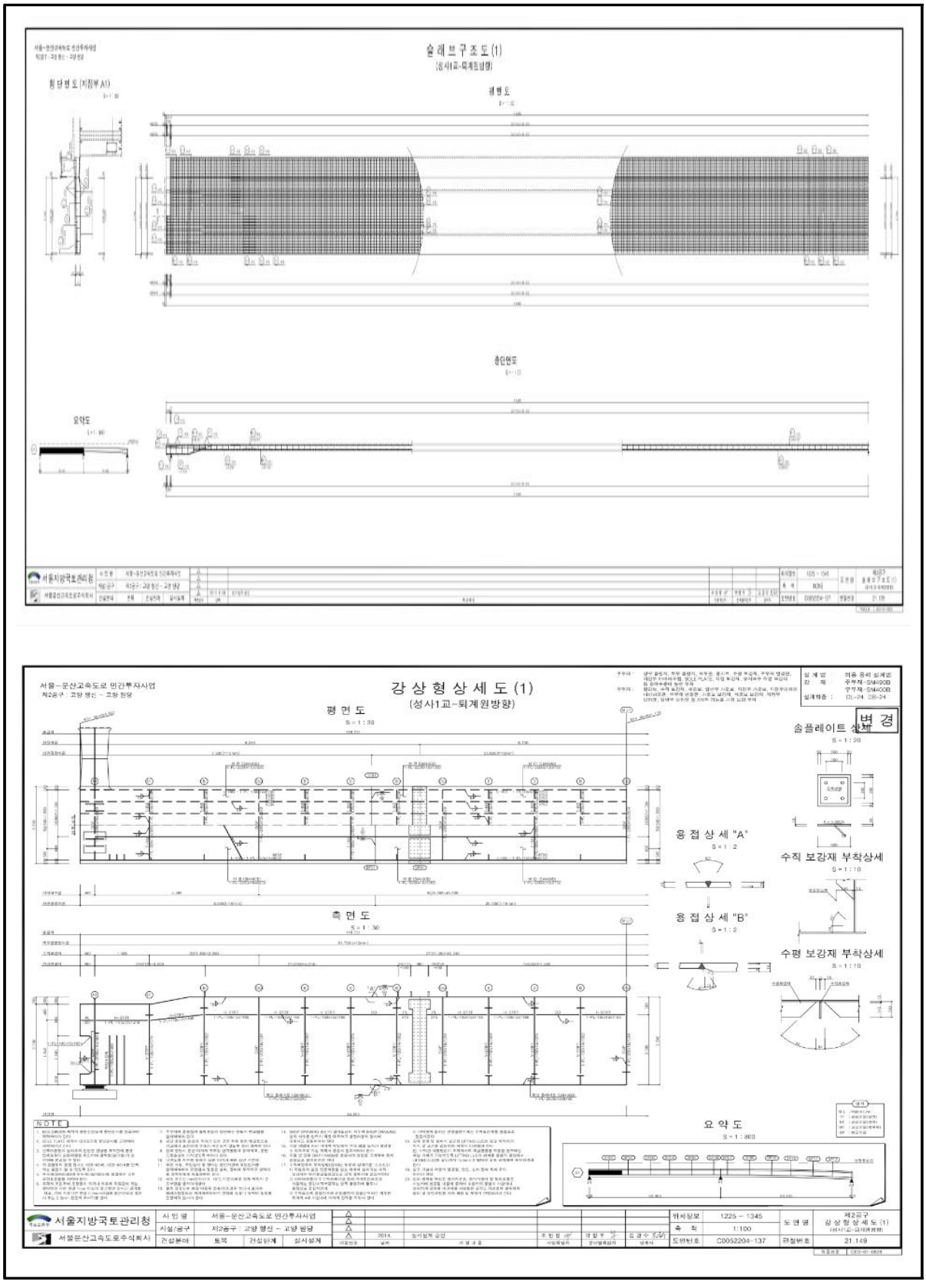
【그림 25.1.3】 평면 및 종단면도



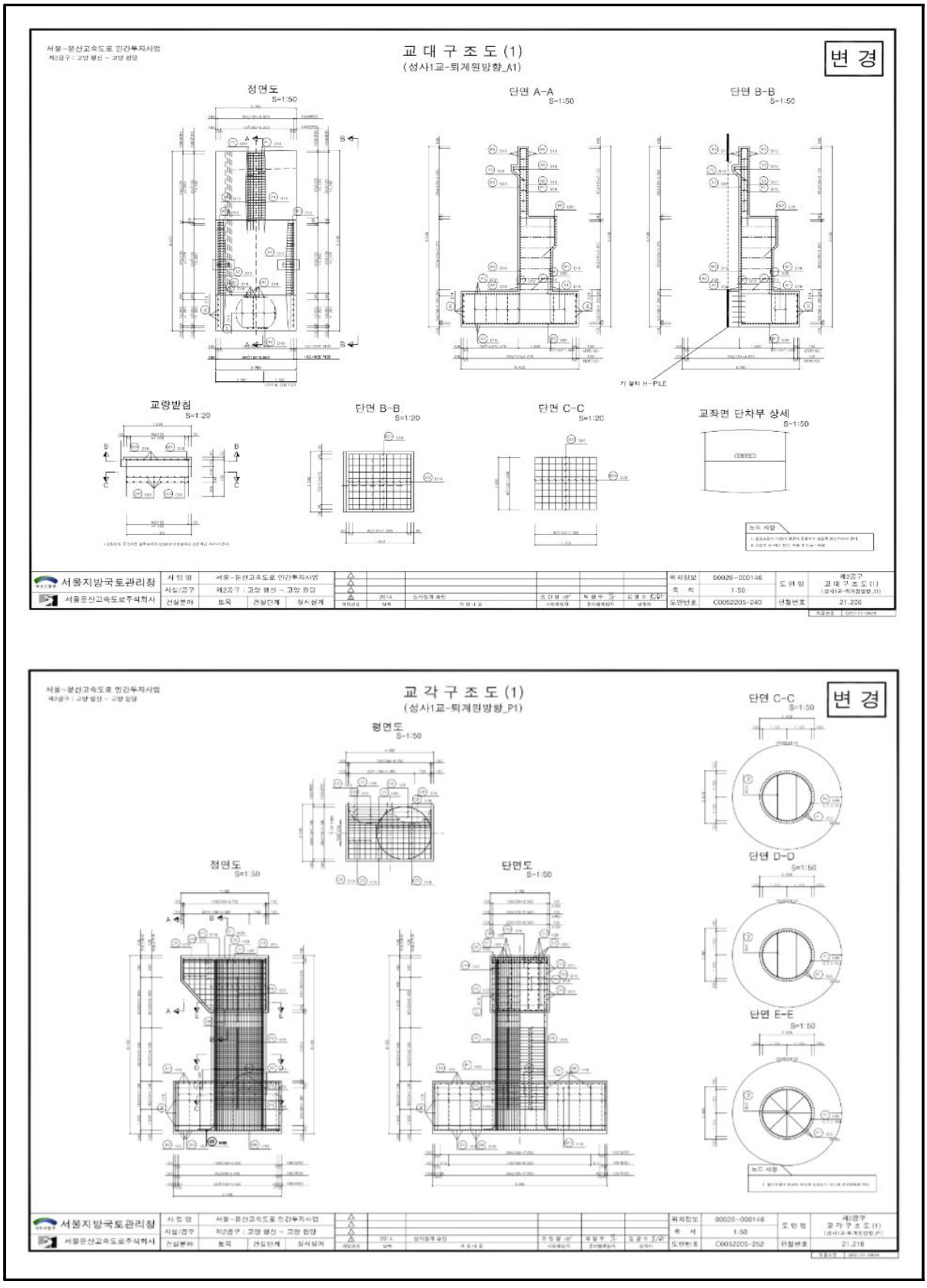
【그림 25.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도



【그림 25.1.5】 교대 일반도



【그림 25.1.6】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도



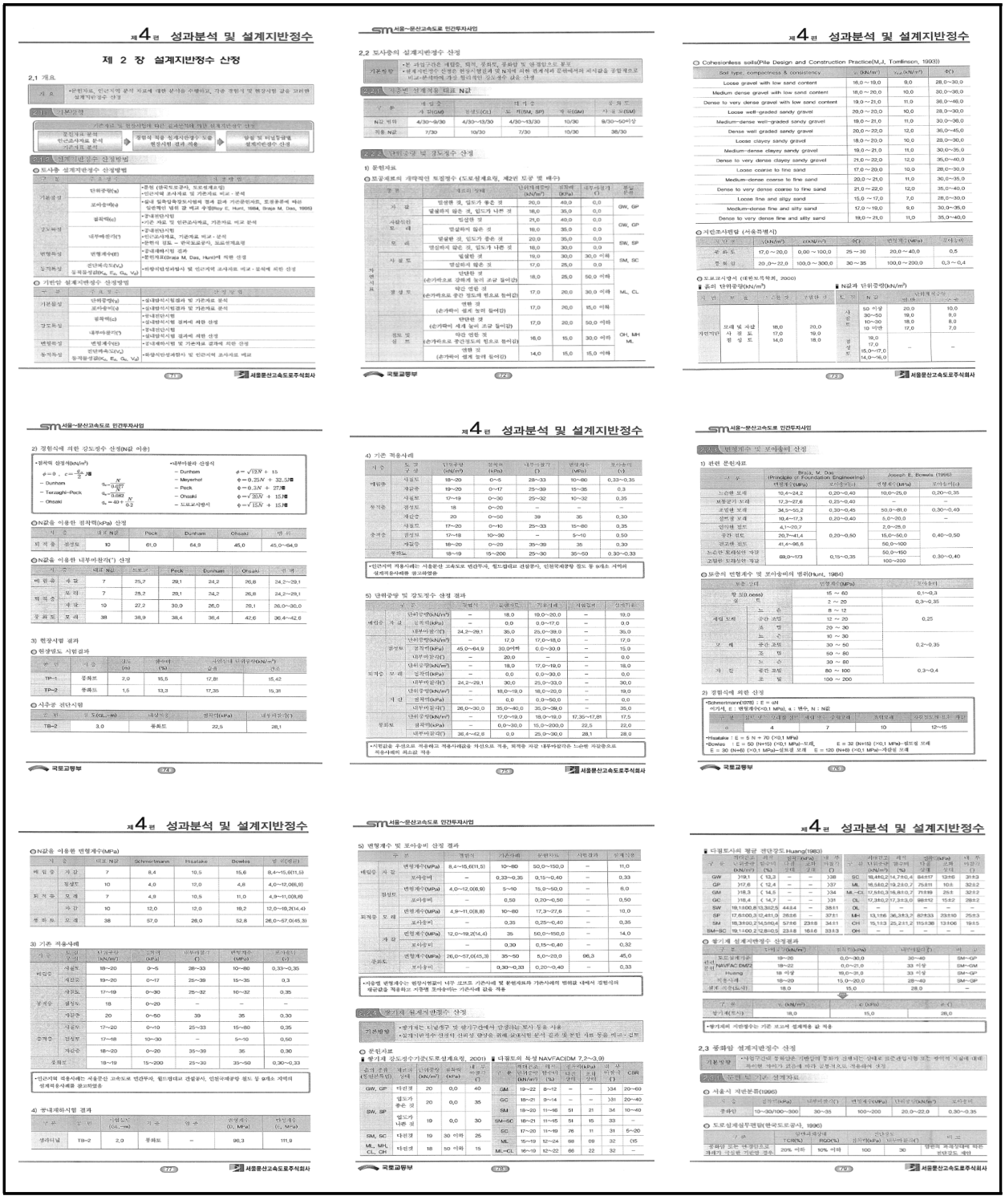
【그림 25.1.7】 교대 및 교각 구조도

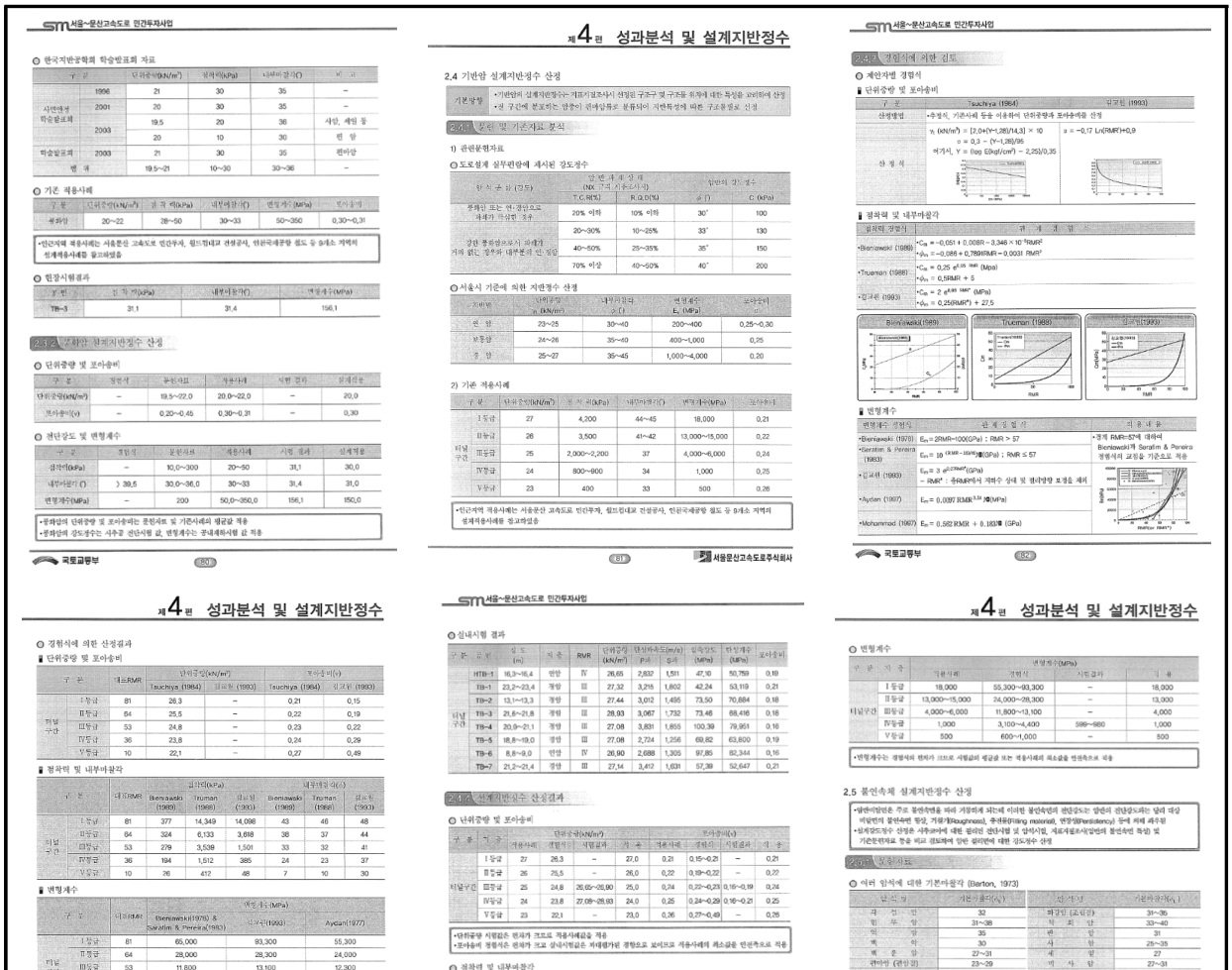
25.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

25.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질





제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성 암반	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성 암반	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성 암반	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
균열 간격이 없을때	불투수성 암반	1.0×10^{-9} 이상

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
풍기지	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

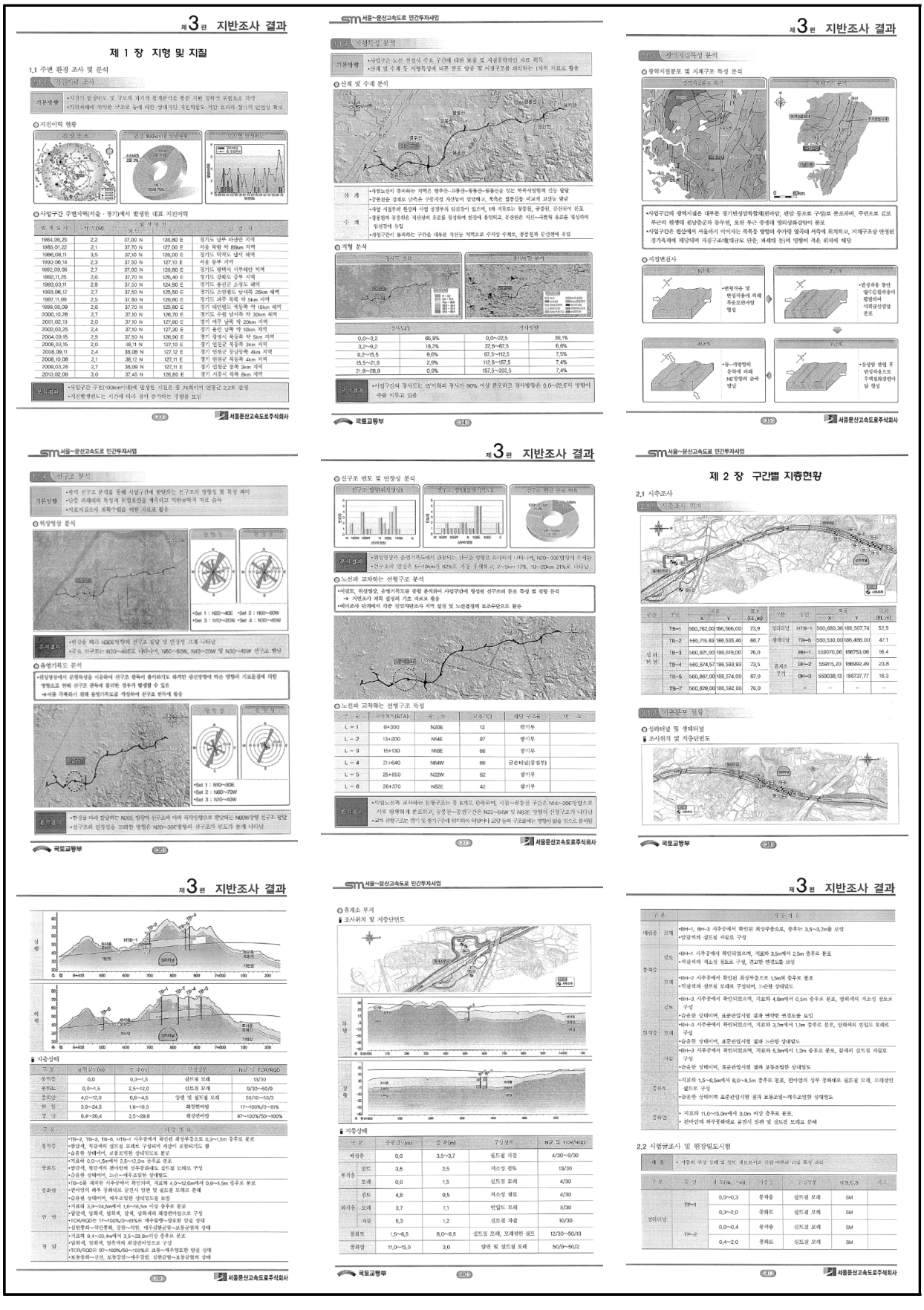
2.7.3 물안속체 설계지반정수

암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	v_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

나. 지반 및 지질 조사보고서



○ 현장밀도시험 결과

구분	공번	심도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
성라터널	TP-1	2.0	풍화토	17.81	15.42	14.18	12.28	1.256
	TP-2	1.5	풍화토	17.35	15.31	13.62	12.02	1.274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17.35~17.81kN/m³, 건조단위중량 : 15.31~15.42kN/m³ •L값 : 1.256~1.274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

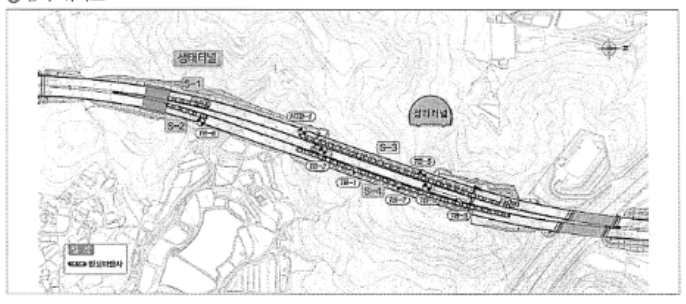
구분	지층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	-
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토사구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

제 3 장 물리탐사

3.1 굴절법탄성파탐사

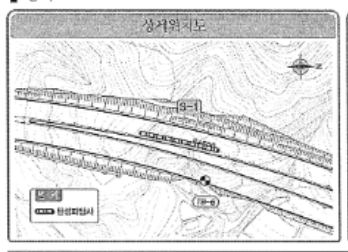
○ 탐사 위치도



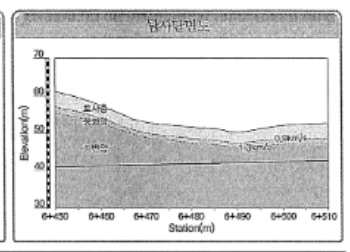
○ 탐사 결과

▮ S-1

상세위치도



탐사단면도

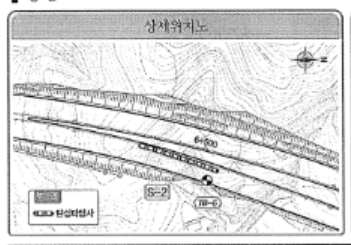


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.35	1.36	GL.-4.71 출현

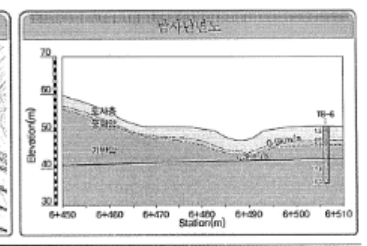
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.87~3.99m, 풍화암층의 두께는 1.13~1.68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.03~5.61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3.35m, 풍화암층의 평균 두께는 1.36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.71m로 분석되었음

▮ S-2

상세위치도



탐사단면도

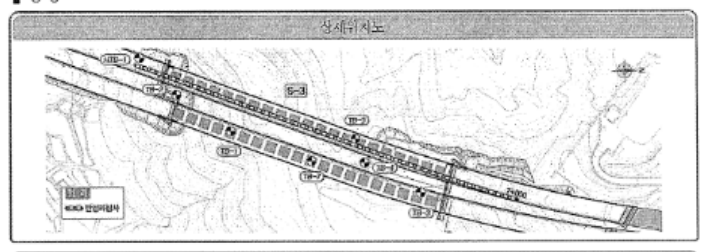


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3.16	0.92	GL.-4.09 출현

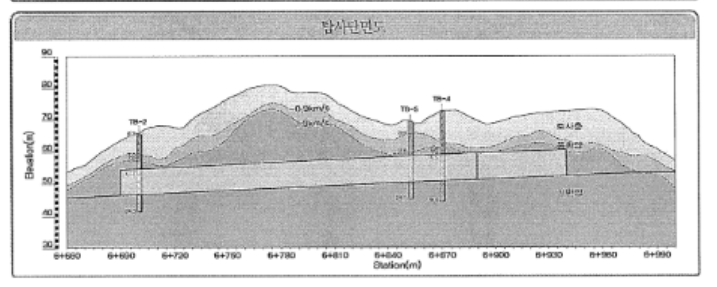
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.29~4.03m, 풍화암층의 두께는 0.52~1.20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2.81~5.21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3.16m, 풍화암층의 평균 두께는 0.92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4.09m로 분석되었음

▮ S-3

상세위치도



탐사단면도

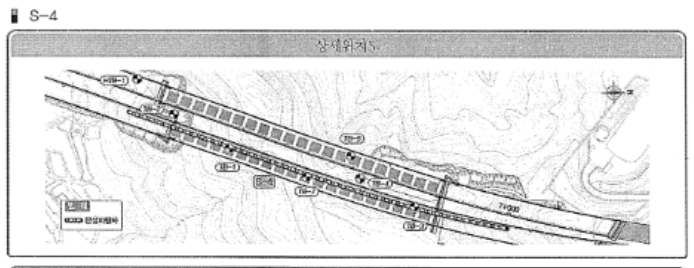


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6.67	2.93	GL.-9.60 출현

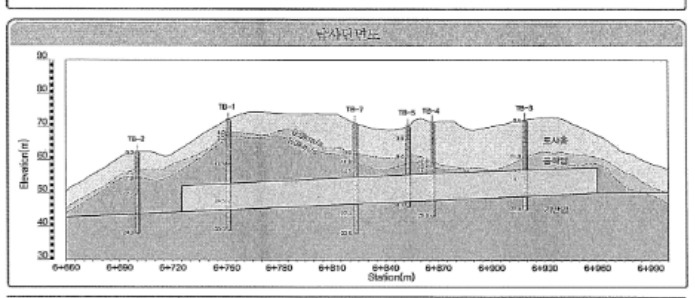
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.78~10.86m, 풍화암층의 두께는 0.95~5.92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4.45~13.60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6.67m, 풍화암층의 평균 두께는 2.93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9.60m로 분석되었음

▮ S-4

상세위치도



탐사단면도



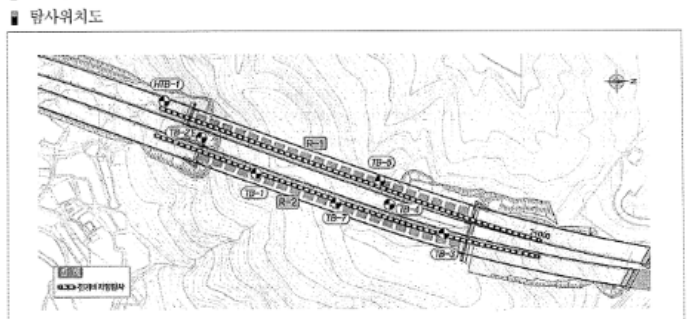
구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0.9 이하	0.9~1.3	1.3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7.80	2.32	GL.-10.11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2.98~13.49m, 풍화암층의 두께는 0.61~5.28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5.64~15.54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7.80m, 풍화암층의 평균 두께는 2.32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10.11m로 분석되었음

3.2 전기비저항탐사

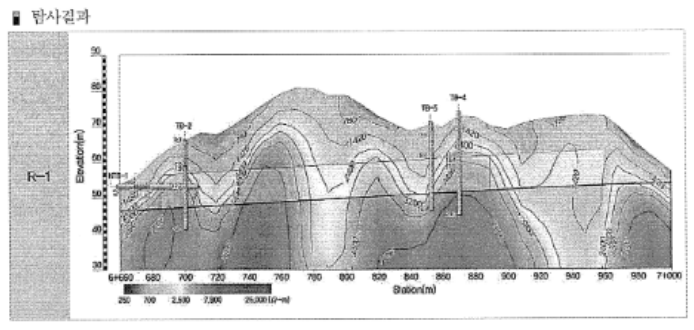
○ 성라터널 서울방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과

R-1

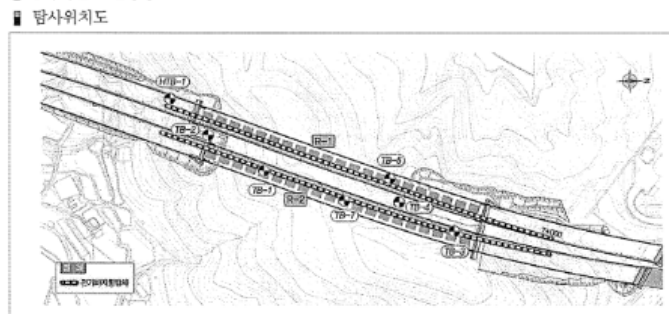


▮ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

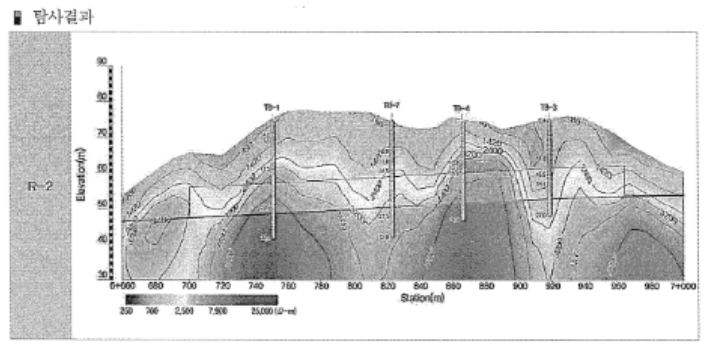
○ 성라터널 문산방향

▮ 탐사위치도



▮ 탐사결과

R-2



▮ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 시험결과

구분	공번	시험심도 (GL.-m)	지층	암종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2.0	풍화토	-	96.3	111.9
	TB-2	11.0	연 암	화강편마암	980.3	1,166.2
	TB-3	13.0	풍화암	-	156.1	231.1
	TB-3	17.0	연 암	화강편마암	598.9	908.3

○ 결과분석

구분	변형계수(D,MPa) 풍화토	변형계수(D,MPa) 풍화암	변형계수(D,MPa) 연암	탄성계수(E,MPa) 풍화토	탄성계수(E,MPa) 풍화암	탄성계수(E,MPa) 연암
성라터널	96.3	156.1	598.9~980.3	111.9	231.1	908.3~1,166.2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96.3MPa, 풍화암은 156.1MPa,연암은 598.9~980.3MPa에 해당하나 암질상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 원지반 점착력(C)과 내부마찰각(Ø) 측정

○ 시험결과

구분	공번	심도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3.0	풍화토	22.5	28.1
	TB-3	12.0	풍화암	31.1	31.4

○ 결과분석

구분	점착력(c, kPa) 풍화토	점착력(c, kPa) 풍화암	마찰각(Ø, °) 풍화토	마찰각(Ø, °) 풍화암
성라터널	22.5	31.1	28.1	31.4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22.5kPa, 풍화암 31.1kPa로 산정되며, 마찰각(Ø)은 풍화토 28.1°, 풍화암 31.4°로 나타남

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

○ 터널구간

공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
TB-1	7.4	66.5	TB-4	15.5	58.0	TB-7	17.6	58.4
TB-2	6.1	60.6	TB-5	6.8	60.2	-	-	-
TB-3	17.0	59.0	TB-6	3.6	43.5	-	-	-

○ 기타구간(휴게소 부지)

공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
BH-1	3.2	13.2	BH-2	6.6	17.2	BH-3	3.5	12.8

○ 결과분석

구분	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
터널구간	3.6~17.6	43.5~66.5
기타구간 (휴게소 부지)	3.2~6.6	12.8~17.2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3.6~17.6m, 기타구간 : GL.- 3.2~6.6m 범위로 분포

4.2.2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

○ 시험결과

구분	공번	시험구간 (GL.-m)	지층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	1.95×10⁻⁴	7.4
	TB-2	2.0 ~ 3.0	풍화토	SM	3.08×10⁻⁴	6.1
	TB-3	12.0 ~ 13.0	풍화암	-	4.53×10⁻⁵	17.0
	TB-4	8.0 ~ 9.0	풍화토	SM	2.07×10⁻⁴	15.5

○ 결과분석

구분	풍화토	풍화암
성라터널	1.96×10⁻⁴ ~ 3.08×10⁻⁴cm/s	4.53×10⁻⁵cm/s

4.2.3 수압시험

개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 계수를 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

○ 시험결과

구분	공번	심도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7.0 ~ 12.0	연 암	3.06×10⁻⁶	0.11	Dilation
	TB - 2	16.0 ~ 21.0	경 암	1.28×10⁻⁶	0.08	Dilation
	TB - 3	20.0 ~ 25.0	경 암	2.49×10⁻⁶	0.04	Dilation
	TB - 6	6.0 ~ 11.0	연 암	4.76×10⁻⁶	0.14	Dilation

○ 결과분석

구분	투수계수(cm/s) 연암	투수계수(cm/s) 경암	평균 Lugeon 연암	평균 Lugeon 경암
성라터널	3.06X10⁻⁶~4.76X10⁻⁶	1.28X10⁻⁶~2.49X10⁻⁶	0.11~0.14	0.04~0.08

제3편 지반조사 결과

4.3 불연속면특성 분석

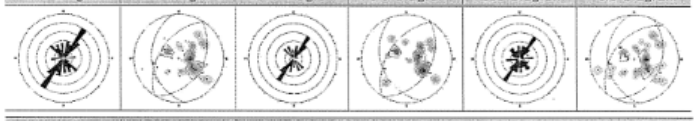
4.3.1 공내영상촬영

개 요	•암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악 •불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

◎시험결과

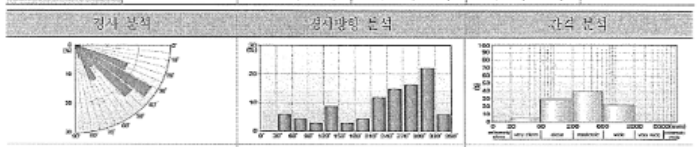
TB-1

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



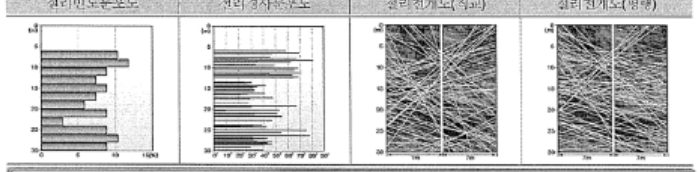
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-1	전체절리	43/303(59.55)	28/263(85.24)	33/121(94.80)	68
	파쇄절리	45/303(61.08)	31/251(39.28)	33/121(53.08)	27
	미세절리	39/310(63.64)	28/264(71.60)	28/116(58.46)	41

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석



•30~40˚경사의 절리 우세 / •300~330˚방향성 우세 / •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(직교) / 절리전개도(평행)



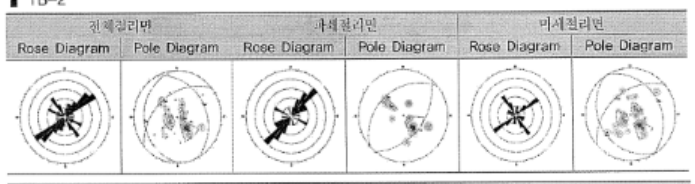
•6.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40˚의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 아크릴관 밖에 슬러지(Sludge)가 쌓여 공벽 파악이 불가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0˚의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270˚의 교차각을 이루고 있음

51 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

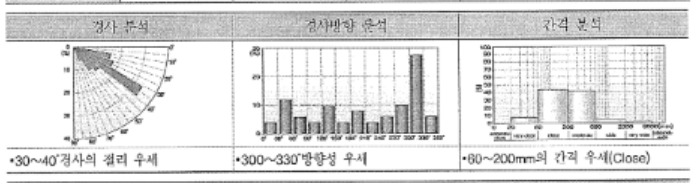
TB-2

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram



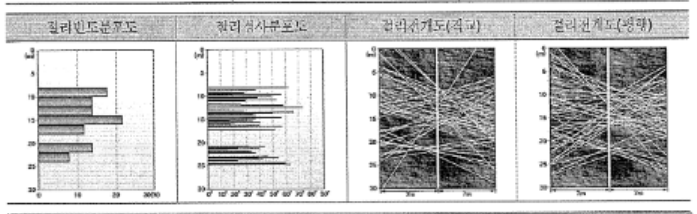
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-2	전체절리	38/321(77.54)	23/63(56.42)	15/266(79.84)	51
	파쇄절리	30/320(38.49)	43/129(38.81)	–	18
	미세절리	38/320(58.01)	22/61(51.90)	20/235(72.36)	33

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석



•30~40˚경사의 절리 우세 / •300~330˚방향성 우세 / •60~200mm의 간격 우세(Close)

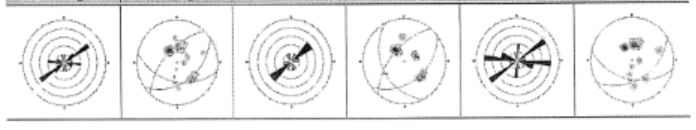
절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(직교) / 절리전개도(평행)



•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 78%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40˚의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0˚의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270˚의 교차각을 이루고 있음

TB-3

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram

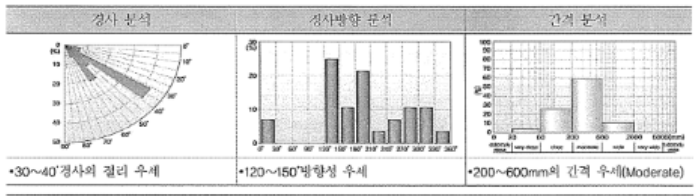


국토교통부 52

제3편 지반조사 결과

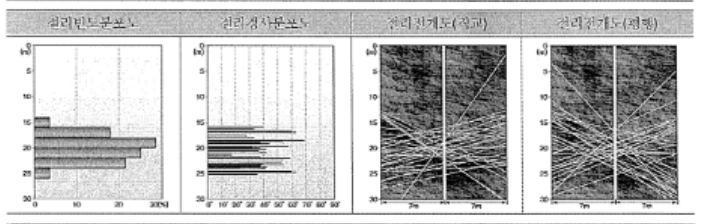
공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-3	전체절리	38/145(176.3)	41/193(80.35)	56/313(71.51)	28
	파쇄절리	37/143(119.93)	55/310(55.92)	33/243(173.7)	11
	미세절리	41/193(64.42)	39/148(419.8)	–	17

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석



•30~40˚경사의 절리 우세 / •120~150˚방향성 우세 / •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

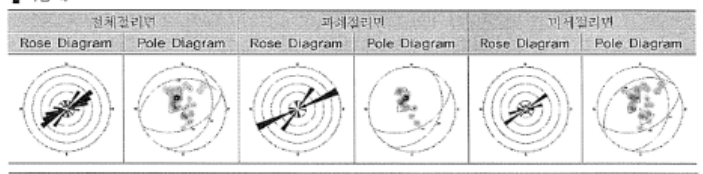
절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(직교) / 절리전개도(평행)



•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40˚의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0˚의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270˚의 교차각을 이루고 있음

TB-4

전체절리면		파쇄절리면		미세절리면	
Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram	Rose Diagram	Pole Diagram

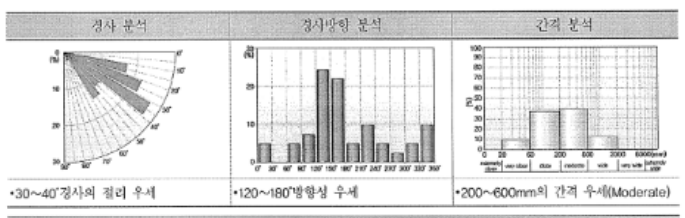


공 번	불연속면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	갯 수
TB-4	전체절리	39/156(48.01)	23/111(69.14)	19/349(359.3)	41
	파쇄절리	40/153(50.83)	24/117(52.12)	–	14
	미세절리	37/158(42.76)	23/325(46.83)	23/102(111.7)	27

53 서울문산고속도로주식회사

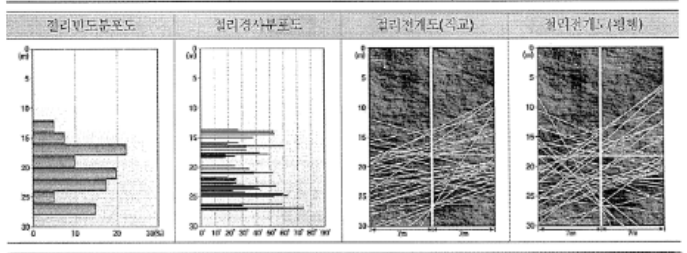
서울~문산고속도로 민간투자사업

경사 분석 / 경사방향 분석 / 간격 분석



•30~40˚경사의 절리 우세 / •120~180˚방향성 우세 / •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

절리빈도분포도 / 절리경사분포도 / 절리전개도(직교) / 절리전개도(평행)



•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)들이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40˚의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 진북방향과 0˚의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270˚의 교차각을 이루고 있음

4.3.2 절리면전단시험

개 요	•기반암에 발달된 자연절리면의 전단특성을 파악하고, 불연속체의 전단강성과 수직강성 점착력과 마찰각 산정 → 불연속체 해석물성치 산정시 기초 자료로 활용

◎시험결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 잔류	마찰각(˚) 최대	마찰각(˚) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
성라터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

분석결과	•터널구간 절리면의 잔류마찰각은 34.7~39.1˚, 최대 마찰각은 40.3~44.0˚

국토교통부 54

제3편 지반조사 결과

4.4 동적특성 분석

4.4.1 하향식탄성파탐사

개 요	•측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_d, K_d)산정 •동포아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

◎시험결과

TB-2

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

TB-3

지 층	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	동포아송비 υ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	적용밀도 (kN/m³)
풍화토	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	927	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,168	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

◎전단파속도와 지반분류

공 번	시험방법	시험 심도 (GL.-m)	EL.(m)	기표하 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (설계적용 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D.H.T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D.H.T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암의 출현심도는 GL.-7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화토에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL.-30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당하며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

55 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요	•시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행 •지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

◎시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널 구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	95.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	6.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	붕적층	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.60	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타 구간 (휴게소)	BH-1	4.0	붕적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	퇴적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	97.9	24.4	CL

분석결과	•실내시험결과, 풍화토 ML, SM, 붕적층에서 CL, SM, 퇴적층 CL로 분류됨 •함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

4.5.2 다짐 및 CBR시험

개 요	•쌓기재료로 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악 •쌓기재료에 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 쌓기재료 유용성 평가시 활용

◎실시설계 시험결과

공 번		심 도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널 구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.26	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과	•건조단위중량은 A다짐:17.37~17.45kN/m³, D다짐:17.37~18.40kN/m³로 분석됨 •CBR는 12.0~12.8%(평균 12.4%)의 범위에 해당

국토교통부 56

제3편 지반조사 결과

4.6 실내암석시험

4.6.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요	•시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정 •지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

◎시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

◎지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.65~22690	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~28.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~41,722	0.16~0.21

분석결과	•연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 포아송비: 0.16~0.19 •경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 포아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

개 요	•암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index I_{s50}값을 산정

◎시험결과

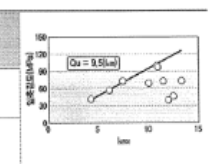
구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)	구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
터널 구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널 구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

57 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

◎지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
$I_{s(50)}$(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3



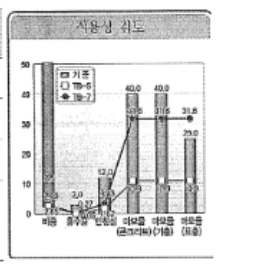
•과업구간의 점하중강도시험의 강도지수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 상관성은 q_u=9.5(I_{s50})의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 강도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 본선발생암 유용성 검토

◎시험결과 및 적용성 검토

시험항목	구분	기준	본선암 TB-5	본선암 TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/25(이하)		

사용성 검토



•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표층재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

국토교통부 58

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

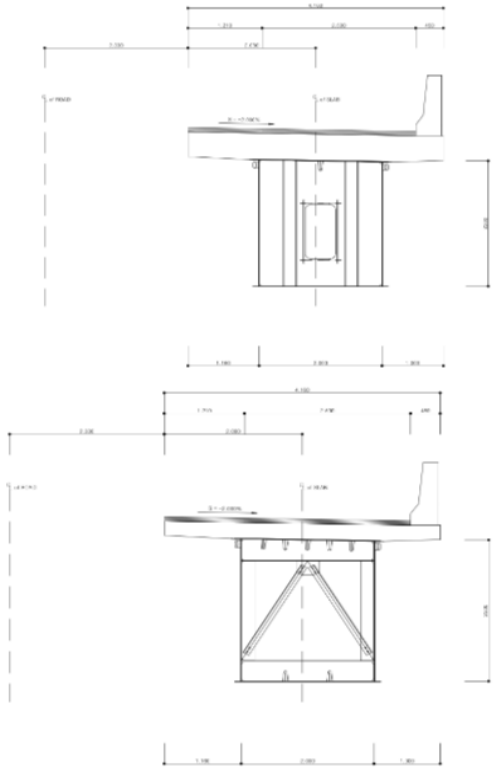
(1) 교 량 명 : 서울방향
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 유 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 60.000 + 60.000 = 120.000 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 4.160 m
(6) Girder 제원 : B = 2.000 m H = 2.500 ~ 3.000 m
(7) 사 각(Skew) : 90.000 °
(8) 곡률반경(R) : 좌측 = ∞ m 중앙 = ∞ m 우측 = ∞ m
(9) 설 계 속 도 : 100.000 km/h
(10) 사용재료 및 물리적 특성치
① 강 재
• 사 용 재 료

주 부 재	SM490B(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평부 강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 슬플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_s)	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

2. 단면가정



(8) 단 면 검 토

【 단철근보 : 중앙부(거더) 】

• 단면제원 및 설계가정

fck = 27 MPa, fy = 400 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.0	290.0	250.0	40.0	78.6	0.0

• 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 993.000 x 400.00 = 397200.000
C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 27.00 x a x 1000.000 = 22950.000 x a
T = C 이므로, a = 17.307 mm, c = 17.307 / β1 = 17.307 / 0.85 = 20.361 mm
εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020
εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (250.00 - 20.361) / 20.361 = 0.03383
εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

• 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ····· ①
a = As x fy / (0.85 x fck x b) ····· ②
식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \;,\; As = 958.334\ mm^2$$

• 사용철근량 = 993.0 mm² (철근도심 : 40.0 mm) , [사용률 = 1.038]
1단 : H16 - 5.0 EA (= 993.0 mm²)

• 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00350
0.25 √fck / fy = 0.00325 , ρmin = 0.00350 적용
수축온도철근비 = 0.00200
ρmax = 0.714 x ρb = 0.714 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02089
ρuse = As / bd = 0.00397
ρmax ≥ ρuse ≥ ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

• 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 17.307 mm
ΦMn = 0.85 x 993.000 x 400 x (250.00 - a/2) = 81.483 kN.m
≥ Mu (= 78.578 kN.m) ∴ O.K [안전율 1.037]

【 배력철근 검토 : 중앙부(거더) 】

• 단면적비 (수축,온도철근) : 「콘크리트 구조설계기준 5.7.2」
전체 단면적 대비 0.0020 이상
사용철근량 : 794.4 mm²
H16 - CTC 250

필요철근량 : 0.0020 x 1000.0 x 290.0 = 580.0 mm²
580.0 mm² < 794.4 mm² ∴ O.K

• 주철근이 차량진행방향에 직각인 경우 「도로교 설계기준 3.6.1.4 (4)」
배분율 = 120.0 / √(2.000) = 84.9 과 67.0 중 작은 값 이상
사용철근량 : 794.4 mm²
H16 - CTC 250
필요철근량 : 956.3 x 0.670 = 640.7 mm² < 794.4 mm² ∴ O.K

【 균열검토 : 중앙부(거더) 】

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 38.345 x 1000000 / [993.000 x (250.000 - 52.411/3)]
= 166.086 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b √[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x993.000/1000.0 + 7x993.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x250.0/(7x993.000)]
= 52.411 mm
사용철근량 = 993.0 mm² (철근도심 : 40.0 mm)
1단 : H16 - 5.0 EA (= 993.0 mm²)

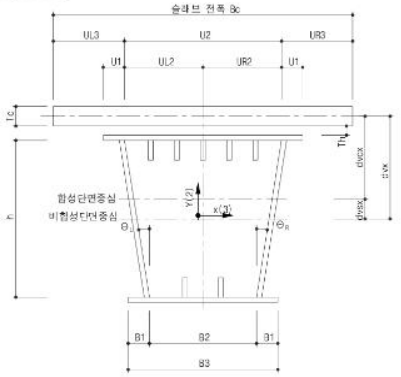
② 철근의 최대 중심간격

Cc = 40.00 - 16/2 = 32.00 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (210 / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 166.07) - 2.5 x 32.00 = 394.21 mm
300 x (210 / fs) = 300 x (210 / 166.07) = 379.37 mm
Sa는 작은 값인 379.37 mm 를 적용
S = 1000.00 / 5.0 EA = 200.00 ≤ Sa (= 379.37 mm) ∴ O.K

【 단부 설계 : 중앙부(거더) 】

배치 범위는 캔틸레버의 고정하중에 대한 지간 2.000m 이상 배치한다.
- 주철근
As req = 956.334 mm²
As use = 1986.000 mm²
H16 - CTC 100.0 = 1986.0 mm²
[사용률 = 2.077] ∴ O.K

4.2 단 면 가 정(합성전)



주형의 탄성변형 및 부정정력을 계산하는 경우에는 정부모멘트에 관계없이 바닥판 콘크리트의 합성작용을 고려한다. (☞ 도 설 3.9.1.2)

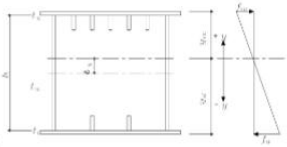
Bc	: 바닥판 콘크리트의 폭
Tr	: 바닥판 콘크리트의 두께
Th	: 바닥판 콘크리트의 헌치 높이
N	: 강재와 콘크리트의 탄성계수비 ($N = E_s / E_c$)
Ac	: 바닥판 콘크리트의 단면적
Av	: 합성후 (강재 + 바닥판 콘크리트)의 환산 단면적
$I_{xx(g)}$	: 2축(3축) 방향 바닥판 콘크리트의 단면 2차 모멘트
$d_{xx(g)}$	: 2축(3축) 방향 강재단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
$d_{xx(g)}$	: 2축(3축) 방향 합성후 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
$d_{xx(g)}$	: 2축(3축) 방향 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리 (합성전 및 합성후 단면에서의 도심축 이동량)
I_{ss}	: 합성전 강재단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트
I_{ss}	: 합성전 강재단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트
I_{ss}	: 합성후 단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트
I_{ss}	: 합성후 단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트
Θ_L	: 좌측 복부판과 연직선이 이루는 각도
Θ_R	: 우측 복부판과 연직선이 이루는 각도

X(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	A_i(㎟)	Y_i(㎜)	$A_i \cdot Y_i$(㎟)	$A_i \cdot Y_i^2$(㎟)	I_{xx}(㎟)
UPPER FL.	1 - 2,200.0 × 10.0	22,000.0	1,155.0	2.541E+07	2.935E+10	1.833E+05
UPPER RIB	5 160.0 × 14.0	11,200.0	1,070.0	1.198E+07	1.282E+10	2.380E+07
L - WEB	1 - 2,300.0 × 12.0	27,600.0	-	-	-	1.217E+10
R - WEB	1 - 2,300.0 × 12.0	27,600.0				1.217E+10
LOWER RIB	2 - 160.0 × 14.0	4,480.0	-1,070.0	-4.794E+06	5.129E+09	9.557E+06
LOWER FL.	1 2,200.0 × 10.0	22,000.0	-1,155.0	-2.541E+07	2.935E+10	1.833E+05
강재 단면 합계		114,680.0	-	7.190E+06	7.565E+10	2.437E+10
RC. SLAB	1 - 4,160.0 × 440.0	1,830,400.0	1,420.0	2.598E+09	3.691E+12	2.953E+10
SLAB 단면 합계		1,830,400.0	-	2.598E+09	3.691E+12	2.953E+10

* I_s = 114,680.0 ㎡ I_{cs} = 1,830,400.0 ㎡

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

• 도심축 이동량

$\delta_y = \sum A_i Y_i / \sum A_i$ = 7,190,400.0 / 114,680.0 = 62.691 ㎜

• 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y$ = 2,300.0 / 2 + 10.0 - 62.591 = 1,097.409 ㎜

$y_{sl} = -(h/2 + t_l + \delta_y)$ = -(2,300.0 / 2 + 10.0 + 62.591) = -1,222.591 ㎜

• 강재의 단면2차 모멘트

$I_s = \sum I_{xx} + \sum A_i Y_i^2 - A_s \cdot \delta_y^2$

= 24,357,817,333.3 + 76,649,132,000.0 - 114,680.0 × 62.591² = 1.008E+11 ㎜⁴

• 플랜지 응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.1)

$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s$ = 2,197,578×1,097.4/100,566,898,391.8 = 23.980 ㎫

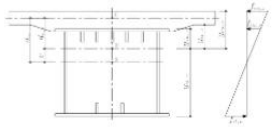
$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s$ = 2,197,578×-1,222.6/100,566,898,391.8 = -26.716 ㎫

• 부재의 전단응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

F = = 4.648E+06 ㎟

$\upsilon = V_s I A_m + M_{sl} / (2 \cdot F \cdot t_w)$

= 811.550 / 55,200.0 + 55.770 / (2 × 4,647,720.0 × 12.0) = 15.202 ㎫



(2) 합 성 후

• 바닥판 콘크리트 환산단면적

$A_{cv} = A_{cs} / n$ = 1,830,400.0 / 7.0 = 261,485.7 ㎡

• 바닥판 콘크리트 환산단면 2차모멘트

$I_{cv} = I_{cs} / n$ = 29,530,453,333.3 / 7.0 = 4.219E+09 ㎜⁴

• 합성 단면적

$A_v = A_s + A_{cv}$ = 114,680.0 + 261,485.7 = 376,365.7 ㎡

• 강재도심선에서 콘크리트 바닥판 도심까지의 거리

$d_y = y_{su} + t_u + T_h + T_r/2$ = 1,097.4 - 10.0 + 50.0 + 440.0/2 = 1,357.4 ㎜

• 합성 단면의 도심축 이동량

$v = A_{cv} \times d_y / A_v$ = 261,485.7 × 1,357.4 / 376,365.7 = 943.1 ㎜

• 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$d_{c,v} = d_y - v$ = 1,357.4 - 943.1 = 414.3 ㎜

• 합성단면의 단면2차 모멘트

$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cv} + A_{cv} \cdot d_{c,v}^2$

= 100,566,898,391.8+114,680.0×943.1² +4,218,636,190.5+261,485.7×414.3² = 2.518E+11 ㎜⁴

• 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su,v} = y_{su} - v$ = 1,097.4 - 943.1 = 154.3 ㎜

$y_{sl,v} = y_{sl} - v$ = -1,222.6 - 943.1 = -2,165.7 ㎜

• 합성단면 도심에서 콘크리트 바닥판 상·하면까지의 거리

$y_{cu,v} = d_{c,v} + T_r / 2$ = 414.3 + 440.0 / 2 = 634.3 ㎜

$y_{cl,v} = y_{cu,v} - T_r$ = 634.3 - 440.0 = 194.3 ㎜

• 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_d \cdot y_{su,v} / I_v$ = 873.415×154.3/251,848,761,171.1 = 0.535 ㎫

$f_{sl,v} = M_d \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 873.415×-2,165.7/251,848,761,171.1 = -7.511 ㎫

$f_{cu,v} = M_d \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 873.415×634.3/(251,848,761,171.1×7.0) = 0.314 ㎫

$f_{cl,v} = M_d \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 873.415×194.3/(251,848,761,171.1×7.0) = 0.096 ㎫

• 전단응력 검토

F_v = = 4.719E+06 ㎟

$\upsilon = V_{sd} I A_m + M_{sd} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 328.373 / 55,200.0 + 344.405 / (2 × 4,710,954.3 × 12.0) = 8.995 ㎫

(3) 활 하 중

• 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_l \cdot y_{su,v} / I_v$ = 1,203.737×154.3/251,848,761,171.1 = 0.738 ㎫

$f_{sl,v} = M_l \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 1,203.737×-2,165.7/251,848,761,171.1 = -10.351 ㎫

$f_{cu,v} = M_l \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 1,203.737×634.3/(251,848,761,171.1×7.0) = 0.433 ㎫

$f_{cl,v} = M_l \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 1,203.737×194.3/(251,848,761,171.1×7.0) = 0.133 ㎫

• 전단응력 검토

$\upsilon = V_l I A_m + M_{ll} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 517.464 / 55,200.0 + 189.986 / (2 × 4,710,954.3 × 12.0) = 11.055 ㎫

(4) 풍 하 중 [활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용]

• 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_w \cdot y_{su,v} / I_v$ = 0.000×154.3/251,848,761,171.1 = 0.000 ㎫

$f_{sl,v} = M_w \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 0.000×-2,165.7/251,848,761,171.1 = 0.000 ㎫

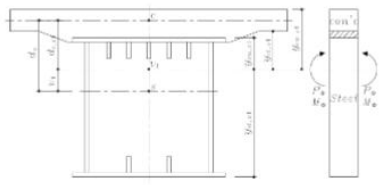
$f_{cu,v} = M_w \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 0.000×634.3/(251,848,761,171.1×7.0) = 0.000 ㎫

$f_{cl,v} = M_w \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 0.000×194.3/(251,848,761,171.1×7.0) = 0.000 ㎫

• 전단응력 검토

$\upsilon = V_{sd} I A_m + M_{sd} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$

= 0.000 / 55,200.0 + 325.307 / (2 × 4,710,954.3 × 12.0) = 2.877 ㎫



(5) 바닥판 콘크리트의 크리프 영향 (☞ 도.설.해 3.9.2.6)

• 합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 바닥판 콘크리트의 크리프에 의한 응력의 계산에 쓰이는 크리프계수 Φ_1은 2.0을 표준으로 한다.

Φ_1 = 2.0

k = 0.933 * 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

n_1 = $n \cdot (1 + \Phi_1 / 2)$ = 7.0×(1 + 2.0/2) = 14.000

A_{cv} = $A_s + A_{cs}/n_1$ = 114,880.0 + 1,830,400.0 / 14.0 = 2.456E+05 ㎡

v_1 = $(A_{cs}/n_1) \times d_s / A_{cs}$ = (1,830,400.0/14.0)×1,357.4 / 245,822.9 = 722.5 ㎜

$d_{c,v}$ = $d_s - v_1$ = 1,357.4 - 722.5 = 634.9 ㎜

I_{cv} = $(I_s + A_s \cdot v_1^2) + (I_{cs}/n_1 + A_{cs}/n_1 \cdot d_{c,v}^2)$

= (100,566,898,391.8 + 114,680.0×722.5²) + (29,530,453,333.3/14.0 + 1,830,400.0/14.0 × 634.9²) = 2.153E+11 ㎜⁴

• 합성단면도심에서 상 하부 플랜지 연단거리

$y_{su,v}$ = $y_{su} - v_1$ = 1,097.4 - 722.5 = 374.9 ㎜

$y_{sl,v}$ = $y_{sl} - v_1$ = -1,222.6 - 722.5 = -1,945.1 ㎜

• 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 연단거리

$y_{cu,v}$ = $d_{c,v} + T_r / 2$ = 634.9 + 440.0 / 2 = 854.9 ㎜

$y_{cl,v}$ = $y_{cu,v} - T_r$ = 854.9 - 440.0 = 414.9 ㎜

• 크리프를 일으키기 전, 2차 고정하중에 의해 바닥판 콘크리트에 작용하는 압축력

N_c = $M_{cs} \cdot d_{c,v} \cdot A_{cv} / (n \cdot I_{cv})$

= 873.4 × 414.3 × 1,830,400.0 / (7.0 × 251,848,761,171.1) = 3.757E+05 ㎏

• 강재보와 결합으로 인해 바닥판에 생기는 압축력

P_d = $N_c \cdot 2 \cdot \Phi_1 / (2 + \Phi_1)$ = 375,726.6 × 2 × 2.0 / (2 + 2.0) = 3.757E+05 ㎏

• P_d에 의해 합성단면에 발생하는 휨모멘트

M_d = $P_d \times d_{c,ss}$ = 375,726.6 × 634.9 = 2.385E+08 ㎏·㎜

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.05

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 7
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 25.247 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 17 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.303 : TAN(⅔·φ2) : 흙과 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 32000 MPa
기둥: 32000 MPa
기초: 29000 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
2) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
4) 도로 설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

2. 해석결과 요약

■ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	920.360	666.685	O.K
		허용인발력(kN/EA)	191.035	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	51.767	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	0.425	O.K
		수평변위(mm)	15.000	0.124	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1380.540	605.765	O.K
		허용인발력(kN/EA)	286.553	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	58.563	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	4.497	O.K
		수평변위(mm)	15.000	0.740	O.K
교축직각 방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	920.360	785.054	O.K
		허용인발력(kN/EA)	191.035	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	55.602	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	4.737	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.488	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1380.540	591.403	O.K
		허용인발력(kN/EA)	286.553	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	55.384	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	4.112	O.K
		수평변위(mm)	15.000	0.677	O.K

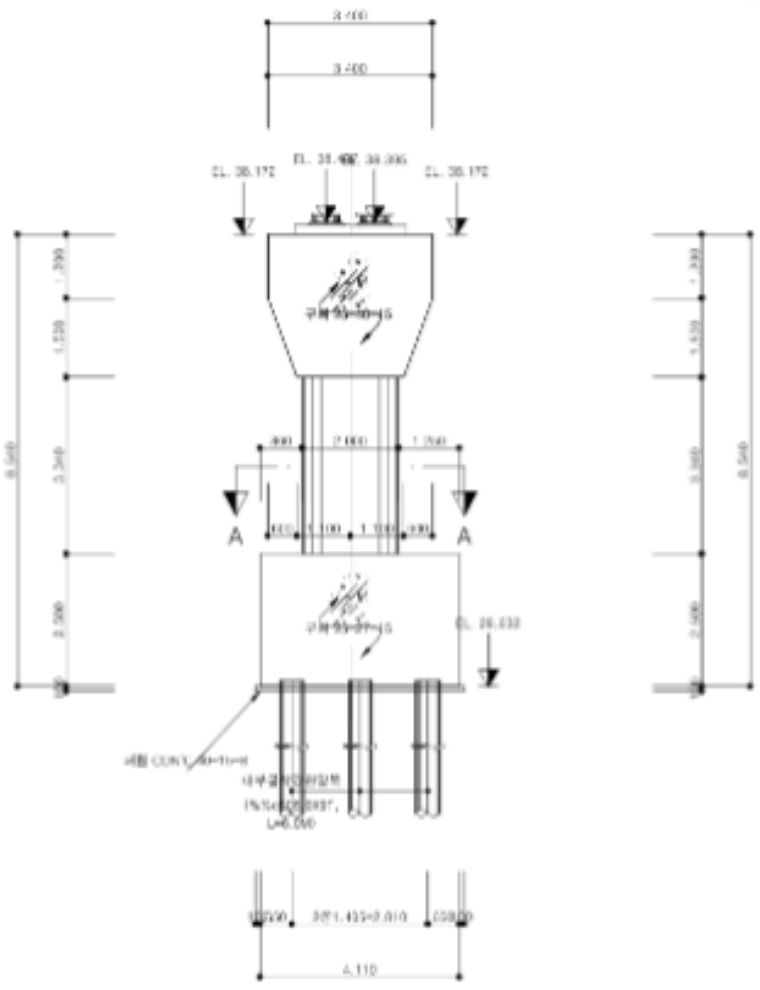
■ 단면 설계

단면위치		길이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm^2)	Use.As (mm^2)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	2700.0	100.0	22258.414	25325.500	-	-	89.911	O.K
	우측내민보	2700.0	100.0	22258.414	25325.500	-	-	89.911	O.K
	좌측내민보수	2200.0	100.0	7.334	5109.900	5.236	3629.127	693.065	O.K
	우측내민보수	2200.0	100.0	7.334	5109.900	5.236	3629.127	693.065	O.K
기초	교축방향	2500.0	150.0	8695.373	12774.300	6893.095	10089.025	1.464	O.K
	교직-지점(좌	2500.0	150.0	1688.421	24387.300	1347.993	19265.178	14.292	O.K
	교직-지점(우	2500.0	150.0	2980.332	24387.300	2377.995	19265.178	8.101	O.K

■ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
두부보	좌측내민보	0.570	180.000	129.412	110461.908	O.K
	우측내민보	0.570	180.000	129.412	110461.908	O.K
	좌측내민보수평	0.505	180.000	192.857	124850.199	O.K
	우측내민보수평	0.505	180.000	192.857	124850.199	O.K
기초	교축방향	164.647	180.000	124.545	130.797	O.K
	교직-지점(좌)	15.985	180.000	126.984	3941.224	O.K
	교직-지점(우)	38.739	180.000	126.984	1626.269	O.K

4. 단 면 가 정



■ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.006	10101.605	76968.957	7.619	O.K
	모멘트최대	0.006	7142.517	76968.957	10.776	O.K
	탄성설계	0.006	5494.243	96211.234	17.511	O.K
	편심최대	0.006	4944.819	76968.957	15.566	O.K
교축직각방향	축력최대	0.006	10101.605	76968.957	7.619	O.K
	모멘트최대	0.006	7142.517	35185.959	4.926	O.K
	탄성설계	0.006	5494.243	96211.234	17.511	O.K
	편심최대	0.006	4944.819	25440.084	5.145	O.K
합성부재력	축력최대	0.006	10101.605	76968.957	7.619	O.K
	모멘트최대	0.006	7142.517	35137.450	4.919	O.K
	탄성설계	0.006	5494.243	96211.234	17.511	O.K
	편심최대	0.006	4944.819	25385.056	5.134	O.K

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.006	10442.625	76968.957	7.371	O.K
	모멘트최대	0.006	7483.536	76968.957	10.285	O.K
	탄성설계	0.006	5756.566	98211.234	16.713	O.K
	편심최대	0.006	5180.910	76968.957	14.856	O.K
교축직각방향	축력최대	0.006	10442.625	76968.957	7.371	O.K
	모멘트최대	0.006	7483.536	37066.848	4.953	O.K
	탄성설계	0.006	5756.566	98211.234	16.713	O.K
	편심최대	0.006	5180.910	27395.757	5.258	O.K
합성부재력	축력최대	0.006	10442.625	76968.957	7.371	O.K
	모멘트최대	0.006	7483.536	37019.439	4.947	O.K
	탄성설계	0.006	5756.566	98211.234	16.713	O.K
	편심최대	0.006	5180.910	27339.981	5.277	O.K

1. 설계조건

상부구조형식	구 조 형 식	Steel Box GIRDER교	
	교량내진등급	1등급	
	지 간	2 @ 60.000 = 120.000 m	
	폭 원	19.350(기존교량) + 3.710(확장교량) = 23.060 m	
하부구조형식	교 각 형 식	π 형(기존) + T형(확장)	
	기 초 형 식	직접 + 말뚝기초	
사 용 재 료	콘크리트 (fck)	27 Mpa	
	콘크리트 (fck)	27 Mpa	
재 료 특 성	콘크리트 단위중량(g_c)	25.0 kN/㎥	
	아스팔트 단위중량(g_c)	23.0 kN/㎥	
가 속 도 계 수(A)	지진구역계수	0.11 (I)	
	위 험 도 계수	1.4 (1000년 재현주기)	
	가 속 도 계수 (A)	지진구역계수 × 위험도 계수 = 0.154 g	
지 반 계 수 (S)	지 반 종 류	II	
	지 반 계 수	S = 1.2 (내진설계)	
응 답 수 정 계 수	구 조 부 재	항복시 (설계기준) R	탄성거동시 R
	기 둥 (단 주)	3.0	1.0
	연결 상부구조와 교대	0.8	0.8
	연결 상부구조와 교각	1.0	1.0
	기 초	3.0 / 2 = 1.5	1.0
해 석 방 법	* POT 받침은 응답스펙트럼을 이용하여 다중모드 응답스펙트럼 방법을 수행함.		

2. 해석 방법별 특성 및 받침 물성치

1) 내진해석

- POT 받침 적용시 내진해석.
  * 받침은 NLLINK로 (표 POT 받침 물성치)와 같이 모델링 하였다.
  * 해석시 5% 감쇠비를 적용하고 Ritz Vector 해석 수행 , 질량참여율이 90% 넘도록 50차 모드 까지 고려 하였다.
  * 지진하중은 지반계수 S=II (내진해석시 S=1.2), 가속도계수 A=0.154g 에 해당하는 응답스펙트럼을 사용하였다.
  * 해석은 다중모드 응답스펙트럼 방법을 사용하였다.

받침종류	해 석 시 입 력 값	설 명	적용위치	비고
POT 고정단	NAME=POTFIX TYPE=GAP	NLLink type	A1, A2	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=1E+08 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=1E+08 CE=0	교직방향 강성		
POT 일방향 (교축)	NAME=POTM1 TYPE=GAP	NLLink type	P1, P2	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=0 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=1E+08 CE=0	교직방향 강성		
POT 일방향 (교직)	NAME=POTM2 TYPE=GAP	NLLink type	P1, P2	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=1E+08 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=0 CE=0	교직방향 강성		
POT 양방향	NAME=POTM TYPE=GAP	NLLink type	P1, P2	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=0 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=0 CE=0	교직방향 강성		

3. 지진하중 (응답스펙트럼)

(1) 탄성지진응답계수

1) 가속도계수

구분	적용 계수	비고
구역계수 (Z)	0.110	지진구역 I
지진위험도계수 (I)	1.400	내진등급 1등급 (재현주기 1000년)
가속도계수 (A)	0.154	A = Z x I

2) 지반계수

구분	적용 계수	비고
지반계수 (S)	1.200	지반종류 II

3) 탄성지진응답계수(Cs) 산정

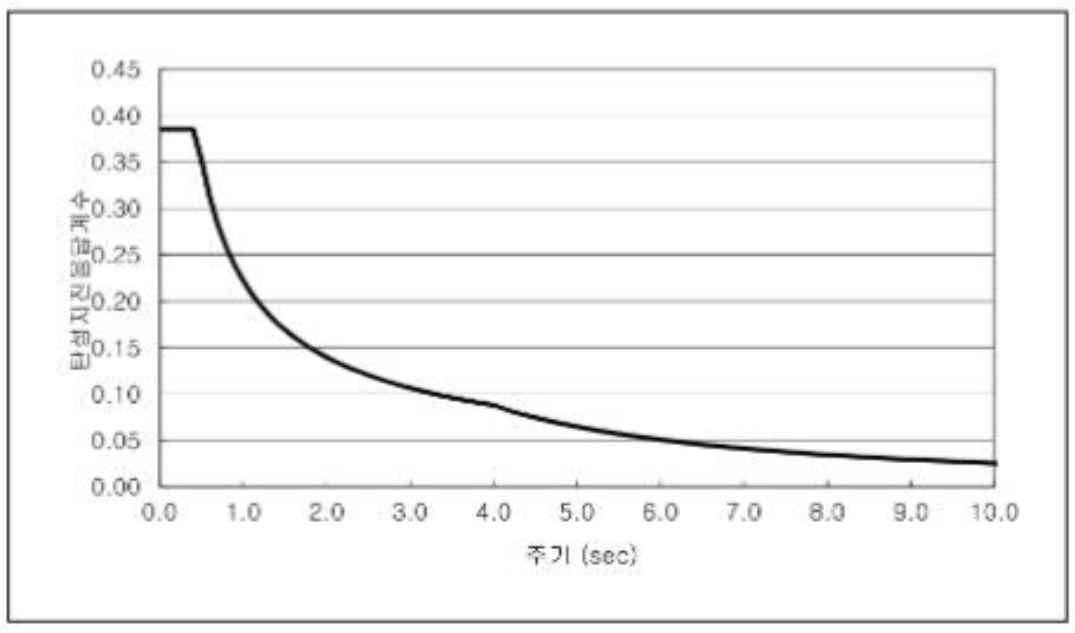
① T ≤ 4.0 sec

Cs = (1.2 x A x S) / T2/3 ≤ 2.5 x A

② T > 4.0 sec

Cs = (3 x A x S) / T4/3

여기서, T : 교량의 주기



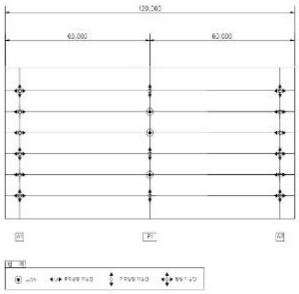
4) 탄성지진응답계수

주기 (sec)	가속도 계수	지반 계수	탄성지진 응답계수	탄성지진 가속도 (m/sec²)	비고
0.0000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.1000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.2000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.3000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.4000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.5000	0.1540	1.2000	0.3520	3.4533	
0.6000	0.1540	1.2000	0.3117	3.0581	
0.7000	0.1540	1.2000	0.2813	2.7594	
0.8000	0.1540	1.2000	0.2573	2.5244	
0.9000	0.1540	1.2000	0.2379	2.3338	
1.0000	0.1540	1.2000	0.2218	2.1755	
1.1000	0.1540	1.2000	0.2081	2.0415	
1.2000	0.1540	1.2000	0.1964	1.9265	
1.3000	0.1540	1.2000	0.1862	1.8264	
1.4000	0.1540	1.2000	0.1772	1.7383	
1.5000	0.1540	1.2000	0.1692	1.6602	
1.6000	0.1540	1.2000	0.1621	1.5903	
1.7000	0.1540	1.2000	0.1557	1.5273	
1.8000	0.1540	1.2000	0.1499	1.4702	
1.9000	0.1540	1.2000	0.1446	1.4181	
2.0000	0.1540	1.2000	0.1397	1.3705	
2.1000	0.1540	1.2000	0.1352	1.3266	
2.2000	0.1540	1.2000	0.1311	1.2861	
2.3000	0.1540	1.2000	0.1273	1.2485	
2.4000	0.1540	1.2000	0.1237	1.2136	
2.5000	0.1540	1.2000	0.1204	1.1810	
2.6000	0.1540	1.2000	0.1173	1.1505	
2.7000	0.1540	1.2000	0.1144	1.1220	
2.8000	0.1540	1.2000	0.1116	1.0951	
2.9000	0.1540	1.2000	0.1090	1.0698	
3.0000	0.1540	1.2000	0.1066	1.0459	
3.2000	0.1540	1.2000	0.1021	1.0018	
3.4000	0.1540	1.2000	0.0981	0.9621	
3.6000	0.1540	1.2000	0.0944	0.9262	
3.8000	0.1540	1.2000	0.0911	0.8934	
4.0000	0.1540	1.2000	0.0880	0.8633	
4.2500	0.1540	1.2000	0.0805	0.7900	
4.5000	0.1540	1.2000	0.0746	0.7321	

주기 (sec)	가속도 계수	지반 계수	탄성지진 응답계수	탄성지진 가속도 (m/sec²)	비고
4.7500	0.1540	1.2000	0.0694	0.6811	
5.0000	0.1540	1.2000	0.0648	0.6361	
5.2500	0.1540	1.2000	0.0608	0.5960	
5.5000	0.1540	1.2000	0.0571	0.5602	
5.7500	0.1540	1.2000	0.0538	0.5280	
6.0000	0.1540	1.2000	0.0508	0.4988	
6.2500	0.1540	1.2000	0.0482	0.4724	
6.5000	0.1540	1.2000	0.0457	0.4483	
6.7500	0.1540	1.2000	0.0435	0.4263	
7.0000	0.1540	1.2000	0.0414	0.4062	
7.2500	0.1540	1.2000	0.0395	0.3876	
7.5000	0.1540	1.2000	0.0378	0.3705	
7.7500	0.1540	1.2000	0.0361	0.3546	
8.0000	0.1540	1.2000	0.0347	0.3399	
8.2500	0.1540	1.2000	0.0333	0.3263	
8.5000	0.1540	1.2000	0.0320	0.3135	
8.7500	0.1540	1.2000	0.0307	0.3016	
9.0000	0.1540	1.2000	0.0296	0.2905	
9.2500	0.1540	1.2000	0.0286	0.2801	
9.5000	0.1540	1.2000	0.0276	0.2703	
9.7500	0.1540	1.2000	0.0266	0.2611	
10.0000	0.1540	1.2000	0.0257	0.2524	
15.0000	0.1540	1.2000	0.0150	0.1470	
20.0000	0.1540	1.2000	0.0102	0.1002	

5. 내진 해석결과

5.1 받침 배치도



5.2 받침 수평력 검토

위 치	받침 NO.	받침 Type	용량 (kN)	지진시 작용 수평력(kN) 교축해석 교축	교축해석 교직	교직해석 교축	교직해석 교직	지진시 허용 수평력 (kN) 교축	교직	판정 교축	교직	비고
A1	1	양방향	3000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	기존
	2	교축방향	3000G40	0	339	0	1,053	0	1,560	OK	OK	
	3	교축방향	3000G40	0	324	0	973	0	1,560	OK	OK	
	4	양방향	3000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
P1	5	교축방향	2000G30	0	189	0	468	0	780	OK	OK	신설
	6	양방향	2000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	7	교직방향	8000G40	2,556	0	811	0	4,160	0	OK	OK	기존
	8	고정단	8000F40	2,682	923	816	3,062	4,160	4,160	OK	OK	
	9	고정단	8000F40	2,809	957	853	3,170	4,160	4,160	OK	OK	
	10	교직방향	8000G60	4,284	0	1,326	0	5,200	0	OK	OK	
	11	고정단	5000F20	1,186	193	403	635	1,300	1,300	OK	OK	신설
	12	교직방향	5000G20	855	0	305	0	1,300	0	OK	OK	
A2	13	양방향	3000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	기존
	14	교축방향	3000G40	0	348	0	1,081	0	1,560	OK	OK	
	15	교축방향	3000G40	0	335	0	1,001	0	1,560	OK	OK	
	16	양방향	3000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	17	교축방향	2000G30	0	187	0	464	0	780	OK	OK	신설
	18	양방향	2000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	

5.3 받침 변위 검토

위 치	받침 NO.	받침 Type	용량 (kN)	지진시 작용 변위(mm) 교축해석 교축	교축해석 교직	교직해석 교축	교직해석 교직	지진시 허용 변위 (mm) 교축	교직	판정 교축	교직	비고
A1	1	양방향	3000M	7	1	3	0	50	50	OK	OK	기존
	2	교축방향	3000G40	7	0	2	0	50	0	OK	OK	
	3	교축방향	3000G40	7	0	2	0	50	0	OK	OK	
	4	양방향	3000M	7	0	2	0	50	50	OK	OK	
P1	5	교축방향	2000G30	10	0	3	0	50	0	OK	OK	신설
	6	양방향	2000M	10	0	4	0	50	50	OK	OK	
	7	교직방향	8000G40	0	0	0	1	0	50	OK	OK	기존
	8	고정단	8000F40	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	9	고정단	8000F40	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	10	교직방향	8000G60	0	0	0	1	0	50	OK	OK	
	11	고정단	5000F20	0	0	0	0	0	0	OK	OK	신설
	12	교직방향	5000G20	0	0	0	0	0	50	OK	OK	
A2	13	양방향	3000M	7	1	3	0	50	50	OK	OK	기존
	14	교축방향	3000G40	7	0	2	0	50	0	OK	OK	
	15	교축방향	3000G40	7	0	2	0	50	0	OK	OK	
	16	양방향	3000M	7	0	2	0	50	50	OK	OK	
	17	교축방향	2000G30	10	0	3	0	50	0	OK	OK	신설
	18	양방향	2000M	10	0	4	0	50	50	OK	OK	

5.4 부재력 해석 결과

1) 교각하단 부재력

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	교축방향 지진력 작용시 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	교직 직각방향 지진력 작용시 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	비고
P1L	P1B	7.20	35,871	55	5,536	17	250	5,105	58	2,531	기존
P1R	P1B	7.55	48,221	46	7,615	14	175	9,276	48	3,934	기존
P1	P1B	7.55	13,850	10	2,186	3	65	2,373	11	675	신설

2) 교각상단 부재력

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	교축방향 지진력 작용시 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	교직 직각방향 지진력 작용시 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	비고
P1L	P1T	7.20	29,540	30	5,517	17	156	1,300	58	2,523	기존
P1R	P1T	7.55	35,373	24	7,604	13	102	2,640	44	3,928	기존
P1	P1T	7.55	8,296	4	2,168	3	39	666	10	669	신설

5.5 부재력 하중조합 (적용 부재력)

- COM1 : 종방향축 해석으로부터 구한 지진력에 횡방향축의 해석으로부터 구한 지진력의 30%를 합한 경우.
  - ◆ C1-1 1.0× 종축해석에 의한 종방향 부재력 + 0.3× 횡축해석에 의한 종방향 부재력
  - ◆ C1-2 1.0× 종축해석에 의한 횡방향 부재력 + 0.3× 횡축해석에 의한 횡방향 부재력
- COM2 : 횡방향축 해석으로부터 구한 지진력에 종방향축의 해석으로부터 구한 지진력의 30%를 합한 경우.
  - ◆ C2-1 0.3× 종축해석에 의한 종방향 부재력 + 1.0× 횡축해석에 의한 종방향 부재력
  - ◆ C2-2 0.3× 종축해석에 의한 횡방향 부재력 + 1.0× 횡축해석에 의한 횡방향 부재력

1) 교각하단 하중조합

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	COM1 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	COM2 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	비고
P1L	P1B	7.20	35,946	1,587	5,553	776	11,011	5,122	1,717	2,536	기존
P1R	P1B	7.55	48,274	2,829	7,629	1,194	14,641	9,290	2,330	3,938	기존
P1	P1B	7.55	13,869	722	2,189	205	4,220	2,376	696	676	신설

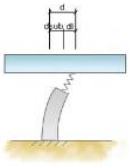
2) 교각상단 하중조합

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	COM1 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	COM2 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	비고
P1L	P1T	7.20	29,587	429	5,534	774	8,118	1,309	1,711	2,526	기존
P1R	P1T	7.55	35,403	816	7,617	1,192	10,714	2,647	2,325	3,932	기존
P1	P1T	7.55	8,308	204	2,171	203	2,528	667	690	670	신설

5.6 변위해석결과

* 지진시에 상부구조와 교대 혹은 인접하는 상부구조간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지하기 설계시 고려된 내진성능이 충분히 발휘할 수 있도록 하기 위하여 상부구조의 단부에는 여유간격을 설치하여야 한다.
* 상부구조의 여유간격은 다음 식에 의한 값보다 작아서는 안된다.

「도로교설계기준,6.4.8」



$$\Delta l_1 = d + \Delta ls + \Delta lc + 0.4\Delta lt$$

여기서, Δl_1 : 상부구조의 여유간격

d : 지반에 대한 상부구조의 총변위 ($d_1 + d_{2,3}$)

Δl_s : 콘크리트 건조수축에 의한 이동량

Δl_c : 콘크리트 크리프에 의한 이동량

Δl_t : 온도변화에 의한 이동량

① 상부구조 총변위

교 각	절 점 No.	상부변위 (mm)		비고
		교축방향 해석시	교축직각방향 해석시	
A1	41	10.4	3.8	
A2	51	10.4	3.9	

* 여유간격 산정

- 지진시 상부가 교대의 옹벽에 충돌하는 경우 건조수축과 크리프의 변위는 충돌하려는 변위와 반대방향으로 거동하기 때문에 건조수축과 크리프의 변위량은 상부구조의 여유간격 감소 요인으로 작용하므로 방침의 이동량 및 신축유간보다 상부구조의 여유간격을 크게 확보하기 위해서는 건조수 및 크리프에 의한 이동은 완료된 것으로 보고 상부구조의 여유간격을 산정한다.

5.7 질량참여율

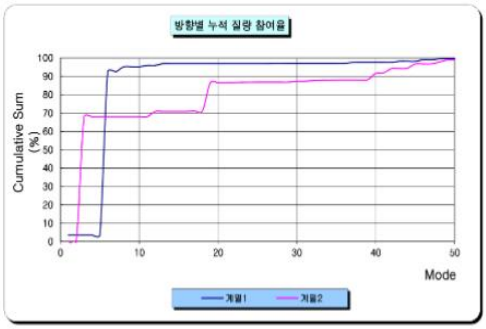
◎ 질량참여율

Mode No	Period (sec)	Frequency (rad/sec)	Frequency (cycle/sec)	TRAN-X MASS(%)	TRAN-X SUM(%)	TRAN-Y MASS(%)	TRAN-Y SUM(%)	TRAN-Z MASS(%)	TRAN-Z SUM(%)
1	0.591	10.623	1.691	3.558	3.558	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.521	12.071	1.921	0.003	3.561	0.006	0.006	0.000	0.000
3	0.392	16.049	2.619	0.000	3.561	64.852	64.858	0.107	0.107
4	0.362	17.373	2.765	0.003	3.564	0.107	64.964	0.000	0.107
5	0.344	18.256	2.905	0.027	3.591	0.034	64.998	63.667	63.774
6	0.285	22.016	3.504	88.822	92.413	0.000	64.998	0.015	63.789
7	0.274	22.916	3.647	0.026	92.439	0.016	65.014	0.321	64.110
8	0.215	29.222	4.651	2.660	95.099	0.001	65.014	0.001	64.111
9	0.153	41.064	6.536	0.069	95.169	0.000	65.015	0.000	64.111
10	0.145	43.201	6.876	0.002	95.171	0.000	65.015	0.000	64.112
11	0.142	44.197	7.034	0.722	95.893	0.000	65.015	0.001	64.112
12	0.137	45.976	7.317	0.011	95.904	2.802	70.817	0.037	64.150
13	0.126	49.365	7.379	0.393	96.297	0.019	70.836	0.001	64.150
14	0.133	47.086	7.494	0.015	96.312	0.030	70.866	0.002	64.152
15	0.123	51.263	8.159	0.001	96.313	0.000	70.866	0.001	64.153
16	0.112	55.964	8.907	0.000	96.313	0.000	70.866	1.440	65.593
17	0.104	60.374	9.609	0.000	96.313	0.246	71.112	0.123	65.716
18	0.095	66.279	10.549	0.008	96.322	0.000	71.112	0.000	65.716
19	0.079	79.689	12.683	0.000	96.322	15.321	86.433	0.195	65.912
20	0.076	80.473	12.808	0.005	96.327	0.034	86.467	0.001	65.913
21	0.076	82.411	13.116	0.000	96.327	0.201	86.668	0.003	65.915
22	0.073	86.249	13.727	0.000	96.327	0.000	86.668	0.005	65.920
23	0.072	86.866	13.825	0.000	96.327	0.094	86.761	0.000	65.920
24	0.071	88.130	14.026	0.000	96.327	0.063	86.824	0.003	65.923
25	0.066	92.727	14.758	0.000	96.327	0.015	86.839	0.001	65.924
26	0.064	98.526	15.681	0.000	96.327	0.000	86.839	0.016	65.940
27	0.063	99.188	15.786	0.084	97.021	0.001	86.840	0.011	65.950
28	0.060	105.280	16.756	0.000	97.021	0.002	86.842	0.009	65.959
29	0.059	105.941	16.861	0.000	97.041	0.000	86.842	0.010	65.969
30	0.056	111.647	17.769	0.000	97.041	0.445	87.286	8.003	73.972
31	0.056	112.363	17.883	0.000	97.042	0.055	87.341	6.600	80.573
32	0.050	125.939	20.044	0.000	97.042	0.306	87.647	0.157	80.729
33	0.047	134.657	21.431	0.000	97.042	0.236	87.882	0.003	80.732
34	0.046	136.956	21.797	0.007	97.048	0.000	87.883	0.001	80.733
35	0.044	143.607	22.856	0.000	97.048	0.127	88.009	0.109	80.841
36	0.039	159.077	25.318	0.000	97.049	0.004	88.013	0.620	81.461
37	0.039	160.263	25.507	0.468	97.517	0.000	88.013	0.004	81.465
38	0.036	173.269	27.577	0.088	97.604	0.011	88.025	0.284	81.749
39	0.036	174.402	27.757	0.005	97.609	0.152	88.177	3.764	85.513
40	0.032	193.414	30.783	0.000	97.609	3.424	91.601	0.119	85.632
41	0.027	233.166	37.109	0.000	97.609	0.338	91.939	5.324	91.957

Mode No	Period (sec)	Frequency (rad/sec)	Frequency (cycle/sec)	TRAN-X MASS(%)	TRAN-X SUM(%)	TRAN-Y MASS(%)	TRAN-Y SUM(%)	TRAN-Z MASS(%)	TRAN-Z SUM(%)
42	0.025	249.178	39.658	0.000	97.609	2.276	94.216	0.329	92.286
43	0.022	283.763	45.162	0.528	98.137	0.000	94.216	0.000	92.286
44	0.020	320.725	51.045	0.001	98.138	0.189	94.405	0.603	92.889
45	0.018	352.740	56.140	0.000	98.138	2.315	96.720	0.158	93.048
46	0.016	403.715	64.253	0.805	99.043	0.000	96.720	0.001	93.048
47	0.013	475.596	75.693	0.001	99.044	0.031	96.751	0.433	93.481
48	0.008	799.738	127.282	0.392	99.436	0.896	97.647	0.036	93.517
49	0.006	805.734	126.237	0.277	99.712	1.252	98.900	0.054	93.570
50	0.006	1071.852	170.591	0.000	99.712	0.007	98.906	0.371	93.941

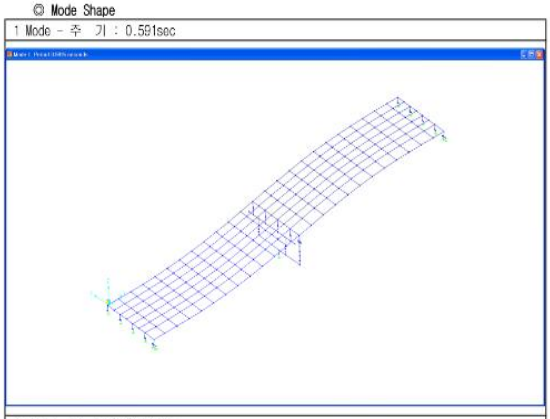
▷ 방향별 누적 질량 참여율

고유치 해석결과 방향별 유효 질량 참여율의 합이 90%이상 됨을 확인하여 본 해석에 교량의 동적거동을 충분히 구현하고 있음을 확인하였다.

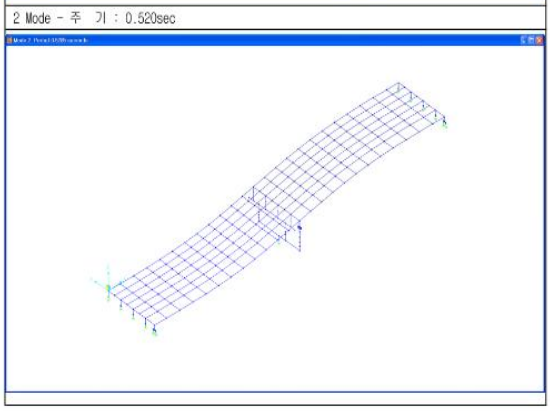


◎ Mode Shape

1 Mode - 주 기 : 0.591sec



2 Mode - 주 기 : 0.520sec



25.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 25.2.1】 성사1교(퇴계원방향 확장부) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	성사1교(퇴계원방향 확장부)의 주요 손상현황으로는 교면포장 접속도로 아스콘 파손이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡에 의한 손상으로, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다. 배수시설의 현재 손상 등 상태는 양호하나 포장부의 원활한 배수를 위하여 주기적인 정비가 요망된다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	성사1교(퇴계원방향 확장부)의 주요 손상현황으로는 교면포장 접속도로 아스콘 파손이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡에 의한 손상으로, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다. 배수시설의 현재 손상 등 상태는 양호하나 포장부의 원활한 배수를 위하여 주기적인 정비가 요망된다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	- 교면포장 접속도로 아스콘 파손	양호

25.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

25.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

25.2.5 시설물 보수 이력

【표 25.2.2】 성사1교(퇴계원방향 확장부) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

25.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 25.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

25.3 현장조사

25.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 도보 및 사다리를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~2	도보 및 사다리	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



제원조사



비파괴시험

【사진 25.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

25.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 성사1교(퇴계원방향 확장부)는 총 2경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=120.0m 폭 5.0m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 사다리로 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 25.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 25.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
합계	-	-

	
바닥판 하면 S2 상태양호	바닥판 하면 S2 상태양호
	
바닥판 하면 S1 상태양호	바닥판 하면 S1 상태양호

【사진 25.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 바닥판 하면의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 1열로 시공되었으며, 도보로 현장조사를 실시하였다

	
거더외부 전경	거더내부 전경

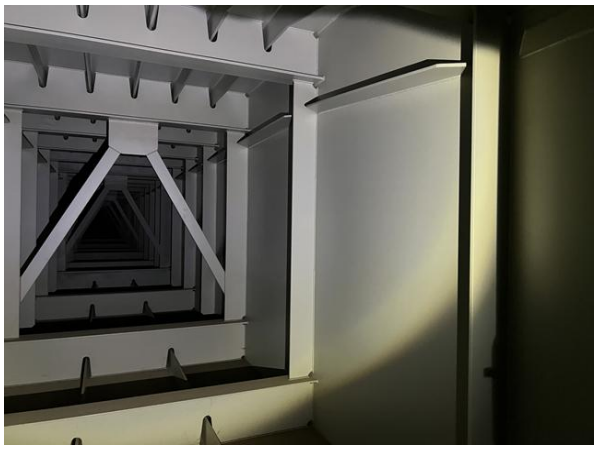
【사진 25.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 거더외부의 경우 기 손상인 국부적인 도장손상이 확인되었고, 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 25.3.2】 거더 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
거더 내부	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-

	
거더외부 S1 상태양호	거더외부 S2 상태양호
	
거더내부 S1 상태양호	거더내부 S2 상태양호

【사진 25.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 교대

1) 부재의 개요

■ 성사1교(퇴계원방향 확장부) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 A1 직접기초, A2 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 25.3.6】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 25.3.3】 교대 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
교대 A1 상태양호	교대 A1 상태양호
	
교대 A2 상태양호	교대 A2 상태양호

【사진 25.3.7】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교각

1) 부재의 개요

■ 성사1교(부천방향 확장부)의 교각은 T형으로 구성되어 있으며, 강관말뚝기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 사다리를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
교각 P1 전경	교각 P1 전경

【사진 25.3.8】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 25.3.4】 교각 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
합계	-	-

	
교각 P1 기둥부 상태양호	교각 P1 코핑부 상태양호

【사진 25.3.9】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

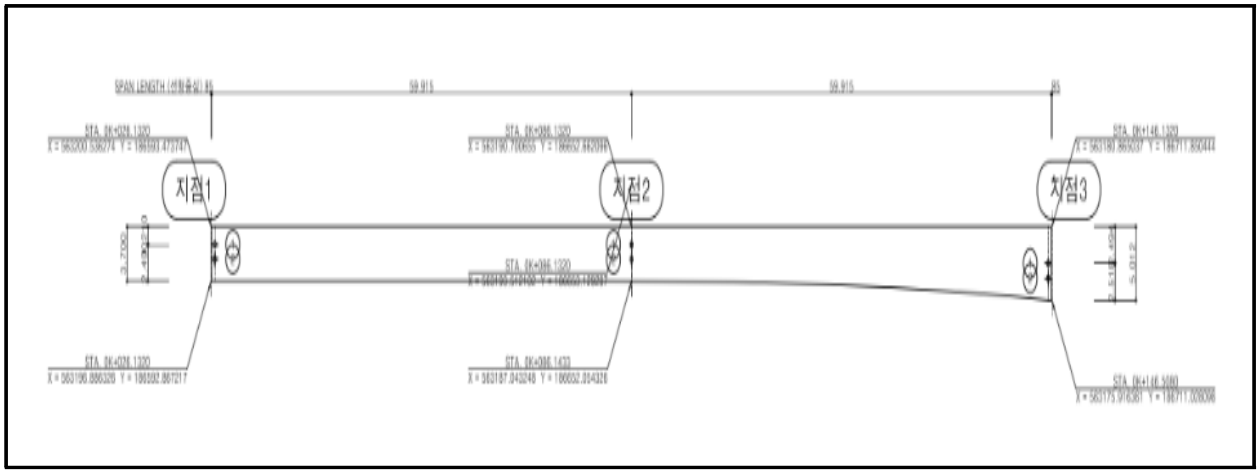
4) 검토의견

- 교각의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 성사1교(퇴계원방향 확장부)의 받침은 포트받침으로 총 6기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 25.3.1】 교량받침 배치도



포트받침(일방향) 전경	포트받침(양방향) 전경	포트받침(고정) 전경

【사진 25.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

【표 25.3.5】 교량받침 현장조사 결과

구분	상태양호			
A1	-	-	-	-
P1	-	-	-	-
A2	-	-	-	-
합계	-	-	-	-



교량받침 A2-Sh2 상태양호



교량받침 P1-Sh1 상태양호

【사진 25.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

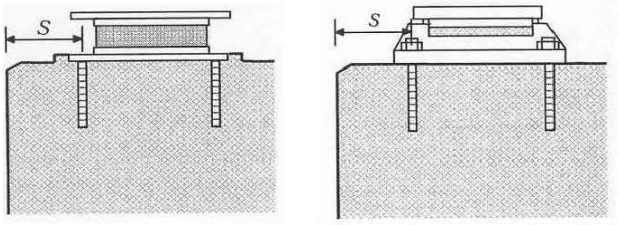
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교량받침의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 25.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 25.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500(㎜)

【표 25.3.6】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		500	580	600	O.K
P1	A1측	500	1000	1005	O.K
	A2측	500	1010	1005	O.K
A2		500	570	570	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 25.3.13】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 25.3.7】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	41.0	19.0	0.000012	60.0	29.5	13.7	
P1	고정단						
A2	41.0	19.0	0.000012	60.0	29.5	13.7	
1) 조사당시 온도 : 21.0℃(조사일 : 2022년 08월 29일, 평균온도, 고양시(기상청 자료 : 서울)) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 25.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	0	100	100	29.5	13.7	±100	OK
	SH2	0	100	100	29.5	13.7	±100	OK
P1	SH1~3	고정단						
A2	SH1	10(A2)	110	90	29.5	13.7	±100	OK
	SH2	10(A2)	110	90	29.5	13.7	±100	OK
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

【사진 25.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 후타재 균열(0.3㎜미만), 후타재 보수부 박리 등의 손상이 확인되었다.

【표 25.3.9】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		후타재 보수부 박리 (㎡/개소)	
A1 (EXP J1)	2.00	4	0.20	1
A2 (EXP J2)	7.00	14	-	-
합계	9.00	18	0.20	1

	
신축이음 A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	신축이음 A2 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
신축이음 A1 후타재 보수부 박리(0.5×0.4)	신축이음 A2 본체 상태양호

【사진 25.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만), 후타재 보수부 박리의 경우, 초기 건조수축, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 정도가 경미하나 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하고 주기적인 안전점검을 통하여 손상의 재발생 여부 등을 확인하는 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 08. 29. 기온 적용: 21.0℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−21.0℃ = 19.0℃
△T(수축시) : −20.0℃−(21.0℃) = 41.0℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 25.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 25.3.10】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	41.0	19.0	0.000012	60.0	29.5	13.7	40.0	90.0	130.0	
A2	41.0	19.0	0.000012	60.0	29.5	13.7	35.0	90.0	150.0	
1) 조사당시 온도 : 21.0℃(조사일 : 2022년 08월 29일, 평균온도, 고양시(기상청 자료 : 서울)) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 25.3.11】 신축이음 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①-③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	29.5	13.7	40.0	80	10.5	26.3	O.K
	바닥판	29.5	13.7	90.0	-	-	76.3	O.K
	거더	29.5	13.7	130.0	-	-	116.3	O.K
A2	신축이음	29.5	13.7	35.0	80	15.5	21.3	O.K
	바닥판	29.5	13.7	90.0	-	-	76.3	O.K
	거더	29.5	13.7	150.0	-	-	136.3	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 성사1교(퇴계원방향 확장부)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.

	
교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

【사진 25.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 접속도로 아스콘 파손의 손상이 확인되었다.

【표 25.3.12】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 아스콘 파손 (㎡/개소)	
S1	-	-
S2	0.10	1
합계	0.10	1

	
교면포장 S2 접속도로 아스콘 파손 (0.2×0.5)	교면포장 S2 접속도로 아스콘 파손 (0.2×0.5)
	
교면포장 S1 상태양호	교면포장 S2 상태양호

【사진 25.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장의 현장조사 결과, 외부충격으로 인한 접속도로 아스콘 파손이 조사되었으며, 차량의 주행성에는 영향을 미치지 않으나 지속적인 통행하중, 충격 발생시 손상의 진전 가능성이 있어 내구성 확보차원의 아스콘 팻칭 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 손상의 재발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 성사1교(퇴계원방향 확장부)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 25.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 배수구 토사퇴적이 확인되었다.

【표 25.3.13】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수구 토사퇴적 (개소)	
S1	17.00	17
S2	17.00	17
합계	34.00	34

	
배수시설 S1 배수구 토사퇴적	배수시설 S1 배수구 토사퇴적
	
배수시설 S2 배수구 토사퇴적	배수시설 S2 배수구 토사퇴적

【사진 25.3.20】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수시설의 배수관은 현재 양호한 상태이나, 배수구에서 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 배수구 토사퇴적이 발생하였다. 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

	
방호벽 전경	방호벽 전경

【사진 25.3.21】 방호벽 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 해당 시설물의 방호벽 접속부에 접속부 파손의 손상이 확인되었다.

【표 25.3.14】 방호벽 현장조사 결과

구분	접속부 파손 (㎡/개소)	
S1	0.15	1
S2	-	-
합계	0.15	1

	
방호벽 S1 접속부 파손(0.1×1.5)	방호벽 S1 접속부 파손(0.1×1.5)
	
방호벽 S1 상태양호	방호벽 S2 상태양호

【사진 25.3.22】 방호벽 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 방호벽의 현장조사 결과, 발생한 접속부 파손은 시공초기 지반안정기간에 발생한 초기 침하가 원인으로 판단되고, 손상부에 대한 단면보수 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요하다고 사료된다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 본 교량은 교대 A1에 콘크리트 점검계단이 설치되어 있는 상태이다.

	
점검시설 전경	점검시설 전경

【사진 25.3.23】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 설치된 점검시설 조사 시 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 25.3.15】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
합계	-	-

	
점검시설 상태양호(현재 식생)	점검시설 상태양호(현재 식생)

【사진 25.3.24】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 조사되었으나, 점검계단 주변 과도한 식생으로 정상적인 기능을 발휘하기 힘든 것으로 확인되었다. 이에 점검계단 주변에 정비를 실시하고 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

카. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

25.3.3 현장조사 총괄표

【표 25.3.16】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	
거더	거더외부	상태양호	-	-	-	
	거더내부	상태양호	-	-	-	
교대		상태양호	-	-	-	
교각		상태양호	-	-	-	
교량받침		상태양호	-	-	-	
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	9.00	18	
		후타재 보수부 박리	㎡	0.20	1	
교면포장		접속도로 아스콘 파손	㎡	0.10	1	
배수시설		배수구 토사퇴적	EA	34.00	34	
방호벽		접속부 파손	㎡	0.15	1	
점검시설		상태양호	-	-	-	

25.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

25.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

25.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 25.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	3	3	3	3	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



반발경도 시험 현황



반발경도 시험 현황



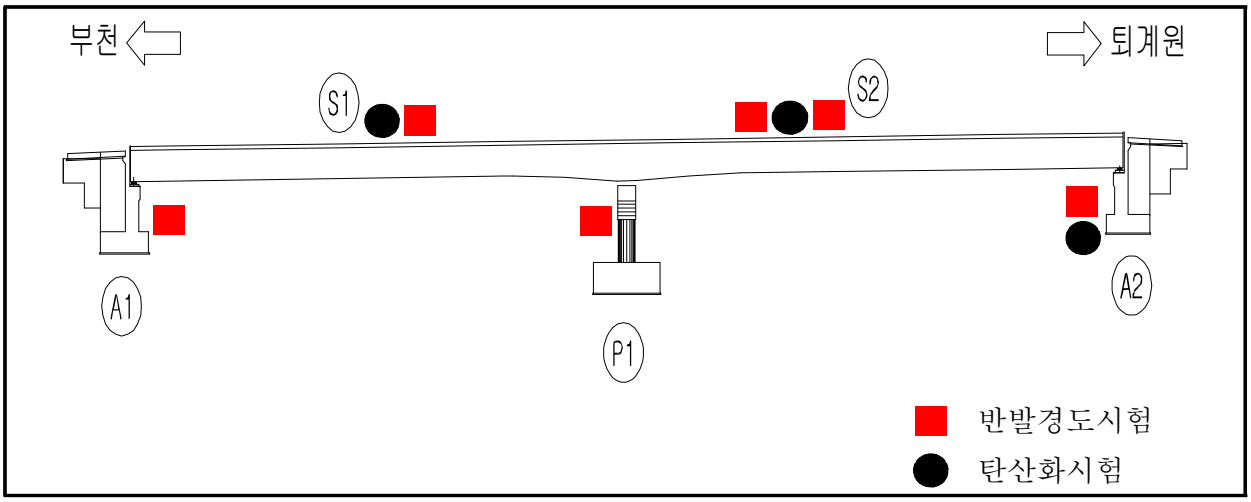
탄산화깊이 측정 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 25.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 25.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

25.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 6개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 25.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	45.9	27.0	28.6	0.67	27.0	
	S2	바닥판	46.3	27.3	28.7			
	S2	바닥판	47.1	28.0	29.1			

【표 25.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	교대	46.0	27.1	28.6	0.67	24.0	
	A2	교대	45.6	26.7	28.4			

【표 25.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	P1	교각	50.8	43.3	52.4	0.67	40.0	

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~29.1㎫, 하부구조(교대) 27.1~28.6㎫, 하부구조(교각) 43.3~52.4㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 25.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.0 ~ 29.1	27.0	100.1 ~ 108.0
하부구조	교대	27.1 ~ 28.6	24.0	111.4 ~ 119.2
	교각	43.3 ~ 52.4	40.0	101.8 ~ 123.2

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 25.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판 하면	1.50	40.00	38.50	1.06	100년이상	a
	S2 바닥판 하면	2.00	40.00	38.00	1.41	100년이상	a
하부구조	A2 교대	2.50	100.00	97.50	1.77	100년이상	a

탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화 깊이는 1.5~2.0㎜, 하부구조 탄산화 깊이는 2.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 25.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.5~2.0	38.0~38.5	
하부구조	2.5	97.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 25.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~29.1	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	27.1~28.6	24.0	
		교각	43.3~52.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

25.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 현장조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

25.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 25.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	a	a	a	a	c	c	c	a	a	q	a	-
S2	P1	STB	a	a	a	a	c	a	-	a	a	q	a	-
	A2								b	a	a	q	-	a
평균			0.100	0.100	0.100	0.100	0.400	0.250	0.300	0.100	0.100	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.020	0.005	0.007	0.012	0.005	0.027	0.009	0.020	-	0.004	0.003
													0.130	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.130) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 25.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
성사1교 (퇴계원방향 확장부)	0.130	B	120	1	120	1.000	0.130
합계(Σ)			120	1	120	1	0.130
1. 평가지수 =							0.130
2. 상태평가결과 =							B

25.5.2 기 점검 결과와의 비교

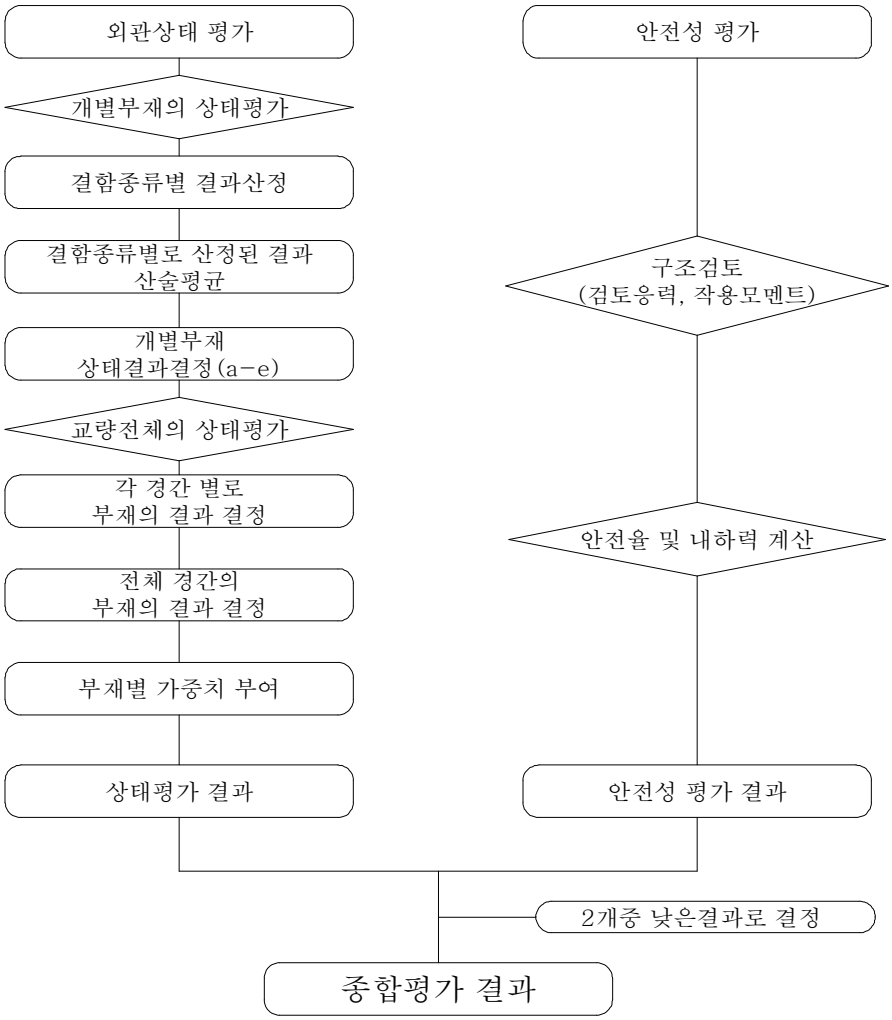
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

25.6 종합평가 및 안전등급 지정

25.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 25.6.1】 종합평가 결과 산정절차

25.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 25.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
성사1교 (퇴계원방향 확장부)	0.130	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

25.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 25.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

25.7 보수·보강 및 유지관리방안

25.7.1 보수·보강 방안

【표 25.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	-	-
거더	거더외부	상태양호	-	-	-	-	-
	거더내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		상태양호	-	-	-	-	-
교량받침		상태양호	-	-	-	-	-
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	9.00	18	표면처리	하자
		후타재 보수부 박리	㎡	0.20	1	단면보수	하자
교면포장		접속도로 아스콘 파손	㎡	0.10	1	아스콘 팻칭	하자
배수시설		배수구 토사퇴적	EA	34.00	34	정비	하자
방호벽		접속부 파손	㎡	0.15	1	단면보수	하자
점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

25.7.2 개략공사비

【표 25.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	표면처리	9.00	3.38	㎡	-	-	하자
	후타재 보수부 박리	단면보수	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
교면포장	접속도로 아스콘 파손	아스콘 팻칭	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
배수시설	배수구 토사퇴적	정비	34.00	34.00	EA	-	-	하자
방호벽	접속부 파손	단면보수	0.15	0.22	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

25.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 25.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상



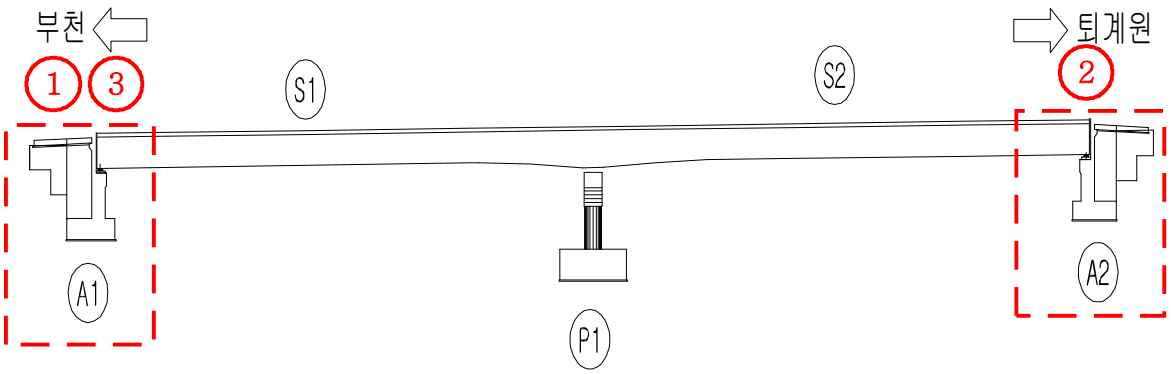
① 신축이음 A1 후타재 박리 – 진전 여부확인



② 교면포장 S2 접속도로 아스콘 파손 – 진전 여부확인



③ 방호벽 S1 접속부 파손 – 진전 여부확인



25.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 성사동 610-14에 위치한 교량으로 총 연장 120.0m, 폭 5.0m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

25.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 교대

- 교대의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교각

- 교각의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교량받침

- 교량받침의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

6) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만), 후타재 보수부 박리의 경우, 초기 건조수축, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 정도가 경미하나 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하고 주기적인 안전점검을 통하여 손상의 재발생 여부 등을 확인하는 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 교면포장의 현장조사 결과, 외부충격으로 인한 접속도로 아스콘 파손이 조사되었으며, 차량의 주행성에는 영향을 미치지 않으나 지속적인 통행하중, 충격 발생시 손상의 진전 가능성이 있어 내구성 확보차원의 아스콘 팻칭 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 손상의 재발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

8) 배수시설

- 배수시설의 배수관은 현재 양호한 상태이나, 배수구에서 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 배수구 토사퇴적이 발생하였다. 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

- 방호벽의 현장조사 결과, 발생한 접속부 파손은 시공초기 지반안정기간에 발생한 초기 침하가 원인으로 판단되고, 손상부에 대한 단면보수 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요하다고 사료된다.

10) 교량 점검시설

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 조사되었으나, 점검계단 주변 과도한 식생으로 정상적인 기능을 발휘하기 힘든 것으로 확인되었다. 이에 점검계단 주변에 정비를 실시하고 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~29.1㎫, 하부구조(교대) 27.1~28.6㎫, 하부구조(교각) 43.3~52.4㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화 깊이는 1.5~2.0㎜, 하부구조 탄산화 깊이는 2.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 성사1교(퇴계원방향 확장부)의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.130, 상태평가 점수는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 성사1교(퇴계원방향 확장부)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

25.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

25.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

26. 성사2교(확장부)

26.1 시설물 개요
26.2 자료수집 및 분석
26.3 현장조사
26.4 콘크리트 내구성조사
26.5 상태평가
26.6 종합평가 및 안전등급 지정
26.7 보수·보강 및 유지관리 방안
26.8 종합결론

26. 성사2교(확장부)

26.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 성사동 산 14-5에 위치한 교량으로 총 연장 110.0m, 폭 4.1m로 시공되어 있다.

26.1.1 일반사항

【표 26.1.1】 성사2교(확장부) 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000113	관리번호	-	
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 성사동 산 14-5	준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		-	노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=110.0m(2@55=110.0m)			
	폭	B=4.1m			
구조 형식	상부	Steel Box	기초 형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형 교각: T형		교 각	강관말뚝기초
교량받침		포트받침	신축이음	뉴모노셀조인트	
교차시설물		원당로	통과높이	7.5m	
부착시설내용		-	설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		두산건설㈜	관리주체	㈜다산컨설턴트	
감 리 자		㈜동일기술공사	관리주체	서울문산고속도로주식회사	



측면 전경



상부 전경

26.1.2 위치도 및 전경사진



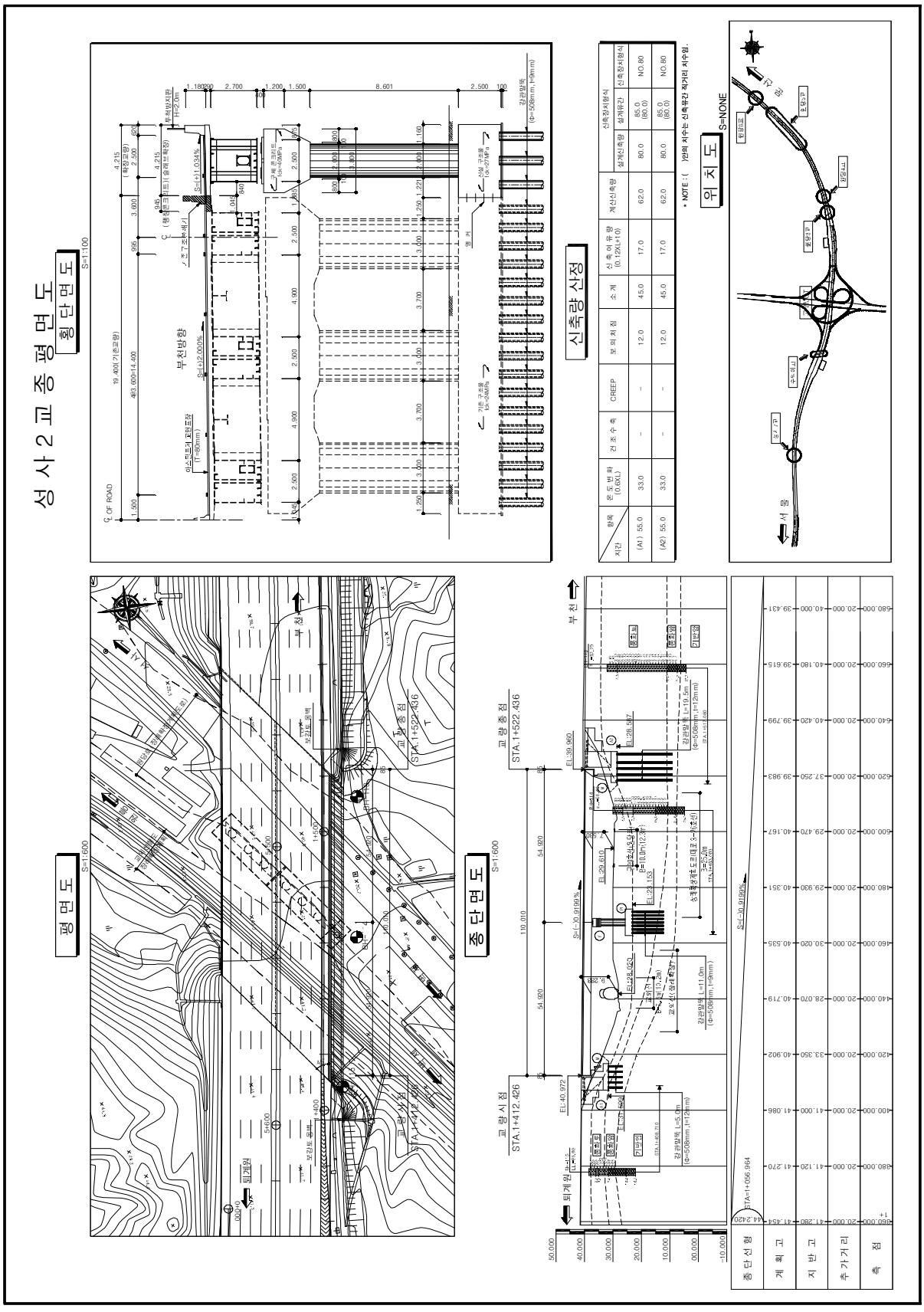
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~2	사다리 및 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 26.1.1】 위치도

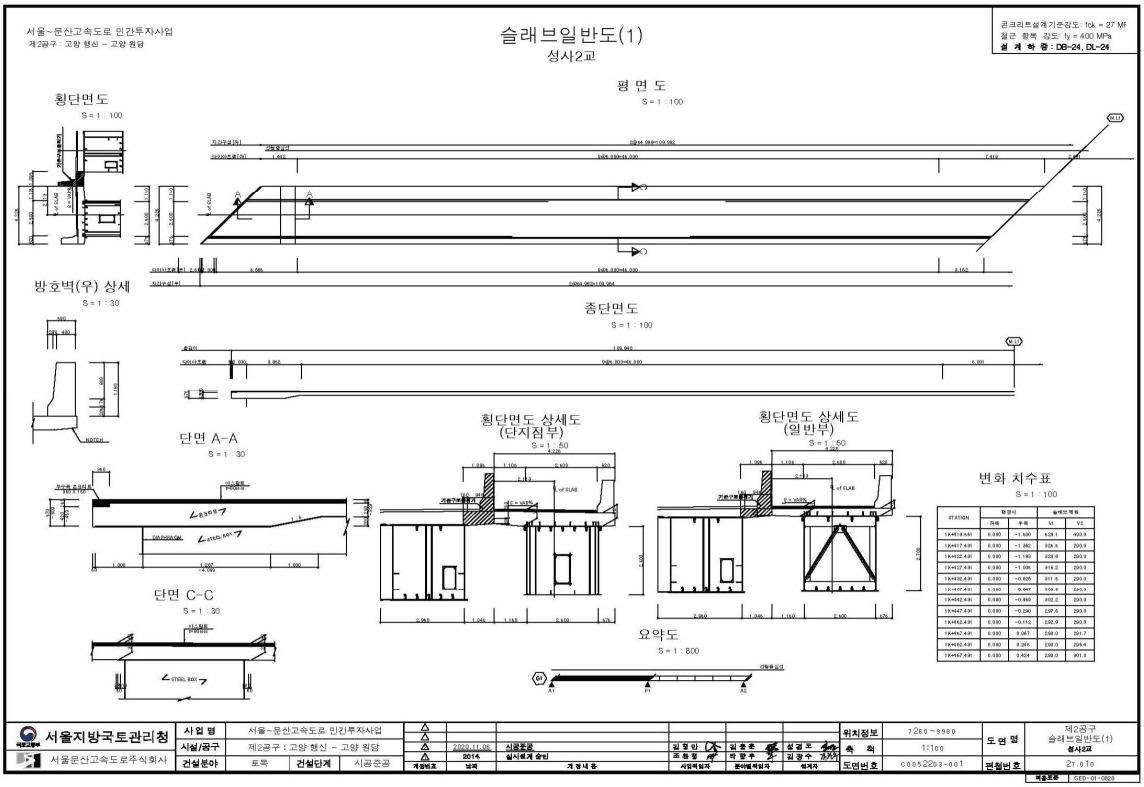
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

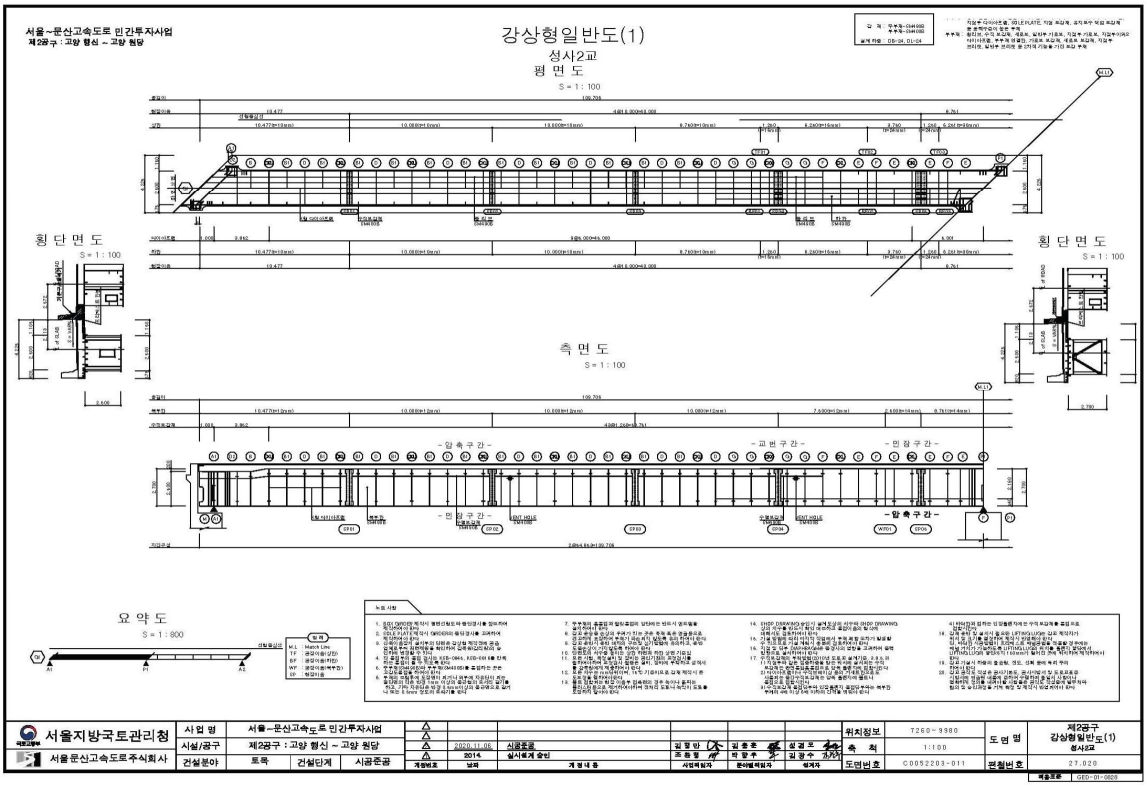
【그림 26.1.2】 부재별 현황

26.1.3 시설물 일반도

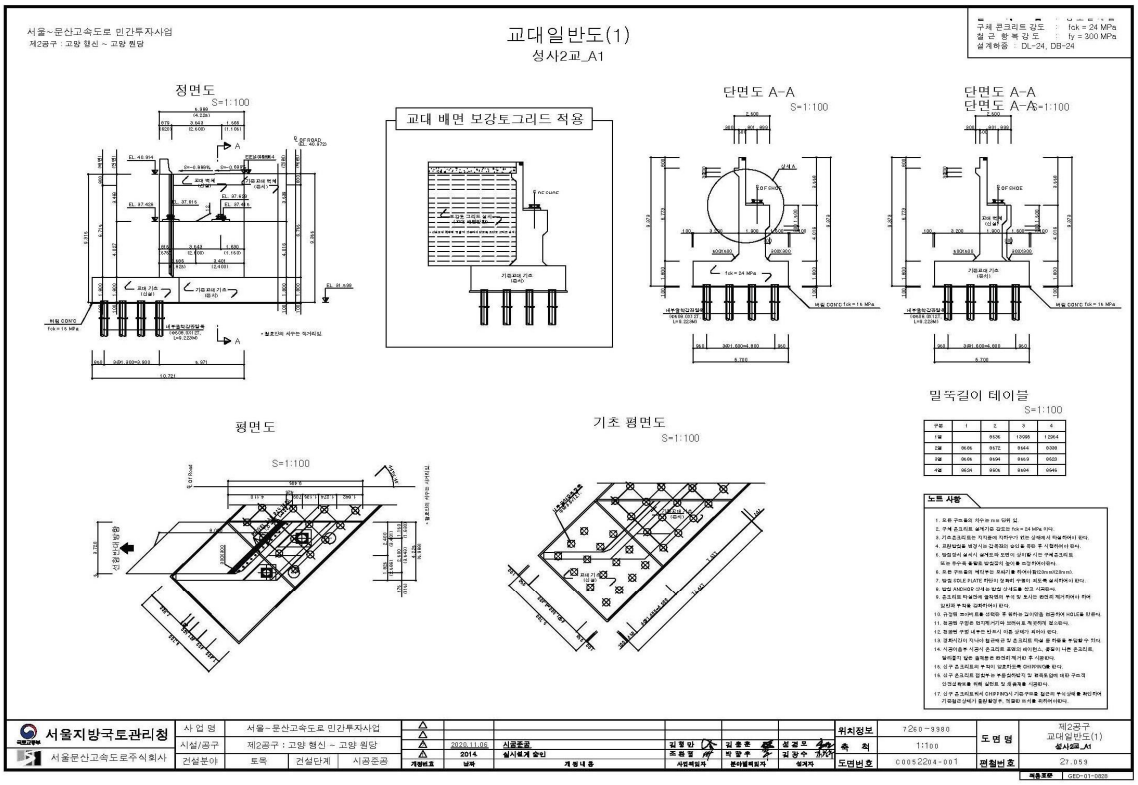


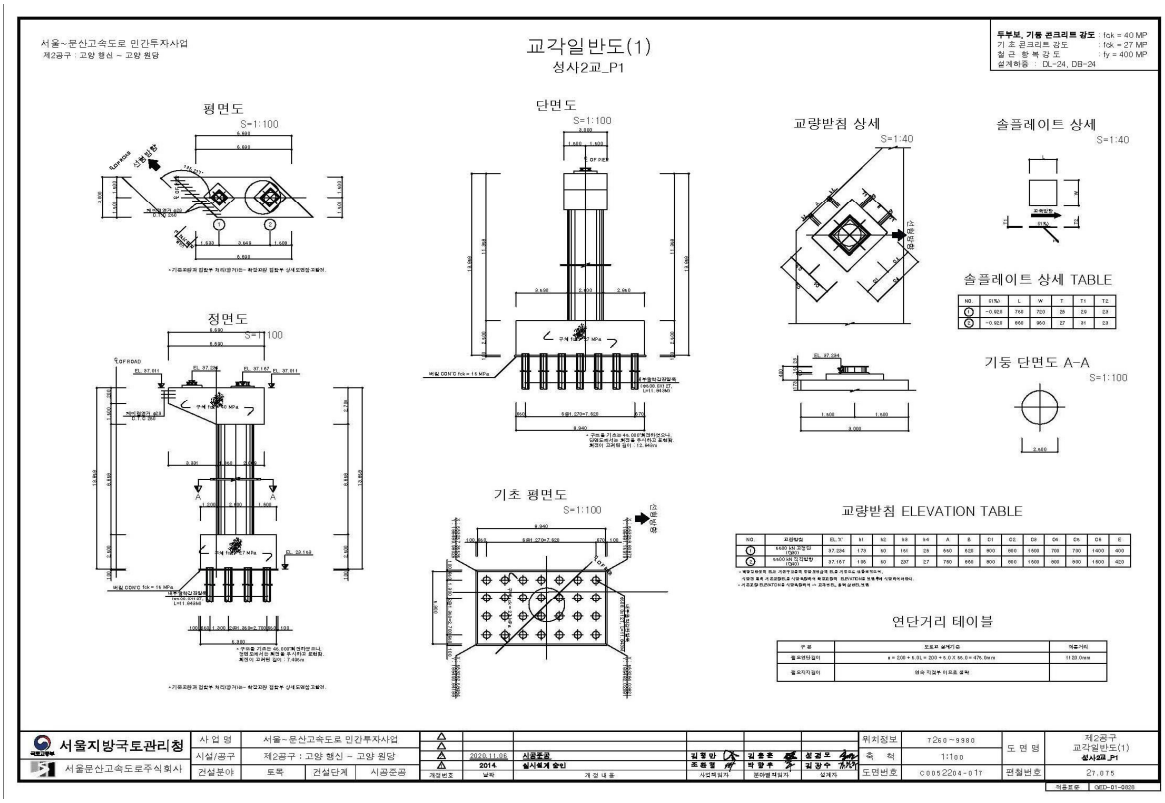
【그림 26.1.3】 평면 및 종단면도



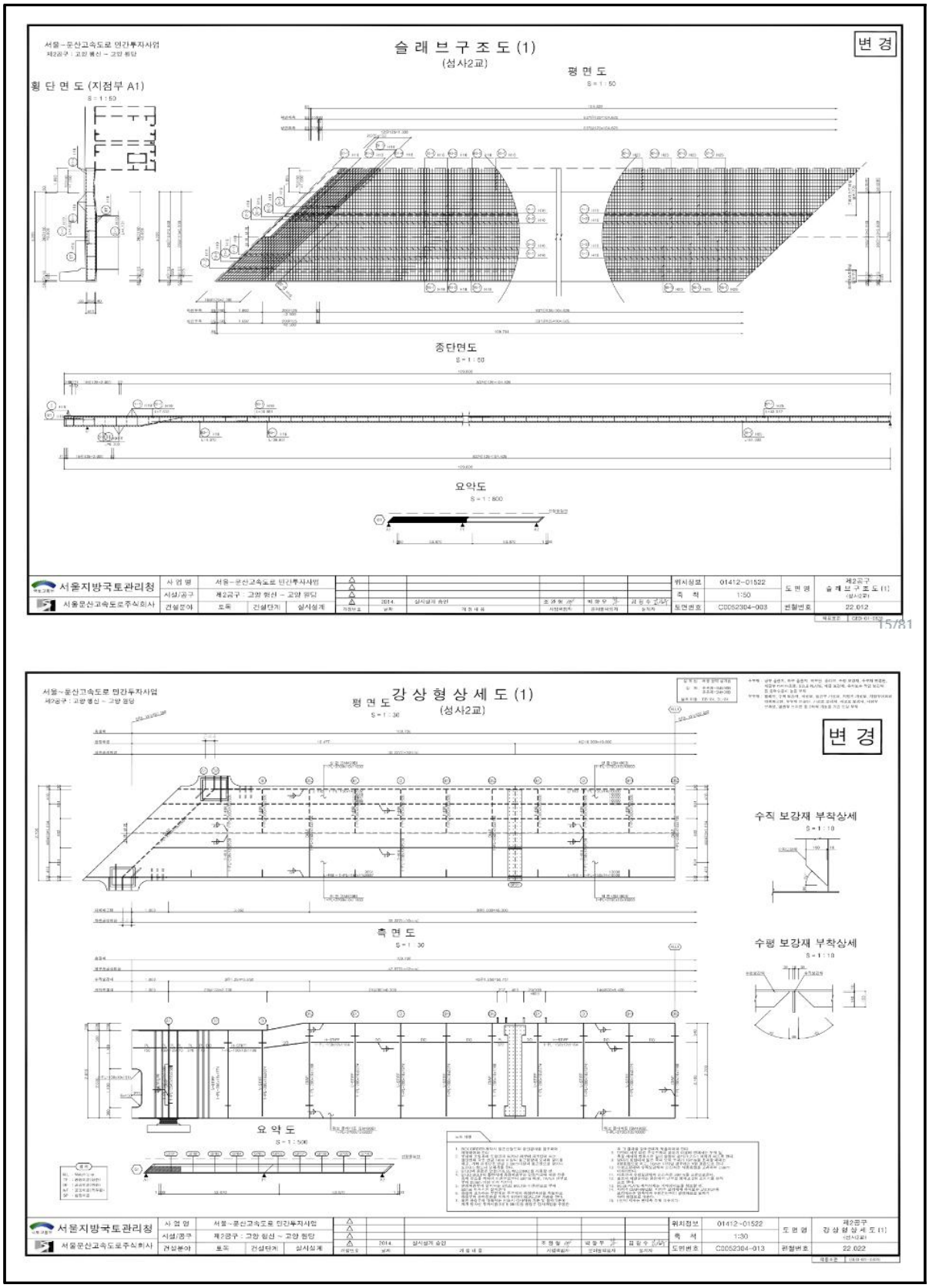


【그림 26.1.4】 바닥판하면 일반도, 강상형 일반도

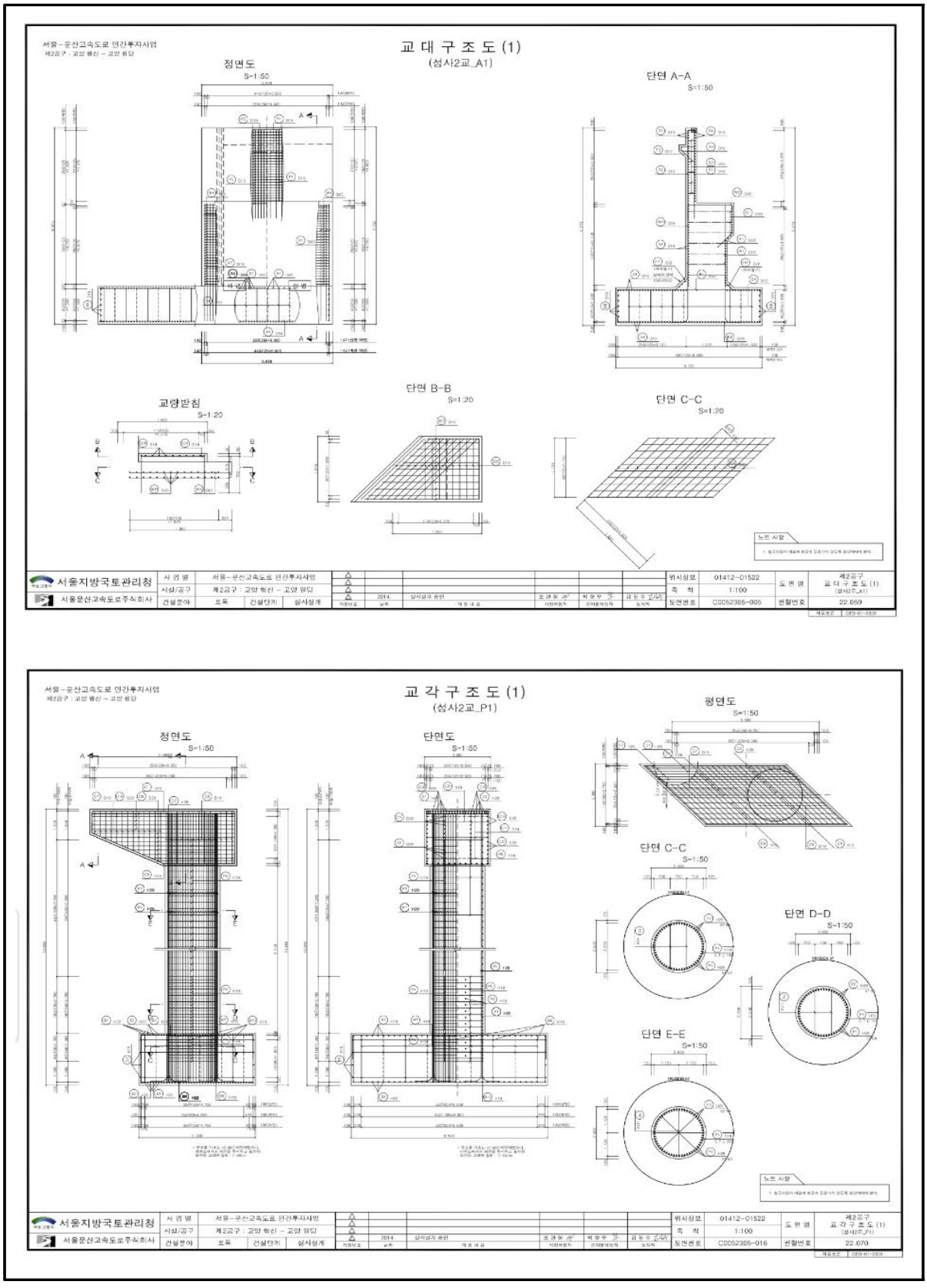




【그림 26.1.5】 교대 일반도



【그림 26.1.6】 바닥판하면 구조도, 강상형 상세도



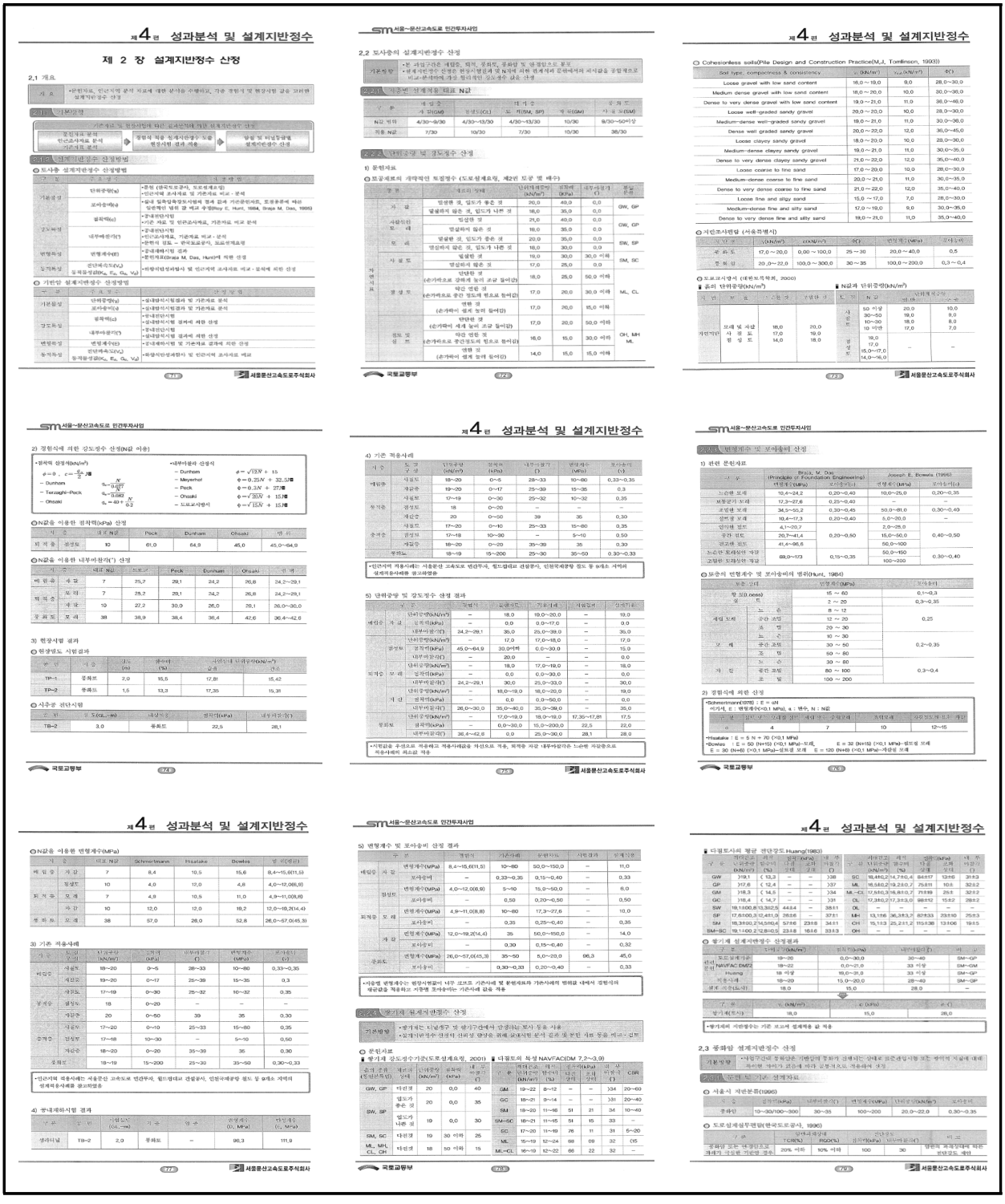
【그림 26.1.7】 교대 및 교각 구조도

26.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

26.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



26.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질

○ 한국지반공학회 학술발표회 자료

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비 고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	-
	2001	20	30	35	-
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일 등
		20	10	30	편 암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범 위		19.5~21	10~30	30~36	-

○ 기존 적용사례

구 분	단위중량(kN/m³)	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0.30~0.31

•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

○ 현장시험결과

공 번	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
TB-3	31.1	31.4	156.1

2.3.2 풍화암 설계지반정수 산정

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
단위중량(kN/m³)	-	19.5~22.0	20.0~22.0	-	20.0
포아송비(ν)	-	0.20~0.45	0.30~0.31	-	0.30

○ 전단강도 및 변형계수

구 분	경험식	문헌자료	적용사례	시험 결과	설계적용
점착력(kPa)	-	10.0~300	20~50	31.1	30.0
내부마찰각(°)	) 39.5	30.0~36.0	30~33	31.4	31.0
변형계수(MPa)	-	200	50.0~350.0	156.1	150.0

•풍화암의 단위중량 및 포아송비는 문헌자료 및 기존사례의 평균값 적용
•풍화암의 강도정수는 시추공 전단시험 값, 변형계수는 공내재하시험 값 적용

2.4 기반암 설계지반정수 산정

기본방향	•기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 •전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 산정

2.4.1 문헌 및 기존자료 분석

1) 관련문헌자료

○ 도로설계 실무편람에 제시된 강도정수

암 석 종 류 (강도)	암반과 쇄상태 (NX 규격 시추조사시)		암반의 강도정수	
	T.C.R(%)	R.Q.D(%)	φ (°)	C (kPa)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	30°	100
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~30%	10~25%	33°	130
	40~50%	25~35%	35°	150
	70% 이상	40~50%	40°	200

○ 서울시 기준에 의한 지반정수 산정

지반명	단위중량 γ_t (kN/m³)	내부마찰각 φ (°)	변형계수 E_s (MPa)	포아송비 ν
연 암	23~25	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	35~40	400~1,000	0.25
경 암	25~27	35~45	1,000~4,000	0.20

2) 기존 적용사례

구 분		단위중량(kN/m³)	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
터널 구간	I등급	27	4,200	44~45	18,000	0.21
	II등급	26	3,500	41~42	13,000~15,000	0.22
	III등급	25	2,000~2,200	37	4,000~6,000	0.24
	IV등급	24	800~900	34	1,000	0.25
	V등급	23	400	33	500	0.26

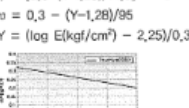
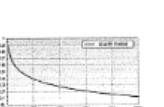
•인근지역 적용사례는 서울문산 고속도로 민간투자, 월드컵대교 건설공사, 인천국제공항 철도 등 9개소 지역의 설계적용사례를 참고하였음

2.4.2 경험식에 의한 검토

○ 제안자별 경험식

▮ 단위중량 및 포아송비

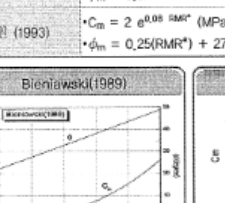
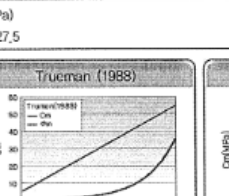
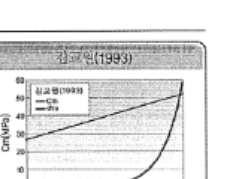
구 분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	•추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산 정 식	γ_t (kN/m³) = [2.0+(Y-1.28)/14.3] × 10 υ = 0.3 − (Y-1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm²) − 2.25)/0.35	υ = −0.17 Ln(RMR')+0.9

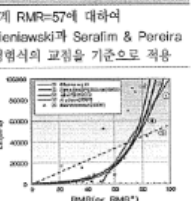
▮ 점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	관 계 경 험 식
•Bieniawski (1989)	•$C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346 \times 10^{-5} RMR^2$ •$\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031\ RMR^2$
•Trueman (1988)	•$C_m = 0.25\ e^{0.05\ RMR}$ (Mpa) •$\phi_m = 0.5RMR + 5$
•김교원 (1993)	•$C_m = 2\ e^{0.08\ RMR^*}$ (MPa) •$\phi_m = 0.25(RMR^*) + 27.5$

Bieniawski(1989) Trueman (1988) 김교원(1993)

▮ 변형계수

변형계수 경험식	관 계 경 험 식	적 용 내 용
•Bieniawski (1978)	E_m = 2RMR−100(GPa) ; RMR > 57	•경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적용
•Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$(GPa) ; RMR ≤ 57	
•김교원 (1993)	$E_m = 3\ e^{0.07RMR^*}$(GPa) − RMR* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외	
•Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\ RMR^{3.54}$ (MPa)	
•Mohammad (1997)	$E_m = 0.562\ RMR + 0.183$ (GPa)	

○ 경험식에 의한 산정결과

▮ 단위중량 및 포아송비

구 분		대표RMR	단위중량(kN/m³) Tsuchiya (1984)	단위중량(kN/m³) 김교원 (1993)	포아송비(ν) Tsuchiya (1984)	포아송비(ν) 김교원 (1993)
터널 구간	I등급	81	26.3	-	0.21	0.15
	II등급	64	25.5	-	0.22	0.19
	III등급	53	24.8	-	0.23	0.22
	IV등급	36	23.8	-	0.24	0.29
	V등급	10	22.1	-	0.27	0.49

▮ 점착력 및 내부마찰각

구 분		대표RMR	점착력(kPa) Bieniawski (1989)	점착력(kPa) Truman (1988)	점착력(kPa) 김교원 (1993)	내부마찰각(φ) Bieniawski (1989)	내부마찰각(φ) Truman (1988)	내부마찰각(φ) 김교원 (1993)
터널 구간	I등급	81	377	14,349	14,098	43	46	48
	II등급	64	324	6,133	3,618	38	37	44
	III등급	53	279	3,539	1,501	33	32	41
	IV등급	36	194	1,512	385	24	23	37
	V등급	10	26	412	48	7	10	30

▮ 변형계수

구 분		대표RMR	변형계수(MPa) Bieniawski(1978) & Saratim & Pereira(1983)	변형계수(MPa) 김교원(1993)	변형계수(MPa) Aydan(1977)
터널 구간	I등급	81	65,000	93,300	55,300
	II등급	64	28,000	28,300	24,000
	III등급	53	11,800	13,100	12,300
	IV등급	36	4,400	3,900	3,100
	V등급	10	1,000	600	-

2.4.3 현장 및 실내시험 결과 검토

○ 공내재하시험 결과

구 분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	RMR	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
터널구간	TB-2	11.0	연 암	화강암질 편마암	IV	980.3	1,166.2
	TB-3	17.0	연 암	화강암질 편마암	IV	598.9	908.3

○ 실내시험 결과

구분	공번	심 도 (m)	지 층	RMR	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	탄성파속도(m/s) S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
터널 구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	IV	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	III	27.32	3,215	1,802	42.24	53,119	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	III	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	III	28.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	III	27.08	3,831	1,855	100.39	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	III	27.08	2,724	1,256	69.82	63,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	IV	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	III	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

2.4.4 설계지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	지 층	단위중량(kN/m³) 적용사례	경험식	시험결과	적 용	포아송비(ν) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	I등급	27	26.3	-	27.0	0.21	0.15~0.21	-	0.21
	II등급	26	25.5	-	26.0	0.22	0.19~0.22	-	0.22
	III등급	25	24.8	26.65~26.90	25.0	0.24	0.22~0.23	0.16~0.19	0.24
	IV등급	24	23.8	27.08~28.93	24.0	0.25	0.24~0.29	0.16~0.21	0.25
	V등급	23	22.1	-	23.0	0.26	0.27~0.49	-	0.26

•단위중량 시험값은 편차가 크므로 적용사례값을 적용
•포아송비 경험식은 편차가 크고 실내시험값은 과대평가된 경향으로 보이므로 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

○ 점착력 및 내부마찰각

구 분	지 층	점착력(kPa) 적용사례	경험식	적 용	내부마찰각(φ) 적용사례	경험식	적 용
터널구간	I등급	4,200	375~14,349	4,200	44~45	43~48	44
	II등급	3,500	324~6,133	3,500	41~42	37~44	41
	III등급	2,000~2,200	279~3,539	2,000	37	32~41	37
	IV등급	800~900	194~1,512	800	34	23~37	34
	V등급	400	26~412	400	33	7~30	33

•경험식에 의한 강도정수 값은 편차가 크므로, 안전측으로 적용사례의 최소값을 적용

○ 변형계수

구 분	지 층	변형계수(MPa) 적용사례	경험식	시험결과	적 용
터널구간	I등급	18,000	55,300~93,300	-	18,000
	II등급	13,000~15,000	24,000~28,300	-	13,000
	III등급	4,000~6,000	11,800~13,100	-	4,000
	IV등급	1,000	3,100~4,400	599~980	1,000
	V등급	500	600~1,000	-	500

•변형계수는 경험식의 편차가 크므로 시험값의 평균값 또는 적용사례의 최소값을 안전측으로 적용

2.5 불연속체 설계지반정수 산정

•암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우됨
•설계강도정수 산정은 시추코어에 대한 절리면 전단시험 및 암석시험, 지표지질조사(암반의 불연속면 특성) 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수 산정

2.5.1 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각 (Barton, 1973)

암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)	암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)
각 섬 암	32	화강암 (조립질)	31~35
현 무 암	31~38	석 회 암	33~40
역 암	35	편 암	31
백 악	30	사 암	25~35
백 운 암	27~31	셰 일	27
편마암 (편암질)	23~29	미 사 암	27~31
화강암 (세립질)	29~35	점 판 암	25~30

주) 좌측 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암 석 명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비 고
점착력이 없는 물질	방과 / 과쇄 암석	현무암 백악 화강암 석회암 사암 셰일	40.0 ~ 50.0 30.0 ~ 40.0 45.0 ~ 50.0 35.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 35.0	-	-
점착력이 있는 물질	암 석	견고한 화성암 변성암 견고한 퇴적암 연약한 퇴적암	35.0 ~ 45.0 30.0 ~ 40.0 35.0 ~ 45.0 25.0 ~ 35.0	35.7 ~ 56.1 20.4 ~ 40.8 10.2 ~ 30.6 1.0 ~ 20.4	(화강암, 현무암, 반암) (규암, 편마암, 점판암) (석회암, 백운석, 사암) (사암, 석탄, 백악, 셰일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암 석 명	설 명	최대강도 c'(kPa)	최대강도 φ (°)	잔류강도 c'(kPa)	잔류강도 φ (°)	시 험 자
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240.0	42.0	-	-	Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15.0 90.0~120.0 60.0~100.0	7.5 12.0~17.0 9.0~13.0	-	-	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 셰일	삼축시험 직접전단시험	0.0~270.0	8.5~29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0.0~180.0	12.0~18.5	0.0~3.0	10.5~16.0	Skempton & Petley[112]
점토셰일	삼축시험	60.0	32.0	-	-	Sinclair & Brooker[111]
점토셰일	성층면	-	-	0.0	19.0~25.0	Leussink & Muller-Kirchenbauer[113]
혈탄증암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0~13.0	16.0	0.0	11.0~11.5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 셰일층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화강섬록암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0.0	26.5	-	-	Brawner[116]
화강암 /편마암	점토 충전물이 있는 단층, 사질양토로 된 단층 충전물과 함께 약화된 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0.0~100.0 50.0~242.0	24.0~25.0 40.0~42.0	-	-	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토	-	-	0.0	21.0	Drozd[119]
석회암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0~200.0	13.0~14.0 17.0~21.0	0.0	13.0	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80.0 100.0	38.0 10.0	-	-	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0~24.0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14.0~30.0	15.0~17.5	-	-	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트 (몬모릴로나이트)점토 사이의 층	360.0 16.0~20.0	14.0 7.5~11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30.0~80.0 610.0~740.0 380.0	32.0 41.0 31.0	-	-	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50.0	33.0	-	-	Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/연망간석	혼합시료에 대한 삼축시험	42.0~90.0	36.0~38.0	-	-	

○ 암종별 Basic Friction Angle φ (Barton, 1982)

구 분	현무암	역 암	편마암	화강암	사 암	셰 일
마찰각(°)	31.0 ~ 38.0	35.0	23.0 ~ 29.0	29.0 ~ 35.0	25.0 ~ 35.0	27.0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C, Wyllie, 1992)

구 분	암 종	내부마찰각(°)	비 고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20.0 ~ 27.0	-
Medium-friction Rocks	27.0 ~ 34.0	-	-
사암, 백악, 편마암, 슬레이트	-	-	-

2.5.2 시험결과 분석

○ 절리면 전단시험 결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 잔류	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)	Ks (Mpa/mm)	Kn (Mpa/mm)
상리터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	92.0	2,824	4,151
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993

2.5.3 불연속체 설계지반정수 산정

암 종	점착력(kPa) 기존문헌	점착력(kPa) 실내시험	점착력(kPa) 설계적용	내부마찰각(°) 기존문헌	내부마찰각(°) 실내시험	내부마찰각(°) 설계적용
편마암	-	47.0~59.0	47.0	-	34.7~39.1	34.0

•불연속면의 강도정수는 절리면 전단시험 결과의 잔류강도(c, φ)최소값을 적용

2.6 기타 설계지반정수 산정

2.6.1 동적 지반특성 분석

개 요	•하향식탄성파탐사를 통한 지층별 탄성파속도를 분석 •시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

○ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

•표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음
•Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76 \times N^{0.33}$ • Imai(1982) $V_s = 97.0 \times N^{0.314}$
•Okamoto(1989) $V_s = 125 \times N^{0.3}$ • Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84 \times N^{0.31}$
− 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$
− 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$
− 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1 - 2\nu_d)$ 여기서, ρ= γ/g , γ=단위중량, g=9.81 m/sec

○ 시험결과 및 상관분석

구 분		하향식탄성파 V_p(m/s)	하향식탄성파 V_s(m/s)	경험식 V_s(m/s)	적용 V_s(m/s)	비 고
매립층		-	-	144.4~224.1	180	-
퇴적층	점토	-	-	162.5~249.4	200	-
	모래	-	-	144.4~224.1	170	-
	자갈	-	-	162.5~249.4	190	-
풍화토		919~984	375~408	252.4~372.3	392	-
풍화암		1,103~1,185	511~577	276.4~404.2	544	-
연 암		1,786~1,881	927~980	-	954	4등급
경 암		2,168~2,323	1,192~1,277	-	1,235	3등급

○ 설계지반정수 산정

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

분석결과	•내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 DHT 결과의 평균값을 준용하여 적용



제4편 성과분석 및 설계지반정수

2.6.2 수리 지반특성 분석

개 요	•문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장시험을 통한 투수계수 산정

○ 문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
	일반	
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
	일반	
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
	일반	
균열 간격이 없을때	불투수성	1.0×10^{-9} 이상
	일반	

○ 현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

구 분		문헌자료	시험결과	적 용
매립층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.96×10^{-4}~3.08×10^{-4}	2.4×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.53×10^{-5}	4.5×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
I등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.0×10^{-7}
II등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	5.4×10^{-6}
III등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	1.28×10^{-6}~2.49×10^{-6}	1.9×10^{-6}
IV등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	3.06×10^{-6}~4.76×10^{-6}	3.9×10^{-6}
V등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}

89 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.7 설계지반정수 요약

2.7.1 토사 및 기반암의 설계지반정수

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
쌓기재	토 사	18.0	15.0	28.0	–	–	–
	암미력	20.0	0.0	35.0	–	–	–
매립층	자 갈	19.0	0.0	35.0	11.0	0.33	5.4×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.0	15.0	0.0	6.0	0.50	1.2×10^{-7}
	모 래	18.0	0.0	30.0	10.0	0.35	6.6×10^{-4}
	자 갈	19.0	0.0	35.0	14.0	0.32	5.9×10^{-3}
풍화토		17.5	22.0	28.0	45.0	0.33	2.4×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	31.0	150.0	0.30	4.5×10^{-5}

2.7.2 터널구간 암반등급별 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)	k(cm/s)
I등급	27.0	4,200	44	18,000	0.21	5.0×10^{-7}
II등급	26.0	3,500	41	13,000	0.22	5.4×10^{-6}
III등급	25.0	2,000	37	4,000	0.24	1.9×10^{-5}
IV등급	24.0	800	34	1,000	0.25	3.9×10^{-6}
V등급	23.0	400	33	500	0.26	6.4×10^{-5}

2.7.3 물안속체 설계지반정수

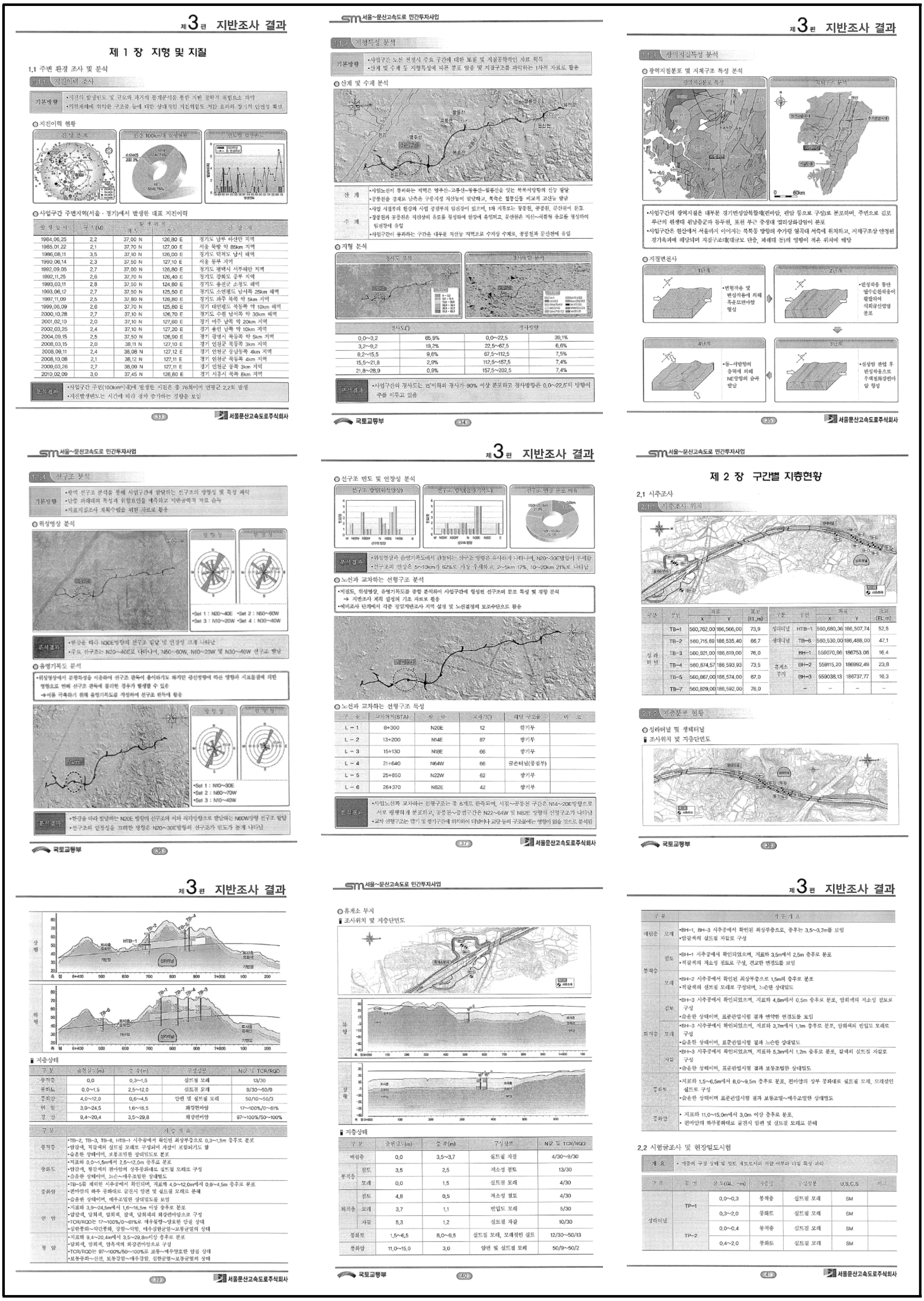
암 종	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
편마암	47.0	34.0

2.7.4 기타 설계지반정수

구 분		V_P (m/s)	V_S (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	v_d
매립층		498	180	62	164	161	0.33
퇴적층	점토	645	200	68	190	317	0.40
	모래	480	170	52	140	156	0.35
	자갈	514	190	69	181	168	0.32
풍화토		952	392	268	713	699	0.33
풍화암		1,144	544	592	1,539	1,282	0.30
연 암		1,834	954	2,184	5,504	3,822	0.26
경 암		2,246	1,235	3,813	9,456	6,062	0.24

국토교통부 90

나. 지반 및 지질 조사보고서



제3편 지반조사 결과

제 1 장 지형 및 지질

1.1 주변 환경 조사 및 분석

1.1.1 지진이력 조사

기본방향	•지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악 •지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

○지진이력 현황

○사업구간 주변지역(서울 · 경기)에서 발생한 대표 지진이력

발생일시	규모(M)	발생위치 위도	발생위치 경도	진앙지
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

분석결과	•사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생 •지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

33 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.2 지형특성 분석

기본방향	•사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 •산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○산계 및 수계 분석

산계	•사업노선이 통과하는 지역은 영주산–고봉산–황룡산–월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 •공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수계	•사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 •창릉천과 공릉천은 저산상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 저산~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 •사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○지형 분석

경사도(°)		경사방향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%

분석결과	•사업구간의 경사도는 15°이하의 경사가 90% 이상 분포하고 경사방향은 0.0~22.5°의 방향이 주를 이루고 있음

국토교통부 34

제3편 지반조사 결과

1.1.3 광역지질특성 분석

○광역지질분포 및 지체구조 특성 분석

•사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 김포 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
•사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하고, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되며 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향이 적은 위치에 해당

○지질변천사

1단계	2단계
•변형작용 및 변성작용에 의해 흑운모편마암 형성	•변성작용 동안 열수순환작용이 활발하여 석회규산염암 분포
4단계	**3단계**
•동–서방향의 응력에 의해 NE방향의 습곡 발달	•심성암 관입 후 변성작용으로 우백질화강편마암 형성

35 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

1.1.4 선구조 분석

기본방향	•광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악 •단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득 •지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

○위성영상 분석

분석결과	•한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남 •주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

○음영기복도 분석

•위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
→이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용

분석결과	•한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달 •선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

국토교통부 36

제3편 지반조사 결과

○선구조 빈도 및 연장성 분석

분석결과	•위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함 •선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

○노선과 교차하는 선형구조 분석

•지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
→ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
•예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용

○노선과 교차하는 선형구조 특성

구분	교차위치(STA)	방향	교차각(°)	해당 구조물	비고
L－1	6+300	N20E	12	깎기부	
L－2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L－3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L－4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L－5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L－6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과	•사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 관측되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남 •교차 선형구조는 깎기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을 것으로 분석됨

37 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 2 장 구간별 지층현황

2.1 시추조사

2.1.1 시추조사 위치

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
성라터널	TB-1	560,762.00	186,566.00	73.9	성라터널	HTB-1	560,680.36	186,507.74	52.5
	TB-2	560,715.69	186,535.40	66.7	생태터널	TB-6	560,530.00	186,488.00	47.1
	TB-3	560,921.00	186,619.00	76.0	휴게소 부지	BH-1	559070.96	186753.06	16.4
	TB-4	560,874.57	186,593.93	73.5		BH-2	559115.20	186992.49	23.8
	TB-5	560,867.00	186,574.00	67.0		BH-3	559038.13	186737.77	16.3
	TB-7	560,829.00	186,592.00	76.0		－	－	－	－

2.1.2 지층분포 현황

○성라터널 및 생태터널

▮조사위치 및 지층단면도

국토교통부 38

제3편 지반조사 결과

▮지층상태

구분	출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.5	실트질 모래	13/30
풍화토	0.0~1.5	2.5~12.0	실트질 모래	9/30~50/9
풍화암	4.0~12.0	0.6~4.5	암편 및 실트질 모래	50/10~50/3
연암	3.9~24.5	1.6~16.5	화강편마암	17~100%/0~61%
경암	9.4~20.4	3.5~29.8	화강편마암	97~100%/50~100%

구분	지층개요
붕적층	•TB-2, TB-3, TB-6, HTB-1 시추공에서 확인된 최상부층으로 0.3~1.5m 층후로 분포 •암갈색, 적갈색의 실트질 모래로 구성되며 자갈이 포함되기도 함 •습윤한 상태이며, 보통조밀한 상대밀도로 분포
풍화토	•지표하 0.0~1.5m에서 2.5~12.0m 층후로 분포 •암갈색, 황갈색의 편마암의 상부풍화대로 실트질 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	•TB-5를 제외한 시추공에서 확인되며, 지표하 4.0~12.0m에서 0.6~4.5m 층후로 분포 •편마암의 하부 풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 •습윤한 상태이며, 매우조밀한 상대밀도를 보임
연암	•지표하 3.9~24.5m에서 1.6~16.5m 이상 층후로 분포 •암갈색, 담회색, 암회색, 갈색, 담회색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 17~100%/0~61%로 매우불량~양호한 암질 상태 •심한풍화~약간풍화, 강함~약함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경암	•지표하 9.4~20.4m에서 3.5~29.8m이상 층후로 분포 •담회색, 암회색, 암흑색의 화강편마암으로 구성 •TCR/RQD는 97~100%/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태 •보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 심한균열~보통균열의 상태

39 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○휴게소 부지

▮조사위치 및 지층단면도

▮지층상태

구분		출현심도(m)	층후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.5~3.7	실트질 자갈	4/30~9/30
붕적층	점토	3.5	2.5	저소성 점토	13/30
	모래	0.0	1.5	실트질 모래	4/30
퇴적층	점토	4.8	0.5	저소성 점토	4/30
	모래	3.7	1.1	빈입도 모래	5/30
	자갈	5.3	1.2	실트질 자갈	10/30
풍화토		1.5~6.5	8.0~9.5	실트질 모래, 모래섞인 실트	12/30~50/13
풍화암		11.0~15.0	3.0	암편 및 실트질 모래	50/9~50/2

국토교통부 40

제3편 지반조사 결과

구분		지층개요
매립층	모래	•BH-1, BH-3 시추공에서 확인된 최상부층으로, 층후는 3.5~3.7m를 보임 •암갈색의 실트질 자갈로 구성
붕적층	점토	•BH-1 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포 •적갈색의 저소성 점토로 구성, 견고한 연경도를 보임
	모래	•BH-2 시추공에서 확인된 최상부층으로 1.5m의 층후로 분포 •적갈색의 실트질 모래로 구성되며, 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 4.8m에서 0.5m 층후로 분포, 암회색의 저소성 점토로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보임
	모래	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 3.7m에서 1.1m 층후로 분포, 암회색의 빈입도 모래로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
	자갈	•BH-3 시추공에서 확인되었으며, 지표하 5.3m에서 1.2m 층후로 분포, 갈색의 실트질 자갈로 구성 •습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		•지표하 1.5~6.5m에서 8.0~9.5m 층후로 분포, 편마암의 상부 풍화대로 실트질 모래, 모래섞인 실트로 구성 •습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 11.0~15.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포. • 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해

2.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

개요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

구분	공번	심도(GL. -m)	지층명	구성성분	U.S.C.S	비고
성라터널	TP-1	0.0~0.3	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.3~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	
	TP-2	0.0~0.4	붕적층	실트질 모래	SM	
		0.4~2.0	풍화토	실트질 모래	SM	

41 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 현장밀도시험 결과

구 분	공 번	심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
성라터널	TP-1	2,0	풍화토	17,81	15,42	14,18	12,28	1,256
	TP-2	1,5	풍화토	17,35	15,31	13,62	12,02	1,274

분석결과	•불교란시료의 습윤단위중량 : 17,35~17,81kN/m³, 건조단위중량 : 15,31~15,42kN/m³ •L값 : 1,256~1,274의 범위로 나타남

2.3 표준관입시험

개 요	•시추작업과 병행하여 지층의 교란시료를 채취하여 육안분류로 토질을 분류하고, 지층의 상대밀도와 연경도 파악으로 지층을 분류함

구 분	지 층		N값	상대밀도	U.S.C.S
터널구간	붕적층		13/60	보통조밀	SM
	풍화토		9/30~50/9	느슨~매우조밀	SM
	풍화암		50/10~50/3	매우조밀	-
휴게소부지	붕적층	점토	13/30	보통견고	CL
		모래	4/30	느슨	SM
	퇴적층	점토	4/30	연약	CL
		모래	5/30	느슨	SP
		자갈	10/30	느슨	GM
	풍화토		12/30~50/13	보통조밀~매우조밀	SM
	풍화암		50/9~50/2	매우조밀	SM

분석결과	•토사구간은 붕적층(점토, 모래), 퇴적층(점토, 모래, 자갈), 풍화토, 풍화암의 지층으로 분포 •붕적층은 N값 4/30~13/30회/cm, 퇴적층은 N값 4/30~10/30의 분포를 보임

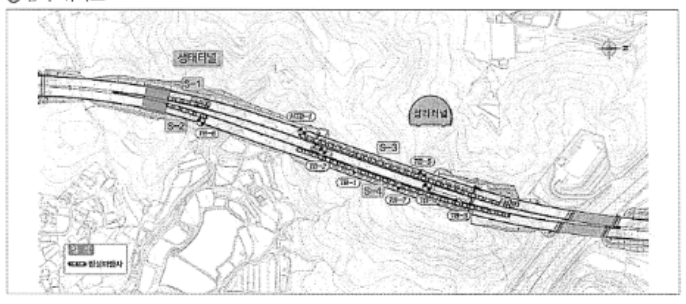
국토교통부 42

제3편 지반조사 결과

제 3 장 물리탐사

3.1 굴절법탄성파탐사

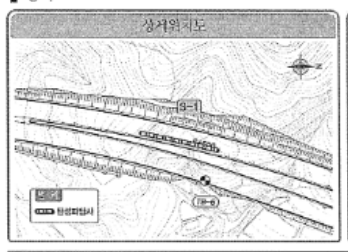
○ 탐사 위치도

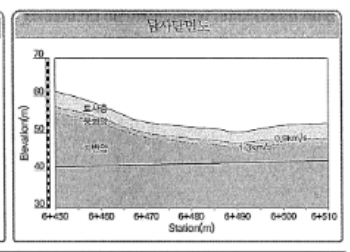


○ 탐사 결과

▪ S-1

상세위치도 / 탐사단면도





구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0,9 이하	0,9~1,3	1,3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3,35	1,36	GL.-4,71 출현

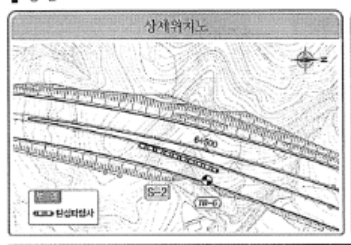
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2,87~3,99m, 풍화암층의 두께는 1,13~1,68m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4,03~5,61m 하부에서 나타남
•S-1 측선의 토사층의 평균 두께는 3,35m, 풍화암층의 평균 두께는 1,36m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4,71m로 분석되었음

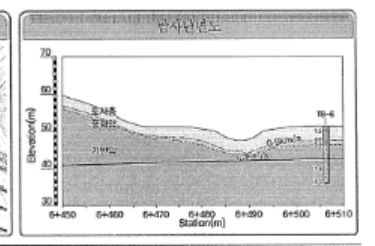
43 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

▪ S-2

상세위치도 / 탐사단면도



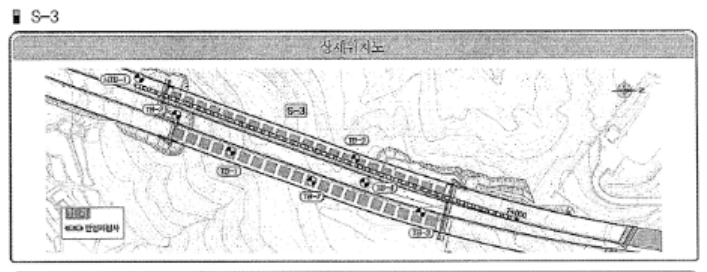


구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0,9 이하	0,9~1,3	1,3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	3,16	0,92	GL.-4,09 출현

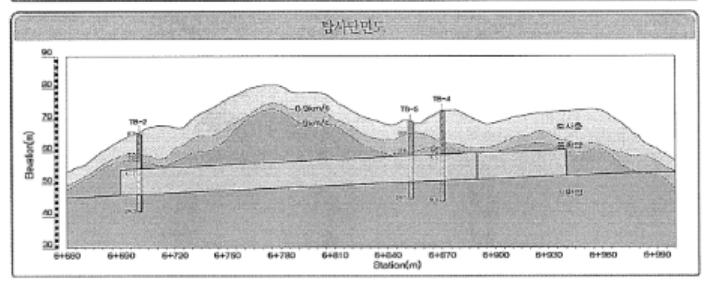
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2,29~4,03m, 풍화암층의 두께는 0,52~1,20m, 기반암층의 출현심도는 지표하 2,81~5,21m 하부에서 나타남
•S-2 측선의 토사층의 평균 두께는 3,16m, 풍화암층의 평균 두께는 0,92m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-4,09m로 분석되었음

▪ S-3

상세위치도



탐사단면도



국토교통부 44

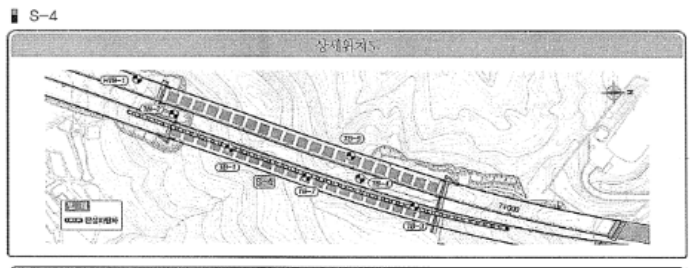
제3편 지반조사 결과

구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0,9 이하	0,9~1,3	1,3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	6,67	2,93	GL.-9,60 출현

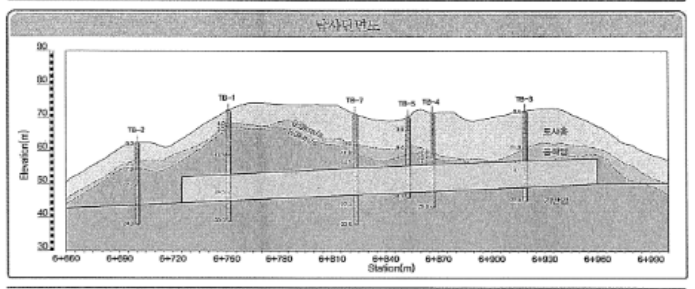
•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2,78~10,86m, 풍화암층의 두께는 0,95~5,92m, 기반암층의 출현심도는 지표하 4,45~13,60m 하부에서 나타남
•S-3 측선의 토사층의 평균 두께는 6,67m, 풍화암층의 평균 두께는 2,93m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-9,60m로 분석되었음

▪ S-4

상세위치도



탐사단면도



구 분	제1층(토사)	제2층(풍화암)	제3층(기반암)
탄성파속도(km/s)	0,9 이하	0,9~1,3	1,3 이상
평균두께 및 출현심도(m)	7,80	2,32	GL.-10,11 출현

•본 탐사결과, 토사층의 두께는 2,98~13,49m, 풍화암층의 두께는 0,61~5,28m, 기반암층의 출현심도는 지표하 5,64~15,54m 하부에서 나타남
•S-4 측선의 토사층의 평균 두께는 7,80m, 풍화암층의 평균 두께는 2,32m, 기반암층의 평균 출현심도는 GL.-10,11m로 분석되었음

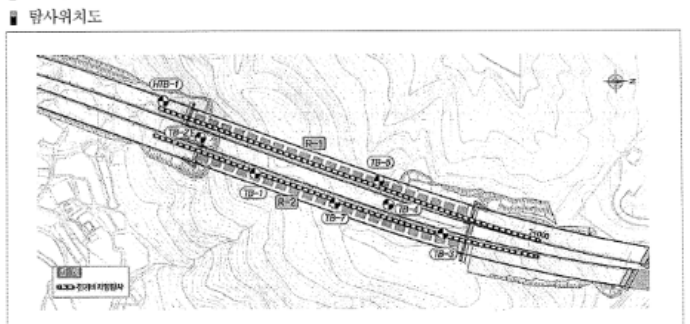
45 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

3.2 전기비저항탐사

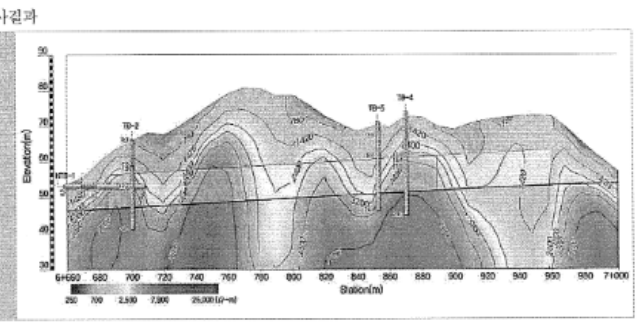
○ 성라터널 서울방향

▪ 탐사위치도



▪ 탐사결과

R-1



▪ 분석결과

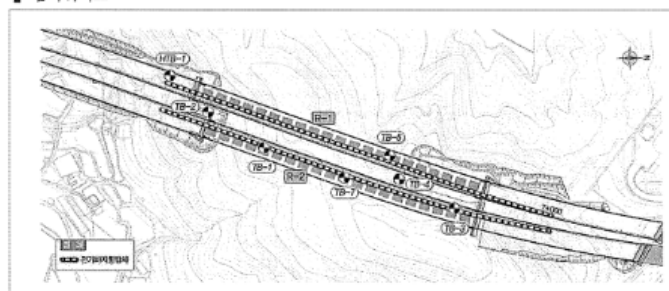
•본 탐사는 성라터널(서울방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 200~20,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•탐사결과 터널 계획고 부근 STA.6+710~6+730, STA.6+840~6+850구간에서 1,400Ω-m이하의 상대적으로 낮은 저비저항 이상대가 나타나고 있어 파쇄대로 의심되는 구간임
•STA.6+910~6+960 구간에서 터널 계획고 하부까지 상대적으로 낮은 전기비저항 분포를 보이는데, 이는 암반의 지질구조 변화에 의한 소규모 파쇄대의 영향으로 분석됨

국토교통부 46

제3편 지반조사 결과

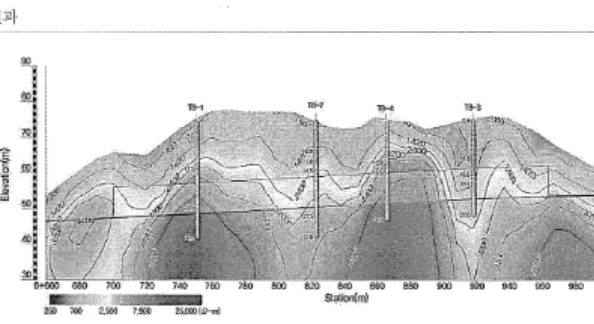
○ 성라터널 문산방향

▪ 탐사위치도



▪ 탐사결과

R-2



▪ 분석결과

•본 탐사는 성라터널(문산방향)에서 수행하였으며, STA. 6+660~7+000 구간에서 전극간격 10m로 하여 전기비저항 탐사를 수행함
•탐사구간의 전반적인 전기비저항값은 250~23,000Ω-m의 범위로 나타나고 있음
•터널 시점부인 STA. 6+720~6+730 구간에서 터널 종점부인 STA. 6+950~6+970 구간에서 상대적으로 낮은 1,400Ω-m 이하의 전기비저항 분포를 보이고 있음
•STA. 6+900~6+920 구간의 터널 계획고 상부에서 주변부 보다 낮은 전기비저항 분포를 보이나, TB-3 시추공의 결과를 보아 암질 상태는 양호할 것으로 분석됨

47 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	•지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 안정 해석시 입력 자료로 활용 •점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastmeter-Ⅱ, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 시험결과

구분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	암 종	변형계수 (D, MPa)	탄성계수 (E, MPa)
성라터널	TB-2	2,0	풍화토	-	96,3	111,9
	TB-2	11,0	연 암	화강편마암	980,3	1,166,2
	TB-3	13,0	풍화암	-	156,1	231,1
	TB-3	17,0	연 암	화강편마암	598,9	908,3

○ 결과분석

구분	변형계수(D,MPa) 풍화토	변형계수 풍화암	변형계수 연 암	탄성계수(E,MPa) 풍화토	탄성계수 풍화암	탄성계수 연 암
성라터널	96,3	156,1	598,9~980,3	111,9	231,1	908,3~1,166,2

분석결과	•풍화토의 변형계수는 96,3MPa, 풍화암은 156,1MPa,연암은 598,9~980,3MPa에 해당하나 영암상태에 따라 편차가 큼

4.1.2 공내전단시험

개 요	•풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대의 원지반 점착력(C)과 내부마찰각(∅) 측정

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상지층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
성라터널	TB-2	3,0	풍화토	22,5	28,1
	TB-3	12,0	풍화암	31,1	31,4

○ 결과분석

구분	점착력(c, kPa) 풍화토	점착력 풍화암	마찰각(∅, °) 풍화토	마찰각 풍화암
성라터널	22,5	31,1	28,1	31,4

분석결과	•시험결과 점착력(c)는 풍화토 22,5kPa, 풍화암 31,1kPa로 산정되며, 마찰각(∅)은 풍화토 28,1°, 풍화암 31,4°로 나타남

국토교통부 48

제3편 지반조사 결과

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	•사업구간내 시추공에 대한 지하수위 분포현황을 파악하기 위해 지하수위 측정 •시추조사 완료후 1일이 경과한 후 수위를 측정하여 안정수위를 주상도에 기재

○ 터널구간

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
TB-1	7,4	66,5	TB-4	15,5	58,0	TB-7	17,6	58,4
TB-2	6,1	60,6	TB-5	6,8	60,2	-	-	-
TB-3	17,0	59,0	TB-6	3,6	43,5	-	-	-

○ 기타구간(휴게소 부지)

공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m	공 번	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
BH-1	3,2	13,2	BH-2	6,6	17,2	BH-3	3,5	12,8

○ 결과분석

구 분	지하수위 GL.-m	지하수위 EL.+m
터널구간	3,6~17,6	43,5~66,5
기타구간 (휴게소 부지)	3,2~6,6	12,8~17,2

분석결과	•지하수위 측정결과 터널구간 GL.- 3,6~17,6m, 기타구간 : GL.- 3,2~6,6m 범위로 분포

49 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.2.2 투수시험

개 요	•조사구간내 풍화대의 투수성 파악하기 위하여 4회 수행 •지반의 투수성을 파악하기 위해 변수위 투수법을 적용하여 투수시험 수행

○ 시험결과

구 분	공 번	시험구간 (GL.-m)	지 층	통일분류	투수계수 k(cm/s)	지하수위 (GL.-m)
성라터널	TB-1	2,0 ~ 3,0	풍화토	SM	$1,95\times10^{-4}$	7,4
	TB-2	2,0 ~ 3,0	풍화토	SM	$3,08\times10^{-4}$	6,1
	TB-3	12,0 ~ 13,0	풍화암	-	$4,53\times10^{-5}$	17,0
	TB-4	8,0 ~ 9,0	풍화토	SM	$2,07\times10^{-4}$	15,5

○ 결과분석

구 분	풍 화 토	풍 화 암
성라터널	$1,96\times10^{-4}$ ~ $3,08\times10^{-4}$cm/s	$4,53\times10^{-5}$cm/s

4.2.3 수압시험

개 요	•터널구간에 분포하는 기반암의 투수특성 및 Lugeon 계수를 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(GL.-m)	대상암반	투수계수 (k, cm/s)	Lugeon 값	Flow type
성라터널	TB - 1	7,0 ~ 12,0	연 암	$3,06\times10^{-6}$	0,11	Dilation
	TB - 2	16,0 ~ 21,0	경 암	$1,28\times10^{-6}$	0,08	Dilation
	TB - 3	20,0 ~ 25,0	경 암	$2,49\times10^{-6}$	0,04	Dilation
	TB - 6	6,0 ~ 11,0	연 암	$4,76\times10^{-6}$	0,14	Dilation

○ 결과분석

구 분	투수계수(cm/s) 연 암	투수계수 경 암	평균 Lugeon 연 암	평균 Lugeon 경 암
성라터널	$3,06\times10^{-6}$~$4,76\times10^{-6}$	$1,28\times10^{-6}$~$2,49\times10^{-6}$	0,11~0,14	0,04~0,08

국토교통부 50

제3편 지반조사 결과

4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공간방향분포

개 요 • 암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(절리방향, 경사, 풍화)등 지반 불연속면 특성 파악
• 불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수직갱식, 경구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 분석 자료로 활용

○ 시험결과

TB-1

공 번	분석측면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-1	전체절리	43/303(59,55)	28/263(85,24)	33/121(94,80)	68
	파쇄절리	45/303(61,08)	31/251(39,28)	33/121(53,08)	27
	미세절리	39/310(63,64)	28/264(71,60)	28/116(58,46)	41

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•8.0~29.5m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)등이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 탐사 전 구간에서 절리들이 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•29.1m 이후 구간은 머크탤런 탐에 슬러지(Sludge)가 탐에 공백 파악이 분가함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전체방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

51 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

TB-2

공 번	분석측면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-2	전체절리	38/321(77,54)	23/183(36,42)	15/266(79,84)	51
	파쇄절리	30/320(38,49)	43/129(38,81)	–	18
	미세절리	38/320(58,01)	22/61(51,90)	20/235(72,36)	33

•30~40°경사의 절리 우세 •300~330°방향성 우세 •60~200mm의 간격 우세(Close)

•8.1~23.0m : 다수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)등이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 8.1~16.6m 구간에서 약 76%로 우세하게 나타남
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전체방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-3

52 국토교통부

제3편 지반조사 결과

TB-3

공 번	분석측면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-3	전체절리	38/345(176,3)	41/183(80,36)	56/313(71,51)	28
	파쇄절리	37/143(118,93)	55/313(55,92)	33/243(173,7)	11
	미세절리	41/183(64,42)	39/148(419,8)	–	17

•30~40°경사의 절리 우세 •120~180°방향성 우세 •200~600mm의 간격 우세(Moderate)

•15.8~25.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)등이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 15.5~26m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전체방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

TB-4

공 번	분석측면	J1(Fisher's K)	J2(Fisher's K)	J3(Fisher's K)	개 수
TB-4	전체절리	39/155(48,01)	23/111(69,14)	18/346(359,3)	41
	파쇄절리	40/153(50,83)	24/111(52,12)	–	14
	미세절리	37/158(42,76)	23/325(46,83)	23/102(111,7)	27

53 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

•13.5~27.1m : 소수의 파쇄절리(Open Joint)와 미세절리(Hair or Close crack)등이 분포함
•절리빈도분포도 결과, 기반암 구간인 13.5~27.0m에서 고루 분포함
•절리경사분포도 결과, 30~40°의 우세 경사각이 탐사 구간에 고루 분포함
•절리면 전개도(직교)의 투영방향은 전체방향과 0°의 교차각을 이루고 있으며, 절리면 전개도(평행)의 투영방향은 270°의 교차각을 이루고 있음

7.3.2 절리면전단시험

개 요 • 기반암에 발달된 자생절리면의 절단특성을 파악하고, 절단특성에 전단경험과 수학강정 경력에게 적절한 산출 → 토목분석에 활용함으로써 안정성 기초 자료로 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심도(m)	점착력(kPa) 최대	점착력(kPa) 최저	점착력(kPa) 최저	내부마찰각(°) 최대	내부마찰각(°) 최저	내부마찰각(°) 최저	JRC	JCS (MPa)	Kn (Mpa/mm)	Ks (Mpa/mm)
성타터널	TB-3	22.9~23.3	132.0	47.0	44.0	39.1	18~20	90.0	2,824	4,151		
	TB-5	14.6~15.0	96.0	59.0	40.3	34.7	14~16	84.0	2,351	3,993		

분석결과 • 터널구간 절리면의 점착력값은 34.7~39.1°, 최대 마찰각은 40.3~44.0°

54 국토교통부

제3편 지반조사 결과

4.4 동적특성 분석

4.4.1 지진지반증폭단사

개 요 • 측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_d, K_d)산정
• 동모아송비 및 포화상태가를 산출하여 주요구조물의 내진설계에 반영

○ 시험결과

TB-2

구 분	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	포아송비 σ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	건전밀도 (kN/m³)
풍화토	0.3~7.0	919	375	0.400	2.78E+02	7.78E+02	1.29E+03	19.0
풍화암	7.0~7.9	1,103	511	0.363	5.33E+02	1.45E+03	1.77E+03	20.0
연 암	7.9~12.7	1,881	980	0.314	2.28E+03	5.98E+03	5.33E+03	23.0
경 암	12.7~24.3	2,323	1,277	0.284	4.16E+03	1.07E+04	8.23E+03	25.0

TB-3

구 분	심 도(m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	포아송비 σ	동적물성치 (MPa) G_d	E_d	K_d	건전밀도 (kN/m³)
풍화토	0.4~11.0	984	408	0.397	3.30E+02	9.20E+02	1.47E+03	19.0
풍화암	11.0~15.5	1,185	577	0.345	6.86E+02	1.84E+03	1.98E+03	20.0
연 암	15.5~18.1	1,786	977	0.316	2.04E+03	5.37E+03	4.84E+03	23.0
경 암	18.1~27.0	2,188	1,192	0.283	3.63E+03	9.31E+03	7.16E+03	25.0

○ 전단파속도와 지반분류

공 번	지반분류	지층 깊도 (GL.-m)	EL.(m)	기초하부 30.0m 구간 평균 전단파 속도 (인계철분 V_s, m/s)	지반분류
TB-2	D,H,T	1.0~24.0	66.7	761	S_B
TB-3	D,H,T	1.0~27.0	76.0	634	S_C

•본 부지는 성타터널(분산방향)에서 입구부 및 출구부에서 각각 한공씩 수행되었음
•기반암에 출현심도는 GL.-7.9~15.5m이고 전단파속도는 풍화도에서 375~408m/s, 풍화암 511~577m/s, 연암 927~980m/s, 경암 1,192~1,277m/s의 분포를 보임
•GL.-30m 구간의 전단파속도는 634~761m/s로 건축구조설계기준에 의한 지반분류는 S_B와 S_C에 해당되며, 연암지반~보통암 지반으로 분류됨

55 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.5 실내토질시험

4.5.1 기본물성시험

개 요 • 시추조사와 병행하여 실시된 표준관입시험 및 불교란시료에 의하여 입도분석 및 물성시험 수행
• 시추공 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	함수비(%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	Atterberg Limits(%) PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.005mm	USCS
터널구간	TB-1	2.0	풍화토	12.5	2.61	N P	N P	87.7	66.7	24.5	–	SM
	TB-2	4.0	풍화토	13.5	2.63	N P	N P	85.7	78.6	26.2	–	SM
	TB-3	8.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	96.6	84.2	17.1	–	SM
	TB-4	5.0	풍화토	9.9	2.67	N P	N P	96.6	78.9	30.5	–	SM
	TB-5	2.0	풍화토	13.2	2.61	N P	N P	97.5	79.1	23.6	–	SM
	TB-6	1.0	풍화암	19.7	2.60	N P	N P	100	92.6	45.9	5.7	SM
	TB-7	7.0	풍화토	10.5	2.65	N P	N P	98.2	87.0	16.0	–	SM
	HTB-1	1.0	풍화토	14.9	2.68	N P	N P	96.8	87.4	32.5	–	SM
	TP-1	2.0	풍화토	15.5	2.80	N P	N P	84.1	72.7	17.1	–	SM
	TP-2	2.0	풍화토	13.3	2.67	N P	N P	77.3	66.1	20.9	–	SM
기타구간 (경계석)	BH-1	4.0	풍적층	27.5	2.67	44.8	21.7	100.0	100.0	85.9	19.0	CL
	BH-2	3.0	풍화토	24.3	2.64	31.3	8.1	100.0	100.0	76.8	15.6	ML
	BH-3	5.0	풍적층	34.7	2.65	36.6	14.9	100.0	100.0	87.8	24.4	CL

분석결과 • 설내시험결과, 풍화토 ML, SM, 풍적층에서 CL, SM, 토적층 CL로 분류됨
• 함수비: 9.9~34.7%, 비중: 2.60~2.68, #200통과중량 백분율: 16.0~97.9%

56 국토교통부

5.5.2 대진 및 CBR시험

개 요 • 평가체로부 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악
• 평가체로에 대한 입도, 입도 및 다짐특성에 따른 평가체로 동등성 평가시 활용

○ 실시설계 시험결과

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	A다짐 건조단위중량(kN/m³)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량(kN/m³)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
터널구간	TP-1	1.0	풍화토	17.45	16.7	18.28	14.3	12.8	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.37	17.6	18.40	15.2	12.0	SM

분석결과 • 건조단위중량은 A다짐17.37~17.45kN/m³, D다짐17.37~18.40kN/m³로 분석됨
• CBR는 12.0~12.8%범위 12.4%의 평균값이 해당

57 서울문산고속도로주식회사

제3편 지반조사 결과

4.6 실내암석시험

4.6.1 압축기본물성 및 일축압축시험

개 요 • 시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 간섭적 물리적 성질과 일축압축강도 측정
• 지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	압축강도 (MPa)	단층계수	모아송비
터널구간	HTB-1	16.3~16.4	연암	26.65	2,832	1,511	47.10	50,759	0.19
	TB-1	23.2~23.4	경암	27.32	3,215	1,802	42.24	53,116	0.21
	TB-2	13.1~13.3	경암	27.44	3,012	1,495	73.50	70,884	0.18
	TB-3	21.6~21.8	경암	26.93	3,067	1,732	73.46	68,416	0.18
	TB-4	20.9~21.1	경암	27.08	3,831	1,855	100.38	79,951	0.16
	TB-5	18.8~19.0	경암	27.08	2,724	1,255	69.82	53,800	0.19
	TB-6	8.8~9.0	연암	26.90	2,688	1,305	97.85	82,344	0.16
	TB-7	21.2~21.4	경암	27.14	3,412	1,631	57.39	52,647	0.21

○ 지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	압축강도 (MPa)	단층계수 (MPa)	모아송비
연 암	26.65~26890	2,688~2,832	1,511~1,305	47.10~97.85	50,759~ 82,344	0.16~0.19
경 암	27.08~26.93	2,688~3,831	1,495~1,802	40.40~100.39	52,647~ 41,722	0.19~0.21

분석결과 • 연 암 → 일축압축강도: 47.10~97.85MPa, 모아송비: 0.16~0.19
• 경 암 → 일축압축강도: 42.24~100.39MPa, 모아송비: 0.16~0.21

4.6.2 점하중강도시험

개 요 • 암석 시편의 인장력에 의한 파괴하중을 이용하여 Point load index $I_{S(50)}$값을 산정

○ 시험결과

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	$I_{S(50)}$ (MPa)	Q_u (MPa)	구 분	공 번	심 도(m)	지 층	$R_{C(50)}$ (MPa)	Q_u (MPa)
터널구간	TB-1	28.4~28.5	연암	4.3	40.4	터널구간	TB-5	19.0~19.2	경암	10.0	95.1
	TB-2	13.4~13.5	경암	7.4	70.6		TB-6	10.0~10.2	연암	10.9	103.7
	TB-3	21.8~22.0	경암	11.5	108.9		TB-7	25.2~25.3	경암	6.1	57.9
	TB-4	21.1~21.4	경암	10.8	102.8		HTB-1	20.5~20.6	경암	12.5	118.5

58 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 지층별 결과분석

구 분	연암 범위	연암 평균	경암 범위	경암 평균
$I_{S(50)}$(MPa)	4.3~13.3	9.5	6.1~11.5	10.0
q_u(MPa)	40.4~126.1	90.0	57.9~118.5	95.3

•비압구간의 점하중강도지점에 경도계수와 실내시험 일축압축시험을 비교한 결과 산출된 q_u(=9.50$I_{S(50)}$)의 결과로 분석되며, 지수 9.5를 적용한 경도 값은 연암에서 40.4~126.1MPa, 경암에서 57.9~118.5MPa로 분석됨

4.6.3 모암암석강 유성성 검토

○ 시험결과 및 적용성 검토

시험결과	구분	기준	보서번 TB-5	TB-7
비중	콘크리트/포장	2.5이상	2.69	2.62
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.0이하	0.05	0.27
압축강도	콘크리트/포장	12이하	1.62	3.43
마모율(%)	콘크리트	40이하	10.9	31.6
	포장용 기층/표층	40/35(이하)		

•본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
•TB-7 시험결과, 포장용 표준재료 기준에 마모율이 부적합하므로 시공시 선별·사용하여야 함

다. 구조계산서 및 내진설계

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

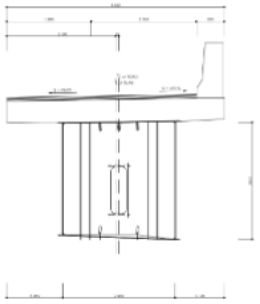
(1) 교 량 명 : 서울방향
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 55.000 + 55.000 = 110.000 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 4.850 m
(6) Girder 제원 : B = 2.500 m H = 2.700 m
(7) 사 각(Skew) : 45.000 °
(8) 곡률반경(R) : 좌측 = ∞ m 중앙 = ∞ m 우측 = ∞ m
(9) 설 계 속 도 : 100.000 km/h
(10) 사용재료 및 콘리석 특성치
① 강 재
• 사 용 재 료

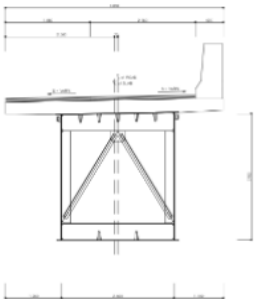
주 부 재	SM490B(상판, 저판, 복부판, 상부종리브, 저부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부의 다이아프램, 수직보강재, 종리브, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_s)	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류,	판두께(mm) \ 강 종	SS 400 SW 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SM490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

2. 단면가정





(7) 하 중 조 합 (☞ 도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M_D	M_{LL}	M_{CR}	M_B	M_{EP}	비 고
CASE 1	kN-m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.30	1.30	1.30		1.30	차량 승돌하중
CASE 3	"	1.30	1.30		0.65	1.30	활하중 재하시
CASE 4	"	1.20		1.20	1.20		차량 승돌하중
CASE 5	"	1.30			1.30		
CASE 6	"	1.00	1.00		0.30	0.00	사중보엔드
CASE 7	"	1.00	1.00	0.00		0.00	차량충돌 사중보엔드

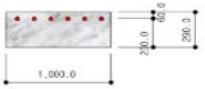
(8) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{LL}	M_{CR}	M_B	M_{EP}	소 계
CASE 1	kN-m	16.122	0.000			3.000	16.122
CASE 2	"	16.122	0.000	37.158		3.000	53.280
CASE 3	"	16.122	0.000		10.730	3.000	26.852
CASE 4	"	14.882		34.300	19.809		68.991
CASE 5	"	16.122			21.460		37.582
최대 계수 모멘트							68.991
CASE 7	"	12.402	0.000		4.952	3.000	17.354
CASE 8	"	12.402	0.000	0.000		3.000	12.402
최대 사용 모멘트							17.354

(9) 캔틸레버단 단부 설계 (☞ 도.설.해 4.7.6.4)
① 주철근량 : 돌부단부 여의의 캔틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배근한다.
② 배력철근량 : 돌보단부 여의의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력 철근량의 2배를 배력철근으로 배근한다.
③ 배치범위 : 도로교설계기준 강교편 바닥판에 배치 범위가 명시되지 않아 콘크리트편 4.7.6.7을 적용하여 캔틸레버단의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

(10) 바닥판의 최소 두께 (X = 0.00 ≤ 0.75인 경우) (☞ 도.설.해 3.6.1.5)
h_{min} = (280 · L + 160) = (280 × 3.000 + 160) = 160.0 mm < 220.0 mm ∴ h_{req} = 220.0 mm
h_{use} = 290.0 mm > h_{req} = 220.0 mm ····· O.K !!

(11) 단 면 검 토
① 캔틸레버부



f_{ck} =	27.0 MPa	f_y =	400.0 MPa
M_u =	69.0 kN-m	M =	17.4 kN-m
h =	1,000.0 mm	h =	290.0 mm
β =	0.85	d' =	60.0 mm
Ø, =	0.85	d =	230.0 mm

• 강도 감소계수 (ϕ_s) 산정 (☞ 도.설.해 6.2.2)
T = $A_s \times f_y$ = 1,351.5 × 400.0 = 540,586.7
C = 0.85 × f_{ck} × a × b = 0.85 × 27.0 × a × 1,000.0 = 22,950.0 a
T = C 이므로, a = 23.555mm
c = 23.555 / β = 23.555 / 0.85 = 27.712 mm
$\epsilon_y = f_y / E_s$ = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020
ϵ_t = 0.003 × (dt - c) / c = 0.003 × (230.0 - 27.712) / 27.712 = 0.0219

ϵ_t = 0.0219 > 0.0050 이므로 인장지배 단면이며, Ø1 = 0.85를 적용한다.

• 필요 철근량 산정
$\alpha = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 0.017429 A_s ····· ①
$M_u = \phi_s \times A_s \times f_y \times (d - \alpha/2)$ = 78,200.0 A_s - 170.0 $A_s \cdot \alpha$ ····· ②
식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 A_s를 구한다.
68,990,948.8 = 2,962963 A_s^2 + 78,200.0 A_s
∴ $A_{s\,req}$ = 913.882 mm^2

• 사용 철근량 산정
∴ $A_{s\,use}$ = H 13 @ 250.0 = 506.8 mm^2
H 13 @ 150.0 = 844.7 mm^2
Σ = 1,351.5 mm^2 [사용률 = 1.479] ····· O.K !!

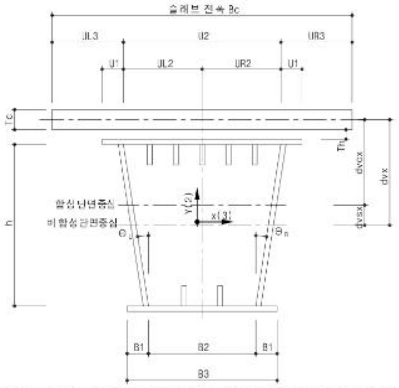
• 철근량 검토
$A_{s\,min}$ = 1.4 / $f_y \times b \times d$ = 805.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)
= 0.25 $\sqrt{(f_{ck})} / f_y \times b \times d$ = 746.9 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)
= 수축 온도 철근량 = 580.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 5.7.2)
∴ $A_{s\,min}$ = 805.0 mm^2
$A_{s\,max}$ = 0.714 × $\rho_b \times b \times d$ = 4,805.3 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.2.2)
∴ $A_{s\,req}$ ≥ $A_{s\,use}$ ≥ $A_{s\,min}$ ····· O.K !!

• 휨에 대한 검토
$\alpha = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 23.555 mm
ΦM_n = 0.85×1,351.5×400.0×(230.0-a/2) = 100.273 kN-m
∴ ΦMn ≥ Mu [사용률 = 1.453] ····· O.K !!

• 배력 철근량 산정 (☞ 도.설.해 3.6.1.4)
백분율 = 120 / $\sqrt{(L)}$ = 120 / $\sqrt{(0.675)}$ = 128.285 % ≥ 67.0 %
A_s = 913.882 × 67.000 % = 612.301 mm^2
수축 · 온도철근량 = 0.002 · b · h = 580.000 mm^2
∴ $A_{s\,req}$ = 612.301 mm^2
• 배력철근 사용 철근량 산정
∴ $A_{s\,use}$ = H 16 @ 125.0 = 1,588.8 mm^2
Σ = 1,588.8 mm^2 [사용률 = 2.595] ····· O.K !!

② 캔틸레버부 단부 설계 (☞ 도.설.해 4.7.6.4)
철근 콘크리트 바닥판의 경우 일반적으로 거더의 단부외의 캔틸레버 바닥판에서 필요한 철근량의 2배를 배치하는 경이 좋다. 배치 범위는 캔틸레버의 고정하중에 대한 지간 0.875m 이상 배치 한다.
• 주 철 근
∴ $A_{s\,req}$ = 1,827.764 mm^2
∴ $A_{s\,use}$ = H 19 @ 250.0 = 1,146.0 mm^2
H 19 @ 250.0 = 1,146.0 mm^2
Σ = 2,292.0 mm^2 [사용률 = 1.254] ····· O.K !!
• 배 력 철 근

4.2 단 면 가 정(합성전)



주원의 탄성변형 및 부정정력을 계산하는 경우에는 정부모멘트에 관계없이 바닥판 콘크리트의 합성작용을 고려한다. (☞ 도 설 3.9.1.2)

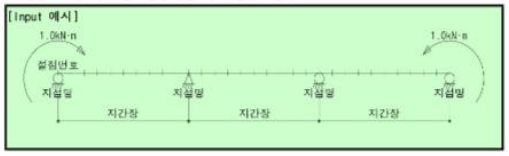
Bc : 바닥판 콘크리트의 폭
Tc : 바닥판 콘크리트의 두께
Th : 바닥판 콘크리트의 헌치 높이
N : 강재와 콘크리트의 탄성계수비 ($N = E_s / E_c$)
Ac : 바닥판 콘크리트의 단면적
An : 합성후 (강재 - 바닥판 콘크리트)의 환산 단면적
$I_{x(y)}$: 2축(3축) 방향 바닥판 콘크리트의 단면 2차 모멘트
$d_{s(y)}$: 2축(3축) 방향 강재단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
$d_{sn(y)}$: 2축(3축) 방향 합성후 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
$d_{ns(y)}$: 2축(3축) 방향 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리 (합성전 및 합성후 단면에서의 도심축 이동량)
I_{ss} : 합성전 강재단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트
I_{sz} : 합성전 강재단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트
I_{n3} : 합성후 단면의 3축 방향(종방향) 단면2차 모멘트
I_{nz} : 합성후 단면의 2축 방향(횡방향) 단면2차 모멘트
Θ_l : 좌측 복부판과 연직선이 이루는 각도
Θ_R : 우측 복부판과 연직선이 이루는 각도

4.6 2차 부정정력에 대한 영향 검토 (☞ 강기조편람 제7장 P35)

※ 콘크리트-강재 합성형 교량에서는 고정하중과 활하중에 의한 응력 이외에 건조수축, 크리프, 강-콘크리트 온도차에 의한 응력이 발생된다. 다구니 강합성형교가 2경간 이상의 연속교량 경우에는 건조수축, 크리프, 온도차에 의해 부정정력이 추가적으로 발생되며 이와같은 하중을 2차 모멘트라고 한다.

1) 정정계의 모멘트에 영향계수 k를 곱하여 부정정계의 휨모멘트를 얻는 방법

※ 영향계수 계산은 전산을 이용하여 산출하며 산출 방법은 양단에 단위 모멘트 M = 1.0kN·m를 작용시켜 각 절점에 작용되는 모멘트 값을 영향계수 k 값을 취한다.



[Output 요약 - 합성후]

거더명	절점순후	지점명	지간장(m)	k 값
G1	1	A1		1.000
	2		54.365	0.870
	3			0.720
	4			0.571
	5			0.421
	6			0.272
	7			0.122
	8			0.027
	9			-0.177
	10			-0.326
	11			-0.475
	12	P1		0.625
	13		54.365	-0.475
	14			-0.326
	15			-0.177
	16			-0.027
	17			0.122
	18			0.272
	19			0.421
	20			0.571
	21			0.720
	22			0.870
	23	A2		1.000

구조계산 CHECK LIST

4.단면별 응력검토결과

식용응력에 대한 허용응력 검토

< Girder - 1 >

구분	휨 응 력 검 토 (100 %)							
	상부 플랜지				하부 플랜지			
	작용응력	허용응력	비율	판정	작용응력	허용응력	비율	판정
단면 1	38.335	247.000	16	O.K	18.287	190.000	10	O.K
단면 2	66.740	121.100	55	O.K	-138.024	190.000	73	O.K
단면 3	69.057	247.000	28	O.K	-62.485	190.000	33	O.K
단면 4	-52.694	190.000	28	O.K	91.864	218.500	42	O.K
단면 5	-129.894	190.000	68	O.K	155.806	218.500	71	O.K
단면 6	-154.533	190.000	81	O.K	157.424	190.000	83	O.K
단면 7	-116.387	190.000	61	O.K	150.653	218.500	69	O.K
SP 1	113.077	247.000	46	O.K	-111.222	190.000	59	O.K
SP 2	66.034	121.100	55	O.K	-137.206	190.000	72	O.K
SP 3	56.170	247.000	23	O.K	-47.767	190.000	25	O.K
SP 4	-61.335	190.000	32	O.K	93.785	218.500	43	O.K
SP 5	-121.213	190.000	64	O.K	145.016	218.500	66	O.K
SP 6	-108.286	190.000	57	O.K	142.928	218.500	65	O.K
SP 7	-20.691	218.500	9	O.K	59.173	218.500	27	O.K
SP 8	49.864	121.100	41	O.K	-111.460	190.000	59	O.K
SP 9	66.059	121.100	55	O.K	-136.459	190.000	72	O.K
SP 10	110.145	247.000	45	O.K	-106.320	190.000	56	O.K

구분	전 단 응 력 검 토 (100 %)				합 성 응 력 검 토				
	복 부 판								
	작용응력	허용응력	비율	판정	상연	비율	하연	비율	판정
단면 1	60.245	110.000	55	O.K	0.324	27	0.309	26	O.K
단면 2	22.460	110.000	20	O.K	0.345	29	0.569	47	O.K
단면 3	38.047	110.000	35	O.K	0.198	16	0.228	19	O.K
단면 4	55.807	110.000	51	O.K	0.334	28	0.434	36	O.K
단면 5	69.175	110.000	63	O.K	0.863	72	0.904	75	O.K
단면 6	66.085	110.000	60	O.K	1.022	85	1.047	87	O.K
단면 7	65.845	110.000	60	O.K	0.734	61	0.834	69	O.K
SP 1	32.474	110.000	30	O.K	0.297	25	0.430	36	O.K
SP 2	24.277	110.000	22	O.K	0.346	29	0.570	48	O.K
SP 3	42.534	110.000	39	O.K	0.201	17	0.213	18	O.K
SP 4	58.996	110.000	54	O.K	0.392	33	0.472	39	O.K
SP 5	68.025	110.000	62	O.K	0.789	66	0.841	70	O.K
SP 6	64.613	110.000	59	O.K	0.670	56	0.773	64	O.K
SP 7	47.568	110.000	43	O.K	0.196	16	0.260	22	O.K
SP 8	33.984	110.000	31	O.K	0.265	22	0.440	37	O.K
SP 9	24.632	110.000	22	O.K	0.348	29	0.566	47	O.K
SP 10	36.407	110.000	33	O.K	0.308	26	0.423	35	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초자란의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.05

3.3 지 반 조 건

1) 기초자란의 N치 : N = 50
2) 기초자란의 내부마찰각 : φ2 = 42.386 ° : 15 + √15N
3) 기초자란의 점착력 : C = 17 kN/m²
4) 기초자란의 마찰계수 : μ = 0.537 : TAN(⅔ · φ2) : 흙과 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 32000 MPa
기둥: 32000 MPa
기초: 29000 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

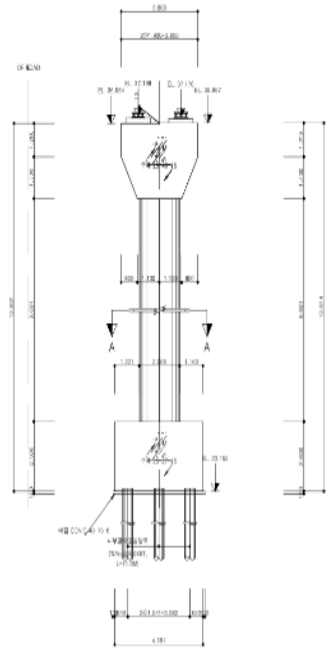
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
2) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
4) 노로 설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

4. 단 면 가 정



2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	납성값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1133.150	897.204	O.K
		허용인발력(kN/EA)	575.302	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	82.878	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	9.462	O.K
		수평변위(mm)	15.000	0.171	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1699.730	882.353	O.K
		허용인발력(kN/EA)	862.953	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	100.142	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	7.299	O.K
		수평변위(mm)	25.000	1.525	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1133.150	1086.248	O.K
		허용인발력(kN/EA)	575.302	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	117.508	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	2.434	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.833	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1699.730	940.538	O.K
		허용인발력(kN/EA)	862.953	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	102.072	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	4.840	O.K
		수평변위(mm)	25.000	1.249	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		길이 (mm)	너비 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	φMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	2700.0	100.0	25500.000	26980.800	-	-	1.946	O.K
	우측내민보	2700.0	100.0	25500.000	26980.800	-	-	1.582	O.K
	좌측내민보수평	2500.0	100.0	11.084	4722.800	9.044	3837.283	424.278	O.K
	우측내민보수평	2500.0	100.0	11.084	4722.800	9.044	3837.283	424.278	O.K
	교량받침1	2700.0	100.0	57.034	26980.800	49.446	22800.983	461.316	O.K
	교량받침2	2712.7	100.0	57.178	26980.800	49.618	22925.908	460.212	O.K
기초	교축방향	2500.0	150.0	16128.393	27797.000	14262.321	21687.228	1.521	O.K
	교직-지점(좌)	2500.0	150.0	5338.697	29032.500	4256.730	22934.079	5.386	O.K
	교직-지점(우)	2500.0	150.0	5340.658	29032.500	4256.290	22934.079	5.386	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
두부보	좌측내민보	10.409	180.000	119.048	6052.555	O.K
	우측내민보	17.477	180.000	119.048	3604.780	O.K
	좌측내민보수평	0.822	180.000	192.857	76605.784	O.K
	우측내민보수평	0.822	180.000	192.857	76605.784	O.K
	교량받침1	2.865	180.000	119.048	21988.686	O.K
	교량받침2	4.034	180.000	119.048	15617.316	O.K
기초	교축방향	158.709	180.000	125.171	161.190	O.K
	교직-시점(좌)	33.606	180.000	126.667	1874.681	O.K
	교직-지점(우)	53.628	180.000	126.667	1120.939	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.005	13286.976	67347.854	5.068	O.K
	모멘트최대	0.005	7918.127	76968.957	9.721	O.K
	탄성설계	0.005	6090.867	96211.234	15.796	O.K
	균형점대	0.005	5451.781	76968.957	14.041	O.K
교축직각방향	축력최대	0.005	13286.976	67347.854	5.068	O.K
	모멘트최대	0.005	7918.127	21234.581	2.682	O.K
	탄성설계	0.005	6090.867	74698.458	12.264	O.K
	균형점대	0.005	5451.781	15621.736	2.850	O.K
합성부재력	축력최대	0.005	13286.976	67347.854	5.068	O.K
	모멘트최대	0.005	7918.127	21091.476	2.664	O.K
	탄성설계	0.005	6090.867	74698.458	12.264	O.K
	균형점대	0.005	5451.781	15479.857	2.824	O.K

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.005	14167.152	67347.854	4.754	O.K
	모멘트최대	0.005	8796.304	76968.957	8.750	O.K
	탄성설계	0.005	6756.388	96211.234	14.219	O.K
	균형점대	0.005	6089.749	76968.957	12.639	O.K
교축직각방향	축력최대	0.005	14167.152	67347.854	4.754	O.K
	모멘트최대	0.005	8796.304	25429.078	2.891	O.K
	탄성설계	0.005	6756.388	76530.654	11.606	O.K
	균형점대	0.005	6089.749	18910.923	3.105	O.K
합성부재력	축력최대	0.005	14167.152	67347.854	4.754	O.K
	모멘트최대	0.005	8796.304	25164.955	2.861	O.K
	탄성설계	0.005	6756.388	76530.654	11.606	O.K
	균형점대	0.005	6089.749	18788.840	3.089	O.K

1. 설계조건

상부구조형식	구 조 형 식	Steel Box GIRDER교	
	교량내진등급	1등급	
	지 간	2 @ 55.000 = 110.000 m	
	폭 원	19.400(기존교량) + 4.350(확장교량) = 23.750 m	
하부구조형식	교 각 형 식	π형(기존) + T형(확장)	
	기 초 형 식	말뚝기초	
사 용 재 료	콘크리트 (fck)	27 Mpa	
	콘크리트 (fck)	27 Mpa	
재 료 특 성	콘크리트 단위중량(g_c)	25.0 kN/㎥	
	아스팔트 단위중량(g_a)	23.0 kN/㎥	
가 속 도 계 수(A)	지진구역계수	0.11 (I)	
	위 험 도 계수	1.4 (1000년 재현주기)	
	가 속 도 계수 (A)	지진구역계수 × 위험도 계수 = 0.154 g	
지 반 계 수 (S)	지 반 종 류	II	
	지 반 계 수	S = 1.2 (내진설계)	
응 답 수 정 계 수	구 조 부 재	항복시 (설계기준) R	탄성거동시 R
	기 둥 (단 주)	3.0	1.0
	연결 상부구조와 교대	0.8	0.8
	연결 상부구조와 교각	1.0	1.0
	기 초	3.0 / 2 = 1.5	1.0
해 석 방 법	* POT 받침은 응답스펙트럼을 이용하여 다중모드 응답스펙트럼 방법을 수행함.		

2. 해석 방법별 특성 및 받침 물성치

1) 내진해석

- POT 받침 적용시 내진해석.
  * 받침은 NLLINK로 (표 POT 받침 물성치)와 같이 모델링 하였다.
  * 해석시 5% 감쇠비를 적용하고 Ritz Vector 해석 수행 , 질량참여율이 90% 넘도록 50차 모드 까지 고려 하였다.
  * 지진하중은 지반계수 S=II (내진해석시 S=1.2), 가속도계수 A=0.154g 에 해당하는 응답스펙트럼을 사용하였다.
  * 해석은 다중모드 응답스펙트럼 방법을 사용하였다.

받침종류	해 석 시 입 력 값	설 명	적용위치	비고
POT 고정단	NAME=POTFIX TYPE=GAP	NLLink type	A1, A2	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=1E+08 CE=0	교축방향 강성		
	DOF=U3 KE=1E+08 CE=0	교직방향 강성		
POT 일방향 (교축)	NAME=POTM1 TYPE=GAP	NLLink type	P1, P2	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=0 CE=0	교축방향 감성		
	DOF=U3 KE=1E+08 CE=0	교직방향 강성		
POT 일방향 (교직)	NAME=POTM2 TYPE=GAP	NLLink type	P1, P2	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=1E+08 CE=0	교축방향 감성		
	DOF=U3 KE=0 CE=0	교직방향 강성		
POT 양방향	NAME=POTM TYPE=GAP	NLLink type	P1, P2	
	DOF=U1 KE=1E+08 CE=0	수직강성		
	DOF=U2 KE=0 CE=0	교축방향 감성		
	DOF=U3 KE=0 CE=0	교직방향 강성		

3. 지진하중 (응답스펙트럼)

(1) 탄성지진응답계수

1) 가속도계수

구분	적용 계수	비고
구역계수 (Z)	0.110	지진구역 I
지진위험도계수 (I)	1.400	내진등급 1등급 (재현주기 1000년)
가속도계수 (A)	0.154	A = Z x I

2) 지반계수

구분	적용 계수	비고
지반계수 (S)	1.200	지반종류 II

3) 탄성지진응답계수(Cs) 산정

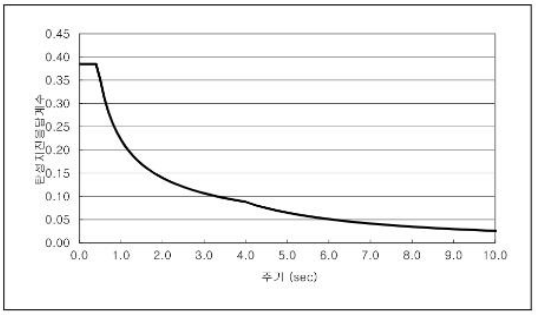
① T ≤ 4.0 sec

Cs = (1.2 x A x S) / T2/3 ≤ 2.5 x A

② T > 4.0 sec

Cs = (3 x A x S) / T4/3

여기서, T : 교량의 주기

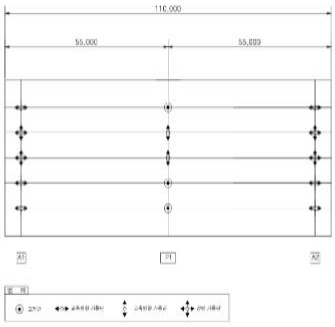


4) 탄성지진응답계수

주기 (sec)	가속도 계수	지반 계수	탄성지진 응답계수	탄성지진 가속도 (m/sec²)	비고
0.0000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.1000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.2000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.3000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.4000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.5000	0.1540	1.2000	0.3520	3.4533	
0.6000	0.1540	1.2000	0.3117	3.0581	
0.7000	0.1540	1.2000	0.2813	2.7594	
0.8000	0.1540	1.2000	0.2573	2.5244	
0.9000	0.1540	1.2000	0.2379	2.3338	
1.0000	0.1540	1.2000	0.2218	2.1755	
1.1000	0.1540	1.2000	0.2081	2.0415	
1.2000	0.1540	1.2000	0.1964	1.9265	
1.3000	0.1540	1.2000	0.1862	1.8264	
1.4000	0.1540	1.2000	0.1772	1.7383	
1.5000	0.1540	1.2000	0.1692	1.6602	
1.6000	0.1540	1.2000	0.1621	1.5903	
1.7000	0.1540	1.2000	0.1557	1.5273	
1.8000	0.1540	1.2000	0.1499	1.4702	
1.9000	0.1540	1.2000	0.1446	1.4181	
2.0000	0.1540	1.2000	0.1397	1.3705	
2.1000	0.1540	1.2000	0.1352	1.3266	
2.2000	0.1540	1.2000	0.1311	1.2861	
2.3000	0.1540	1.2000	0.1273	1.2485	
2.4000	0.1540	1.2000	0.1237	1.2136	
2.5000	0.1540	1.2000	0.1204	1.1810	
2.6000	0.1540	1.2000	0.1173	1.1505	
2.7000	0.1540	1.2000	0.1144	1.1220	
2.8000	0.1540	1.2000	0.1116	1.0951	
2.9000	0.1540	1.2000	0.1090	1.0698	
3.0000	0.1540	1.2000	0.1066	1.0459	
3.2000	0.1540	1.2000	0.1021	1.0018	
3.4000	0.1540	1.2000	0.0981	0.9621	
3.6000	0.1540	1.2000	0.0944	0.9262	
3.8000	0.1540	1.2000	0.0911	0.8934	
4.0000	0.1540	1.2000	0.0880	0.8633	
4.2500	0.1540	1.2000	0.0805	0.7900	
4.5000	0.1540	1.2000	0.0746	0.7321	

5. 내진 해석결과

5.1 받침 배치도



5.2 받침 수평력 검토

위 치	받침 NO.	받침 Type	용량 (kN)	지진시 작용 수평력(kN) 교축해석 교축	교축해석 교직	교직해석 교축	교직해석 교직	지진시 허용 수평력 (kN) 교축	교직	판정 교축	판정 교직	비고
A1	1	교축방향	4000G20	0	347	0	390	0	1,040	OK	OK	기존
	2	교축방향	4000G20	0	533	0	614	0	1,040	OK	OK	
	3	장방향	4000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	4	장방향	1000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	신설
	5	교축방향	3500G50	0	1,726	0	1,043	0	2,275	OK	OK	
P1	6	고정단	10000F40	2,403	1,071	2,003	1,373	5,200	5,200	OK	OK	기존
	7	고정단	10000F40	3,559	3,253	3,162	3,936	5,200	5,200	OK	OK	
	8	교직방향	10000G40	3,679	0	2,854	0	5,200	0	OK	OK	
	9	교직방향	5500G10	515	0	371	0	715	0	OK	OK	신설
	10	고정단	4500F10	317	414	393	524	585	585	OK	OK	
A2	11	교축방향	4000G50	0	1,894	0	2,068	0	2,600	OK	OK	기존
	12	교축방향	4000G50	0	660	0	880	0	2,600	OK	OK	
	13	장방향	4000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	14	장방향	4000M	0	0	0	0	0	0	OK	OK	신설
	15	교축방향	1000G70	0	481	0	648	0	910	OK	OK	

5.3 받침 변위 검토

위 치	받침 NO.	받침 Type	용량 (kN)	지진시 작용 변위(mm) 교축해석 교축	교축해석 교직	교직해석 교축	교직해석 교직	지진시 허용 변위 (mm) 교축	교직	판정 교축	판정 교직	비고
A1	1	교축방향	4000G20	16	0	12	0	50	0	OK	OK	기존
	2	교축방향	4000G20	16	0	12	0	50	0	OK	OK	
	3	장방향	4000M	19	1	13	1	50	50	OK	OK	
	4	장방향	1000M	19	1	14	1	50	50	OK	OK	신설
	5	교축방향	3500G50	20	0	14	0	50	0	OK	OK	
P1	6	고정단	10000F40	0	0	0	0	0	0	OK	OK	기존
	7	고정단	10000F40	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
	8	교직방향	10000G40	0	2	0	4	0	50	OK	OK	
	9	교직방향	5500G10	0	0	0	0	0	50	OK	OK	신설
	10	고정단	4500F10	0	0	0	0	0	0	OK	OK	
A2	11	교축방향	4000G50	16	0	12	0	50	0	OK	OK	기존
	12	교축방향	4000G50	16	0	12	0	50	0	OK	OK	
	13	장방향	4000M	19	1	13	1	50	50	OK	OK	
	14	장방향	4000M	20	0	14	0	50	50	OK	OK	신설
	15	교축방향	1000G70	20	0	14	0	50	0	OK	OK	

5.4 부재력 해석 결과

1) 교각하단 부재력

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	교축방향 지진력 작용시 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	교직 직각방향 지진력 작용시 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	비고
P1-1	P1B	8.44	25,053	7,159	2,181	1,394	13,499	7,784	1,228	1,511	기존
P1-2	P1B	8.44	32,890	12,524	3,036	2,672	17,349	14,173	1,822	2,979	기존
P1-3	P1B	8.44	32,473	10,968	2,948	2,199	16,781	13,157	1,544	2,690	기존
P1	P1B	8.65	6,957	3,225	640	606	3,739	4,461	349	826	신설

2) 교각상단 부재력

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	교축방향 지진력 작용시 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	교직 직각방향 지진력 작용시 모멘트 (kN-m) 교축	교직	전단력 (kN) 교축	교직	비고
P1-1	P1T	8.44	12,874	4,469	2,104	1,357	6,755	4,723	1,171	1,446	기존
P1-2	P1T	8.44	15,857	9,895	2,977	2,634	8,282	10,731	1,585	2,913	기존
P1-3	P1T	8.44	15,949	7,382	2,887	2,154	8,220	9,319	1,507	2,626	기존
P1	P1T	8.65	3,189	2,103	601	577	1,703	2,753	323	777	신설

5.5 부재력 하중조합 (적용 부재력)

- COM1 : 종방향축 해석으로부터 구한 지진력에 횡방향축의 해석으로부터 구한 지진력의 30%를 합한 경우.
  - ◆ C1-1 1.0×종축해석에 의한 종방향 부재력 + 0.3×횡축해석에 의한 종방향 부재력
  - ◆ C1-2 1.0×종축해석에 의한 횡방향 부재력 + 0.3×횡축해석에 의한 횡방향 부재력
- COM2 : 횡방향축 해석으로부터 구한 지진력에 종방향축의 해석으로부터 구한 지진력의 30%를 합한 경우.
  - ◆ C2-1 0.3×종축해석에 의한 종방향 부재력 + 1.0×횡축해석에 의한 종방향 부재력
  - ◆ C2-2 0.3×종축해석에 의한 횡방향 부재력 + 1.0×횡축해석에 의한 횡방향 부재력

1) 교각하단 하중조합

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	COM1 모멘트 (kN-m) 교축	교직	COM1 전단력 (kN) 교축	교직	COM2 모멘트 (kN-m) 교축	교직	COM2 전단력 (kN) 교축	교직	비고
P1-1	P1B	8.44	29,102	9,495	2,549	1,847	21,015	9,932	1,882	1,929	기존
P1-2	P1B	8.44	38,094	16,776	3,522	3,586	27,215	17,931	2,533	3,761	기존
P1-3	P1B	8.44	37,508	14,945	3,412	2,999	26,523	16,457	2,429	3,347	기존
P1	P1B	8.65	8,079	4,585	744	854	5,826	5,426	541	1,006	신설

2) 교각상단 하중조합

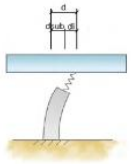
교 각	부 재 No.	높 이 (m)	COM1 모멘트 (kN-m) 교축	교직	COM1 전단력 (kN) 교축	교직	COM2 모멘트 (kN-m) 교축	교직	COM2 전단력 (kN) 교축	교직	비고
P1-1	P1T	8.44	14,901	5,886	2,456	1,791	10,617	6,064	1,802	1,853	기존
P1-2	P1T	8.44	18,341	13,114	3,452	3,508	13,039	13,689	2,478	3,703	기존
P1-3	P1T	8.44	18,415	10,178	3,339	2,942	13,004	11,533	2,373	3,272	기존
P1	P1T	8.65	3,700	2,929	698	810	2,660	3,384	503	950	신설

5.6 코핑 상단 변위

교 각	부 재 No.	높 이 (m)	코핑상단변위(mm) COM1 교축	COM1 교직	COM2 교축	COM2 교직	비고
P1-1	P1T	8.44	14	11	10	9	기존
P1-2	P1T	8.44	13	10	9	8	기존
P1-3	P1T	8.44	14	10	10	8	기존
P1	P1T	8.65	19	15	14	13	신설

5.6 변위해석결과

* 지진시에 상부구조와 교대 혹은 인접하는 상부구조간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지하기 설계시 고려된 내진성능이 충분히 발휘할 수 있도록 하기 위하여 상부구조의 단부에는 여유간격을 설치하여야 한다.
* 상부구조의 여유간격은 다음 식에 의한 값보다 작아서는 안된다.
『도로교설계기준,6.4.8』



$\Delta l_1 = d + \Delta l_S + \Delta l_C + 0.4\Delta l_T$

여기서, Δl_1 : 상부구조의 여유간격

d : 지반에 따른 상부구조의 총변위 $(d_1 + d_{n-1})$

Δl_S : 콘크리트 건조수축에 의한 이동량

Δl_C : 콘크리트 크리프에 의한 이동량

Δl_T : 온도변화에 의한 이동량

① 상부구조 총변위

교 각	절 점 No.	상부변위 (mm) 교축방향 해석시	상부변위 (mm) 교축직각방향 해석시	비고
A1	41	19.9	13.9	
A2	51	19.8	13.8	

* 여유간격 산정
- 지진시 상부가 교대의 흉벽에 충돌하는 경우 건조수축과 크리프의 변위는 충돌하려는 변위와 반대방향으로 거동하기 때문에 건조수축과 크리프의 변위량은 상부구조의 여유간격 감소 요인으로 적용하므로 발생의 이동량 및 신축유간보다 상부구조의 여유간격을 크게 확보하기 위해서는 건조수 및 크리프에 의한 이동은 완료된 것으로 보고 상부구조의 여유간격을 산정한다.

5.7 질량참여율

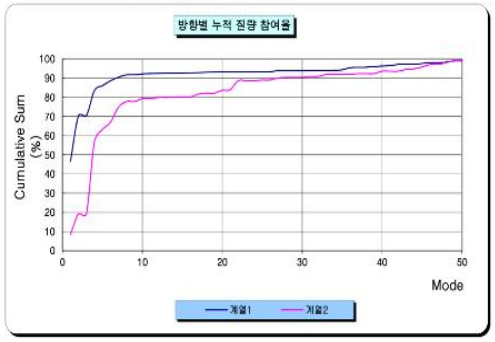
◎ 질량참여율

Mode No	Period (sec)	Frequency (rad/sec)	Frequency (cycle/sec)	TRAN-X MASS(%)	TRAN-X SUM(%)	TRAN-Y MASS(%)	TRAN-Y SUM(%)	TRAN-Z MASS(%)	TRAN-Z SUM(%)
1	0.529	11.870	1.889	46.581	46.581	8.391	8.391	0.000	0.000
2	0.470	13.378	2.129	23.836	70.417	10.831	19.222	0.067	0.067
3	0.361	17.428	2.774	0.179	70.496	0.023	19.245	25.974	27.042
4	0.304	20.660	3.288	13.241	83.537	27.588	56.912	0.546	27.588
5	0.257	21.891	3.484	2.558	86.095	6.302	63.214	22.737	50.325
6	0.273	23.000	3.661	2.476	88.571	3.764	66.977	0.258	50.583
7	0.259	24.279	3.864	1.888	90.459	7.751	74.728	5.410	56.993
8	0.191	32.878	5.233	1.224	91.683	3.050	77.778	0.023	57.015
9	0.157	40.063	6.376	0.054	91.738	0.033	77.811	0.041	57.056
10	0.149	42.173	6.712	0.453	92.191	1.484	79.295	0.029	57.086
11	0.142	44.145	7.026	0.168	92.359	0.150	79.445	0.015	57.101
12	0.129	48.836	7.773	0.079	92.438	0.435	79.880	0.000	57.101
13	0.124	50.761	8.079	0.219	92.657	0.005	79.885	0.003	57.104
14	0.113	55.684	8.862	0.011	92.668	0.070	79.956	1.920	59.023
15	0.100	62.527	9.951	0.101	92.769	0.183	80.139	0.547	59.570
16	0.099	63.676	10.134	0.037	92.806	0.037	80.175	1.311	60.882
17	0.097	64.659	10.291	0.097	92.903	1.508	81.683	0.403	61.284
18	0.093	67.702	10.775	0.116	93.019	0.457	82.140	0.135	61.419
19	0.082	76.398	12.159	0.130	93.149	0.004	82.144	0.003	61.423
20	0.080	78.790	12.540	0.109	93.258	1.543	83.686	0.083	61.506
21	0.079	79.959	12.726	0.015	93.273	0.323	84.009	0.078	61.584
22	0.075	83.646	13.313	0.015	93.288	4.632	88.641	0.008	61.592
23	0.071	88.855	14.142	0.001	93.289	0.023	88.663	0.025	61.617
24	0.068	92.931	14.790	0.025	93.314	0.040	88.703	2.688	64.305
25	0.067	93.892	14.943	0.043	93.357	0.279	88.982	13.965	78.270
26	0.064	98.409	15.662	0.045	93.401	0.058	89.041	0.022	78.292
27	0.063	100.519	15.998	0.436	93.837	1.054	90.094	0.658	78.951
28	0.062	101.997	16.233	0.009	93.846	0.247	90.341	0.549	79.499
29	0.057	109.645	17.451	0.052	93.898	0.029	90.370	0.000	79.499
30	0.056	112.456	17.898	0.002	93.900	0.028	90.397	1.324	80.823
31	0.055	114.965	18.297	0.005	93.905	0.445	90.842	0.272	81.095
32	0.052	121.741	19.376	0.201	94.106	0.010	90.852	0.542	81.637
33	0.049	127.512	20.294	0.000	94.106	1.034	91.886	0.060	81.697
34	0.048	130.277	20.734	0.019	94.125	0.040	91.926	2.140	83.846
35	0.046	138.752	22.083	0.222	94.347	0.089	92.015	0.230	84.077
36	0.044	142.628	22.700	1.143	95.490	0.034	92.048	0.019	84.095
37	0.041	154.548	24.597	0.121	95.611	0.252	92.301	0.119	84.214
38	0.036	163.759	26.063	0.370	95.981	0.020	92.321	0.272	84.486
39	0.036	173.131	27.555	0.091	96.072	0.056	92.377	0.180	84.666
40	0.032	194.064	30.886	0.246	96.318	1.212	93.589	0.215	84.881
41	0.031	203.193	32.339	0.191	96.509	0.014	93.604	2.872	87.753

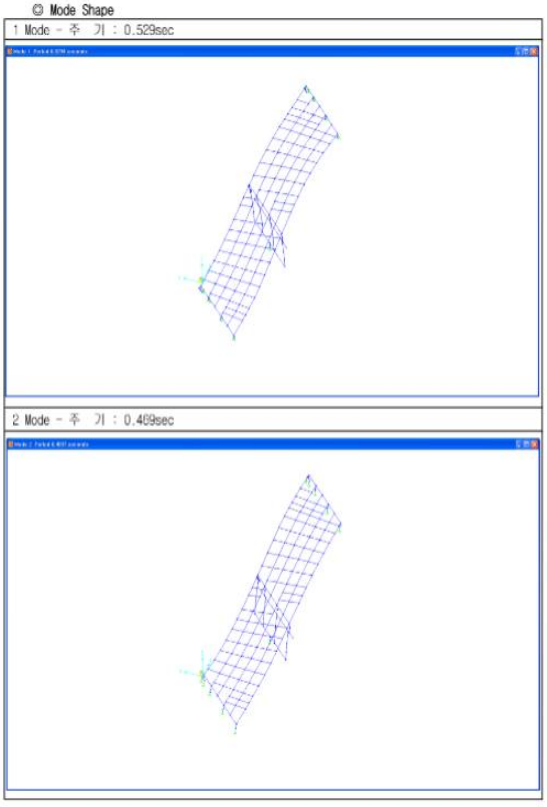
Mode No	Period (sec)	Frequency (rad/sec)	Frequency (cycle/sec)	TRAN-X MASS(%)	TRAN-X SUM(%)	TRAN-Y MASS(%)	TRAN-Y SUM(%)	TRAN-Z MASS(%)	TRAN-Z SUM(%)
42	0.027	233.422	37.150	0.543	97.152	0.000	93.604	0.158	87.912
43	0.025	248.964	39.624	0.024	97.176	0.955	94.559	0.712	88.624
44	0.023	270.655	43.076	0.020	97.196	0.305	94.864	2.506	91.130
45	0.019	338.468	53.869	0.448	97.644	0.982	95.845	0.106	91.236
46	0.016	398.052	63.352	0.452	98.096	1.232	97.077	0.028	91.264
47	0.015	412.423	65.639	0.002	98.098	0.068	97.145	0.242	91.506
48	0.010	645.777	102.779	0.252	98.350	0.941	98.086	0.012	91.519
49	0.009	694.348	110.509	0.726	99.076	0.971	99.056	0.024	91.543
50	0.005	1215.100	193.389	0.000	99.076	0.002	99.058	0.215	91.758

▷ 방향별 누적 질량 참여율

고유치 해석결과 방향별 유효 질량 참여율의 합이 90%이상 임을 확인하여 본 해석이 교량의 동적거동을 충분히 구현하고 있음을 확인하였다.



◎ Mode Shape



26.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 26.2.1】 성사2교(확장부) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	성사2교(확장부)는 현장조사 및 분석 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 시설물의 전반적인 안정성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로 판단된다. 해당 구조물의 경우 추후 주기적인 점검 및 관리를 통한 신규손상의 발생확인 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	성사2교(확장부)는 현장조사 및 분석 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 시설물의 전반적인 안정성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로 판단된다. 해당 구조물의 경우 추후 주기적인 점검 및 관리를 통한 신규손상의 발생확인 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	- 상태양호	양호

26.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

26.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○현장조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

26.2.5 시설물 보수 이력

【표 26.2.2】 성사2교(확장부) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

26.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 26.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

26.3 현장조사

26.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~2	사다리 및 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



비파괴시험



비파괴시험

【사진 26.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

26.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 성사2교(확장부)는 총 2경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=110.0m 폭 4.1m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소차로 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 26.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 26.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
합계	-	-

	
바닥판 하면 S1 상태양호	바닥판 하면 S1 상태양호
	
바닥판 하면 S2 상태양호	바닥판 하면 S2 상태양호

【사진 26.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 바닥판 하면의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. STEEL BOX Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 1열로 시공되었으며, 도보 및 고소차로 현장조사를 실시하였다



거더외부 전경



거더내부 전경

【사진 26.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 거더외부와 거더내부 모두 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 26.3.2】 거더 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
거더 내부	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-

	
거더외부 S1 상태양호	거더외부 S2 상태양호
	
거더내부 S1 상태양호	거더내부 S2 상태양호

【사진 26.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 교대

1) 부재의 개요

■ 성사2교(확장부) 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 26.3.6】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 26.3.3】 교대 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
교대 A1 상태양호	교대 A1 상태양호
	
교대 A2 상태양호	교대 A2 상태양호

【사진 26.3.7】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교각

1) 부재의 개요

■ 성사1교(부천방향 확장부)의 교각은 T형으로 구성되어 있으며, 강관말뚝기초로 시공되었다. 교각에 대한 현장조사는 도보 및 사다리를 통한 근접조사를 실시하였다.

	
교각 P1 전경	교각 P1 전경

【사진 26.3.8】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 26.3.4】 교각 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
합계	-	-

	
교각 P1 기둥부 상태양호	교각 P1 코핑부 상태양호

【사진 26.3.9】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

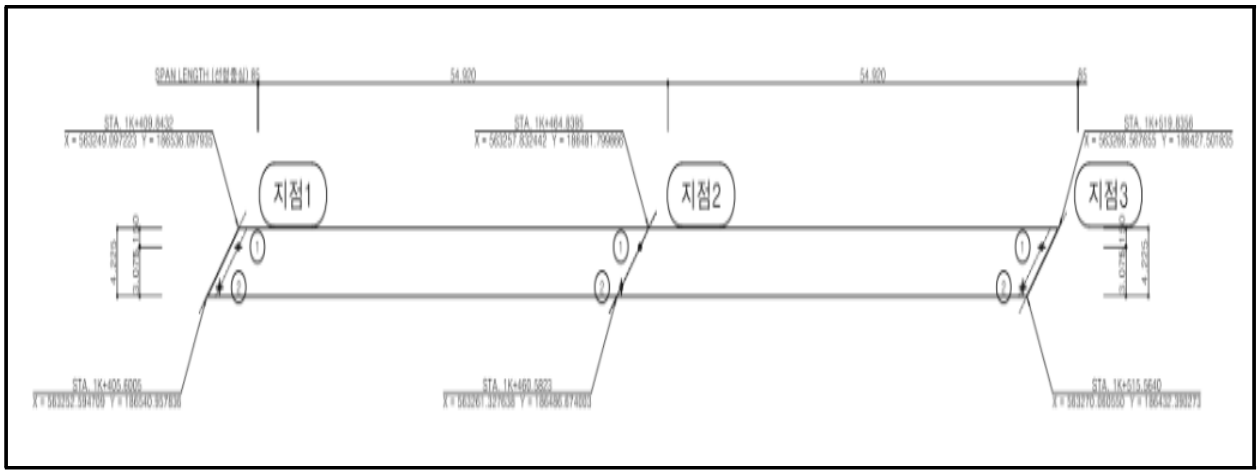
4) 검토의견

- 교각의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 성사2교(확장부)의 받침은 포트받침으로 총 6기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 26.3.1】 교량받침 배치도



포트받침(일방향) 전경



포트받침(양방향) 전경



포트받침(고정) 전경

【사진 26.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 26.3.5】 교량받침 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
P1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
교량받침 P1-Sh2 상태양호	교량받침 P1-Sh1 상태양호

【사진 26.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

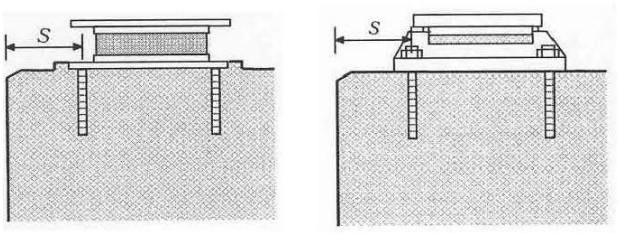
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교량받침의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 26.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

	
받침장치 연단거리 측정	받침장치 연단거리 측정

【사진 26.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=55.0m) : 200+5×55.0 = 475(㎜)

【표 26.3.6】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		475	520	630	O.K
P1	A1측	475	1050	1000	O.K
	A2측	475	1000	1045	O.K
A2		475	570	540	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 26.3.13】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 26.3.7】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	34.0	26.0	0.000012	55.0	22.4	17.2	
P1	고정단						
A2	34.0	26.0	0.000012	55.0	22.4	17.2	
1) 조사당시 온도 : 14.0℃(조사일 : 2022년 10월 21일, 평균온도, 고양시(기상청 자료 : 서울)) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 26.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	0	50	50	22.4	17.2	±50	OK
	SH2	0	50	50	22.4	17.2	±50	OK
P1	고정단							
A2	SH1	0	50	50	22.4	17.2	±50	OK
	SH2	0	50	50	22.4	17.2	±50	OK
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

【사진 26.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 후타재 균열(0.3㎜미만), 여유량 부족 등의 손상이 확인되었다.

【표 26.3.9】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		여유량 부족 (개소)	
A1 (EXP J1)	9.00	18	-	-
A2 (EXP J2)	7.00	14	1.00	1
합계	16.00	32	1.00	1

	
신축이음 A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	신축이음 A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
신축이음 A2 여유량 부족(1EA)	신축이음 A2 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 26.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)의 경우, 초기 건조수축, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되어 손상의 정도가 경미하나 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 보수를 실시하고 주기적인 안전점검을 통하여 손상의 재발생 여부 등을 확인하는 유지관리가 필요하며, 신축이음 A2에 발생한 여유량 부족의 경우 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 21. 기온 적용: 14.0℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−14.0℃ = 26.0℃
△T(수축시) : −20.0℃−(14.0℃) = 34.0℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 26.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 26.3.10】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	34.0	26.0	0.000012	55.0	22.4	17.2	60.0	90.0	100.0	
A2	34.0	26.0	0.000012	55.0	22.4	17.2	65.0	90.0	110.0	
1) 조사당시 온도 : 14.0℃(조사일 : 2022년 10월 21일, 평균온도, 고양시(기상청 자료 : 서울)) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방)										

【표 26.3.11】 신축이음 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①-③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	22.4	17.2	60.0	85	2.6	42.8	O.K
	바닥판	22.4	17.2	90.0	-	-	72.8	O.K
	거더	22.4	17.2	100.0	-	-	82.8	O.K
A2	신축이음	22.4	17.2	65.0	85	-2.4	47.8	N.G
	바닥판	22.4	17.2	90.0	-	-	72.8	O.K
	거더	22.4	17.2	110.0	-	-	92.8	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A2 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 성사2교(확장부)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.

	
교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

【사진 26.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으나, 접속도로 아스콘 파손의 손상이 확인되었다.

【표 26.3.12】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 아스콘 파손 (㎡/개소)	
S1	0.30	1
S2	-	-
합계	0.30	1

	
교면포장 S1 접속도로 아스콘 파손(0.3×1.0)	교면포장 S1 접속도로 아스콘 파손(0.3×1.0)
	
교면포장 S1 상태양호	교면포장 S2 상태양호

【사진 26.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장의 현장조사 결과, 외부충격으로 인한 접속도로 아스콘 파손이 조사되었으며, 차량의 주행성에는 영향을 미치지 않으나 지속적인 통행하중, 충격 발생시 손상의 진전 가능성이 있어 내구성 확보차원의 아스콘 팻칭 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 손상의 재발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 성사2교(확장부)는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 26.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 26.3.13】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태양호	배수구 상태양호
	
배수관 상태양호	배수관 상태양호

【사진 26.3.20】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구의 현장조사 결과, 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물 퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

	
방호벽 전경	방호벽 전경

【사진 26.3.21】 방호벽 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 26.3.14】 방호벽 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
합계	-	-

	
방호벽 S1 상태양호	방호벽 S1 상태양호
	
방호벽 S2 상태양호	방호벽 S2 상태양호

【사진 26.3.22】 방호벽 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 방호벽의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 본 교량은 A2, P1에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.

	
점검시설 전경	점검시설 전경

【사진 26.3.23】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 및 교각에 설치된 점검시설 조사 시 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 26.3.15】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
점검시설 상태양호	점검시설 상태양호

【사진 26.3.24】 교량 점검시설 손상현황

	
점검시설 상태양호	점검시설 상태양호

【사진 26.3.24】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

카. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

26.3.3 현장조사 총괄표

【표 26.3.16】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	
거더	거더외부	상태양호	-	-	-	
	거더내부	상태양호	-	-	-	
교대		상태양호	-	-	-	
교각		상태양호	-	-	-	
교량받침		상태양호	-	-	-	
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	16.00	32	
		여유량 부족	EA	1.00	1	
교면포장		접속도로 아스콘 파손	㎡	0.30	1	
배수시설		상태양호	-	-	-	
방호벽		상태양호	-	-	-	
점검시설		상태양호	-	-	-	

26.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

26.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

26.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 26.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	3	3	3	3	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

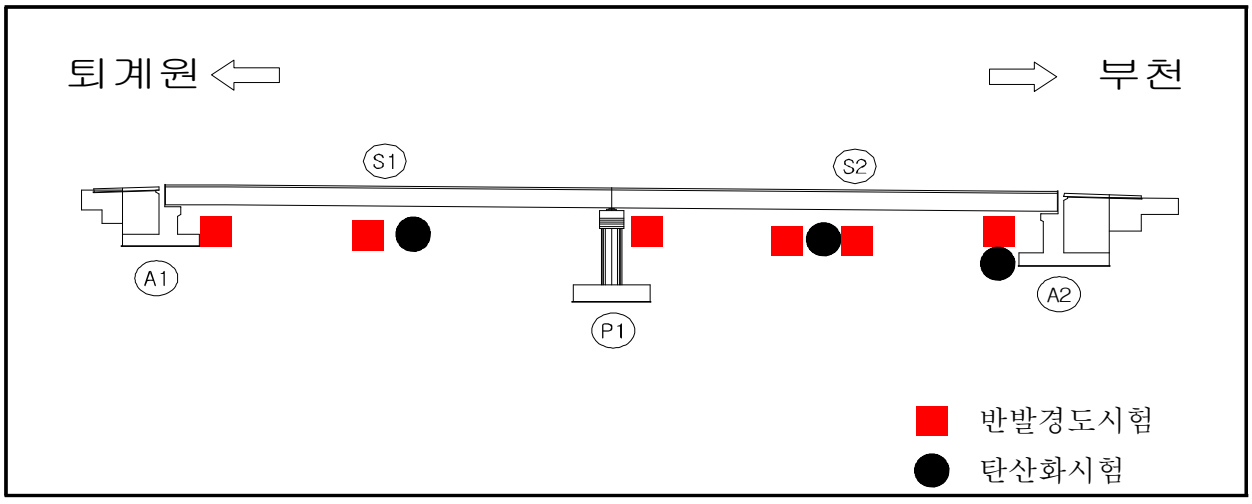
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

	
반발경도 시험 현황	반발경도 시험 현황
	
반발경도 시험 현황	반발경도 시험 현황

【사진 26.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 26.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

26.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 6개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 26.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판 하면	45.9	27.0	28.6	0.67	27.0	
	S2	바닥판 하면	45.9	27.0	28.6			
	S2	바닥판 하면	46.0	27.1	28.6			

【표 26.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	교대	42.5	24.1	26.9	0.67	24.0	
	A2	교대	44.1	25.4	27.7			

【표 26.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
하부구조	P1	교각	51.2	43.6	53.0	0.67	40.0	

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~28.6㎫, 하부구조(교대) 24.1~27.7㎫, 하부구조(교각) 43.6~53.0㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

【표 26.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.6 ~ 28.6	27.0	100.1 ~ 106.0
하부구조	교대	24.1 ~ 27.7	24.0	100.3 ~ 115.3
	교각	43.6 ~ 53.0	40.0	109.1 ~ 132.4

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 26.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판	1.50	40.00	38.50	1.06	100년이상	a
	S2 바닥판	2.00	40.00	38.00	1.41	100년이상	a
하부구조	A2 교대	2.50	100.00	97.50	1.77	100년이상	a

탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화 깊이는 1.5~2.0㎜, 하부구조 탄산화 깊이는 2.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 26.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.5~2.0	38.0~38.5	
하부구조	2.5	97.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 26.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.6	27.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.1~27.7	24.0	
		교각	43.6~53.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

26.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 현장조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

26.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 문제점이 없는 최상의 상태인 'B등급'으로 산정되었다.

【표 26.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	STB	a	a	-	c	a	a	b	a	a	q	a	-
S2	P1	STB	a	a	-	a	a	a	-	a	a	q	a	-
	A2								b	a	a	q	-	a
평균			0.100	0.100	-	0.250	0.100	0.100	0.200	0.100	0.100	-	0.100	0.100
가중치			18	25	-	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.025	-	0.018	0.003	0.002	0.018	0.009	0.020	-	0.004	0.003
													0.120	
													A	

■ 결함도 범위 : 0.100 ≤ 결함도지수(0.120) < 0.130

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 26.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
성사2교(확장부)	0.120	A	110	1	110	1.000	0.120
합계(Σ)			110	1	110	1	0.120
1. 평가지수 =							0.120
2. 상태평가결과 =							A

26.5.2 기 점검 결과와의 비교

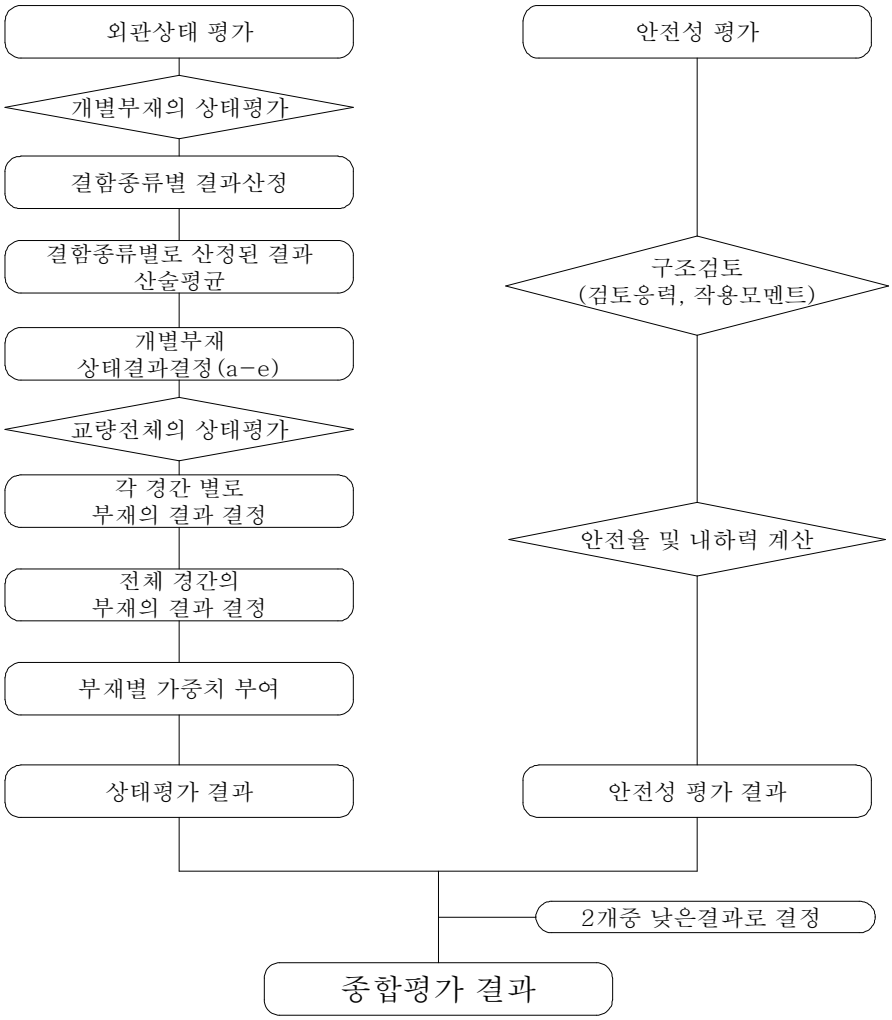
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

26.6 종합평가 및 안전등급 지정

26.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림26.6.1】 종합평가 결과 산정절차

26.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “A” 로 평가되었다.

【표 26.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
성사2교(확장부)	0.120	A	-	-	A
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 문제점이 없는 최상의 상태인 “A” 로 평가됨 •종합평가 결과, “A” 로 평가됨				

26.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『문제점이 없는 최상의 상태』인 **“A등급”** 으로 지정하였다.

【표 26.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

26.7 보수·보강 및 유지관리방안

26.7.1 보수·보강 방안

【표 26.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	-	-
거더	거더외부	상태양호	-	-	-	-	-
	거더내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		상태양호	-	-	-	-	-
교량받침		상태양호	-	-	-	-	-
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	16.00	32	표면처리	하자
		여유량 부족	EA	1.00	1	신축이음 재설치	하자
교면포장		접속도로 아스콘 파손	㎡	0.30	1	아스콘 팻칭	하자
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
방호벽		상태양호	-	-	-	-	-
점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

26.7.2 개략공사비

【표 26.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	표면처리	16.00	6.00	㎡	-	-	하자
	여유량 부족	신축이음 재설치	1.00	1.00	EA	-	-	하자
교면포장	접속도로 아스콘 파손	아스콘 팻칭	0.30	0.45	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

26.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 26.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상



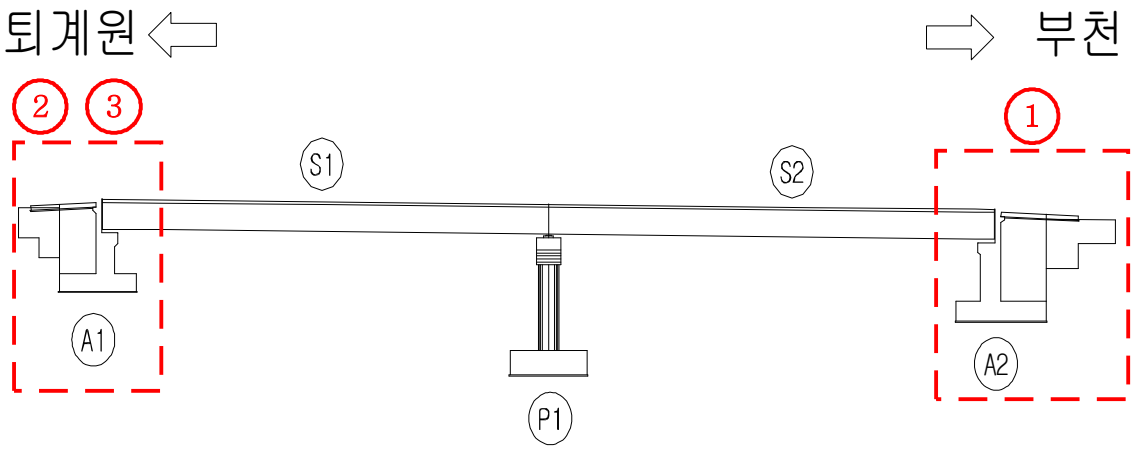
① 신축이음 A2 여유량 부족 – 지속적인 유간측정



② 신축이음 A1 균열(0.3㎜미만) – 진전 여부확인



③ 교면포장 S1 접속도로 아스콘 파손 – 진전 여부확인



26.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 성사동 산 14-5에 위치한 교량으로 총 연장 110.0m, 폭 4.1m의 Steel Box Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

26.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) Steel Box Girder

- 거더외부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 거더내부의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 교대

- 교대의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교각

- 교각의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 교량받침

- 교량받침의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

6) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)의 경우, 초기 건조수축, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되어 손상의 정도가 경미하나 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 보수를 실시하고 주기적인 안전점검을 통하여 손상의 재발생 여부 등을 확인하는 유지관리가 필요하며, 신축이음 A2에 발생한 여유량 부족의 경우 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A2 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

7) 교면포장

- 교면포장의 현장조사 결과, 외부충격으로 인한 접속도로 아스콘 파손이 조사되었으며, 차량의 주행성에는 영향을 미치지 않으나 지속적인 통행하중, 충격 발생시 손상의 진전 가능성이 있어 내구성 확보차원의 아스콘 팻칭 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 손상의 재발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

8) 배수시설

- 배수구의 현장조사 결과, 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물 퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

- 방호벽의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

10) 교량 점검시설

- 점검시설의 현장조사 결과, 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 해당 부재는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

11) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~28.6㎫, 하부구조(교대) 24.1~27.7㎫, 하부구조(교각) 43.6~53.0㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각:40.0㎫)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

■ 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화 깊이는 1.5~2.0㎜, 하부구조 탄산화 깊이는 2.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 성사2교(확장부)의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.120, 상태평가 점수는 “A”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 성사2교(확장부)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

26.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

26.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

27. 서문22교(서울)

27.1 시설물 개요
27.2 자료수집 및 분석
27.3 현장조사
27.4 콘크리트 내구성조사
27.5 상태평가
27.6 종합평가 및 안전등급 지정
27.7 보수·보강 및 유지관리 방안
27.8 종합결론

27. 서문22교(서울)

27.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 원당동 572-2에 위치한 교량으로 총 연장 532.0m, 폭 15.9m로 시공되어 있다.

27.1.1 일반사항

【표 27.1.1】 서문22교(서울) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000116	관리번호		-
시설물위치		경기도 고양시 덕양구 원당동 572-2	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		본선구간 8.270km	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=532.0m(4@60+2@61+65+60+45=532.0m)			
	폭	B=15.9m			
구조형식	상부	BH거더+Steel Box거더	기초형식	교 대	강관말뚝기초, 직접기초
	하부	교대: 역T형 교각: T형		교 각	강관말뚝기초, 직접기초
교량받침		면진받침	신축이음		핑거
교차시설물		원당천, 서울교외선철도	통과높이		5.0m
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		지에스건설㈜	관리주체		㈜신성엔지니어링
감 리 자		동남이엔씨㈜	관리주체		서울문산고속도로주식회사

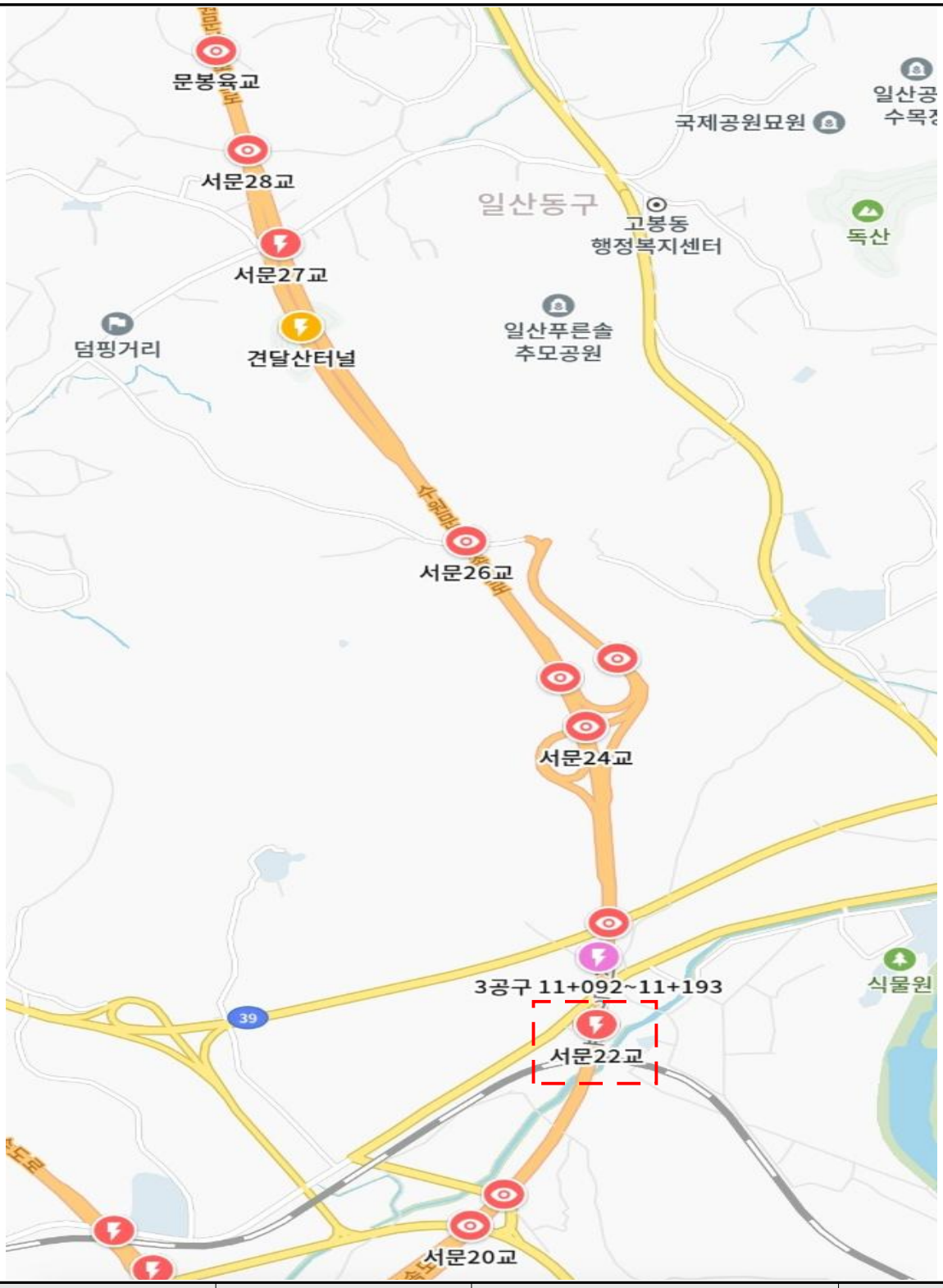


측면 전경



상부 전경

27.1.2 위치도 및 전경사진



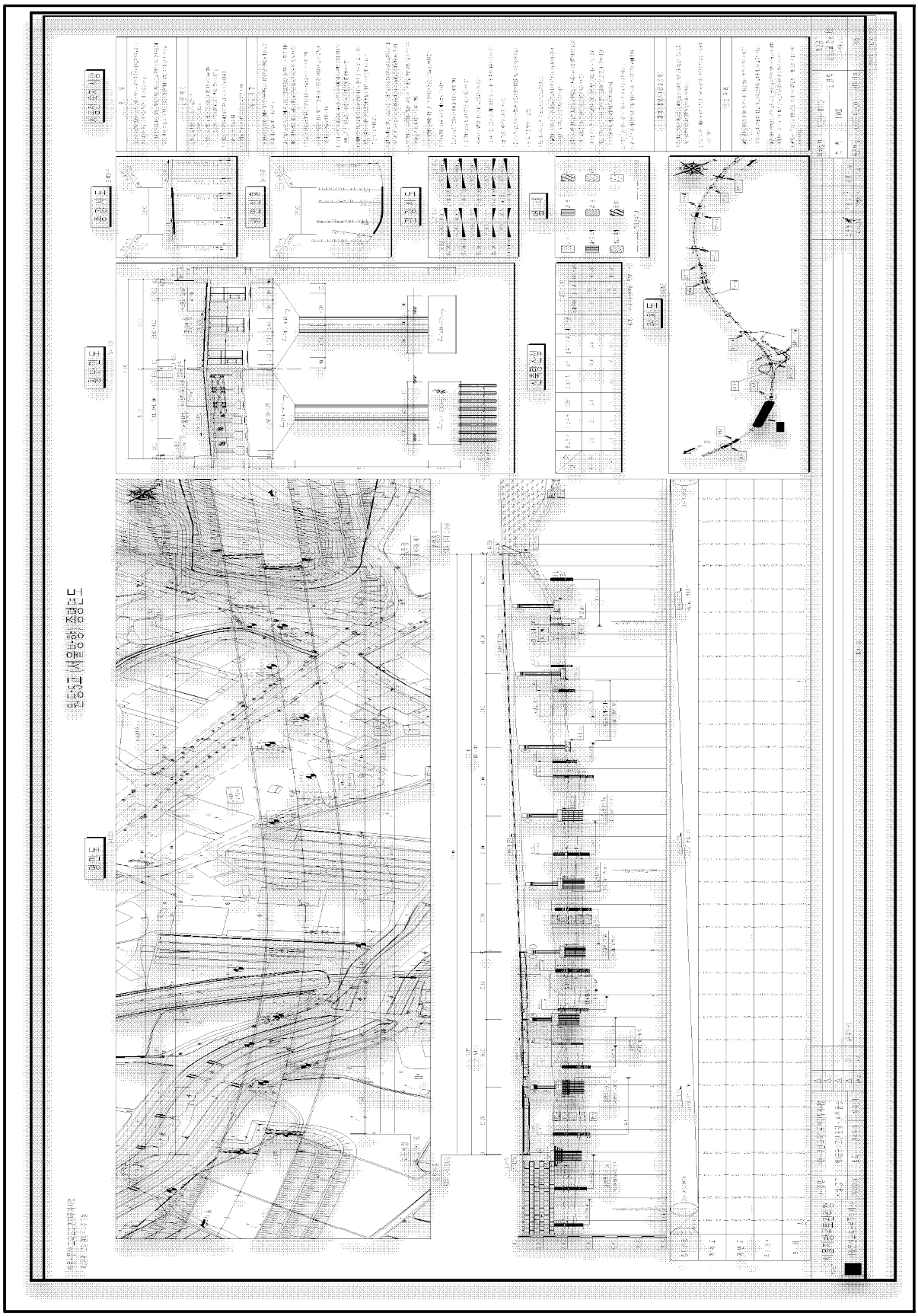
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S9	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 27.1.1】 위치도

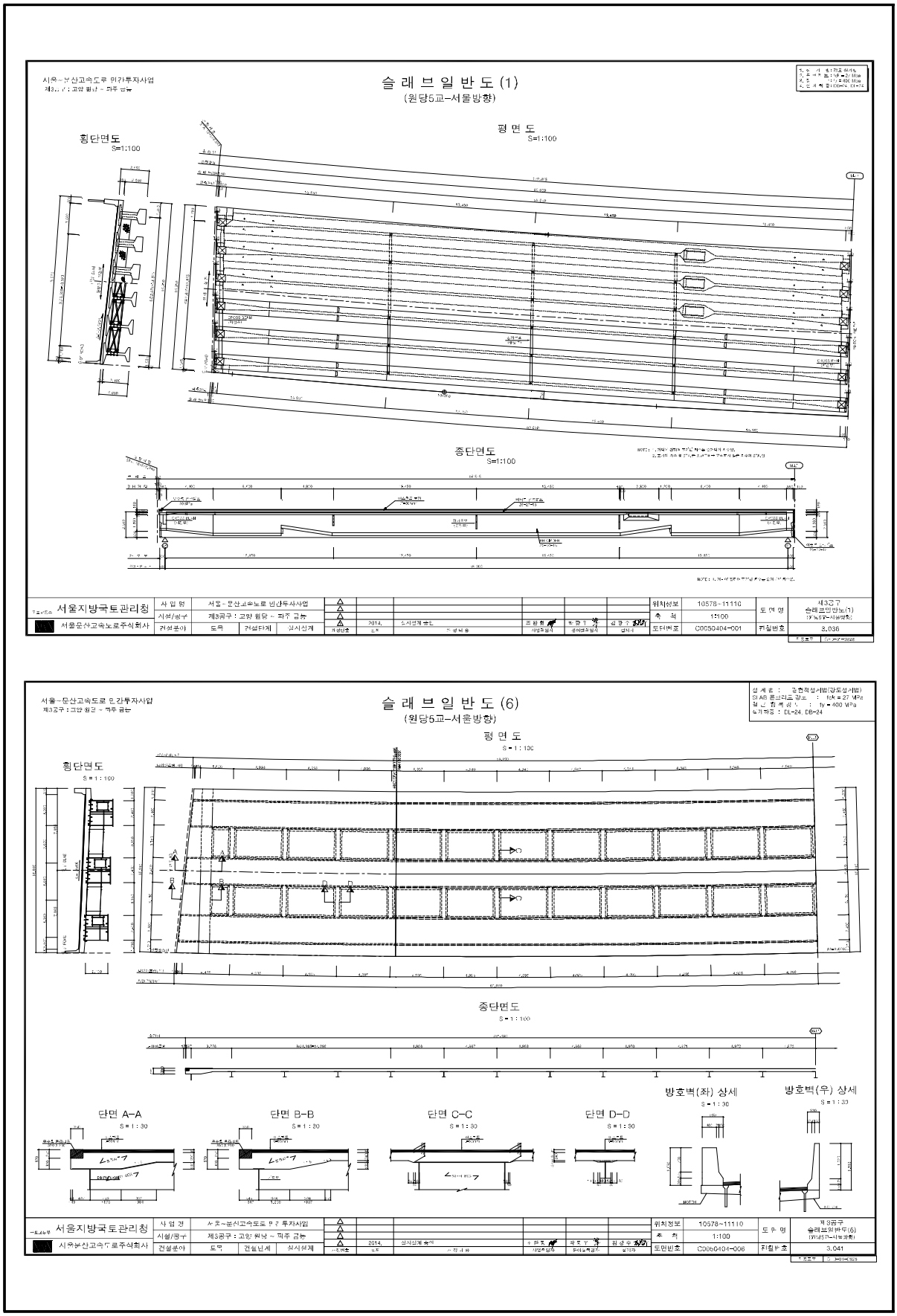
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더(BH거더) 전경	거더(S.T.B) 전경
	
교대(A1) 전경	교각 전경

【그림 27.1.2】 부재별 현황

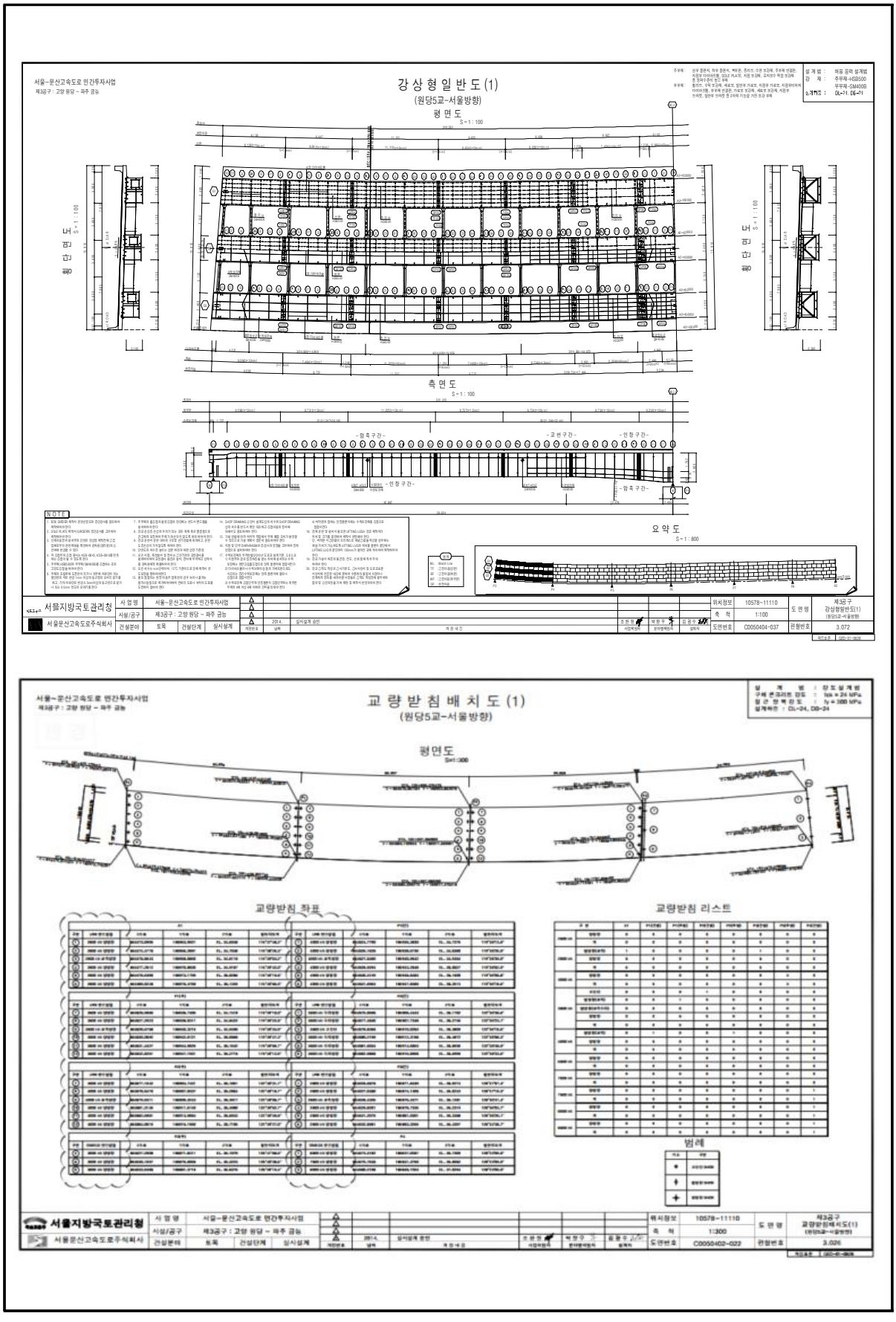
27.1.3 시설물 일반도



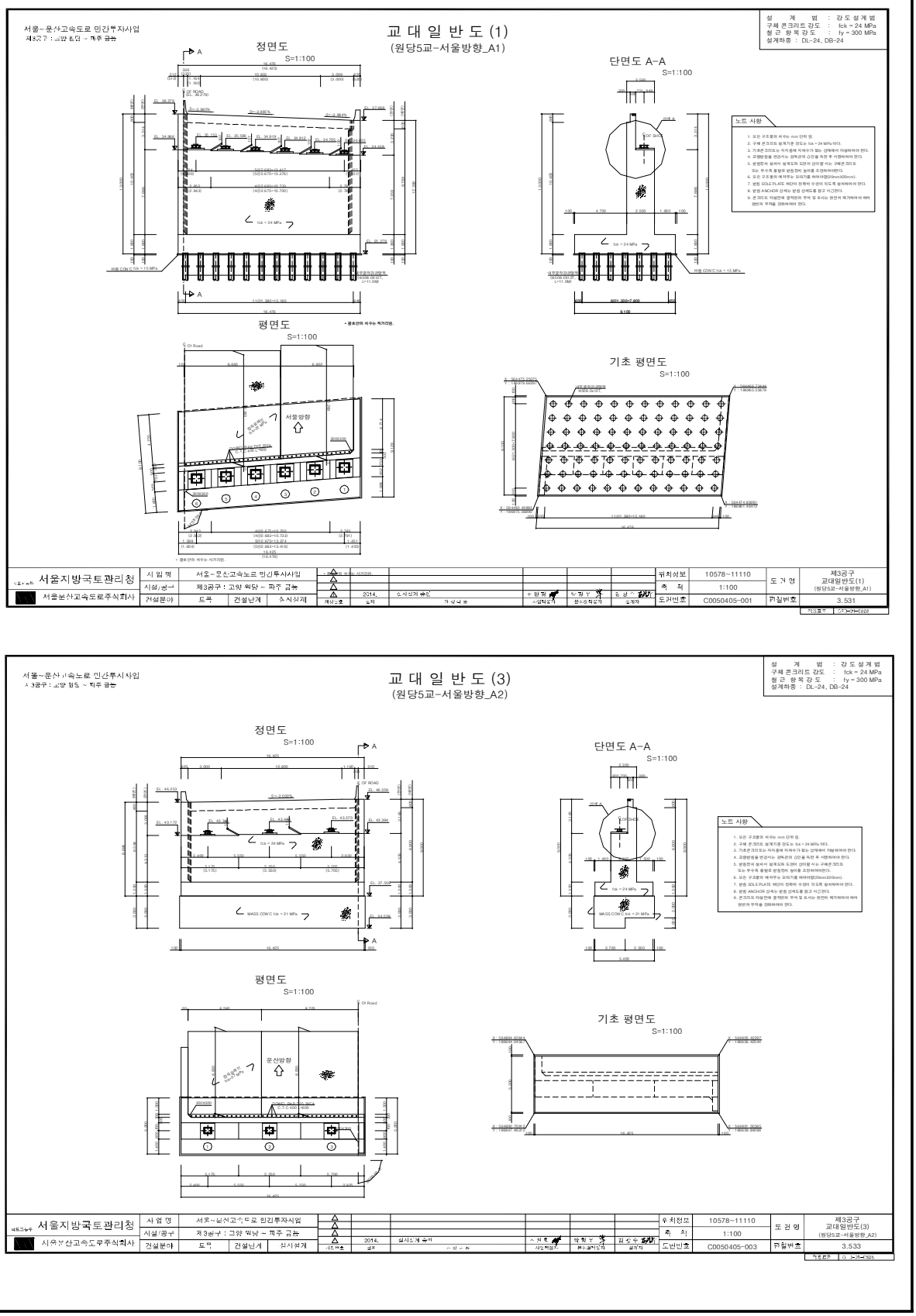
【그림 27.1.3】 평면 및 종단면도



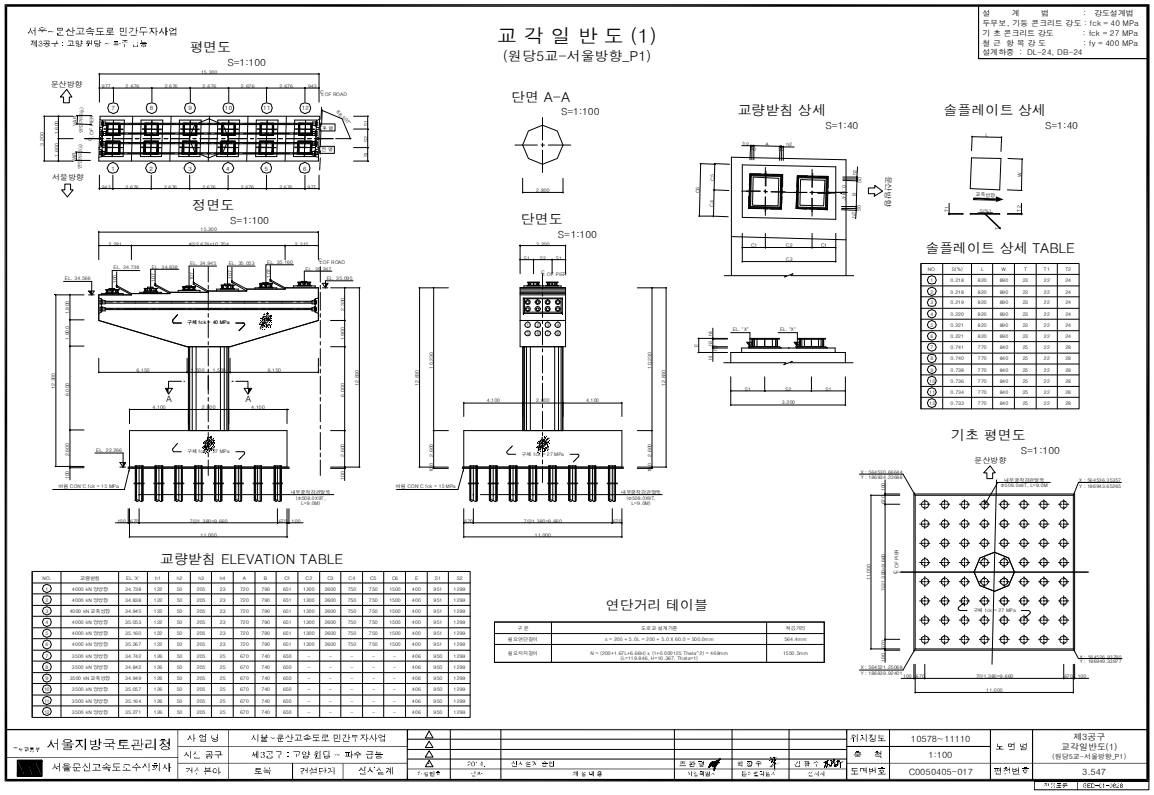
【그림 27.1.4】 바닥판하면 일반도

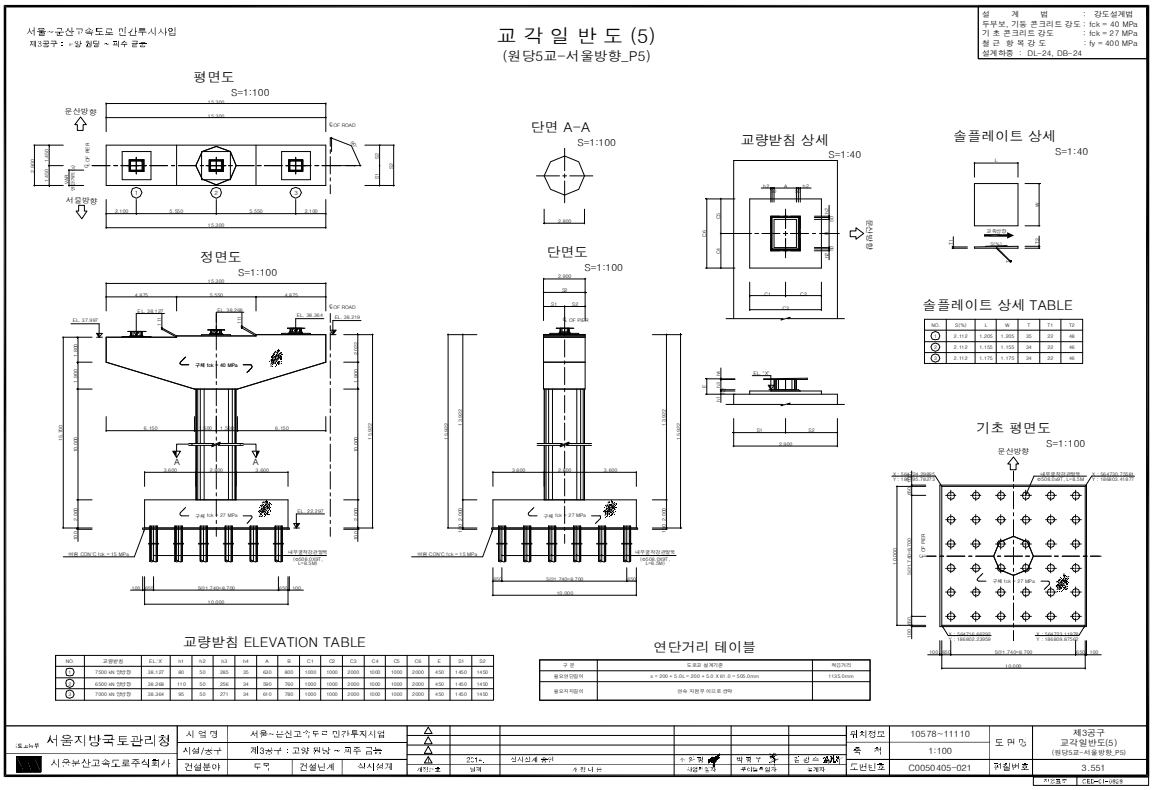


【그림 27.1.5】 강상형 일반도, 교량받침배치도

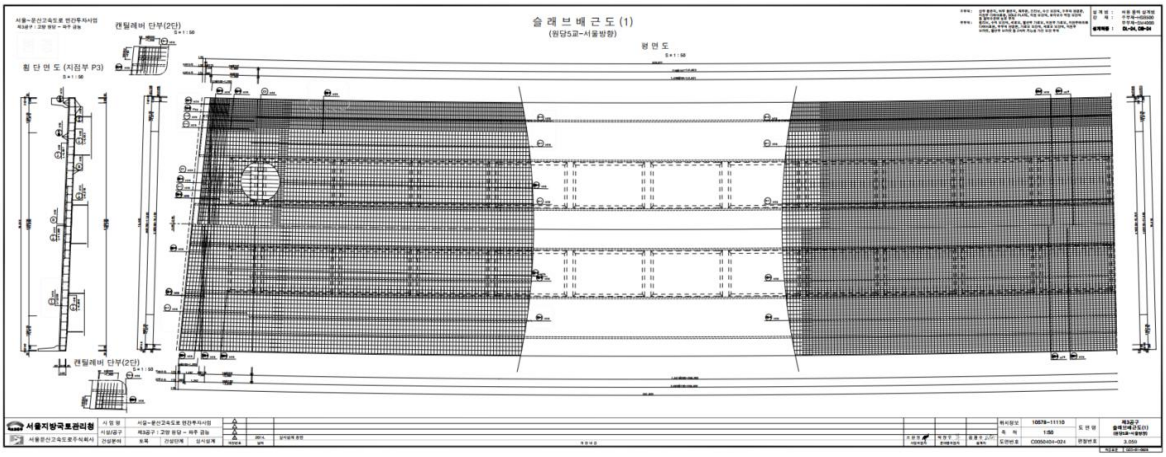


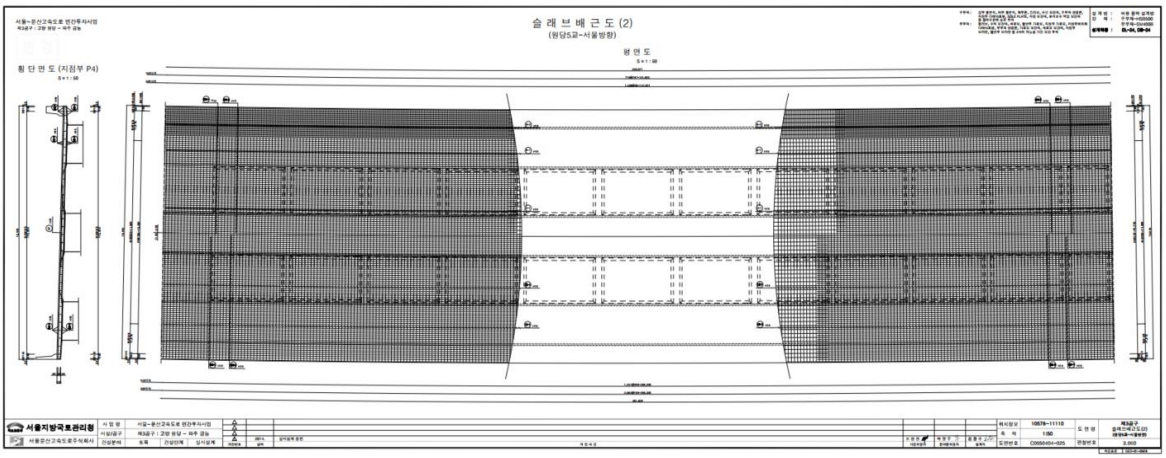
【그림 27.1.6】 교대 일반도

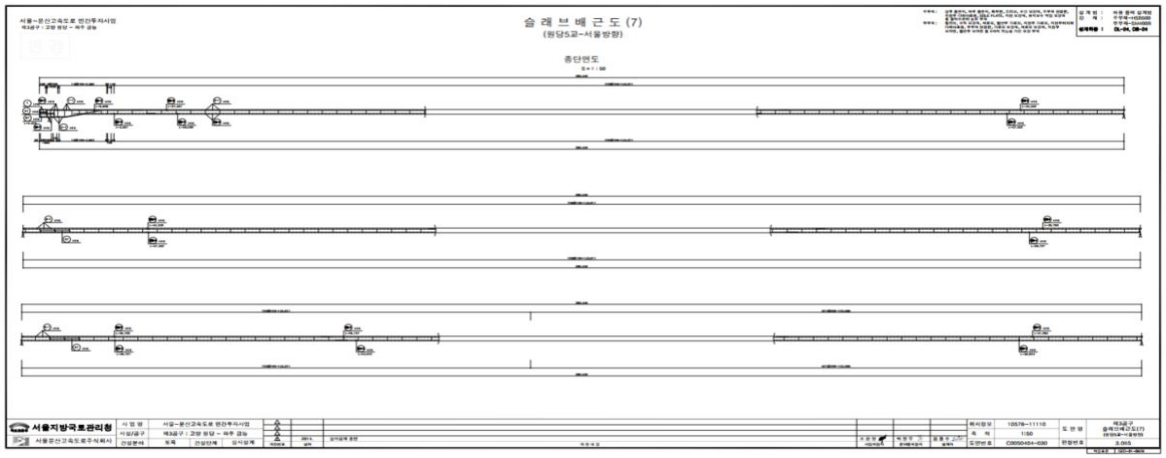




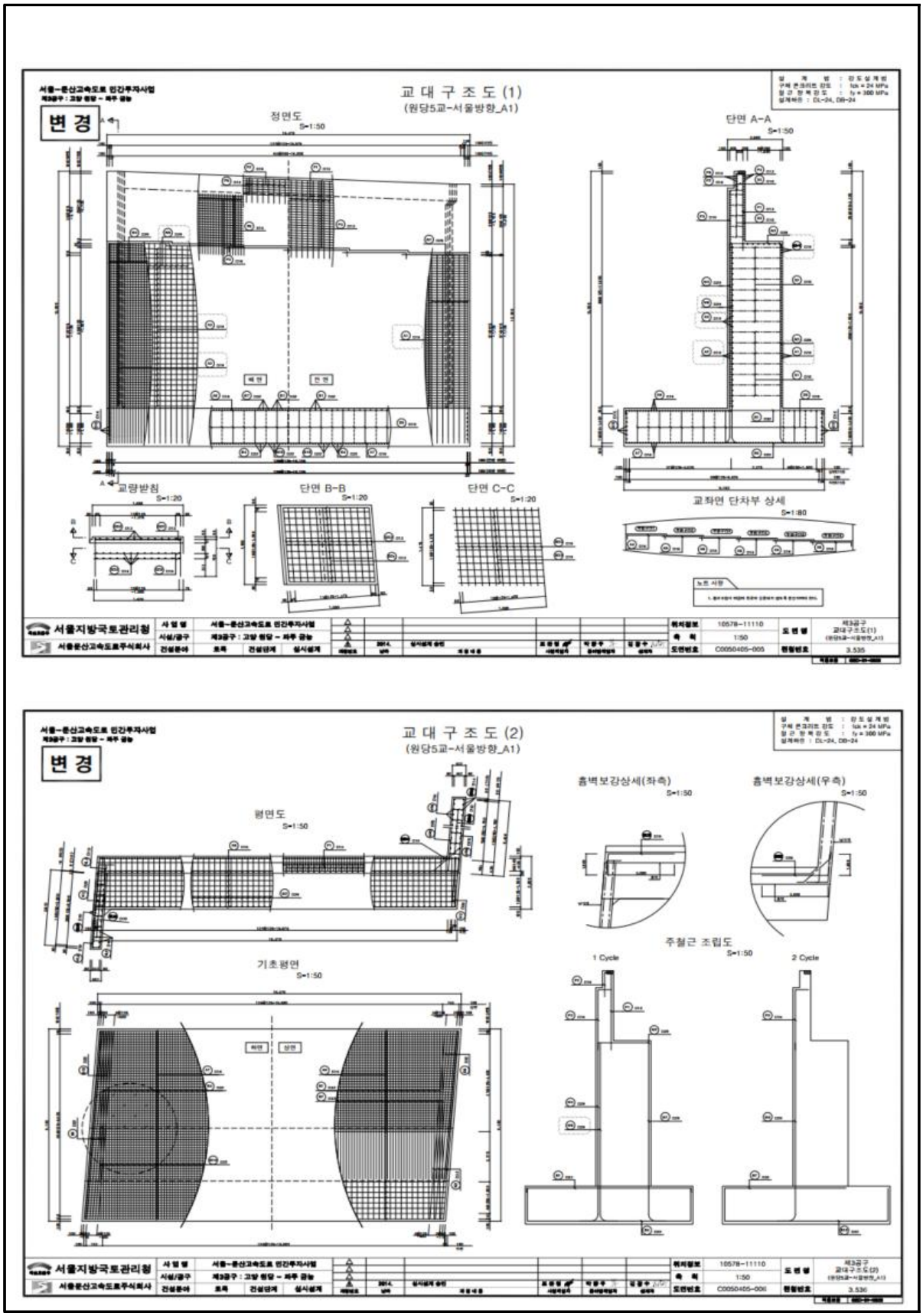
【그림 27.1.7】 교각 일반도



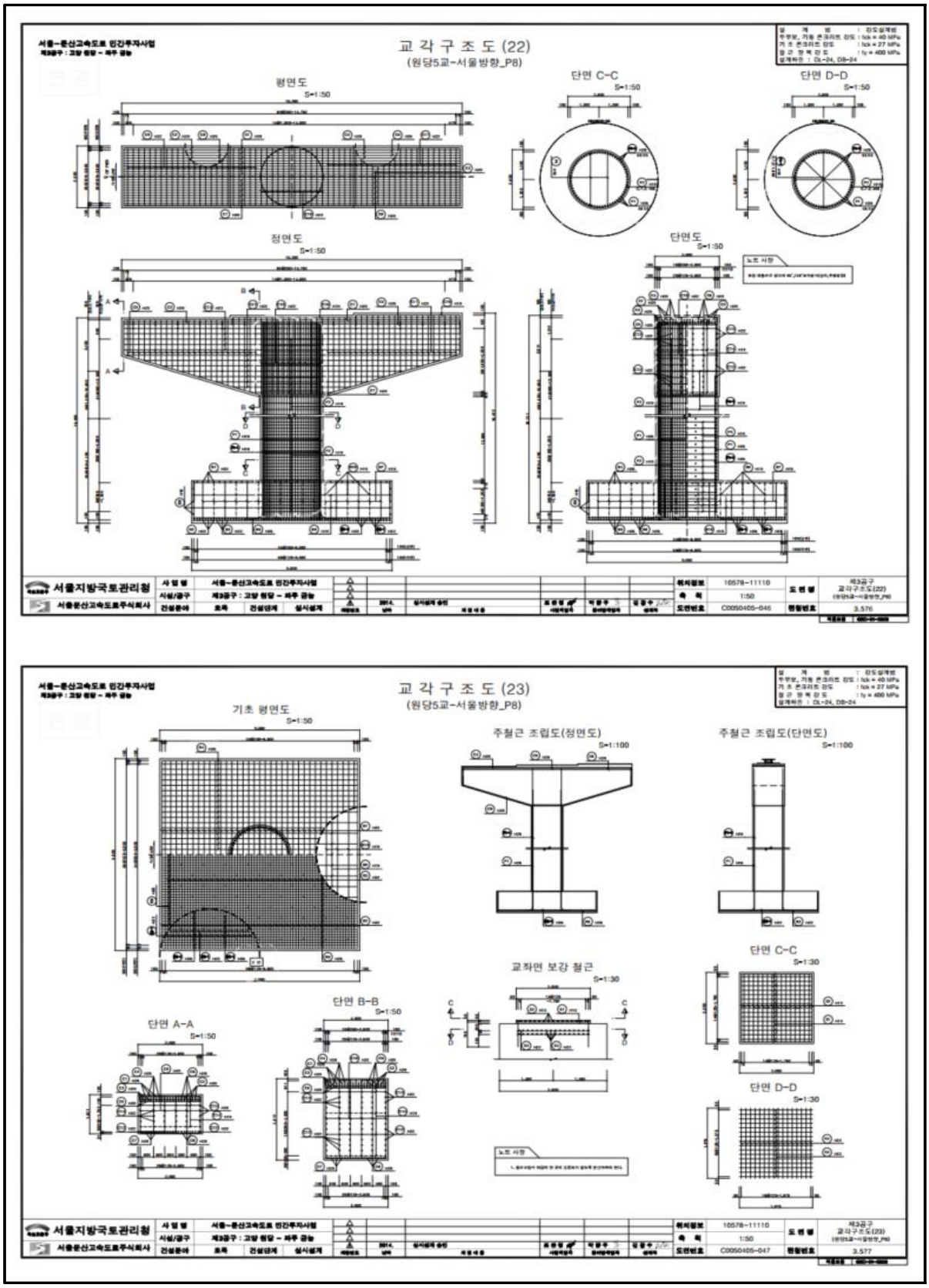




【그림 27.1.8】 바닥판하면 배근도



【그림 27.1.9】 교대 배근도



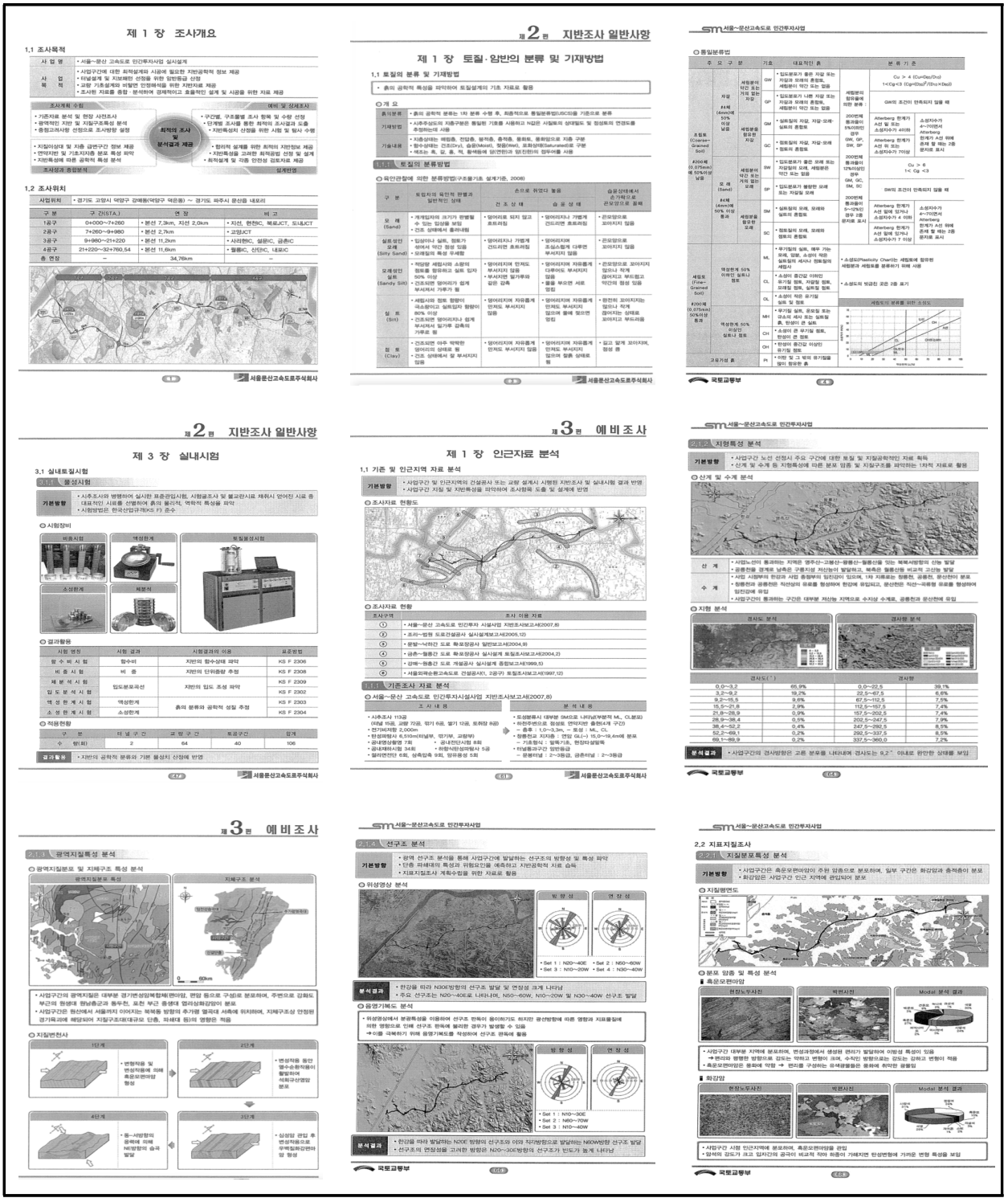
【그림 27.1.10】 교각 배근도

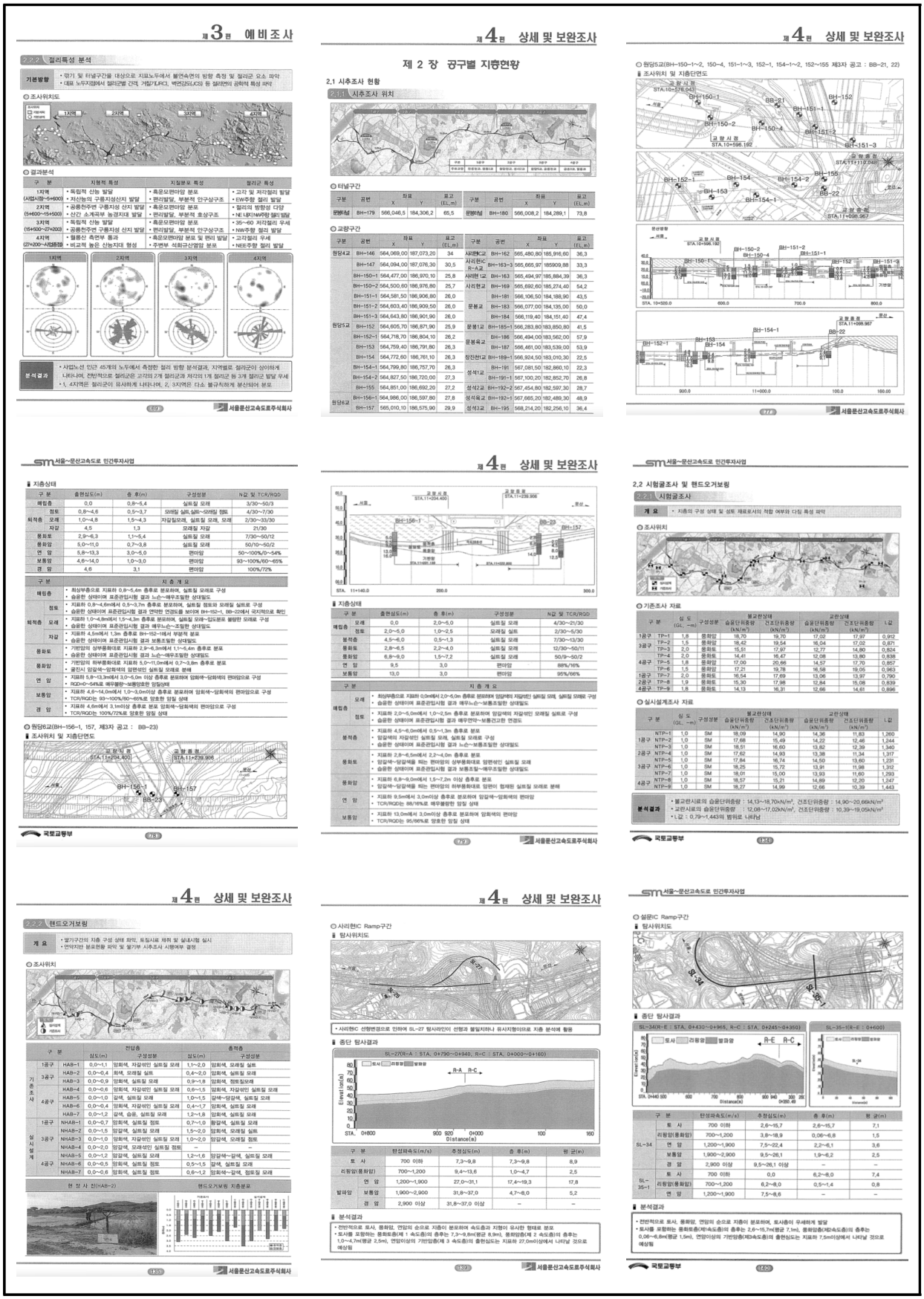
27.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

27.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질





제3편 예비조사

2.2.2 절리특성 분석

기본방향
- 깎기 및 터널구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악
- 대표 노두지점에서 절리군별 간격, 거칠기(JRC), 벽면강도(JCS) 등 절리면의 공학적 특성 파악

조사위치도

결과분석

구 분	지형적 특성	지질분포 특성	절리군 특성
1지역 (사업시점~5+600)	• 독립적 산능 발달 • 저산능의 구릉지성산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 고각 및 저각절리 발달 • EW주향 절리 발달
2지역 (5+600~15+500)	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달 • 산간 소계곡부 농경지대 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 호상구조	• 절리의 방향성 다양 • NE내지NW주향 절리 발달
3지역 (15+500~27+200)	• 독립적 산능 발달 • 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 35~60 저각절리 우세 • NW주향 절리 발달
4지역 (27+200~사업종점)	• 월롱산 측면부 통과 • 비교적 높은 산능지대 형성	• 흑운모편마암 분포 및 편리 발달 • 주변부 석회규산염암 분포	• 고각절리 우세 • NEE주향 절리 발달

1지역 2지역 3지역 4지역

분석결과
- 사업노선 인근 45개의 노두에서 측정한 절리 방향 분석결과, 지역별로 절리군이 상이하게 나타나며, 전반적으로 절리군은 고각의 2개 절리군과 저각의 1개 절리군 등 3개 절리군 발달 우세
- 1, 4지역은 절리군이 유사하게 나타나며, 2, 3지역은 다소 불규칙하게 분산되어 분포

69 서울문산고속도로주식회사

제4편 상세 및 보완조사

제 2 장 공구별 지층현황

2.1 시추조사 현황

2.1.1 시추조사 위치

터널구간

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
문봉터널	BH-179	566,046.5	184,306.2	65.5	문봉터널	BH-180	566,008.2	184,289.1	73.8

교량구간

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
원당4교	BH-146	564,069.00	187,073.20	34	사리현C교	BH-162	565,480.80	185,916.60	36.3
	BH-147	564,094.00	187,076.30	30.5	사리현IC R-A교	BH-163-3	565,665.97	185909.88	33.3
	BH-150-1	564,477.00	186,970.10	25.8	사리현 1교	BH-163	565,494.97	185,884.39	36.3
	BH-150-2	564,500.60	186,976.80	25.7	사리현교	BH-169	565,692.60	185,274.40	54.2
	BH-151-1	564,581.50	186,906.80	26.0		BH-181	566,106.50	184,188.90	43.5
	BH-151-2	564,603.40	186,909.50	26.0	문봉교	BH-183	566,077.00	184,135.00	50.0
	BH-151-3	564,643.80	186,901.90	26.0		BH-184	566,119.40	184,151.40	47.4
원당5교	BH-152	564,605.70	186,871.90	25.9	문봉1교	BH-185-1	566,283.80	183,850.80	41.5
	BH-152-1	564,718.70	186,804.10	26.2	문봉육교	BH-186	566,494.00	183,562.00	57.9
	BH-153	564,759.40	186,791.80	26.3		BH-187	566,461.00	183,539.00	53.9
	BH-154	564,772.60	186,761.10	26.3	장진천교	BH-189-1	566,924.50	183,010.30	22.5
	BH-154-1	564,799.80	186,757.70	26.3	성석1교	BH-191	567,081.50	182,860.10	22.3
	BH-154-2	564,827.50	186,720.00	27.3		BH-191-1	567,100.20	182,852.70	26.8
	BH-155	564,851.00	186,692.20	27.2	성석2교	BH-192-2	567,454.80	182,597.30	28.7
원당6교	BH-156-1	564,986.00	186,597.80	27.8	성석육교	BH-192-1	567,665.20	182,489.30	48.9
	BH-157	565,010.10	186,575.90	29.9	성석3교	BH-195	568,214.20	182,256.10	36.4

제4편 상세 및 보완조사

원당5교(BH-150-1~2, 150-4, 151-1~3, 152-1, 154-1~2, 152~155 제3자 공고 : BB-21, 22)

조사위치 및 지층단면도

77 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	0.8~5.4	실트질 모래	3/30~50/3
퇴적층	점토	0.8~4.6	0.5~3.7	모래질 실트, 실트~모래질 점토	4/30~7/30
	모래	1.0~4.8	1.5~4.3	자갈질모래, 실트질 모래, 모래	2/30~33/30
	자갈	4.5	1.3	모래질 자갈	21/30
풍화토		2.9~6.3	1.1~5.4	실트질 모래	7/30~50/12
풍화암		5.0~11.0	0.7~3.8	실트질 모래	50/10~50/2
연 암		5.8~13.3	3.0~5.0	편마암	50~100%/0~54%
보통암		4.6~14.0	1.0~3.0	편마암	93~100%/60~65%
경 암		4.6	3.1	편마암	100%/72%

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 0.8~5.4m 층후로 분포하며, 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
퇴적층	점토	• 지표하 0.8~4.6m에서 0.5~3.7m 층후로 분포하며, 실트질 점토와 모래질 실트로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보이며 BH-152-1, BB-22에서 국지적으로 확인
	모래	• 지표하 1.0~4.8m에서 1.5~4.3m 층후로 분포하며, 실트질 모래~입도분포 불량한 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~조밀한 상대밀도
	자갈	• 지표하 4.5m에서 1.3m 층후로 BH-152-1에서 부분적 분포 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 2.9~6.3m에서 1.1~5.4m 층후로 분포 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 5.0~11.0m에서 0.7~3.8m 층후로 분포 • 굴진시 암갈색~암회색의 일반석인 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 5.8~13.3m에서 3.0~5.0m 이상 층후로 분포하며 암회색~담회색의 편마암으로 구성 • RQD=0~54%로 매우불량~보통양호한 암질상태
보통암		• 지표하 4.6~14.0m에서 1.0~3.0m이상 층후로 분포하며 암회색~담회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 93~100%/60~65%로 양호한 암질 상태
경 암		• 지표하 4.6m에서 3.1m이상 층후로 분포 암회색~담회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 100%/72%로 양호한 암질 상태

원당6교(BH-156-1, 157, 제3자 공고 : BB-23)

조사위치 및 지층단면도

국토교통부 78

제4편 상세 및 보완조사

지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층	모래	0.0	2.0~5.0	실트질 모래	4/30~21/30
	점토	2.0~5.0	1.0~2.5	모래질 실트	2/30~5/30
퇴적층		4.5~6.0	0.5~1.3	실트질 모래	7/30~13/30
풍화토		2.8~6.5	2.2~4.0	실트질 모래	12/30~50/11
풍화암		6.8~9.0	1.5~7.2	실트질 모래	50/9~50/2
연 암		9.5	3.0	편마암	88%/16%
보통암		13.0	3.0	편마암	95%/66%

구 분		지 층 개 요
매립층	모래	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 2.0~5.0m 층후로 분포하며 암갈색의 자갈석인 실트질 모래, 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~보통조밀한 상대밀도
	점토	• 지표하 2.0~5.0m에서 1.0~2.5m 층후로 분포하며 암갈색의 자갈석인 모래질 실트로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우연약~보통견고한 연경도
퇴적층		• 지표하 4.5~6.0m에서 0.5~1.3m 층후로 분포 • 암갈색의 자갈석인 실트질 모래, 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 지표하 2.8~6.5m에서 2.2~4.0m 층후로 분포 • 암갈색~담갈색을 띄는 편마암의 상부풍화대로 암편석인 실트질 모래 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 6.8~9.0m에서 1.5~7.2m 이상 층후로 분포 • 암갈색~담갈색을 띄는 편마암의 하부풍화대로 암편이 혼재된 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 9.5m에서 3.0m이상 층후로 분포하며 암갈색~암회색의 편마암 • TCR/RQD는 88/16%로 매우불량한 암질 상태
보통암		• 지표하 13.0m에서 3.0m이상 층후로 분포하며 암회색의 편마암 • TCR/RQD는 95/66%로 양호한 암질 상태

79 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

2.2 시험굴조사 및 핸드오거보링

2.2.1 시험굴조사

개 요
- 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

조사위치

기존조사 자료

구 분		심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
1공구	TP-1	1.8	풍화암	18.70	19.70	17.02	17.97	0.912
3공구	TP-2	1.5	풍화암	18.42	19.54	16.04	17.02	0.871
	TP-3	2.0	풍화토	15.51	17.97	12.77	14.80	0.824
	TP-4	2.0	풍화토	14.41	16.47	12.08	13.80	0.838
4공구	TP-5	1.8	풍화암	17.00	20.66	14.57	17.70	0.857
	TP-6	1.5	풍화암	17.21	19.78	16.58	19.05	0.963
1공구	TP-7	2.0	풍화토	16.54	17.69	13.06	13.97	0.790
2공구	TP-8	1.9	풍화토	15.30	17.98	12.84	15.08	0.839
4공구	TP-9	1.8	풍화토	14.13	16.31	12.66	14.61	0.896

실시설계조사 자료

구 분		심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
	NTP-1	1.0	SM	18.09	14.90	14.36	11.83	1.260
1공구	NTP-2	1.0	SM	17.68	15.49	14.22	12.46	1.244
	NTP-3	1.0	SM	18.51	16.60	13.82	12.39	1.340
2공구	NTP-4	1.0	SM	17.62	14.93	13.38	11.34	1.317
	NTP-5	1.0	SM	17.84	16.74	14.50	13.60	1.231
3공구	NTP-6	1.0	SM	18.25	15.72	13.91	11.98	1.312
	NTP-7	1.0	SM	18.01	15.00	13.93	11.60	1.293
4공구	NTP-8	1.0	SM	18.57	15.21	14.89	12.20	1.247
	NTP-9	1.0	SM	18.27	14.99	12.66	10.39	1.443

분석결과
- 불교란시료의 습윤단위중량 : 14.13~18.70kN/m³, 건조단위중량 : 14.90~20.66kN/m³
- 교란시료의 습윤단위중량 : 12.08~17.02kN/m³, 건조단위중량 : 10.39~19.05kN/m³
- L값 : 0.79~1.443의 범위로 나타남

국토교통부 134

제4편 상세 및 보완조사

2.2.2 핸드오거보링

개 요
- 쌀가구간의 지층 구성 상태 파악, 토질시료 채취 및 실내시험 실시
- 연약지반 분포현황 파악 및 쌀가부 시추조사 시행여부 결정

조사위치

구 분		전답층 심도(m)	전답층 구성성분	충적층 심도(m)	충적층 구성성분
기존조사	1공구	HAB-1	0.0~1.1	암회색, 자갈석인 실트질 모래	1.1~2.0 암회색, 모래질 실트
	3공구	HAB-2	0.0~0.4	회색, 모래질 실트	0.4~2.0 암회색, 실트질 모래
		HAB-3	0.0~0.9	암회색, 실트질 모래	0.9~1.8 암회색, 점토질모래
	4공구	HAB-4	0.0~0.6	암회색, 자갈석인 실트질 모래	0.6~1.5 암회색, 자갈석인 실트질 모래
		HAB-5	0.0~1.0	갈색, 실트질 모래	1.0~1.5 갈색~담갈색, 실트질 모래
		HAB-6	0.0~0.4	암회색, 자갈석인 실트질 모래	0.4~1.7 암회색, 실트질 모래
		HAB-7	0.0~1.2	갈색, 습윤, 실트질 모래	1.2~1.8 암회색, 실트질 모래
실시설계	1공구	NHAB-1	0.0~0.7	암회색, 실트질 점토	0.7~1.0 암갈색, 실트질 모래
	3공구	NHAB-2	0.0~1.5	암갈색, 실트질 모래	1.5~2.0 암회색, 모래질 실트
		NHAB-3	0.0~1.0	암회색, 자갈석인 실트질 모래	1.0~2.0 암갈색, 모래질 점토
	4공구	NHAB-4	0.0~2.0	암갈색, 모래석인 실트질 점토	–
		NHAB-5	0.0~1.2	암갈색, 실트질 모래	1.2~1.6 암갈색~갈색, 실트질 모래
		NHAB-6	0.0~0.5	암회색, 실트질 점토	0.5~1.5 갈색, 실트질 모래
		NHAB-7	0.0~0.6	암회색, 실트질 점토	0.6~1.2 암회색~갈색, 점토질 모래

현 장 사 진(HAB-2)

핸드오거보링 지층분포

135 서울문산고속도로주식회사

제4편 상세 및 보완조사

사리현IC Ramp구간

탐사위치도

- 사리현IC 선형변경으로 인하여 SL-27 탐사라인이 선형과 불일치하나 유사지형이므로 지층 분석에 활용

종단 탐사결과

구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	7.3~9.8	7.3~9.8	8.9
리팅암(풍화암)		700~1,200	9.4~13.6	1.0~4.7	2.5
발파암	연 암	1,200~1,900	27.0~31.1	17.4~19.3	17.8
	보통암	1,900~2,900	31.8~37.0	4.7~8.0	5.2
	경 암	2,900 이상	31.8~37.0 이상	–	–

분석결과
- 전반적으로 토사, 풍화암, 연암의 순으로 지층이 분포하여 속도층과 지형이 유사한 형태로 분포
- 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 7.3~9.8m(평균 8.9m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 1.0~4.7m(평균 2.5m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 27.0m이상에서 나타날 것으로 예상됨

132 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

설문IC Ramp구간

탐사위치도

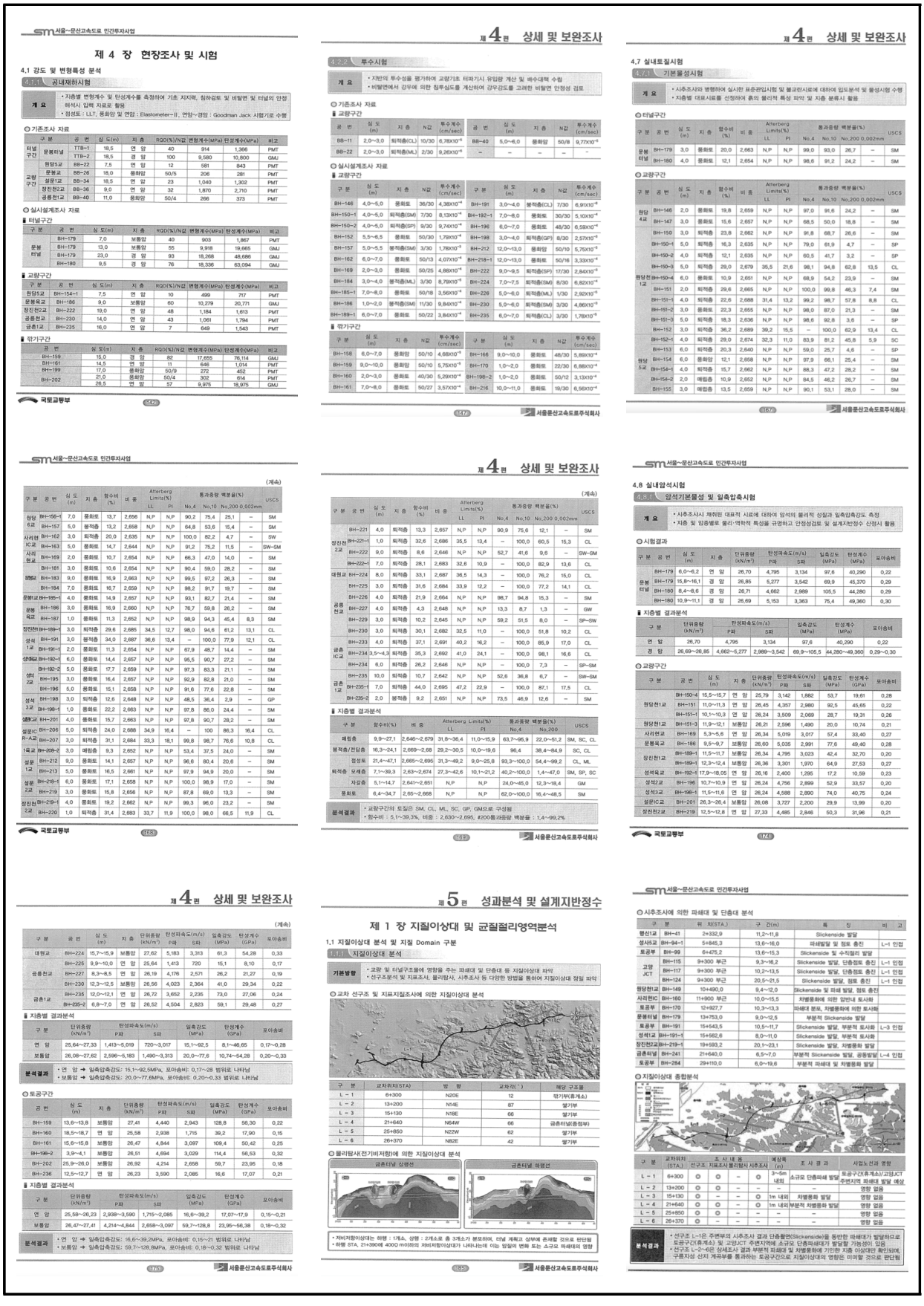
종단 탐사결과

구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
SL-34	토 사	700 이하	2.6~15.7	2.6~15.7	7.1
	리팅암(풍화암)	700~1,200	3.8~18.9	0.06~6.8	1.5
	연 암	1,200~1,900	7.5~22.4	2.2~6.1	3.6
	보통암	1,900~2,900	9.5~26.1	1.9~6.2	2.5
	경 암	2,900 이상	9.5~26.1 이상	–	–
SL-35-1	토 사	700 이하	0.0	6.2~8.0	7.4
	리팅암(풍화암)	700~1,200	6.2~8.0	0.5~1.4	0.8
	연 암	1,200~1,900	7.5~8.6	–	–

분석결과
- 전반적으로 토사, 풍화암, 연암의 순으로 지층이 분포하여, 토사층이 우세하게 발달
- 토사를 포함하는 풍화토층(제1속도층)의 층후는 2.6~15.7m(평균 7.1m), 풍화암층(제2속도층)의 층후는 0.06~6.8m(평균 1.5m), 연암이상의 기반암층(제3속도층)의 출현심도는 지표하 7.5m이상에서 나타날 것으로 예상됨

국토교통부 140

나. 지반 및 지질 조사보고서


제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공대재하시험

개 요
- 지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용
- 장성도 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 기존조사 자료

구분		공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
터널구간	문봉터널	TTB-1	18,5	연 암	40	914	1,366	PMT
		TTB-2	18,5	경 암	100	9,580	10,800	GMJ
교량구간	한당5교	BB-22	7,5	연 암	12	581	843	PMT
	분봉교	BB-26	18,0	풍화암	50/5	206	281	PMT
	설문1교	BB-34	18,5	연 암	23	1,040	1,302	PMT
	장진천2교	BB-36	9,0	연 암	32	1,870	2,710	PMT
	공룡천1교	BB-40	11,0	풍화암	50/4	266	373	PMT

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
문봉터널	BH-179	7,0	보통암	40	903	1,867	PMT
	BH-179	13,0	보통암	55	9,918	19,665	GMJ
	BH-179	23,0	경 암	93	18,268	48,686	GMJ
	BH-180	9,5	경 암	76	18,336	63,094	GMJ

▮ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
한당5교	BH-154-1	7,5	연 암	10	499	717	PMT
분봉육교	BH-186	9,0	보통암	60	10,279	20,771	GMJ
장진천2교	BH-222	19,0	연 암	48	1,184	1,613	PMT
공룡천2교	BH-230	14,0	연 암	43	1,061	1,794	PMT
금촌1교	BH-235	16,0	연 암	7	649	1,543	PMT

▮ 암가구간

공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-159	15,0	경 암	82	17,655	76,114	GMJ
BH-161	14,5	연 암	11	646	1,014	PMT
BH-199	17,0	풍화암	50/9	272	452	PMT
BH-202	21,0	풍화암	50/4	302	614	PMT
	26,5	연 암	57	9,975	18,975	GMJ

국토교통부 142

제 4 편 상세 및 보완조사

4.2.2 투수시험

개 요
- 지반의 투수성을 평가하여 교량기초 터파기시 유입량 계산 및 배수대책 수립
- 비탈면에서 강우에 의한 침투심도를 계산하여 강우강도를 고려한 비탈면 안정성 검토

○ 기존조사 자료

▮ 교량구간

공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BB-11	2,0~3,0	퇴적층(CL)	10/30	6.78X10^{-6}	BB-40	5,0~6,0	풍화암	50/8	9.77X10^{-6}
BB-22	2,0~3,0	퇴적층(ML)	2/30	9.26X10^{-6}	-	-	-	-	-

○ 실시설계조사 자료

▮ 교량구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-146	4,0~5,0	풍화토	36/30	4.38X10^{-6}	BH-191	3,0~4,0	붕적층(CL)	7/30	6.91X10^{-6}
BH-150-1	4,0~5,0	퇴적층(SM)	7/30	8.13X10^{-6}	BH-192-1	7,0~8,0	풍화토	30/30	5.10X10^{-6}
BH-150-2	4,0~5,0	퇴적층(SP)	9/30	9.74X10^{-6}	BH-196	6,0~7,0	풍화토	48/30	6.59X10^{-6}
BH-152	5,5~6,5	풍화토	50/30	1.79X10^{-6}	BH-198	3,0~4,0	퇴적층(GP)	8/30	2.57X10^{-6}
BH-157	5,0~5,5	붕적층(SM)	3/30	1.78X10^{-5}	BH-212	12,0~13,0	풍화암	50/10	5.75X10^{-6}
BH-162	6,0~7,0	풍화토	50/13	4.07X10^{-6}	BH-218-1	12,0~13,0	풍화토	50/16	3.33X10^{-6}
BH-169	2,0~3,0	풍화토	50/25	4.88X10^{-6}	BH-222	9,0~9,5	퇴적층(SP)	17/30	2.84X10^{-6}
BH-184	3,0~4,0	붕적층(ML)	3/30	8.79X10^{-6}	BH-224	7,0~7,5	퇴적층(SM)	8/30	6.82X10^{-6}
BH-185-1	7,0~8,0	풍화토	50/18	3.56X10^{-6}	BH-226	5,0~6,0	퇴적층(ML)	1/30	2.92X10^{-5}
BH-186	1,0~2,0	붕적층(SM)	11/30	9.84X10^{-6}	BH-230	5,0~6,0	퇴적층(SM)	3/30	4.86X10^{-5}
BH-189-1	6,0~7,0	풍화토	50/22	3.84X10^{-6}	BH-235	6,0~7,0	퇴적층(CL)	3/30	1.78X10^{-5}

▮ 암가구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-158	6,0~7,0	풍화암	50/10	4.68X10^{-6}	BH-166	9,0~10,0	풍화토	48/30	5.89X10^{-6}
BH-159	9,0~10,0	풍화암	50/10	5.75X10^{-6}	BH-170	1,0~2,0	풍화토	22/30	6.88X10^{-6}
BH-160	2,0~3,0	풍화토	40/30	5.29X10^{-6}	BH-198-2	1,0~2,0	풍화토	50/12	3.13X10^{-6}
BH-161	7,0~8,0	풍화토	50/27	3.57X10^{-6}	BH-216	10,0~11,0	풍화토	19/30	6.56X10^{-6}

147 서울문산고속도로주식회사

제 4 편 상세 및 보완조사

4.7 실내토질시험

4.7.1 기본물성시험

개 요
- 시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
- 지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
문봉터널	BH-179	3,0	풍화토	20,0	2,663	N.P	N.P	99,0	93,0	26,7	-	SM
	BH-180	4,0	풍화토	12,1	2,654	N.P	N.P	98,6	91,2	24,2	-	SM

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
한당4교	BH-146	2,0	풍화토	19,8	2,659	N.P	N.P	97,0	91,6	24,2	-	SM
	BH-147	3,0	퇴적층	15,6	2,657	N.P	N.P	68,5	50,0	18,8	-	SM
한당천1교	BH-150	3,0	퇴적층	23,8	2,662	N.P	N.P	91,8	68,7	26,6	-	SM
	BH-150-1	5,0	퇴적층	16,3	2,635	N.P	N.P	79,0	61,9	4,7	-	SP
	BH-150-2	4,0	퇴적층	12,1	2,635	N.P	N.P	60,5	41,7	3,2	-	SP
	BH-150-3	5,0	퇴적층	29,0	2,679	35,5	21,6	98,1	94,8	62,8	13,5	CL
	BH-150-4	6,0	풍화토	10,9	2,651	N.P	N.P	68,9	54,2	23,9	-	SM
	BH-151	2,0	퇴적층	29,6	2,665	N.P	N.P	100,0	99,8	46,3	7,4	SM
	BH-151-1	4,0	퇴적층	22,6	2,688	31,4	13,2	99,2	98,7	57,8	8,8	CL
	BH-151-2	3,0	풍화토	22,3	2,655	N.P	N.P	98,0	87,0	21,3	-	SM
	BH-151-3	5,0	퇴적층	18,3	2,636	N.P	N.P	98,6	92,8	3,6	-	SP
	BH-152	3,0	퇴적층	36,2	2,689	39,2	15,5	-	100,0	62,9	13,4	CL
	BH-152-1	4,0	퇴적층	29,0	2,674	32,3	11,0	83,9	81,2	45,8	5,9	SC
	BH-153	6,0	퇴적층	20,3	2,640	N.P	N.P	59,0	25,7	4,6	-	SP
한당5교	BH-154	6,0	풍화암	12,1	2,658	N.P	N.P	97,9	66,1	25,4	-	SM
	BH-154-1	4,0	퇴적층	15,7	2,662	N.P	N.P	88,3	47,2	28,2	-	SM
	BH-154-2	2,0	매립층	10,9	2,652	N.P	N.P	84,5	46,2	26,7	-	SM
	BH-155	3,0	매립층	13,5	2,659	N.P	N.P	90,1	53,1	28,0	-	SM

167 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
한당4교	BH-156-1	7,0	풍화토	13,7	2,656	N.P	N.P	90,2	75,4	25,1	-	SM
	BH-157	5,0	붕적층	13,2	2,658	N.P	N.P	64,8	53,6	15,4	-	SM
사리현IC-2교	BH-162	3,0	퇴적층	20,0	2,635	N.P	N.P	100,0	82,2	4,7	-	SW
	BH-163	5,0	풍화토	14,7	2,644	N.P	N.P	91,2	75,2	11,5	-	SW~SM
사리현교	BH-169	2,0	풍화토	10,7	2,654	N.P	N.P	66,3	47,0	14,0	-	SM
	BH-181	3,0	풍화토	10,6	2,654	N.P	N.P	90,4	59,0	28,2	-	SM
분봉2교	BH-183	9,0	풍화토	16,9	2,663	N.P	N.P	99,5	97,2	26,3	-	SM
	BH-184	7,0	풍화토	16,7	2,659	N.P	N.P	98,2	91,7	19,7	-	SM
문봉1교	BH-185-1	4,0	풍화토	14,9	2,657	N.P	N.P	93,1	82,7	21,4	-	SM
문봉육교	BH-186	3,0	풍화토	16,9	2,660	N.P	N.P	76,7	59,8	26,2	-	SM
	BH-187	1,0	풍화토	11,3	2,652	N.P	N.P	98,9	94,3	45,4	8,3	SM
장진천한BH-189-1		3,0	퇴적층	29,6	2,685	34,5	12,7	98,0	94,6	61,2	13,1	CL
설문1교	BH-191	3,0	붕적층	34,0	2,687	38,8	13,4	-	100,0	77,9	12,1	CL
	BH-191-1	2,0	풍화토	11,3	2,654	N.P	N.P	67,9	48,7	14,4	-	SM
설문IC교	BH-192-1	6,0	풍화토	14,4	2,657	N.P	N.P	95,5	90,7	27,2	-	SM
장진천2교	BH-192-2	5,0	풍화토	17,7	2,659	N.P	N.P	97,3	83,3	21,1	-	SM
	BH-195	3,0	풍화토	16,4	2,657	N.P	N.P	92,9	82,8	21,0	-	SM
	BH-196	5,0	풍화토	15,1	2,658	N.P	N.P	91,6	77,6	22,8	-	SM
설문3교	BH-198	3,0	퇴적층	12,6	2,648	N.P	N.P	48,5	36,4	2,9	-	GP
	BH-198-1	1,0	풍화토	22,2	2,663	N.P	N.P	97,8	86,0	24,4	-	SM
설문IC교	BH-201	4,0	풍화토	15,7	2,663	N.P	N.P	97,8	90,7	28,2	-	SM
설문IC R-A교	BH-206	5,0	퇴적층	24,0	2,688	34,9	16,4	-	100	86,3	16,4	CL
	BH-207	3,0	퇴적층	31,1	2,684	33,3	18,1	99,8	98,7	76,6	10,8	CL
1육교	BH-208-2	3,0	매립층	9,3	2,652	N.P	N.P	53,4	37,5	24,0	-	SM
설문1교	BH-212	9,0	풍화토	14,1	2,657	N.P	N.P	96,6	80,4	20,6	-	SM
	BH-213	5,0	풍화토	16,5	2,661	N.P	N.P	97,9	94,9	20,0	-	SM
설문2교	BH-218-1	6,0	풍화토	17,1	2,658	N.P	N.P	100,0	98,9	17,0	-	SM
	BH-219	3,0	풍화토	15,8	2,656	N.P	N.P	87,8	69,0	13,3	-	SM
장진천2교	BH-219-1	4,0	풍화토	19,2	2,662	N.P	N.P	99,3	96,0	23,2	-	SM
	BH-220	1,0	퇴적층	31,4	2,683	33,7	11,9	100,0	98,0	66,5	11,9	CL

국토교통부 168

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
장진천2교	BH-221	4,0	퇴적층	13,3	2,657	N.P	N.P	90,9	75,6	12,1	-	SM
	BH-221-1	1,0	퇴적층	32,6	2,686	35,5	13,4	-	100,0	60,5	15,3	CL
	BH-222	9,0	퇴적층	8,6	2,646	N.P	N.P	52,7	41,6	9,6	-	SW~SM
	BH-222-1	7,0	퇴적층	28,1	2,683	32,6	10,9	-	100,0	82,9	13,6	CL
대현교	BH-224	8,0	퇴적층	33,1	2,687	36,5	14,3	-	100,0	76,2	15,0	CL
공룡천2교	BH-225	3,0	퇴적층	31,6	2,684	33,9	12,2	-	100,0	77,2	14,1	CL
	BH-226	4,0	퇴적층	21,9	2,664	N.P	N.P	98,7	94,8	15,3	-	SM
공룡천교	BH-227	4,0	퇴적층	4,3	2,648	N.P	N.P	13,3	8,7	1,3	-	GW
	BH-229	3,0	퇴적층	10,2	2,645	N.P	N.P	59,2	51,5	8,0	-	SP~SW
	BH-230	3,0	퇴적층	30,1	2,682	32,5	11,0	-	100,0	51,8	10,2	CL
금촌IC교	BH-233	4,0	퇴적층	37,1	2,691	40,2	16,2	-	100,0	85,9	17,0	CL
	BH-234	3,5~4,3	퇴적층	35,3	2,692	41,0	24,1	-	100,0	98,1	16,6	CL
	BH-234	6,0	퇴적층	26,2	2,646	N.P	N.P	-	100,0	7,3	-	SP~SM
금촌1교	BH-235	10,0	퇴적층	10,7	2,642	N.P	N.P	52,6	36,8	6,7	-	SW~SM
	BH-235-1	7,0	퇴적층	44,0	2,695	47,2	22,9	-	100,0	87,1	17,5	CL
	BH-235-2	2,0	붕적층	9,2	2,651	N.P	N.P	73,5	46,9	12,6	-	SM

▮ 지층별 결과분석

구분	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.200	USCS
매립층	9,9~27,1	2,646~2,679	31,8~36,4	11,0~15,9	63,7~95,9	22,0~51,2	SM, SC, CL
붕적층/한당층	16,3~24,1	2,669~2,68	29,2~30,5	10,0~19,6	98,4	38,4~84,9	SC, CL
퇴적층	점성토 21,4~47,1	2,665~2,695	31,3~49,2	9,0~25,8	93,3~100,0	54,4~99,2	CL, ML
	모래층 7,1~39,3	2,63~2,674	27,3~42,6	10,1~21,2	40,2~100,0	1,4~47,0	SM, SP, SC
	자갈층 5,1~14,7	2,641~2,651	N.P	N.P	24,0~45,0	12,3~18,4	GM
풍화토	6,4~34,7	2,65~2,668	N.P	N.P	62,0~100,0	16,4~48,5	SM

분석결과
- 교량구간의 토질은 SM, CL, ML, SC, GP, GM으로 구성됨
- 함수비 : 5,1~39,3%, 비중 : 2,630~2,695, #200통과중량 백분율 : 1,4~99,2%

169 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.8 실내압석시험

4.8.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요
- 시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정
- 지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 시험결과

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
문봉터널	BH-179	6,0~6,2	연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
	BH-179	15,8~16,1	경 암	26,85	5,277	3,542	69,9	45,370	0,29
	BH-180	8,4~8,6	경 암	26,71	4,662	2,989	105,5	44,280	0,29
	BH-180	10,9~11,1	경 암	26,69	5,153	3,363	75,4	49,360	0,30

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
경 암	26,69~26,85	4,662~5,277	2,989~3,542	69,9~105,5	44,280~49,360	0,29~0,30

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
한당천1교	BH-150-4	15,5~15,7	연 암	25,79	3,142	1,882	53,7	19,61	0,28
	BH-151	11,0~11,3	연 암	26,45	4,357	2,980	92,5	45,65	0,22
	BH-151-1	10,1~10,3	연 암	26,24	3,509	2,069	28,7	19,31	0,26
한당천1교	BH-151-3	11,9~12,1	보통암	26,21	2,596	1,490	20,0	10,74	0,21
사리현교	BH-169	5,3~5,6	연 암	26,34	5,019	3,017	57,4	33,40	0,27
분봉육교	BH-186	9,5~9,7	보통암	26,60	5,035	2,991	77,6	49,40	0,28
장진천1교	BH-189-1	11,5~11,7	보통암	26,34	4,795	3,023	42,4	32,70	0,20
	BH-189-1	12,3~12,4	보통암	26,36	3,301	1,970	64,9	27,53	0,27
설문육교	BH-192-1	17,9~18,05	연 암	26,16	2,400	1,295	17,2	10,59	0,23
설문2교	BH-196	10,7~10,9	연 암	26,24	4,756	2,899	52,9	33,57	0,20
설문3교	BH-198-1	11,5~11,6	연 암	26,24	4,588	2,890	74,0	40,75	0,24
설문IC교	BH-201	26,3~26,4	보통암	26,08	3,727	2,200	29,9	13,99	0,20
장진천2교	BH-219	12,5~12,8	연 암	27,33	4,485	2,846	50,3	31,96	0,21

국토교통부 174

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
대현교	BH-224	15,7~15,9	보통암	27,62	5,183	3,313	61,3	54,28	0,33
공룡천교	BH-225	9,9~10,0	연 암	25,64	1,413	720	15,1	8,10	0,17
	BH-227	8,3~8,5	연 암	26,19	4,176	2,571	26,2	21,27	0,19
금촌1교	BH-230	12,3~12,5	보통암	26,56	4,023	2,364	41,0	29,34	0,22
	BH-235	12,0~12,1	연 암	26,72	3,652	2,235	73,0	27,06	0,24
	BH-235-2	6,8~7,0	연 암	26,52	4,504	2,823	59,1	29,48	0,27

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,64~27,33	1,413~5,019	720~3,017	15,1~92,5	8,1~46,65	0,17~0,28
보통암	26,08~27,62	2,596~5,183	1,490~3,313	20,0~77,6	10,74~54,28	0,20~0,33

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 15,1~92.5MPa, 포아송비: 0,17~.28 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 20,0~77.6MPa, 포아송비: 0.20~0.33 범위로 나타남

○ 토공구간

공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
BH-159	13,6~13,8	보통암	27,41	4,440	2,943	128,8	56,30	0,22
BH-160	18,5~18,7	연 암	25,58	2,938	1,715	39,2	17,90	0,15
BH-161	15,6~15,8	보통암	26,47	4,844	3,097	109,4	50,42	0,25
BH-196-2	3,9~4,1	보통암	26,51	4,694	3,029	114,4	56,53	0,32
BH-202	25,9~26,0	보통암	26,92	4,214	2,658	59,7	23,95	0,18
BH-236	12,5~12,7	연 암	26,23	3,590	2,085	16,6	17,07	0,21

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,58~26,23	2,938~3,590	1,715~2,085	16,6~39,2	17,07~17,9	0,15~0,21
보통암	26,47~27,41	4,214~4,844	2,658~3,097	59,7~128,8	23,95~56,38	0,18~0,32

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 16,6~39.2MPa, 포아송비: 0,15~21 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 59,7~128,8MPa, 포아송비: 0,18~0,32 범위로 나타남

175 서울문산고속도로주식회사

제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

기본방향
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

○ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석

구분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	예상 구조물
L-1	6+300	N20E	12	암가부(흐계소)
L-2	13+200	N14E	87	쌓기부
L-3	15+130	N18E	66	쌓기부
L-4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)
L-5	25+850	N22W	62	쌓기부
L-6	26+370	N82E	42	쌓기부

○ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석

- 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 하행 STA. 21+390에 400Ω m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

185 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구분	위치(STA.)	구간(m)	특징	비고
행신1교	BH-41	2+332,9	11,2~11,8	Slickenside 발달	
성사5교	BH-94-1	5+845,3	13,6~16,0	파쇄발달 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	5+475,2	13,6~15,3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양JCT	BH-115	9+300 부근	9,3~16,2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10,2~13,5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20,5~21,5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
한당천2교	BH-149	10+490,0	9,4~12,0	Slickenside 발달, 점토 충진	
사리현IC	BH-160	11+900 부근	10,0~15,5	차별풍화에 의한 암반내 토사화	
토공부	BH-170	12+927,7	10,3~13,3	파쇄대 분포, 차별풍화에 의한 토사화	
분봉터널	BH-179	13+753,0	9,0~12,5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543,5	10,5~11,7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
설석교	BH-191-1	15+562,6	8,0~11,0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천2교	BH-219-1	19+993,2	20,1~23,1	Slickenside 발달, 차별풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640,0	6,5~7,0	부분적 Slickenside 발달, 공동발달	L-4 인접
토공부	BH-284	29+110,0	6,0~19,6	부분적 파쇄대 및 차별풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석

구분	교차위치(STA.)	조사내용 선구조	지표조사	물리탐사	시추조사	예상폭(m)	조사결과	사업노선과 영향
L-1	6+300	○	○	-	○	3~5m 내외	소규모 단층파쇄 발달	토공구간(흐계소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L-2	13+200	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-3	15+130	○	○	-	○	1m 내외	차별풍화 발달	영향 없음
L-4	21+640	○	○	-	○	1m 내외	부분적 차별풍화 발달	영향 없음
L-5	25+850	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-6	26+370	○	○	-	-	-	-	영향 없음

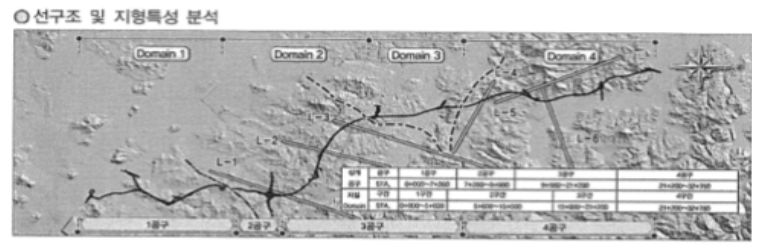
분석결과
- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층면(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(흐계소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~-6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 차별풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구릉지성 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

제5편 성과분석 및 설계지반정수

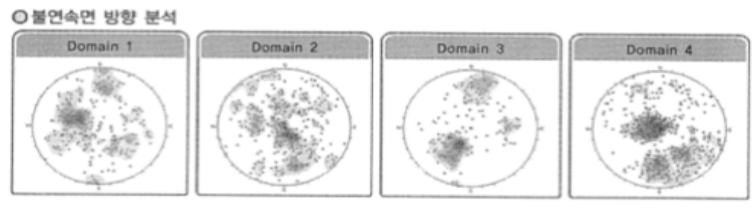
1.1.2 지질 Domain 구분

기본방향	• 사업구간의 지형과 지질특성을 비교·분석하여 동일한 지질특성을 보이는 지질 Domain 구분 • 지질 Domain별 설계지반정수 적용구간 선정 및 균질절리영역분석시 1차적 분류요소로 활용

○ 선구조 및 지형특성 분석



○ 불연속면 방향 분석



○ 지질 Domain 구분

구 분	Domain 1	Domain 2	Domain 3	Domain 4
STA.(km+m)	• 사업시점~5+600	• 5+600~15+500	• 15+500~21+200	• 21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마 타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
선구조 특성	• 한강/창릉천 수계 방향 NE~NW 선구조 발달	• 공릉천주변 NNE방향 선구조 발달 • 선구조 L-1~3 발달	• 공릉천주변 NW방향 선구조 발달	• 월롱산 주변 NE~NW 방향 선구조 발달 • 선구조 L-4~6 발달
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약
지형적 요소	• 한강 및 창릉천 주변 퇴적지대 발달	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 공릉천주변 퇴적지대 및 구릉산지 발달	• 월롱산 측면부 통과
사업공구	1공구	2공구	3공구	4공구

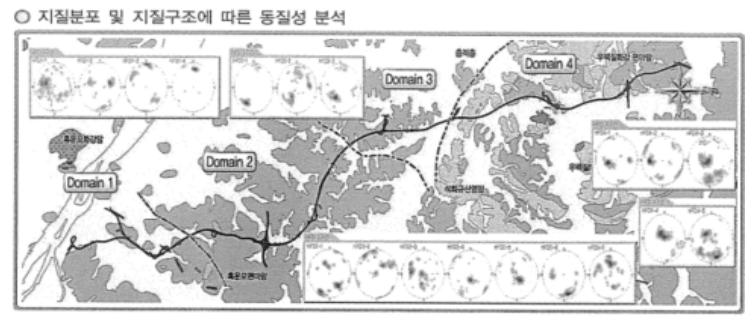
분석결과	• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분 • 지질 Domain과 사업공구 구간의 차이는 있으나 지질 Domain을 기준으로 각 구간별 설계정수

187 서울문산고속도로주식회사

제5편 성과분석 및 설계지반정수

1.2.2 동질성 검토결과

○ 지질분포 및 지질구조에 따른 동질성 분석



○ 절리방향에 따른 동질성 분석

■ Miller Patch 방법(공내영상촬영)

구 분		0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	170°	X²합 평균	우측 p값	검 증
BH-29 vs BH-34	BH-29	18.4	17.8	18.9	22.2	20.5	19.8	20.0	17.9	16.2	21.4	45.4	0.074	동 질
	BH-34	25.2	24.4	25.9	30.4	28.1	27.2	27.4	24.5	22.1	29.4			
BH-34 vs BH-37	BH-34	45.3	51.4	41.4	48.5	55.2	39.3	48.1	50.3	37.4	53.7	62.6	0.001	비동질
	BH-37	15.7	17.8	14.3	16.8	19.1	13.6	16.6	17.4	12.9	18.6			
BH-37 vs BH-109	BH-37	14.1	13.9	14.4	14.2	14.2	15.0	15.3	13.4	14.2	14.3	45.1	0.079	동 질
	BH-109	30.1	29.6	30.9	30.3	30.4	32.1	32.6	28.6	30.3	30.5			
BH-109 vs BH-159	BH-109	44.0	38.1	38.8	43.5	39.5	39.6	43.3	37.9	38.8	40.7	68.9	0.000	비동질
	BH-159	31.2	27.0	27.5	30.8	28.0	28.0	30.7	26.8	27.5	28.8			
BH-159 vs BH-180	BH-159	54.4	50.9	51.9	54.3	50.7	51.6	53.5	51.0	51.9	50.8	124.0	0.000	비동질
	BH-180	74.7	69.9	71.2	74.5	69.6	70.9	73.5	70.0	71.3	69.8			
BH-180 vs CCB-2	BH-180	38.7	41.2	39.9	38.1	41.3	40.0	38.2	41.3	40.2	40.2	91.1	0.000	비동질
	CCB-2	50.1	53.2	51.6	49.3	53.5	51.7	49.4	53.5	52.0	51.9			
CCB-2 vs TTB-4	CCB-2	20.4	19.5	18.6	19.2	18.6	18.9	20.4	19.5	19.8	21.7	45.3	0.075	동 질
	TTB-4	26.9	25.7	24.5	25.3	24.6	24.9	26.9	25.7	26.1	28.5			
TTB-4 vs BH-241	TTB-4	44.2	44.8	50.2	44.6	37.9	41.3	38.2	36.9	43.6	44.5	58.4	0.004	비동질
	BH-241	15.1	15.3	17.1	15.2	12.9	14.1	13.0	12.6	14.9	15.2			
BH-241 vs TTB-6	BH-241	12.1	11.7	10.5	10.4	10.5	9.8	10.9	11.0	10.6	10.5	62.1	0.002	비동질
	TTB-6	55.8	53.9	48.5	48.1	48.6	45.0	50.1	50.8	48.8	48.6			
TTB-6 vs TTB-13	TTB-6	96.3	113.3	111.7	97.9	118.9	128.9	109.3	116.3	117.9	125.4	127.8	0.000	비동질
	TTB-13	8.8	10.3	10.2	8.9	10.8	11.7	9.9	10.6	10.7	11.4			
TTB-13 vs BH-282	TTB-13	90.1	94.1	93.4	90.8	93.8	93.2	90.7	93.8	92.7	92.1	236.0	0.000	비동질
	BH-282	137.4	143.4	142.4	138.4	143.0	142.1	138.3	143.1	141.4	140.5			

제5편 성과분석 및 설계지반정수

2.2 교량구간 성과분석

2.2.1 교량별 지층현황

○ 지층현황

교량명	위치		해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N치	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
원당3교	A2		*BB-20	–	–	–	–	1.9	37	–	–
원당4교	A1		BH-146	7.0	50/12~5	12.5	20	–	–	–	–
	A2		BH-147	–	–	6.0	0	–	–	–	–
원당천 1교	문산	A1	BH-150-2	11.0	50/10	13.0	13~23	–	–	–	–
	서울	A1	BH-150-1	–	–	9.0	5	–	–	–	–
	문산	P1	BH-150-4	10.0	50/10~4	13.0	22	–	–	–	–
	서울	P1	BH-150-3	10.0	50/7	11.0	0	–	–	14.0	65
	문산	P2	BH-150-2	11.0	50/10~5	13.0	13~23	–	–	–	–
	서울	P2	BH-150-1	–	–	9.0	5	–	–	–	–
	문산	A2	BH-151-3	9.0	50/7~3	–	–	11.5	54	–	–
원당5교	문산	P1	BH-153	11.0	50/7~2	13.3	12	–	–	–	–
	서울	P1	BH-152-1	10.3	50/8	11.5	7	–	–	–	–
	문산	P2	BH-154-1	5.0	50/7	5.8	10~20	–	–	–	–
	서울	P2	BH-154	5.4	50/2	6.5	18	–	–	–	–
	문산	P3	*BB-22	5.0	50/6~5	6.1	12	–	–	–	–
	서울	P3	BH-154-2	5.0	50/7	5.7	60	–	–	–	–
	서울	P4	BH-155	–	–	–	–	–	–	41.6	72
원당6교	A1		BH-156-1	9.0	50/5	–	–	13.0	66	–	–
	A2		BH-157	8.0	50/7~2	9.5	16	–	–	–	–
사리현 IC교	A1		BH-162	8.0	50/7~4	12.0	31	–	–	13.7	83
	A2		BH-163	9.0	50/10~8	11.0	37	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

서울~문산고속도로 민간투자사업

(계속)

교량명	위치		해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
사리현교	A1		*BB-25	2.0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
	A2		BH-169	–	–	5.0	9	–	–	6.8	96
문봉교	문산	A1	BH-181	15.0	50/4~2	17.0	10	–	–	–	–
	문산	A2	BH-184	8.0	50/10~3	–	–	–	–	–	–
	서울	A2	BH-183	17.0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
문봉 1교	A1		*BB-27	3.0	50/9~4	6.5	24	–	–	–	–
	A2		BH-185-1	11.0	50/3	12.0	17	–	–	–	–
문봉 육교	A1		BH-186	6.0	50/3	7.8	0	8.1	60	–	–
	A2		BH-187	3.0	50/8	3.5	0~10	–	–	–	–
장진천 1교	A1		BH-189-1	8.0	50/4	8.9	7	10.3	43	–	–
	P1		*BB-28	7.0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
성석1교	A1		BH-191	8.0	50/7	10.5	20	–	–	–	–
	A2		BH-191-1	6.0	50/9	8.0	7	–	–	–	–
성석 육교	A1		BH-192-1	13.0	50/9~6	15.5	39	–	–	–	–
	A2		*BB-30	8.0	50/10~6			–	–	–	–
성석2교	A1		BH-195	6.0	50/10~7	9.7	8	–	–	–	–
	A2		BH-196	9.0	50/6	9.5	26	–	–	–	–
성석3교	A1		BH-198	8.0	50/4	9.0	0	–	–	9.4	83
	A2		BH-198-1	3.0	50/5	10.0	28	–	–	–	–
설문 IC교	A1		BH-201	20.0	50/10~5	24.6	0	26.2	46	–	–
	A2		*BB-32	–	–	4.0	31	–	–	–	–
설문 1육교	A1		BH-208-1	9.8	50/2	–	–	11.3	58	–	–
	A2		*BB-33	–	–	7.5	12	–	–	8.5	84
설문 R-A교	A1		BH-207	12.6	50/7~1	–	–	–	–	–	–
	A2		BH-206	10.8	50/5~1	–	–	–	–	–	–
설문1교	A1		BH-212	10.0	50/10~3	–	–	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

국토교통부 218

제5편 성과분석 및 설계지반정수

(계속)

교량명	위치		해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
설문1교	A2		BH-213	12.0	50/9~4	16.0	36	–	–	–	–
설문2교	A1		BH-218-1	14.0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
장진천 2교	문산	A1	BH-219	11.0	50/8~6	12.2	40~60	–	–	–	–
	서울	A1	BH-219-1	14.0	50/10~8	20.1	35	–	–	–	–
	서울	P1	BH-220	6.0	50/10~5	11.8	46~76	–	–	–	–
장진천 2교	서울	P2	BH-222-1	6.0	50/10~7	12.0	38	–	–	–	–
	문산	A2	BH-222	15.0	50/10	–	–	18.4	48	–	–
	서울	A2	BH-222-1	13.0	50/10~8	14.8	0~29	–	–	–	–
대원교	A1		*BB-40	4.3	50/9~4	–	–	–	–	–	–
	P1		BH-225	–	–	9.8	11	–	–	–	–
공릉 천교	P2		BH-226	10.0	50/10~5	12.0	25	–	–	–	–
	P3		BH-227	7.0	50/6	7.3	39	–	–	–	–
	P5		*BB-41	4.6	50/5	5.8	0	–	–	–	–
	P6		BH-229	4.0	50/10~4	5.1	17	–	–	–	–
	P7		BH-230	10.0	50/5	10.3	10	12.3	43	15.0	78~95
	A2		*BB-42	7.7	50/6~5	9.9	0	10.9	37	–	–
	P7		BH-230	10.0	50/5	10.3	10	12.3	43	15.0	78~95
	A2		BB-42	7.7	50/6~5	9.9	0	10.9	37	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

○ 지층 분포 현황

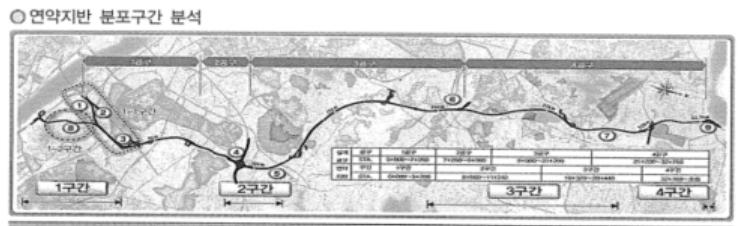
구분	풍화암	연 암	보통암	경 암
출현심도(m)	2.0~20.0	3.5~24.6	1.9~26.2	6.8~41.6

분석결과	• 지지층인 풍화암:GL.(-)2.0~20.0m, 연암:GL.(-)3.5~24.6m, 보통암:GL.(-)1.9~26.2m, 경암:GL.(-)6.8~41.6m로 분포 • 구조물, 위치별 및 지층별로 출현심도의 편차가 큼

제5편 성과분석 및 설계지반정수

2.4.2 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 분포구간 분석



위 치(STA.)	구성토질	출현심도 (G.L(-)m)	층후(m)	N 값	대상 지층	연약층 하부지층	비 고
① 사업시점~0+300	CL	1.8~14.5	0.9~1.5	1/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP)	
	ML	1.0~12.0	0.5~6.5	2/30~4/30			
② 1+000~1+318	ML	1.9~9.0	1.0~1.1	4/30	퇴적층	퇴적층(SM), 풍화토	
③ 3+000~3+200	CL	0.0	8.0	1/30~2/30	퇴적층	퇴적층(SM, SC)	
	ML	4.0	2.5	3/30~4/30			
④ 8+660~9+540	CL	0.0~4.0	0.7~2.2	1/30~4/30	매립, 붕적, 퇴적층	퇴적층(SM, SC, SP, GP) 풍화토	부분적 분 포
	ML	3.5	3.5	2/30~3/30			
⑤ 10+640~11+240	CL	0.0~0.8	1.2~2.2	3/30~4/30	매립, 붕적, 퇴적층	퇴적층(SM, GP) 붕적층(SM)	부분적 분 포
	ML	1.4~5.0	1.0~2.0	2/30~3/30			
⑥ 19+320~21+160	CL	0.0~8.0	1.0~6.4	2/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, SW) 풍화토	
	ML	1.0~4.7	0.7~2.9	1/30~4/30			
⑦ 27+900~28+440	CL	1.5~9.0	1.0~3.5	3/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SP, SW)	
⑧ (지선) 0+060~1+760	CL	0.8~5.4	1.0~11.9	3/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP) 풍화토	
	ML	2.6~9.0	1.0~4.0	2/30~6/30			
⑨ 32+760~종점, 내포IC Ramp-B	CL	3.0~4.5	2.0~6.1	2/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, SP), 풍화토	
	ML	4.0~7.5	2.0~10.0	2/30~6/30			

○ 점토(CL) 연약지반구간 선정

구 분		지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간	1-1구간 (①~③지역)	• 창릉천 하류 농경지구간 통과	• 출현심도 : 1.8~14.5m • 층후 : 0.9~8.0m(평균 2.4m)	사업시점~3+200
	1-2구간 (⑧지역)	• 한강 주변 및 창릉천 하류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0.8~5.4m • 층후 : 1.0~11.9m(평균 4.4m)	지선0+0~1+381
2구간 (④~⑤지역)		• 공릉천 지류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0.0~4.0m • 층후 : 0.7~2.2m(평균 1.6m)	8+660~9+540
3구간 (⑥~⑦지역)		• 공릉천 및 문산천 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 0.0~8.0m • 층후 : 1.0~6.4m(평균 3.3m)	19+320~28+600
4구간(⑨지역)		• 임진강 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 3.0~4.5m • 층후 : 2.0~6.1m(평균 4.0m)	32+760~내포IC Ramp

• 사업 3공구(본선 STA.9+980~21+200)는 연약지반 3구간(본선 STA.19+600~28+600)에 해당

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 3 장 설계지반정수 산정

3.1 개요

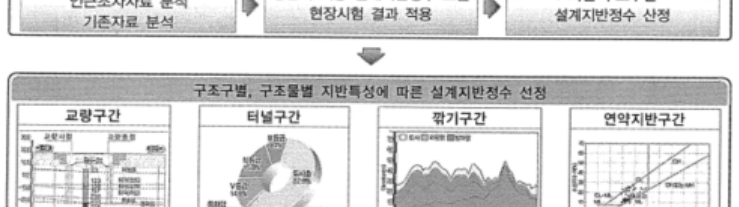
개 요	• 지표지질조사 성과분석에 의한 사업구간내 구조구 특성을 고려한 구간별 설계지반정수 산정 • 문헌자료, 인근지역 분석 자료 및 기존자료(제3자공고안, 보완설계)에 대한 분석을 수행하고, 각종 경험식 및 현장시험 값을 고려한 설계지반정수 유도

3.1.1 기본방향

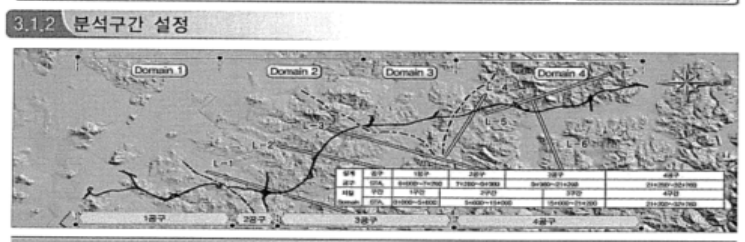
기존자료 및 현장시험에 따른 결과분석에 의한 구조구별 설계지반정수 선정

문헌자료 분석 / 인근조사자료 분석 / 기존자료 분석 → 경험식 적용 설계지반정수 도출 / 현장시험 결과 적용 → 지질 구조구별 설계지반정수 산정

구조구별, 구조물별 지반특성에 따른 설계지반정수 선정



3.1.2 분석구간 설정



구 분	1구간(Domain 1)	2구간(Domain 2)	3구간(Domain 3)	4구간(Domain 4)
STA.(km+m)	사업시점~5+600	5+600~15+500	15+500~21+200	21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마 타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약

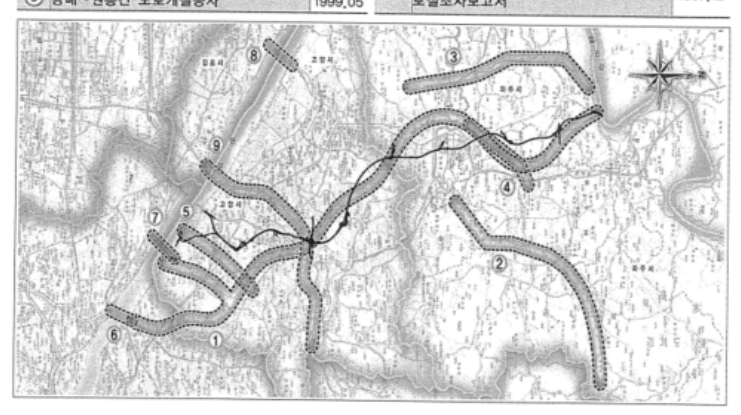
• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분
• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain-Ⅱ~Ⅲ)에 해당

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.3.2 인근지역 적용사례 분석

○ 기존자료 현황

구분	사 업 명	사업년도	구분	사업명	사업년도
①	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업(보완분)	2005.01	⑥	월드컵대교 건설공사	2006.10
②	조리~법원 도로개설공사	2005.12	⑦	인천국제공항 철도 2단계	2002.10
③	문발~낙하간 도로 확포장공사	2004.09	⑧	일산대교 건설 민간투자사업	1999.12
④	금촌~월롱간 도로 확포장공사	2004.02	⑨	서울외곽순환도로 건설공사(1,2공구) 토질조사보고서	1997.12
⑤	강매~원흥간 도로개설공사	1999.05			



○ 기존자료 분석결과

지 층	토 질 구 성	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)
매립층	사질토	18~20	0~5	28~33	10~80	0.33~0.35
	자갈층	19~20	0~17	25~39	15~35	0.3
붕적층	사질토	17~19	0~30	25~32	10~32	0.35
	점성토	18	0~20	–	–	–
	자갈층	20	0~50	39	35	0.30
충적층	사질토	17~20	0~10	25~33	15~80	0.35
	점성토	17~18	10~30	–	5~10	0.50
	자갈층	18~20	0~20	35~39	35	0.30
풍화토		18~19	15~200	25~30	35~50	0.30~0.33

서울~문산고속도로 민간투자사업

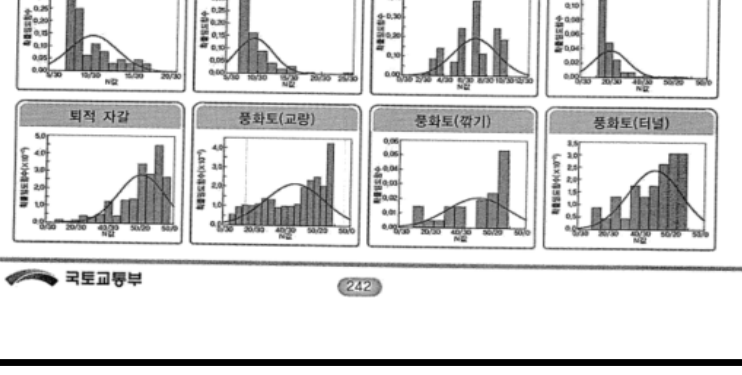
3.3.3 지층별 대표 N값 산정

기본방향	• 사업구간내 토사층이 광역적으로 분포함에 따라 지형적 · 지질적 요인에 따른 토질 특성을 고려 • 선행된 지표지질조사 결과에 의한 지질 구조구 및 구조물 특성, 토질입자의 특성 등을 고려하여 분류 • 각종 물성값의 기초 자료가 되는 구간별, 구조물별, 지층별, 토성별 N값을 선정

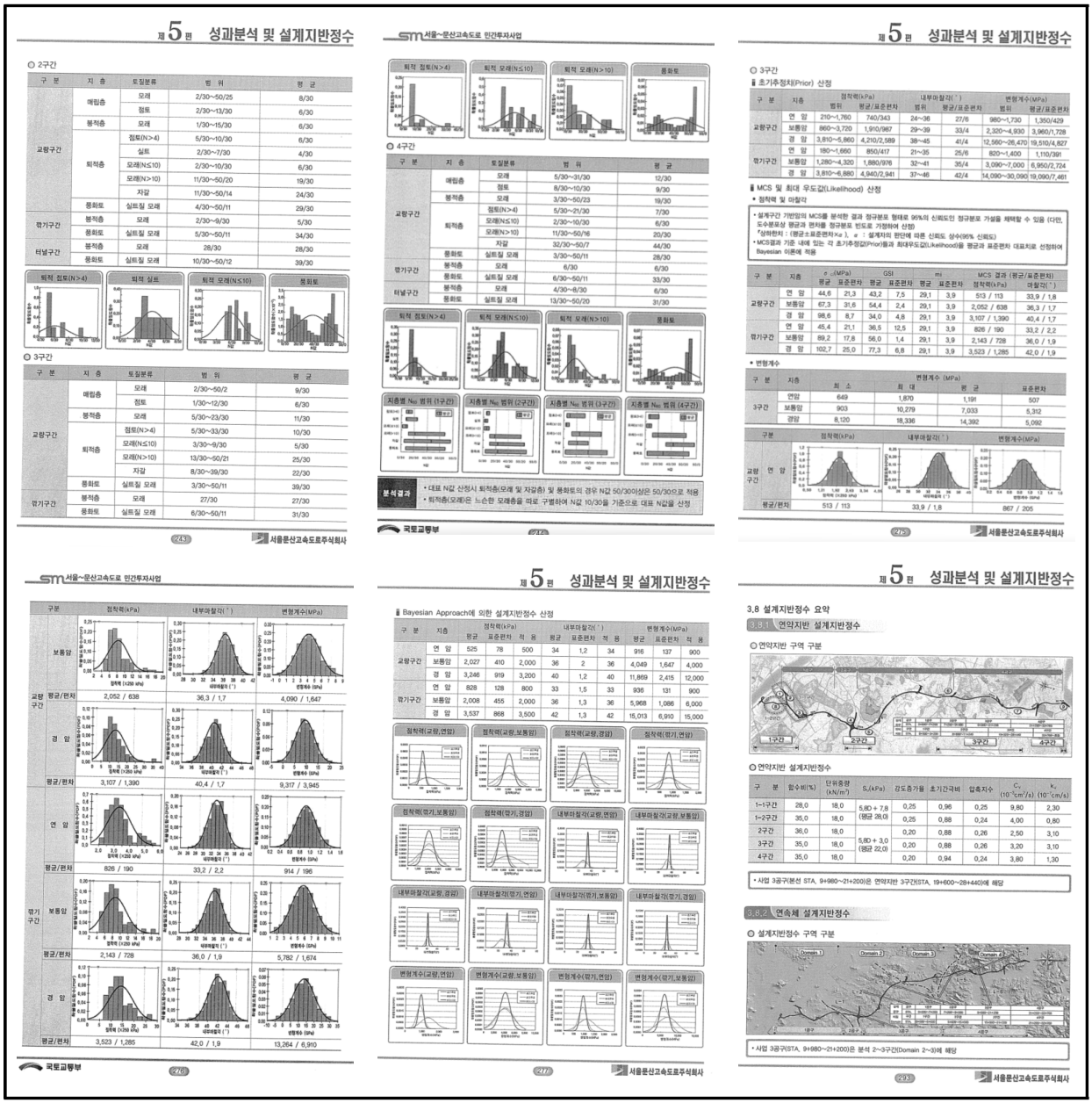
구간별	구조물별	지층별	토성별
• 제1구간, 제2구간, 제3구간, 제4구간으로 구분	• 구조물의 특성에 따라 교량구간, 터널구간, 깎기구간으로 구분	• 분포하는 지층에 따라 매립층, 붕적층, 퇴적층, 풍화토층 등으로 분류	• 사업구간내 분포하는 토성에 따라 점토, 실트, 모래, 자갈 등으로 분류

○ 1구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	1/30~50/1	10/30
		점토	10/30~11/30	11/30
	붕적층	모래	4/30~18/30	9/30
	퇴적층	점토(N>6)	7/30~17/30	11/30
		실트	7/30~25/30	8/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	7/30
		모래(N>10)	11/30~50/12	22/30
		자갈	5/30~50/3	47/30
	풍화토	실트질 모래	7/30~50/11	41/30
깎기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	38/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	43/30



국토교통부 242



제5편 성과분석 및 설계지반정수

○ 2구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/25	8/30
		점토	2/30~13/30	6/30
	붕적층	모래	1/30~15/30	6/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~10/30	6/30
		실트	2/30~7/30	4/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/20	19/30
		자갈	11/30~50/14	24/30
	풍화토	실트질 모래	4/30~50/11	29/30
암기구간	붕적층	모래	2/30~9/30	5/30
	풍화토	실트질 모래	5/30~50/11	34/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	10/30~50/12	39/30

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 실트 | 퇴적 모래(N≤10) | 풍화토

○ 3구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/2	9/30
		점토	1/30~12/30	6/30
	붕적층	모래	5/30~23/30	11/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~33/30	10/30
		모래(N≤10)	3/30~9/30	5/30
		모래(N>10)	13/30~50/21	25/30
		자갈	8/30~39/30	22/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	39/30
암기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	31/30

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 모래(N≤10) | 퇴적 모래(N>10) | 풍화토

○ 4구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	5/30~31/30	12/30
		점토	8/30~10/30	9/30
	붕적층	모래	3/30~50/23	19/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~21/30	7/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/16	20/30
		자갈	32/30~50/27	44/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	28/30
암기구간	붕적층	모래	6/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	33/30
터널구간	붕적층	모래	4/30~8/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	13/30~50/20	31/30

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 모래(N≤10) | 퇴적 모래(N>10) | 풍화토

지층별 N_{60} 범위 (1구간) | 지층별 N_{60} 범위 (2구간) | 지층별 N_{60} 범위 (3구간) | 지층별 N_{60} 범위 (4구간)

분석결과
- 대표 N값 산정시 퇴적층(모래 및 자갈층) 및 풍화토의 경우 N값 50/30이상은 50/30으로 적용
- 퇴적층(모래)은 느슨한 모래층을 따로 구별하여 N값 10/30을 기준으로 대표 N값을 산정

제5편 성과분석 및 설계지반정수

○ 3구간

초기추정치(Prior) 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 범위	점착력(kPa) 평균/표준편차	내부마찰각(°) 범위	내부마찰각(°) 평균/표준편차	변형계수(MPa) 범위	변형계수(MPa) 평균/표준편차
교량구간	연 암	210~1,760	740/343	24~36	27/6	980~1,730	1,350/429
	보통암	860~3,720	1,910/987	29~39	33/4	2,320~4,930	3,960/1,728
	경 암	3,810~5,860	4,210/2,589	38~45	41/4	12,560~26,470	19,510/4,827
암기구간	연 암	180~1,660	850/417	21~35	25/6	820~1,400	1,110/391
	보통암	1,280~4,320	1,880/976	32~41	35/4	3,090~7,000	6,950/2,724
	경 암	3,810~6,880	4,940/2,941	37~46	42/4	14,090~30,090	19,090/7,461

MCS 및 최대 우도값(Likelihood) 산정

• 점착력 및 마찰각

• 설계구간 기반암의 MCS를 분석한 결과 정규분포 형태로 95%의 신뢰도인 정규분포 가설을 채택할 수 있음 (다만, 도수분포상 평균과 편차를 정규분포 빈도로 가정하여 산정)
*정하한치 : (평균±표준편차×α), α : 설계자의 판단에 따른 신뢰도 상수(95% 신뢰도)
• MCS결과 기준 내에 있는 각 초기추정값(Prior)들과 최대우도값(Likelihood)을 평균과 표준편차 대표치로 선정하여 Bayesian 이론에 적용

구 분	지층	σ_ci(MPa) 평균	σ_ci(MPa) 표준편차	GSI 평균	GSI 표준편차	mi 평균	mi 표준편차	MCS 결과 (평균/표준편차) 점착력(kPa)	MCS 결과 (평균/표준편차) 마찰각(°)
교량구간	연 암	44.6	21.3	43.2	7.5	29.1	3.9	513 / 113	33.9 / 1.8
	보통암	67.3	31.6	54.4	2.4	29.1	3.9	2,052 / 638	36.3 / 1.7
	경 암	98.6	8.7	34.0	4.8	29.1	3.9	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7
암기구간	연 암	45.4	21.1	36.5	12.5	29.1	3.9	826 / 190	33.2 / 2.2
	보통암	89.2	17.8	56.0	1.4	29.1	3.9	2,143 / 728	36.0 / 1.9
	경 암	102.7	25.0	77.3	6.8	29.1	3.9	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9

• 변형계수

구 분	지층	변형계수 (MPa) 최 소	변형계수 (MPa) 최 대	변형계수 (MPa) 평 균	변형계수 (MPa) 표준편차
3구간	연암	649	1,870	1,191	507
	보통암	903	10,279	7,033	5,312
	경암	8,120	18,336	14,392	5,092

구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간	연 암			
평균/편차		513 / 113	33.9 / 1.8	867 / 205

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간	보통암			
	평균/편차	2,052 / 638	36.3 / 1.7	4,090 / 1,647
	경 암			
	평균/편차	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7	9,317 / 3,945
암기구간	연 암			
	평균/편차	826 / 190	33.2 / 2.2	914 / 196
	보통암			
	평균/편차	2,143 / 728	36.0 / 1.9	5,782 / 1,674
	경 암			
	평균/편차	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9	13,264 / 6,910

국토교통부

제5편 성과분석 및 설계지반정수

Bayesian Approach에 의한 설계지반정수 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 평균	점착력(kPa) 표준편차	점착력(kPa) 적 용	내부마찰각(°) 평균	내부마찰각(°) 표준편차	내부마찰각(°) 적 용	변형계수(MPa) 평균	변형계수(MPa) 표준편차	변형계수(MPa) 적 용
교량구간	연 암	525	78	500	34	1.2	34	916	137	900
	보통암	2,027	410	2,000	36	2	36	4,049	1,647	4,000
	경 암	3,246	919	3,200	40	1.2	40	11,869	2,415	12,000
암기구간	연 암	828	128	800	33	1.5	33	936	131	900
	보통암	2,008	455	2,000	36	1.3	36	5,968	1,086	6,000
	경 암	3,537	868	3,500	42	1.3	42	15,013	6,910	15,000

점착력(교량,연암) | 점착력(교량,보통암) | 점착력(교량,경암) | 점착력(암기,연암)

점착력(암기,보통암) | 점착력(암기,경암) | 내부마찰각(교량,연암) | 내부마찰각(교량,보통암)

내부마찰각(교량,경암) | 내부마찰각(암기,연암) | 내부마찰각(암기,보통암) | 내부마찰각(암기,경암)

변형계수(교량,연암) | 변형계수(교량,보통암) | 변형계수(암기,연암) | 변형계수(암기,보통암)

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.8 설계지반정수 요약

3.8.1 연약지반 설계지반정수

○ 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 설계지반정수

구 분	함수비(%)	단위중량 (kN/m³)	S_u(kPa)	강도증가율	초기간극비	압축지수	C_v (10^{-3}cm²/s)	k_v (10^{-7}cm/s)
1-1구간	28,0	18,0	5.8D + 7.8 (평균 28.0)	0,25	0,96	0,25	9,80	2,30
1-2구간	35,0	18,0		0,25	0,88	0,24	4,00	0,80
2구간	36,0	18,0	5.8D + 3.0 (평균 22.0)	0,20	0,88	0,26	2,50	3,10
3구간	35,0	18,0		0,20	0,88	0,26	3,20	3,10
4구간	35,0	18,0		0,20	0,94	0,24	3,80	1,30

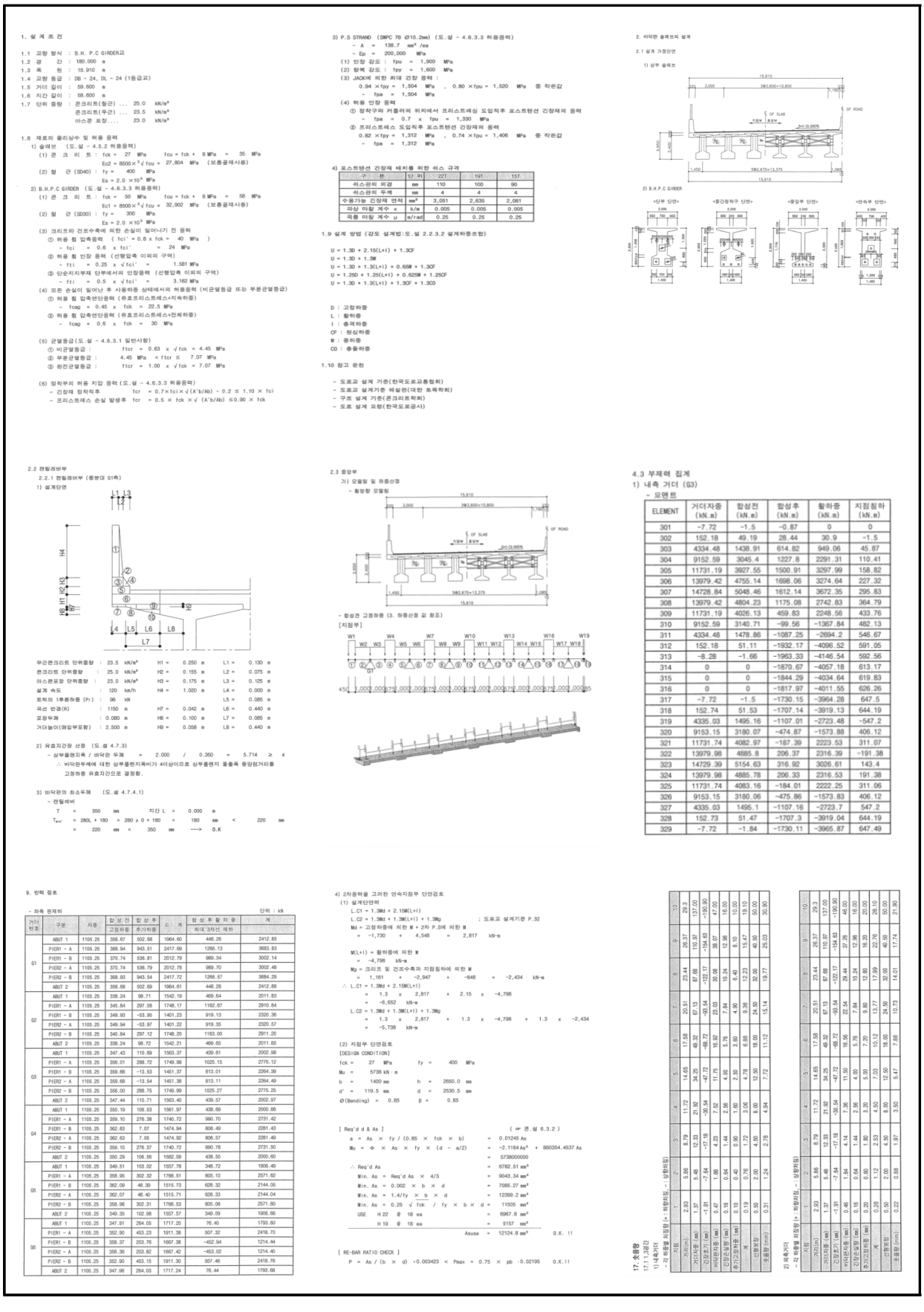
• 사업 3공구(본선 STA. 9+980~21+200)은 연약지반 3구간(STA. 19+600~28+440)에 해당

3.8.2 연속체 설계지반정수

○ 설계지반정수 구역 구분

• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain 2~3)에 해당

다. 구조계산서 및 내진설계





구 조 물 개 요

현 장 명	서울-문산간 고속도로	발 주 처	서울문산고속도로주식회사
교 량 명	원담1교(서울방향)	교량제원	연 장 (60.150 + 61.000 + 61.000 + 65.000 + 60.000 + 45.000 = 352.150 m
교량등급	1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)		폭 원 15.910 m
교량형식	Steel 박스거더교		사 각 85.527°

바 닥 판 설 계

구분	검토위치	검토방법	최소바닥판두께	사용바닥판두께	판 정	안전률	비고
최소두께검토	좌측 캔틸레버부	강도설계법	244.4 mm	290.0 mm	O.K !!	118.7%	
	우측 캔틸레버부	강도설계법	272.4 mm	290.0 mm	O.K !!	106.5%	
	중앙부 거더	경험적설계법	220.0 mm	290.0 mm	O.K !!	131.8%	
	중앙부 가로보	경험적설계법	221.5 mm	240.0 mm	O.K !!	108.4%	

바 닥 판 설 계

구분	검토위치	검토항목	계수휨,발생철근	공칭M,사용철근	판 정	안전률	비고
단면설계	좌측 캔틸레버부 (강도)	모멘트 검토	114.5 kN·m	143.6 kN·m	O.K !!	125.5%	
		휨철근 검토	1,555.3 m²	1,986.0 m²	O.K !!	H198200+H198200	
		배력철근 검토	1,042.0 m²	1,146.0 m²	O.K !!	H198250	
		단부보강주철근	3,110.6 m²	3,972.0 m²	O.K !!	H198200+H198200	
		단부보강배력철근	2,084.1 m²	2,292.0 m²	O.K !!	H198125	
	우측 캔틸레버부 (강도)	모멘트 검토	107.8 kN·m	143.6 kN·m	O.K !!	133.2%	
		휨철근 검토	1,499.0 m²	1,986.0 m²	O.K !!	H198200+H198200	
		배력철근 검토	977.5 m²	1,146.0 m²	O.K !!	H198250	
		단부보강주철근	2,918.0 m²	3,972.0 m²	O.K !!	H198200+H198200	
		단부보강배력철근	1,956.1 m²	2,292.0 m²	O.K !!	H198125	
	중앙부 거더 및 가로보 (경험)	주철근하면철근	960.0 m²	993.0 m²	O.K !!	H198400+H198400	
		주철근상면철근	720.0 m²	993.0 m²	O.K !!	H198400+H198400	
		배력철근하면철근	720.0 m²	794.4 m²	O.K !!	H198250	
		배력철근상면철근	720.0 m²	794.4 m²	O.K !!	H198250	
		단부보강주철근	960.0 m²	993.0 m²	O.K !!	H198400+H198400	
		단부보강배력철근	720.0 m²	794.4 m²	O.K !!	H198250	
	내부지점부	휨철근 검토	3,600.0 m²	4,584.0 m²	O.K !!	H198125+H198125	
		주철근 검토	0.0335 m²/m²	0.0040 m²/m²	O.K !!		

구분	검토위치	검토항목	저융균열폭	허용균열폭	판 정	안전률	비고
사용성검토	좌측 캔틸레버부	균열폭검토	100.0 mm	469.8 mm	O.K !!	469.8%	
	우측 캔틸레버부	균열폭검토	100.0 mm	456.8 mm	O.K !!	456.8%	

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 원담5교(서울방향)
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 60.150 + 61.000 + 61.000 + 65.000 + 60.000 + 45.000 = 352.150 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 15.910 m
(6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 2.300 ~ 2.800 m
(7) 사 각(Skew) : 85.527 °
(8) 곡률반경(R) : 좌측 = ∞ m 중앙 = ∞ m 우측 = ∞ m
(9) 설 계 속 도 : 100.000 km/h
(10) 사용재료 및 물리적 특성치

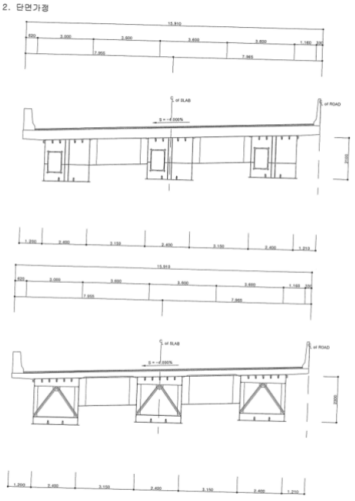
① 강 재

• 사 용 재 료

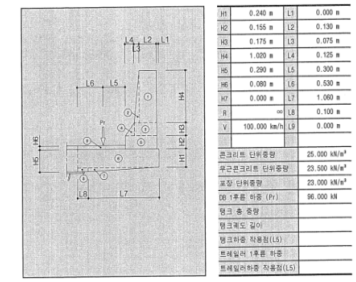
주 부 재	HSB500(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 슬플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부와 다이아프램, 수직보강재, 종리브, 세로보, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_{st})	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허 용 응 력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류 \ 강종 \ 판두께(mm)		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			



2. 단면가정



3. 바닥판 설계

3.2 우측 캔틸레버부

H1	0.240 m	L1	0.000 m
H2	0.155 m	L2	0.130 m
H3	0.175 m	L3	0.075 m
H4	1.020 m	L4	0.125 m
H5	0.290 m	L5	0.300 m
H6	0.080 m	L6	0.530 m
K1	0.000 m	L7	1.060 m
R	∞	L8	0.100 m
V	100.000 km/h	L9	0.000 m

콘크리트 단위중량	25.000 kN/m³
무근콘크리트 단위중량	23.500 kN/m³
포장 단위중량	23.000 kN/m³
DB 1후륜 하중 (Pr)	96.000 kN
윙크리트 유효폭	
윙크리트 길이	
윙크리트 작용점(L5)	
트레일러 1후륜 하중	
트레일러하중 작용점(L5)	

(1) 고 정 하 중

NO	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	0.130 × 1.020 × 25.000	3.315	1.095	3.630
2	½ × 0.075 × 1.020 × 25.000	0.956	1.005	0.961
3	0.205 × 0.175 × 25.000	0.897	1.058	0.948
4	½ × 0.125 × 0.175 × 25.000	0.273	0.913	0.250
5	0.330 × 0.155 × 25.000	1.279	0.995	1.272
6	1.160 × 0.240 × 25.000	6.960	0.580	4.037
7	½ × 1.060 × 0.050 × 25.000	0.663	0.453	0.300
8	0.100 × 0.050 × 25.000	0.125	0.050	0.006
9	0.830 × 0.080 × 23.000	1.527	0.415	0.634
	TOTAL	15.995		12.039

• 슬래브와 주거더에 작용하중 및 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete 작용응력(MPa) 상 연	Concrete 작용응력(MPa) 하 연	Concrete 허용응력(MPa) 상 연	Concrete 허용응력(MPa) 하 연	Steel 작용응력(MPa) 상 연	Steel 작용응력(MPa) 하 연	Steel 허용응력(MPa) 상 연	Steel 허용응력(MPa) 하 연
1	-	-	-	-	26.251	-26.767	136.400	230.000
1+2+3	0.734	0.177	10.800	10.800	27.137	-44.612	230.000	230.000
1+2+3+5	0.609	0.231	10.800	10.800	28.792	-44.972	264.500	230.000
1+2+3+5+6	0.084	-0.714	10.800	1.800	63.495	-52.845	264.500	230.000
1+2+3+5+6+7	0.076	-1.393	12.420	2.174	82.412	-56.595	299.000	264.500
1+2+3+5+6-7	0.092	-0.034	12.420	2.174	44.578	-49.094	299.000	264.500
1+2+4	0.339	0.082	12.960	12.960	26.661	-34.989	276.000	276.000
1+2+3+0.5×4	0.766	0.185	13.500	13.500	27.176	-45.386	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5	0.640	0.239	13.500	13.500	28.831	-46.746	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5+6	0.116	-0.706	13.500	2.363	63.533	-53.619	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.107	-1.386	14.580	2.552	82.451	-57.369	310.500	310.500
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.124	-0.026	14.580	2.552	44.616	-49.869	310.500	310.500

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_b)^2$ 상 연	$(f/f_b)^2$ 하 연	$(v/v_a)^2$ 상 연	$(v/v_a)^2$ 하 연	합성응력 상 연	합성응력 하 연	판 별 상 연	판 별 하 연
1	0.037	0.013	0.127	0.127	0.164	0.141	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.014	0.038	0.127	0.127	0.141	0.165	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5	0.012	0.038	0.127	0.127	0.139	0.166	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6	0.058	0.053	0.127	0.127	0.185	0.180	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6+7	0.076	0.046	0.127	0.127	0.203	0.173	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6-7	0.022	0.034	0.127	0.127	0.150	0.162	O.K !!	O.K !!
1+2+4	0.009	0.016	0.036	0.036	0.046	0.052	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4	0.009	0.025	0.088	0.088	0.097	0.113	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.010	0.025	0.088	0.088	0.098	0.113	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.049	0.035	0.088	0.088	0.137	0.122	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.071	0.034	0.088	0.088	0.158	0.122	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.021	0.035	0.088	0.088	0.108	0.113	O.K !!	O.K !!

$(f/f_b)^2 + (v/v_a)^2 \le 1.2$ ····· O.K !!

[상 연]

$(\frac{82.412}{299.000})^2 + (\frac{48.179}{135.000})^2 = 0.076 + 0.127 = 0.203 \le 1.2$ ····· O.K !!

[하 연]

$(\frac{-52.845}{230.000})^2 + (\frac{48.179}{135.000})^2 = 0.053 + 0.127 = 0.180 \le 1.2$ ····· O.K !!

(11) 강재 최소두께 검토

• 압축(상부) 플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

t_{min} = 자유돌출폭/16 = 99.0 / 16.0 = 6.2 ≤ t_{use} = 10.0 mm ····· O.K !!

$t_{min} = b/(f_{cd}/\gamma_m) = 2,400.0/(44 \times 1.0 \times 6)$ = 9.1 ≤ t_{use} = 10.0 mm ····· O.K !!

(합성형 스터드 설치시) t_{min} = 10.0 ≥ t_{use} = 10.0 mm ····· O.K !!

• 인장(하부) 플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

t_{min} = 자유돌출폭/16 = 100.0 / 16.0 = 6.3 ≤ t_{use} = 12.0 mm ····· O.K !!

• 복 부 판 [수평보강재 사용안함 - 1 단] (☞ 도.설.기 3.8.4.1)

t_{min} = b/(199×1.200) = 2,100.0/(199 × 1.200) = 8.8 ≤ t_{use} = 12.0 mm ····· O.K !!

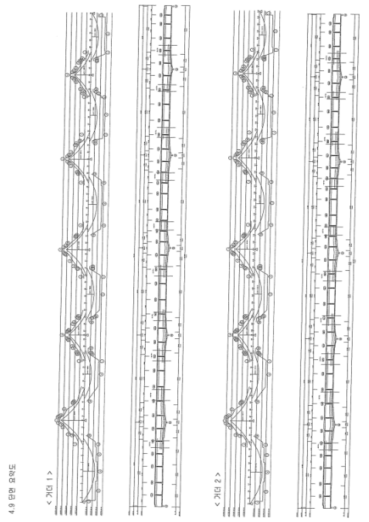
여기서, $\sqrt{(f_{ad}/f_b)}$ = $\sqrt{(}$ 230.0 / 26.251) = 2.96 ≥ 1.20 ⇒ 1.200 적용

(12) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

• 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.

• 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck}의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete 작용응력(MPa) 상 연	Concrete 작용응력(MPa) 하 연	Concrete 허용응력(MPa)	Concrete 판 별	Steel 작용응력(MPa) 상 연	Steel 작용응력(MPa) 하 연	Steel 허용응력(MPa)	Steel 판 별
1	-	-	-	-	34.127	-34.719	380.000	O.K !!
1+2+3	1.343	0.324	16.200	O.K !!	35.748	-67.491	380.000	O.K !!
1+2+3+7	1.351	1.004	16.200	O.K !!	54.666	-71.241	380.000	O.K !!
1+2+3+5	1.218	0.379	16.200	O.K !!	37.403	-67.851	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6	0.693	-0.566	16.200	O.K !!	72.106	-75.724	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6+7	0.685	-1.246	16.200	O.K !!	91.023	-79.474	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6-7	0.701	0.113	16.200	O.K !!	53.189	-71.973	380.000	O.K !!
1+2+4	0.422	0.102	16.200	O.K !!	34.637	-45.021	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4	1.375	0.332	16.200	O.K !!	35.787	-68.265	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+7	1.367	-0.348	16.200	O.K !!	54.704	-72.015	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5	1.250	0.388	16.200	O.K !!	37.442	-68.625	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.725	-0.559	16.200	O.K !!	72.144	-76.498	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.717	-1.238	16.200	O.K !!	91.062	-80.248	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.733	0.121	16.200	O.K !!	53.227	-72.747	380.000	O.K !!



4. 내진 해석을 위한 제원

(1)내진등급 및 가속도 계수

■ 지진구역 구분

지진구역		행 정 구 역
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시
	도	경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부
II	도	강원도 북부, 전라남도 남서부, 제주도

전라남도 남서부(군,시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥 ...

■ 지진구역계수(재현주기 500년에 해당)

지진구역	I	II
구역계수	0.11	0.07

■ 위험도계수

재현주기(년)	50	100	200	500	1000	2400
위험도계수 I	0.40	0.57	0.73	1.00	1.40	2.00

■ 도로교의 내진등급과 설계지침

내진등급	교 량	설계지진의 평균재현주기
내진I등급교	- 고속도로, 자동차 전용도로, 특별시도, 광역시도 또는 일반국도상의 교량 - 지방도, 시도 및 군도 중 지역의 방재계획상 필요한 도로에 건설된 교량, 해당도로의 일일계획교통량을 기준으로 판단 했을 때 중요한 교량 - 내진I등급교가 건설되는 도로위를 넘어가는 고가교량	1000년
내진II등급교	- 내진I등급교 속하지 않는 교량	500년

5. 설계대상 교량제원 및 설계상수

5.1 교량형식 : BH. 거더교 + ST. BOX 거더교

5.2 해석 대상 교량 총연장 : 3@60 + 60 + 2@61.0 + 65.0 + 60.0 + 45.0 = 532.0m

5.3 교 폭 : 15.91m

5.4 교각형식 : T형교각

5.5 교각기초형식 :

5.6 내진설계상수

(1) 내진등급 : 내진 1 등급교
(2) 지진구역계수 : 0.11
(3) 위험도계수 : I = 1.4
(4) 가속도계수 : A = 0.154
(5) 지반계수 : S = 1.5 (지반종류 2 , 지진격리교량)
(6) 응답수정계수
(7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
(8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
(9) 방향형식 : EQS 연직방향, 남연진 방향

5.7 해석방법

(1) 해석방법 선정
시간이력해석법
(2) 모드조합방법 : CQC방법

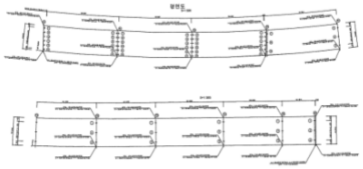
5.8 해석모델

(1) 사용프로그램 : SAP 2000
(2) 모델링 : Frame요소사용
(3) 질량산정 : 자동질량 입력 및 추가사하중 질량변환

6.5 받침 배치

일반내진받침의 경우 고정단과 가동단으로 구분되어 받침이 배치 되는 경우가 일반적이다.
교축방향의 경우 상시 온도신축하중에 의해 자유롭기 위해 하나의 고정단과 나머지는 모두 가동단받침으로 배치하게 되는데 이때에 교축방향의 모든 지진하중은 고정단교각에 전달되게 된다. 이러한 경우 고정단 교각의 비대화는 물론이고 소성변형이 발생하여 지진 후 교각을 보수 보강을 하여야 한다.
따라서 면진받침을 적용하면 모든 교각에 지진하중을 분산시켜 구조물의 안정성을 확보하고 동시에 지진하중을 흡수 소산시켜 구조물의 비대화를 방지하여 경제적인 측면도 매우 우수하다.

1) 받침배치도



2) 받침배치 타이틀

구 분			A1	P1(전열)	P1(후열)	P2(전열)	P2(후열)	P3(전열)	P3(후열)	P4(전열)
2500 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	0	0	0	0
		계	0	0	0	0	0	0	0	0
2800 kN	LRB	일반형(교축)	1	0	0	0	0	1	0	0
		앞받침	5	0	0	0	0	5	0	0
		계	6	0	0	0	0	6	0	0
3000 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	0	0	3	0
		계	0	0	0	0	0	0	3	0
3500 kN	LRB	고정단	0	0	0	1	0	0	0	0
		일반형(교축)	0	0	1	0	0	0	0	0
		일반형(교축직각)	0	0	1	0	0	0	0	0
		앞받침	0	0	6	0	0	0	0	0
		계	0	1	8	1	0	0	0	0
4000 kN	LRB	일반형(교축)	0	1	0	0	0	0	0	0
		앞받침	0	5	0	0	5	0	0	0
		계	0	6	0	0	6	0	0	0
6500 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	0	0	0	0
		계	0	0	0	0	0	0	0	0
7000 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	0	0	0	0
		계	0	0	0	0	0	0	0	0
7500 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	0	0	0	1
		계	0	0	0	0	0	0	0	1
8000 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	0	0	0	1
		계	0	0	0	0	0	0	0	1
8500 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	0	0	0	1
		계	0	0	0	0	0	0	0	1

구 분			P4(전열)	P4(후열)	P5(전열)	P5(후열)	A2	계
2500 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	3	3
		계	0	0	0	0	3	3
2800 kN	LRB	일반형(교축)	0	0	0	0	2	2
		앞받침	0	0	0	0	0	10
		계	0	0	0	0	2	12
3000 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	3	3
		계	0	0	0	0	3	3
3500 kN	LRB	고정단	0	0	0	0	1	1
		일반형(교축)	0	0	0	0	1	1
		일반형(교축직각)	0	0	0	0	0	5
		앞받침	0	0	0	0	0	5
		계	0	0	0	0	2	12
4000 kN	LRB	일반형(교축)	0	0	0	0	2	2
		앞받침	0	0	1	0	0	10
		계	0	0	1	0	2	12
6500 kN	EQS	앞받침	1	0	0	1	0	2
		계	1	0	0	1	0	2
7000 kN	EQS	앞받침	1	1	1	1	0	4
		계	1	1	1	1	0	4
7500 kN	EQS	앞받침	1	1	1	1	0	5
		계	1	1	1	1	0	5
8000 kN	EQS	앞받침	0	0	1	0	0	2
		계	0	0	1	0	0	2
8500 kN	EQS	앞받침	0	0	1	0	0	2
		계	0	1	0	0	0	2

8. 고유치 해석결과

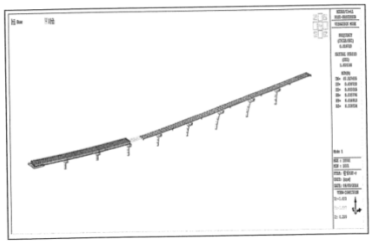
8.1 주기 및 진동수

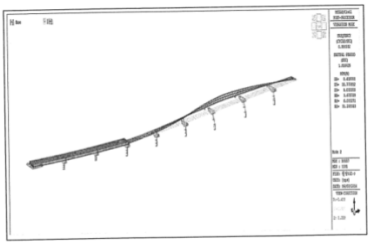
< 모드별 주기 및 진동수 >

MODE	FREQUENCY [rad/sec]	FREQUENCY [cycle/sec]	PERIOD (SEC)	비고
1	3.2089	0.5107	1.9581	
2	3.4591	0.5505	1.8164	
3	3.8981	0.6204	1.6119	
4	4.1432	0.6594	1.5165	
5	4.5089	0.7176	1.3935	
6	4.6893	0.7463	1.3399	
7	4.7852	0.7616	1.3130	
8	5.3866	0.8576	1.1661	
9	6.0527	0.9633	1.0381	
10	6.6615	1.0602	0.9432	
11	7.3124	1.1638	0.8592	
12	8.0035	1.2738	0.7851	
13	8.6773	1.3810	0.7241	
14	9.2037	1.4648	0.6827	
15	9.2982	1.4798	0.6757	
16	9.6362	1.5336	0.6520	
17	10.4139	1.6574	0.6033	
18	10.7560	1.7119	0.5842	
19	11.0891	1.7649	0.5666	
20	11.3129	1.8005	0.5554	
21	11.4376	1.8204	0.5493	
22	11.5664	1.8409	0.5432	
23	12.5474	1.9970	0.5008	
24	12.7214	2.0247	0.4939	
25	13.1887	2.0990	0.4764	
26	13.3141	2.1190	0.4719	
27	13.4353	2.1383	0.4677	
28	14.2495	2.2679	0.4409	
29	14.7725	2.3511	0.4253	
30	15.8971	2.5301	0.3952	
31	16.0163	2.5491	0.3923	
32	16.2909	2.5928	0.3857	
33	16.3647	2.6045	0.3839	
34	16.6636	2.6521	0.3771	
35	16.7514	2.6661	0.3751	
36	16.8951	2.6889	0.3719	
37	17.6507	2.8092	0.3560	
38	18.0093	2.8663	0.3489	
39	18.1173	2.8835	0.3468	
40	18.9814	3.0210	0.3310	
41	19.0049	3.0247	0.3306	
42	19.3171	3.0744	0.3253	
43	19.4600	3.0971	0.3229	
44	19.5988	3.1193	0.3206	
45	20.5746	3.2746	0.3054	
46	21.9753	3.4975	0.2859	
47	22.1771	3.5296	0.2833	
48	22.5767	3.5932	0.2783	
49	23.0651	3.6709	0.2724	
50	23.4519	3.7325	0.2679	

MODE	FREQUENCY [rad/sec]	FREQUENCY [cycle/sec]	PERIOD (SEC)	비고
51	23.8238	3.7598	0.2660	
52	24.1456	3.8429	0.2602	
53	24.6836	3.9286	0.2545	
54	24.9936	3.9778	0.2514	
55	25.7122	4.0922	0.2444	
56	26.2844	4.1833	0.2390	
57	27.0552	4.3060	0.2322	
58	28.2364	4.4940	0.2225	
59	28.9475	4.6071	0.2171	
60	29.4350	4.6847	0.2135	
61	29.5355	4.7007	0.2127	
62	29.7375	4.7329	0.2113	
63	31.3453	4.9888	0.2005	
64	32.3109	5.1424	0.1945	
65	32.6752	5.2004	0.1923	
66	33.3444	5.3069	0.1884	
67	33.7125	5.3655	0.1864	
68	34.6429	5.5136	0.1814	
69	35.3208	5.6215	0.1779	
70	36.0291	5.7342	0.1744	
71	36.6501	5.8330	0.1714	
72	38.1067	6.0652	0.1649	
73	39.2300	6.2436	0.1602	
74	40.9587	6.5188	0.1534	
75	42.7558	6.8048	0.1470	
76	43.1031	6.8601	0.1458	
77	44.6145	7.1006	0.1408	
78	48.3962	7.7025	0.1298	
79	50.2329	7.9948	0.1251	
80	51.0787	8.1294	0.1230	
81	54.4150	8.6604	0.1155	
82	55.4682	8.8280	0.1133	
83	57.3959	9.1348	0.1095	
84	64.6450	10.2886	0.0972	
85	66.5786	10.5963	0.0944	
86	69.3022	11.0298	0.0907	
87	78.6938	12.5245	0.0798	
88	80.2088	12.7656	0.0783	
89	85.5427	13.6145	0.0735	
90	90.6229	14.4231	0.0693	
91	108.5919	17.2829	0.0579	
92	124.3116	19.7848	0.0505	
93	132.8278	21.1402	0.0473	
94	145.4983	23.1568	0.0432	
95	173.0901	27.5481	0.0363	
96	202.3803	32.2098	0.0310	
97	266.3733	42.3946	0.0236	
98	308.2413	49.0581	0.0204	
99	533.7613	84.9508	0.0118	
100	538.0587	85.6347	0.0117	

8.3 모드형상(Mode Shape)





9. 내진해석결과

9.1 받침 지진력

(UNIT:kN)

구 분		R	교축방향 교측	교축방향 교지	교직방향 교측	교직방향 교지	Combo1 교측	Combo1 교지	Combo2 교측	Combo2 교지	받침허용 전단력	받침규격
A1	B1	0.8	253.9	33.4	74.2	194.7	345.2	114.7	188.0	255.9	518.6	O.K
	B2	0.8	252.2	33.1	64.0	197.1	339.3	115.3	174.6	258.8	518.6	OK
	B3	0.8	250.3	32.9	55.4	196.2	333.6	114.7	163.1	257.6	518.6	OK
	B4	0.8	248.3	30.7	50.4	196.6	329.3	112.1	156.1	257.3	518.6	OK
	B5	0.8	247.4	30.1	54.3	194.1	329.6	110.4	160.7	253.9	518.6	OK
	B6	0.8	247.9	31.0	53.5	191.5	329.9	110.5	159.8	250.9	518.6	OK
P1	B1	1.0	334.9	36.0	69.5	336.3	355.8	136.9	170.0	347.0	602.2	OK
	B2	1.0	331.3	40.0	63.1	337.5	350.2	141.2	162.5	349.5	602.2	OK
	B3	1.0	327.5	41.5	52.0	338.1	343.1	142.9	150.3	350.5	602.2	OK
	B4	1.0	323.5	40.8	36.8	336.1	334.5	141.6	133.9	348.3	602.2	OK
	B5	1.0	320.9	43.4	44.2	337.3	334.2	144.6	140.5	350.3	602.2	OK
	B6	1.0	321.5	40.6	46.2	336.9	335.4	141.6	142.7	349.0	602.2	OK
	B1	1.0	293.9	34.1	63.5	300.9	312.9	124.3	151.7	311.1	518.6	OK
	B2	1.0	291.0	34.4	58.7	301.5	308.6	124.8	146.0	311.8	518.6	OK
	B3	1.0	287.6	35.3	39.5	301.5	299.4	125.7	125.8	312.1	518.6	OK
	B4	1.0	284.2	33.6	31.6	301.4	293.7	124.0	116.8	311.5	518.6	OK
	B5	1.0	282.2	36.6	39.2	301.3	294.0	127.0	123.9	312.3	518.6	OK
	B6	1.0	282.6	38.0	47.9	300.9	296.9	128.3	132.7	312.3	518.6	OK
P2	B1	1.0	297.3	42.5	49.7	279.4	312.2	126.3	138.9	292.2	518.6	OK
	B2	1.0	294.2	43.6	45.3	279.9	307.7	127.5	133.5	293.0	518.6	OK
	B3	1.0	290.8	43.7	42.2	279.8	303.5	127.6	129.5	292.9	518.6	OK
	B4	1.0	287.3	43.5	40.6	279.8	299.5	127.4	126.8	292.8	518.6	OK
	B5	1.0	285.3	42.7	47.7	279.8	299.6	126.6	133.3	292.6	518.6	OK
	B6	1.0	285.5	42.6	57.8	279.3	302.9	126.4	143.4	292.1	518.6	OK
	B1	1.0	341.1	34.8	61.1	312.8	359.4	128.6	163.4	323.3	602.2	OK
	B2	1.0	337.4	35.5	57.0	313.2	354.5	129.5	158.2	323.9	602.2	OK
	B3	1.0	333.5	35.1	55.9	312.9	350.3	129.0	156.0	323.5	602.2	OK
	B4	1.0	329.4	34.8	53.2	312.7	345.4	128.6	152.0	323.1	602.2	OK
	B5	1.0	327.0	33.6	62.5	312.5	345.7	127.3	160.6	322.6	602.2	OK

P3	B6	1.0	327.4	34.3	75.9	311.8	350.2	127.8	174.1	322.1	602.2	OK
	B1	0.8	229.7	20.1	45.6	211.2	304.2	104.3	143.1	271.6	518.6	OK
	B2	0.8	226.3	20.5	44.5	213.1	299.6	105.6	140.5	274.1	518.6	OK
	B3	0.8	224.8	19.5	41.0	212.8	296.4	104.2	135.6	273.3	518.6	OK
	B4	0.8	222.8	21.0	33.7	213.8	291.1	106.4	125.7	275.1	518.6	OK
	B5	0.8	223.2	19.2	37.9	213.6	293.2	104.1	131.1	274.1	518.6	OK
	B6	0.8	220.1	19.4	40.9	210.6	290.5	103.3	133.6	270.5	518.6	OK
P4	B1	0.8	108.0	43.2	66.9	154.9	160.1	112.1	124.1	209.8	240	OK
	B2	0.8	108.0	42.5	68.7	154.4	160.7	111.0	126.3	208.9	240	OK
	B3	0.8	108.0	41.6	79.2	154.1	164.7	109.8	139.5	208.2	240	OK
	B1	1.0	336.0	80.4	121.3	472.6	372.4	222.1	222.1	496.7	660	OK
	B2	1.0	285.0	63.7	78.9	401.5	308.6	184.2	164.3	420.6	560	OK
	B3	1.0	312.0	72.3	105.5	439.5	343.7	204.1	199.1	461.2	610	OK
P5	B1	1.0	483.2	99.8	116.3	423.0	518.1	226.7	261.3	452.9	560	OK
	B2	1.0	374.7	66.8	81.3	325.7	399.1	164.5	193.7	345.7	430	OK
	B3	1.0	426.7	76.7	101.6	370.2	457.1	187.8	229.6	393.2	490	OK
	B1	1.0	486.2	124.8	119.1	581.6	522.0	299.3	265.0	619.0	660	OK
P6	B2	1.0	364.5	83.8	77.5	431.4	387.8	213.2	186.8	456.5	490	OK
	B3	1.0	417.5	92.3	91.4	493.7	444.9	240.4	216.6	521.3	560	OK
	B1	1.0	463.4	144.5	128.3	550.6	501.8	309.7	267.3	593.9	610	OK
P7	B2	1.0	373.7	98.2	79.5	439.5	397.5	230.1	191.6	469.0	490	OK
	B3	1.0	427.7	131.9	110.1	502.2	460.7	282.6	238.4	541.8	560	OK
	B1	1.0	285.0	76.7	138.4	410.5	326.5	199.8	223.8	433.5	560	OK
P8	B2	1.0	219.0	60.2	74.5	314.5	241.3	154.5	140.2	332.5	430	OK
	B3	1.0	249.0	68.4	112.2	357.0	282.6	175.5	186.9	377.5	490	OK
	B1	0.8	84.0	29.4	79.2	117.8	134.7	80.9	130.5	158.3	200	OK
A2	B2	0.8	84.0	28.4	77.5	118.4	134.0	79.8	128.3	158.6	200	OK
	B3	0.8	84.0	28.6	74.9	118.7	133.1	80.3	125.1	159.1	200	OK

9.2 받침 변위

(UNIT:mm)

구 분			교축방향 교측	교축방향 교지	교직방향 교측	교직방향 교지	Combo1 교측	Combo1 교지	Combo2 교측	Combo2 교지	받침허용 변위	판정
A1		B1	33.6	2.3	4.0	20.2	34.8	8.4	14.1	20.9	168.0	OK
		B2	32.8	2.3	3.6	20.3	33.9	8.4	13.4	21.0	168.0	OK
		B3	32.0	2.3	3.4	20.3	33.0	8.4	13.0	21.0	168.0	OK
		B4	31.1	2.3	3.2	20.3	32.1	8.4	12.5	21.0	168.0	OK
		B5	30.6	2.3	3.2	20.3	31.6	8.4	12.4	21.0	168.0	OK
		B6	30.7	2.3	3.0	20.3	31.6	8.4	12.2	21.0	168.0	OK
P1		B1	23.0	1.9	2.2	23.7	23.7	9.0	9.1	24.3	72.0	OK
		B2	22.4	1.8	2.0	23.8	23.0	8.9	8.7	24.3	72.0	OK
		B3	21.7	1.8	1.9	23.8	22.3	8.9	8.4	24.3	72.0	OK
		B4	20.9	1.8	1.8	23.8	21.4	8.9	8.1	24.3	72.0	OK
		B5	20.5	1.7	1.7	23.8	21.0	8.8	7.9	24.3	72.0	OK
		B6	20.6	1.8	1.6	23.6	21.1	8.9	7.8	24.1	72.0	OK
P2		B1	23.1	1.5	1.6	24.9	23.6	9.0	8.5	25.4	72.0	OK
		B2	22.4	1.5	1.5	24.9	22.9	9.0	8.2	25.4	72.0	OK
		B3	21.7	1.5	1.3	24.9	22.1	9.0	7.8	25.4	72.0	OK
		B4	21.0	1.5	1.2	24.9	21.4	9.0	7.5	25.4	72.0	OK
		B5	20.5	1.5	1.3	24.9	20.9	9.0	7.5	25.4	72.0	OK
		B6	20.7	1.5	1.5	24.8	21.2	8.9	7.7	25.3	72.0	OK
		B1	24.0	1.8	1.6	20.0	24.5	7.8	8.8	20.5	72.0	OK
		B2	23.4	1.8	1.5	20.1	23.9	7.8	8.5	20.6	72.0	OK
		B3	22.7	1.8	1.3	20.1	23.1	7.8	8.1	20.6	72.0	OK
		B4	21.9	1.8	1.4	20.1	22.3	7.8	8.0	20.6	72.0	OK
		B5	21.5	1.8	1.4	20.1	21.9	7.8	7.9	20.6	72.0	OK
		B6	21.5	1.8	1.5	20.0	22.0	7.8	8.0	20.5	72.0	OK
P3		B1	24.0	1.2	2.0	18.8	24.6	6.8	9.2	19.2	72.0	OK
		B2	23.4	1.2	1.9	18.9	24.0	6.9	8.9	19.3	72.0	OK
		B3	22.7	1.1	2.0	18.9	23.3	6.8	8.8	19.2	72.0	OK
		B4	22.0	1.1	2.1	18.9	22.6	6.8	8.7	19.2	72.0	OK
		B5	21.5	1.1	2.3	18.9	22.2	6.8	8.8	19.2	72.0	OK
		B6	21.5	1.1	2.4	18.8	22.2	6.7	8.9	19.1	72.0	OK

P3		B1	22.9	1.3	2.4	26.2	23.6	9.2	9.3	26.6	168.0	OK
		B2	22.0	1.2	2.2	26.2	22.7	9.1	8.8	26.6	168.0	OK
		B3	21.3	1.2	2.1	26.2	21.9	9.1	8.5	26.6	168.0	OK
		B4	20.7	1.1	2.1	26.2	21.3	9.0	8.3	26.5	168.0	OK
		B5	20.2	1.1	2.5	26.2	21.0	9.0	8.6	26.5	168.0	OK
		B6	20.2	1.1	2.4	26.1	20.9	8.9	8.5	26.4	168.0	OK
P4		B1	50.7	4.4	2.7	27.6	51.5	12.7	17.9	28.9	150	OK
		B2	51.4	4.4	2.9	27.7	52.3	12.7	18.3	29.0	150	OK
		B3	51.5	4.4	3.1	27.7	52.4	12.7	18.6	29.0	150	OK
P5		B1	49.1	2.5	3.7	25.9	50.2	10.3	18.4	26.7	120	OK
		B2	49.8	2.5	3.8	26.0	50.9	10.3	18.7	26.8	120	OK
		B3	50.0	2.5	3.8	26.0	51.1	10.3	18.8	26.8	120	OK
P6		B1	43.7	3.6	3.8	30.9	44.8	12.9	16.9	32.0	90	OK
		B2	44.6	3.6	3.9	31.0	45.8	12.9	17.3	32.1	90	OK
		B3	44.8	3.6	4.0	30.9	46.0	12.9	17.4	32.0	90	OK
P7		B1	28.9	4.3	3.4	45.5	29.9	18.0	12.1	46.8	90	OK
		B2	29.9	4.3	3.2	45.6	30.9	18.0	12.2	46.9	90	OK
		B3	30.0	4.3	3.1	45.5	30.9	18.0	12.1	46.8	90	OK
P8		B1	31.3	5.0	3.8	47.5	32.4	19.3	13.2	49.0	90	OK
		B2	32.2	5.0	3.3	47.6	33.2	19.3	13.0	49.1	90	OK
		B3	32.2	5.0	3.0	47.5	33.1	19.3	12.7	49.0	90	OK
A2		B1	42.6	4.5	4.4	27.8	43.9	12.8	17.2	29.2	120	OK
		B2	43.5	4.5	3.7	27.9	44.6	12.9	16.8	29.3	120	OK
		B3	43.5	4.5	3.5	27.9	44.6	12.9	16.6	29.3	120	OK
		B1	50.6	5.0	5.7	26.2	52.3	12.9	20.9	27.7	150	OK
		B2	51.3	5.1	5.4	26.4	52.9	13.0	20.8	27.9	150	OK
		B3	51.6	5.0	5.1	26.2	53.1	12.9	20.6	27.7	150	OK

7.7 상부구조 여유간격

: 지진시에 상부구조와 교대 혹은 인접하는 상부구조간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지하고, 설계시 고려된 내진성능이 충분히 발휘할 수 있도록 하기 위하여 상부구조의 단부에는 여유간격을 설치하여야 한다. 상부구조의 여유간격은 다음식에 의한 값보다 작아서는 안된다.

『도로교 설계기준, 2005 P487』

$$\Delta l = d + \Delta ls + \Delta lc + 0.4\Delta lt$$

여기서, Δl : 상부구조의 여유간격

d : 지반에 대한 상부구조의 종변위 (d1 + dsub)

Δls : 콘크리트의 건조수축에 의한 이동량

Δlc : 콘크리트의 크리프에 의한 이동량

Δlt : 온도변화에 의한 이동량



상부구조의 여유간격은 도로교설계기준 2.4.1.3 page.42에서 규정하는 여유량을 고려한 가동받침의 이동량보다 커야 한다. 또한 교축직각방향의 지진시 변위에 의한 인접상부구조 및 주요구조부재간의 충돌 가능성이 있을 때는 이를 방지하기 위한 여유간격을 설치한다.

구분	상부 구조물의 종변위 (d)	온도변위 (0.4Δlt)	여유간격 (Δl)	설계유간	설치유간	검 토
A1	35	14	49	150	200	O.K
P3	76	48	124	250	350	O.K
A2	53	34	87	150	200	O.K

* 설치유간 = 설계유간 + (슬래브와 주구조의 간격)

그림7.1 교량의 여유간격

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식	: 역T형 교대
(2) 상 부 형 식	: BH GIRDER
(3) 교 량 등 급	: 1 등급
(4) 교 대 총 폭	: B = 16.476 M
(5) 교 대 총 높 이	: H = 13.000 M
(6) 기 초 형 식	: 말뚝기초
(7) SKEW	: 4.475 °

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량	: γc = 25.000 kN/m³	[도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량	: γst = 20.000 kN/m³ (토사)	[도로설계요령 제3판 P380]
(3) 기초지반의 단위중량	: γs2 = 20.000 kN/m³	
(4) 과 재 하 중	: ql = 10.000 kN/m	
(5) 상부 고정하중 반력	: Rd = 601.309 kN/m	
(6) 상부 활하중 반력	: Rl = 165.169 kN/m	
(7) 교량받침 마찰계수	: fs = 0.050	

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각	: Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치	: N = 4.000
(3) 기초지반의 내부마찰각	: Φ2 = 22.746 ° (Φ2 = 15 + √15N)
(4) 기초지반의 점착력	: C = 17.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수	: μ = 0.271 : TAN(δ : Φ2) : 흙과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수	: A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급	: I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역	: I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도	: fck = 24.000 MPa	
- 탄성계수	: Ec = 28000.000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300)	: fy = 300.000 MPa	
- 탄성계수	: Es = 200000.000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토	: 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계	: 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 콘크리트구조 설계기준	: 한국콘크리트학회 (2007)
(2) 도로교 설계기준	: 국토해양부 (2010)
(3) 도로설계 편람	: 국토해양부 (2000)
(4) 도로설계 요령	: 한국도로공사 (2002)

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	974.62	878.769	O.K
	허용인발력(kN/EA)	340.267	-	O.K
	휨응력(MPa)	140	125.626	O.K
	전단응력(MPa)	80	13.386	O.K
	수평변위(mm)	15	11.799	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1461.934	1135.916	O.K
	허용인발력(kN/EA)	510.4	-107.512	O.K
	휨응력(MPa)	210	147.582	O.K
	전단응력(MPa)	120	19.851	O.K
	수평변위(mm)	25	9.859	O.K

■ 단면 철 설계

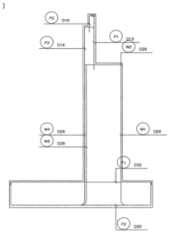
단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (㎟)	사용철근량 (㎟)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면지판		1800	150	2505.37	3096.8	1042.365	1284.997	1.233	O.K
후면지판		1800	100	5652.09	6353.6	2390.281	2678.595	1.121	O.K
벽체 : H=11.200		2500	100	5430.59	7706.8	3222.064	4540.838	1.409	O.K
좌측날개벽	돌출	800	100	911.541	1588.8	161.152	278.868	1.73	O.K
	A(T=500 ㎜)	500	80	1819.11	2292	188.622	235.623	1.249	O.K
	B(T=500 ㎜)	500	80	1499.88	2292	156.419	235.623	1.506	O.K
	C(T=500 ㎜)	500	80	1792.58	2292	185.96	235.623	1.267	O.K
우측날개벽	A(T=800 ㎜)	800	80	3342.86	4053.6	592.796	713.432	1.204	O.K
	좌부(T=620	620	80	2884.07	4053.6	381.54	527.371	1.382	O.K
	B(T=800 ㎜)	800	80	3263.54	4053.6	579.216	713.432	1.232	O.K
	C(T=800 ㎜)	800	80	4757.61	6353.6	831.056	1095.831	1.313	O.K

■ 사용성 검토

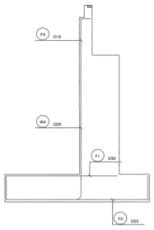
구 분		안정응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sg)	비 고
전면지판		148.056	150	125	184.395	O.K
후면지판		142.03	150	125	344.46	O.K
벽체 : H=11.200		94.144	150	125	622.732	O.K
돌출		109.145	150	125	491.52	O.K
좌측날개벽	A(T=500 ㎜)	122.49	150	125	466.662	O.K
	B(T=500 ㎜)	102.419	150	125	592.652	O.K
	C(T=500 ㎜)	121.837	150	125	470.105	O.K
우측날개벽	A(T=800 ㎜)	126.577	150	125	453.4	O.K
	좌부(T=620	107.227	150	125	565.671	O.K
	B(T=800 ㎜)	123.96	150	125	466.535	O.K
	C(T=800 ㎜)	116.019	150	125	518.77	O.K

▣ 주철근 조립도

- ① Cycle (CTC = 250)



- ② Cycle (CTC = 250)



3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식	: T형 교각
2) 상 부 형 식	: STEEL BOX
3) 교 량 등 급	: 1 등급
4) 기 초 형 식	: 직접기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량	: γc = 25 kN/m³	[도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량	: γs2 = 20 kN/m³	[도로교설계요령 제2판 P366]
3) 교량받침 마찰계수	: fs = 0.05	

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치	: N = 50	
2) 기초지반의 내부마찰각	: Φ2 = 42.386 °	: 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력	: C = 17 kN/m²	
4) 기초지반의 최대 허용지지력	: Qa = 585.83 kN/m²	
5) 기초지반의 마찰계수	: μ = 0.537 : TAN(δ : Φ2) : 흙과 콘크리트	
6) 지반 가속도 계수	: A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수	
- 내진 등급	: I 등급 - 위험도 계수 : 1.4	[도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역	: I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11	

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도	: fck =	두부보:	40 MPa
		기둥:	40 MPa
		기초:	27 MPa
- 탄성계수	: Ec =	두부보:	32000 MPa
		기둥:	32000 MPa
		기초:	29000 MPa
			[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400)	: fy =	두부보:	400 MPa
		기둥:	400 MPa
		기초:	400 MPa
- 탄성계수	: Es = 200000 MPa		[도로교 설계기준 2.3.3]

3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토	: 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계	: 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준	: 국토해양부 (2010)
2) 콘크리트구조 설계기준	: 한국콘크리트학회 (2007)
3) 도로설계 편람	: 국토해양부 (2000)
4) 도로 설계 요령	: 한국도로공사 (2002)

2. 해석결과 요약

▣ 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	안전율	허용안전율	비 고
교축방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	113670.691	2083.435	54.56	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	13576.985	192.372	70.58	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	585.830	366.300	1.60	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	113670.691	29586.110	3.84	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	13576.985	2538.290	5.35	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	878.745	555.381	1.58	1.00	O.K
교축직각방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	124921.528	13694.957	9.12	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	14920.801	390.462	38.21	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	585.830	455.436	1.29	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	113670.691	25943.537	4.38	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	13576.985	2550.299	5.32	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	878.745	525.381	1.67	1.00	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

① 기둥 상단

단면위치		Pusa	Pu(kN)	ΦPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.008	29110.882	127819.861	4.391	O.K
	모멘트최대	0.008	21122.159	146079.842	6.916	O.K
	단설설계	0.008	16247.815	31052.892	1.911	O.K
교축직각방향	편심최대	0.008	14623.033	146079.842	9.990	O.K
	축력최대	0.008	29110.882	127819.861	4.391	O.K
	모멘트최대	0.008	26485.622	59420.563	2.244	O.K
	단설설계	0.008	16247.815	40712.894	2.506	O.K
	편심최대	0.008	21611.278	55957.818	2.575	O.K
합성부재력	축력최대	0.008	29110.882	127819.861	4.391	O.K
	모멘트최대	0.008	21122.159	75145.023	3.558	O.K
	단설설계	0.008	16247.815	19697.183	1.212	O.K
	편심최대	0.008	14623.033	51928.966	3.490	O.K
	모멘트최대	0.008	26485.622	59420.563	2.244	O.K
	편심최대	0.008	21611.278	55957.818	2.575	O.K

② 기둥 하단

단면위치		Pusa	Pu(kN)	ΦPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.008	31612.374	127819.861	4.043	O.K
	모멘트최대	0.008	23623.651	146079.842	6.184	O.K
	단설설계	0.008	18172.040	36985.052	2.035	O.K
교축직각방향	편심최대	0.008	16354.836	146079.842	8.932	O.K
	축력최대	0.008	31612.374	127819.861	4.043	O.K
	모멘트최대	0.008	28987.115	63473.788	2.190	O.K
	단설설계	0.008	18172.040	48321.402	2.659	O.K
합성부재력	편심최대	0.008	16354.836	60594.089	3.706	O.K
	축력최대	0.008	31612.374	127819.861	4.043	O.K
	모멘트최대	0.008	23623.651	82570.580	3.495	O.K
	단설설계	0.008	18172.040	23238.435	1.279	O.K
	편심최대	0.008	16354.836	59972.533	3.666	O.K
	모멘트최대	0.008	28987.115	63473.788	2.190	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		길이 (㎜)	피복 (㎜)	Req. As (㎟)	Use. As (㎟)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3700.0	100.0	38901.630	44325.600	45249.259	51392.458	1.136	O.K
	우측내민보	3700.0	100.0	37256.985	44325.600	43378.514	51392.458	1.185	O.K
	좌측내민보수	2900.0	100.0	2192.343	7601.900	2084.512	7205.772	3.457	O.K
	우측내민보수	2900.0	100.0	1998.167	7601.900	1895.347	7205.772	3.802	O.K
	교량받침1	2448.8	100.0	548.329	44325.600	419.037	32535.698	77.644	O.K
	교량받침2	2670.8	100.0	553.867	44325.600	465.173	35881.395	77.136	O.K
기초	교축방향	2000.0	150.0	31364.082	45610.400	19404.154	28004.066	1.443	O.K
	교직-지중부	2000.0	150.0	37534.630	50388.200	23145.464	34421.386	1.487	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		안정응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sg)	비 고
두부보	좌측내민보	210.800	180.000	126.087	159.596	O.K
	우측내민보	202.010	180.000	126.087	176.083	O.K
	좌측내민보수평	100.945	180.000	217.647	566.380	O.K
	우측내민보수평	91.794	180.000	217.647	644.241	O.K
	교량받침1	3.525	180.000	126.087	17873.379	O.K
	교량받침2	7.945	180.000	126.087	7929.944	O.K
기초	교축방향	164.752	180.000	126.761	139.241	O.K
	교직-지중부	185.467	180.000	126.761	140.926	O.K

27.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 27.2.1】 서문22교(서울) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	서문22교(서울)의 주요 손상현황으로는 신축이음 후타재 균열 및 파손, 바닥판하면 보수부균열부백태, 거더외부 균열부백태 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	서문22교(서울)의 주요 손상현황으로는 신축이음 후타재 균열 및 파손, 바닥판하면 보수부균열부백태, 거더외부 균열부백태, 배수시설 배수관 이음부 누수, 월류 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	신축이음 후타재 균열(cw=0.3㎜미만), 후타재 파손, 신축이음 하부 누수 배수시설 배수관 이음부 누수, 월류	양호

27.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

27.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 기 손상인 신축이음 후타재 균열 및 파손, 누수, 배수관 월류 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

27.2.5 시설물 보수 이력

【표 27.2.2】 서문22교(서울) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

27.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 27.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

27.3 현장조사

27.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S9	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



제원조사



비파괴시험

【사진 27.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

27.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문22교(서울)는 총 9경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=532.0m 폭 15.9m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



바닥판하면(S1~3) 전경



바닥판하면(S4~9) 전경

【사진 27.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 외관조사 결과, 콘크리트 파손 및 철근노출, 망상균열, 백태 등의 손상이 확인되었다.

【표 27.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	파손 (㎡/개소)		철근노출 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
S1	-	-	-	-	-	-	-	-
S2	0.30	1	-	-	-	-	-	-
S3	0.09	1	-	-	-	-	-	-
S4	-	-	0.18	1	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	0.05	1	360.00	2
S6	-	-	-	-	-	-	378.00	2
S7	-	-	-	-	0.40	2	-	-
S8	-	-	-	-	-	-	378.00	2
S9	-	-	-	-	-	-	283.50	2
합계	0.39	2	0.18	1	0.45	3	1,399.50	8

	
바닥판 하면 S2 파손(1.0×0.3)	바닥판 하면 S3 파손(0.3×0.3)
	
바닥판 하면 S4 철근노출(0.6×0.3)	바닥판 하면 S5 망상균열(60.0×3.0×2EA)
	
바닥판 하면 S5 망상균열(60.0×3.15×2EA)	바닥판 하면 S7 백태(0.2×1.0×2EA)

【사진 27.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 파손 및 철근노출은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수, 방청 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 망상균열, 백태는 초기 건조수축, 온도변화, 우수유입 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

나. STEEL BOX Girder + BH Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 S1~S3구간은 BH거더 6열, S4~S9는 ST. BOX 3열로 시공되었으며, 도보 및 고소차를 이용한 외관조사를 실시하였다.

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>BH 거더 전경</td><td>BH 거더 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>STEEL BOX 거더외부 전경</td><td>STEEL BOX 거더내부 전경</td></tr>
</table>

【사진 27.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, S1~S3의 BH거더에 폭 0.3㎜미만의 균열 및 망상균열이 조사되었고, ST. BOX 거더의 경우 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 27.3.2】 거더 현장조사 결과(BH)

구분		균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
거더	S1	-	-	-	-
	S2	4.00	2	-	-
	S3	-	-	4.80	2
합계		4.00	2	4.80	2

【표 27.3.3】 거더외부 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
거더 외부	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
	S8	-	-
	S9	-	-
합계		-	-

【표 27.3.4】 거더내부 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
거더 내부	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
	S8	-	-
	S9	-	-
합계		-	-

	
거더 S2 G1 균열(Cw=0.3㎜미만)	거더 S2 G4 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
거더 S3 G1 망상균열(3.5×1.0)	거더내부 상태양호

【사진 27.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- BH거더에 발생한 균열(폭 0.1~0.2㎜) 및 망상균열은 초기 건조수축, 온도변화, 우수유입 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- ST. BOX 거더는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 STEEL과 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소차를 통한 근접조사를 실시하였다.

		
BH 거더 가로보 전경	BH 거더 가로보 전경	STEEL BOX 거더 가로보 전경

【사진 27.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, BH거더 가로보에 백태 및 철근노출 손상이 조사되었다.

【표 27.3.5】 가로보 현장조사 결과(BH)

구분		백태 (㎡/개소)		철근노출 (㎡/개소)	
가로보	S1	0.30	3	0.02	1
	S2	0.15	1	-	-
	S3	-	-	-	-
합계		0.45	4	0.02	1

【표 27.3.6】 가로보 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
가로보	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
	S8	-	-
	S9	-	-
합계		-	-

	
가로보 S1 G3~4 백태(0.2×0.5×3EA)	가로보 S1 G4~5 철근노출(0.1×0.2)
	
가로보 S2 G3~4 백태(0.3×0.5)	가로보 상태양호

【사진 27.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보에 발생한 백태, 철근노출 등의 손상은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 서문22교(서울) 교대는 상부 구조물로부터의 하중을 기초로 전달하는 부재로써, 역T형으로 A1 강관말뚝기초, A2 직접기초로 시공되어있다.
- 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 27.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 대한 외관조사 결과 A2 법면에 토사유실이 일부 조사되었고, 현재 임시보수가 되어있는 상태이다.

【표 27.3.7】 교대 현장조사 결과

구분	법면 토사유실 (㎡/개소)	
A1	-	-
A2	20.00	1
합계	20.00	1

	
A2 법면 토사유실	A2 법면 토사유실
	
A1 날개벽 상태양호	A2 상태양호

【사진 27.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대 A2에 발생한 법면 외측 성토부 토사유실은 하절기 강우에 의한 것으로 판단되며, 현재 임시보수가 되어있는 상태로 손상의 진전유무를 확인하는 유지관리가 요망된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 서문22교(서울)의 교각은 T형 8기로, 기초는 강관말뚝기초, 직접기초로 시공되었다.
- 교각에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교각 전경



교각 전경

【사진 27.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 코핑부에 폭 0.3㎜미만 균열이 조사되었다.

【표 27.3.8】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
P1	-	-
P2	-	-
P3	4.00	1
P4	-	-
P5	-	-
P6	8.00	1
P7	-	-
P8	-	-
합계	12.00	2

	
P3 코핑부 균열(Cw=0.3㎜미만)	P6 코핑부 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
P4 상태양호	P5 기존보수부 상태양호

【사진 27.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

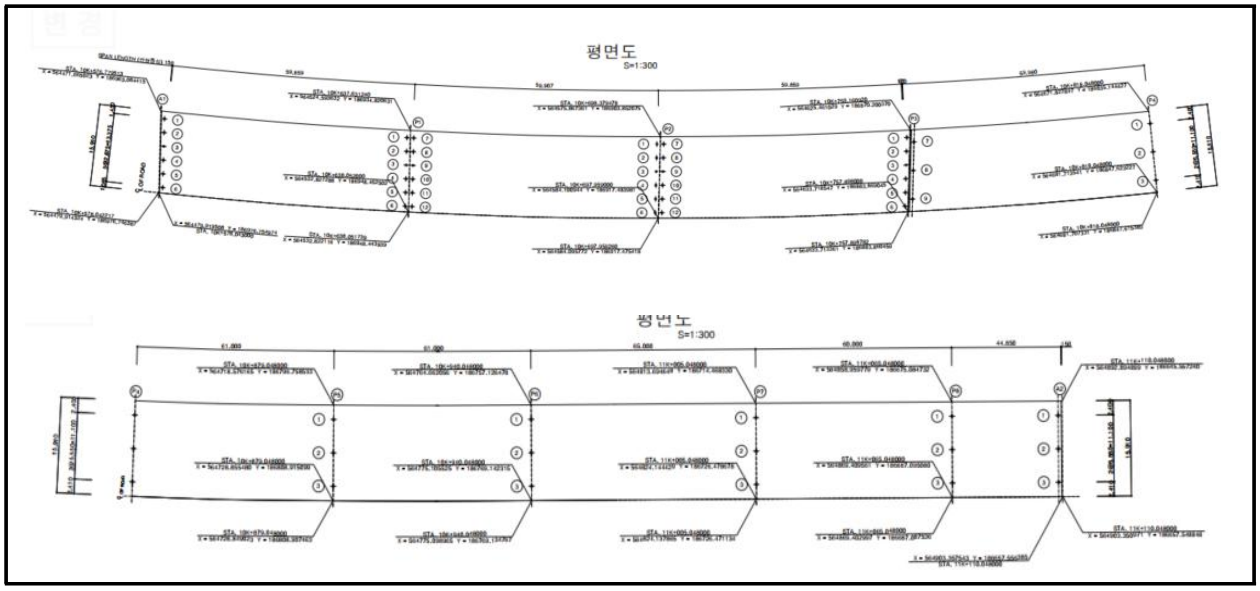
4) 검토의견

■ 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문22교(서울)의 받침은 면진받침으로 총 57기(LRB 36기, EQS 21기)가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 27.3.1】 교량받침 배치도

		
LRB면진받침 전경	LRB면진받침 전경	LRB면진받침 전경
		
EQS면진받침 전경	EQS면진받침 전경	EQS면진받침 전경

【사진 27.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 받침콘크리트에 균열 및 재료분리, 플레이트 도장박락이 조사되었다.

【표 27.3.9】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침콘크리트 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		받침콘크리트 재료분리 (㎡/개소)		플레이트 도장박락 (㎡/개소)	
A1	-	-	-	-	-	-
P1	-	-	-	-	-	-
P2	0.90	3	-	-	-	-
P3	-	-	-	-	-	-
P4	-	-	-	-	0.01	1
P5	-	-	0.20	1	-	-
P6	-	-	-	-	-	-
P7	-	-	-	-	-	-
P8	-	-	-	-	-	-
A2	-	-	-	-	-	-
합계	0.90	3	0.20	1	0.01	1



P2-Sh1 받침콘크리트 균열(Cw=0.3㎜미만)



P5-Sh3 받침콘크리트 재료분리(1.0×0.2)



P4-Sh2 플레이트 도장박락(0.1×0.1)



P6 교량받침 상태양호

【사진 27.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

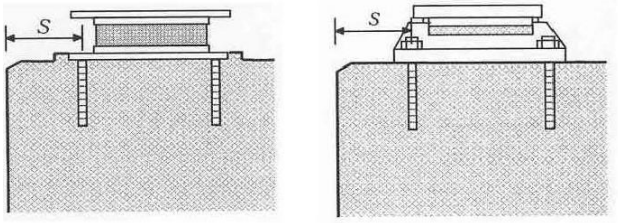
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 받침콘크리트 균열 및 재료분리, 플레이트 도장박락은 건조수축, 온도변화, 다짐불량, 도장불량 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 손상으로 금회 일괄보수 보다는 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 시 표면보수, 단면보수, 재도장 등의 보수가 필요할 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 27.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 27.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=45.0m) : 200+5×45.0 = 425(㎜)
- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500(㎜)
- 거더 경간길이(L=61.0m) : 200+5×61.0 = 505(㎜)
- 거더 경간길이(L=65.0m) : 200+5×65.0 = 525(㎜)

【표 27.3.10】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)									검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	Sh7	Sh8	Sh9	
A1		500	600	600	600	610	630	640				O.K
P1	A1측	500	620	620	610	600	610	620				O.K
	A2측	500	630	620	630	600	610	620				O.K
P2	A1측	500	620	610	620	630	620	610				O.K
	A2측	500	640	640	630	620	630	630				O.K
P3	A1측	500	610	610	610	610	630	640				O.K
	A2측	500							720	730	720	O.K
P4	A1측	500	1150	1150	1150							O.K
	A2측	505	1150	1150	1150							O.K
P5	A1측	505	1200	1200	1200							O.K
	A2측	505	1200	1200	1200							O.K
P6	A1측	505	1150	1150	1150							O.K
	A2측	525	1150	1150	1150							O.K
P7	A1측	525	1150	1150	1150							O.K
	A2측	500	1150	1150	1150							O.K
P8	A1측	500	1200	1200	1200							O.K
	A2측	425	1200	1200	1200							O.K
A2		425	430	450	430							O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 27.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 27.3.11】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	39.8	10.2	0.00001	120.0	47.8	12.2	
P1	39.8	10.2	0.00001	60.0	23.9	6.1	
P2	고정단						
P3(A1)	39.8	10.2	0.00001	60.0	23.9	6.1	
P3(A2)	44.8	15.2	0.000012	176.0	94.6	32.1	
P4	44.8	15.2	0.000012	116.0	62.4	21.2	
P5	44.8	15.2	0.000012	55.0	29.6	10.0	
P6	44.8	15.2	0.000012	6.0	3.2	1.1	
P7	44.8	15.2	0.000012	71.0	38.2	13.0	
P8	44.8	15.2	0.000012	131.0	70.4	23.9	
A2	44.8	15.2	0.000012	176.0	94.6	32.1	

1) 조사당시 온도 : 24.8℃(조사일 : 2022년 08월 24일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)

【표 27.3.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	0	150	150	47.8	12.2	±150	O.K
	SH2	0	150	150			±150	O.K
	SH3	0	150	150			±150	O.K
	SH4	0	150	150			±150	O.K
	SH5	0	150	150			±150	O.K
	SH6	0	150	150			±150	O.K
P1	SH1	0	150	150	23.9	6.1	±150	O.K
	SH2	0	150	150			±150	O.K
	SH3	0	150	150			±150	O.K
	SH4	0	150	150			±150	O.K
	SH5	0	150	150			±150	O.K
	SH6	0	150	150			±150	O.K
P2	고정단							
P3	SH1	0	150	150	23.9	6.1	±150	O.K
	SH2	0	150	150			±150	O.K
	SH3	0	150	150			±150	O.K
	SH4	0	150	150			±150	O.K
	SH5	0	150	150			±150	O.K
	SH6	0	150	150			±150	O.K
	SH7	+40	190	110	94.6	32.1	±150	O.K
	SH8	+40	190	110			±150	O.K
	SH9	+40	190	110			±150	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

【표 27.3.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P4	SH1	+10	160	140	62.4	21.2	±150	O.K
	SH2	+10	160	140			±150	O.K
	SH3	+10	160	140			±150	O.K
P5	SH1	+10	160	140	29.6	10.0	±150	O.K
	SH2	+10	160	140			±150	O.K
	SH3	+10	160	140			±150	O.K
P6	SH1	0	150	150	3.2	1.1	±150	O.K
	SH2	0	150	150			±150	O.K
	SH3	0	150	150			±150	O.K
P7	SH1	−10	140	160	38.2	13.0	±150	O.K
	SH2	−10	140	160			±150	O.K
	SH3	−10	140	160			±150	O.K
P8	SH1	−15	135	165	70.4	23.9	±150	O.K
	SH2	−15	135	165			±150	O.K
	SH3	−15	135	165			±150	O.K
A2	SH1	+50	200	100	94.6	32.1	±150	O.K
	SH2	+60	210	90			±150	O.K
	SH3	+50	200	100			±150	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 교량받침 이동량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 신축이음장치는 직접 차량하중을 받는 부재로써, 설계 및 시공의 결함은 차량통행자에게 불쾌감 및 위협감을 줄 뿐만 아니라 경우에 따라서는 교량구조에도 악영향을 미칠 수 있는 장치이다.
- 본 교량의 신축이음장치는 A1(NO.150), P3(NO.300), A2(NO.150) 강핑거조인트로 시공된 상태이다.
- 신축이음의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사 및 측정을 실시하였다.



EXP.J1(A1) 전경



EXP.J2(P3) 전경



EXP.J3(A2) 전경

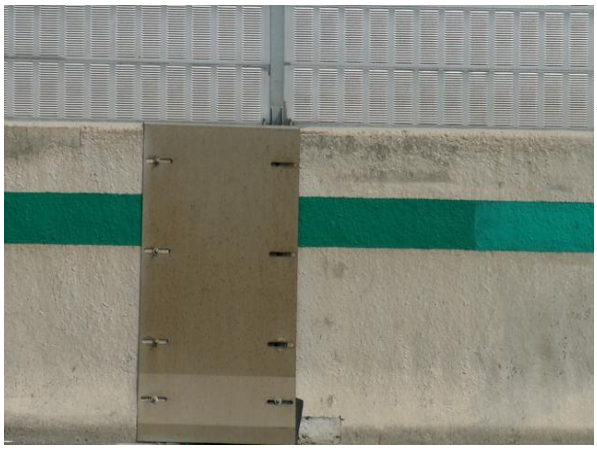
【사진 27.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 박락, 신축이음 누수, 차수판 앵커탈락 및 미설치 등의 손상이 조사되었다.

【표 27.3.13】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 박락 (㎡/개소)		차수판 앵커탈락 (개소/개소)		차수판 미설치 (개소/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	-	-	-	-	-	-	-	-
P3 (EXP J2)	-	-	4.00	4	-	-	-	-
A2 (EXP J3)	0.10	1	-	-	1.00	1	1.00	1
합계	0.10	1	4.00	4	1.00	1	1.00	1

	
P3 차수판 앵커탈락(1EA)	P3 차수판 앵커탈락(3EA)
	
A2 차수판 미설치(1EA)	A2 후타재 박락(0.1×1.0)
	
A1 상태양호	A1 상태양호

【사진 27.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

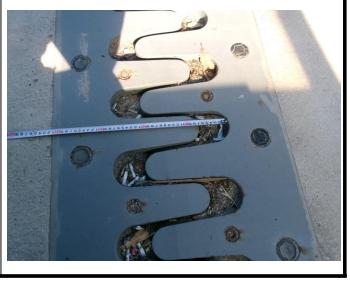
■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 신축이음에 발생한 후타재 박락의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 차수판 앵커탈락 및 누수는 온도변화 및 우수 등에 의한 손상으로 단면보수, 앵커볼트 정비 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 17. 기온 적용: 11.2℃(일평균)
강교 △T(신장시) : 40.0℃−11.2℃ = 28.8℃
△T(수축시) : −20.0℃−(11.2℃) = 31.2℃
RC교 △T(신장시) : 35.0℃−11.2℃ = 23.8℃
△T(수축시) : −15.0℃−(11.2℃) = 26.2℃
△lt(최소필요유간) : △T× α ×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α (/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 27.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 27.3.14】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	26.2	23.8	0.00001	120.0	31.4	28.6	75	150	280	
P3	26.2	23.8	0.00001	60.0	15.7	14.3	115	220	375	
	31.2	28.8	0.000012	176.0	65.9	60.8				
A2	31.2	28.8	0.000012	176.0	65.9	60.8	75	130	140	
1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 27.3.15】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③−②)	
A1	신축이음	31.4	28.6	75	150	106.4	46.4	O.K
	바닥판			150	−	−	121.4	O.K
	거더			280	−	−	251.4	O.K
P3	신축이음	81.6	75.1	115	300	196.6	39.9	O.K
	바닥판			220	−	−	144.9	O.K
	거더			375	−	−	299.9	O.K
A2	신축이음	65.9	60.8	75	150	140.9	14.2	O.K
	바닥판			130	−	−	69.2	O.K
	거더			140	−	−	79.2	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

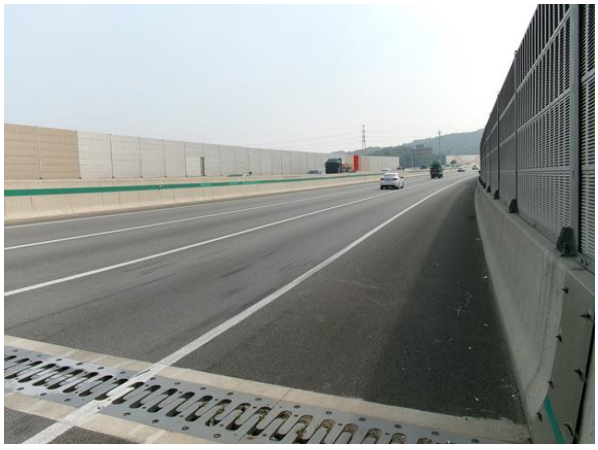
6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 서문22교(서울)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장(T=80㎜)으로 되어있다.
- 교면포장의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사를 실시하였다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

【사진 27.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 교량내의 아스콘 교면포장은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나, 접속부 콘크리트 포장에 일부 파손 및 망상균열이 확인되었다.

【표 27.3.16】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 파손 (㎡/개소)		접속도로 망상균열 (㎡/개소)	
S1	0.75	1	72.00	1
S2	-	-	-	-
S3	-	-	-	-
S4	-	-	-	-
S5	-	-	-	-
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-
S9	-	-	-	-
합계	0.75	1	72.00	1

	
S1 접속부 포장 망상균열(9.0×8.0)	S1 접속부 포장 파손(0.1×7.5)
	
교면포장 상태양호	교면포장 상태양호

【사진 27.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장은 아스콘에 균열이나 소성변형, 포트홀 등의 손상이 없는 상태로, 구배불량에 의한 물고임 현상도 발생하지 않은 상태이다. 다만, 접속부 콘크리트 포장 망상균열 및 파손이 일부 조사되었고, 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 서문22교(서울)의 상부는 그레이팅 덮개로 마감된 배수구가 하부는 육교형 배수관이 시공되어있고, 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.
- 배수시설에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



배수구 전경



배수관 전경

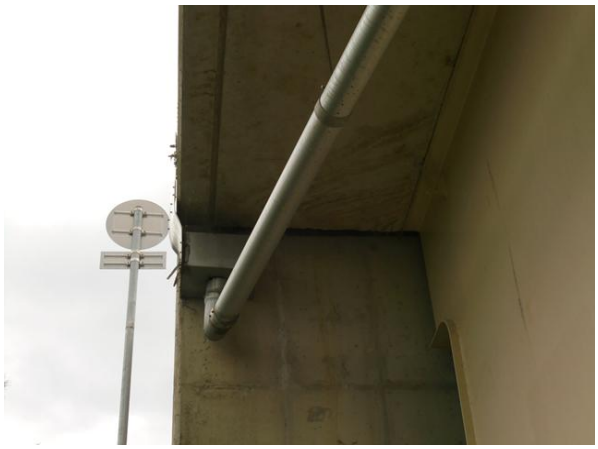
【사진 27.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수관 이음부 누수 및 월류가 조사되었다.

【표 27.3.17】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수관 이음부 누수 (개소/개소)		배수관 월류 (개소/개소)	
S1	1.00	1	-	-
S2	-	-	-	-
S3	-	-	-	-
S4	2.00	2	-	-
S5	-	-	-	-
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-
S9	1.00	1	1.00	1
합계	4.00	4	1.00	1

	
S1 배수관 이음부 누수(1EA)	P4 배수관 이음부 누수(1EA)
	
S9 배수관 월류(1EA)	S9 배수관 누수(1EA)

【사진 27.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 배수관 이음부 누수 및 월류가 발생하였다. 상기 손상들은 경미한 손상으로 시급한 보수보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다. 부속시설로 방음벽이 시공되어 있다.
- 방호벽에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



방호벽 전경



중분대 전경

【사진 27.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만의 균열 및 파손이 조사되었다.

【표 27.3.18】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		파손 (㎡/개소)	
S1	-	-	-	-
S2	3.00	2	-	-
S3	-	-	-	-
S4	4.50	3	-	-
S5	8.00	6	0.25	1
S6	9.00	6	-	-
S7	2.50	2	-	-
S8	2.50	2	-	-
S9	-	-	-	-
합계	29.50	21	0.25	1

	
S5 균열(Cw=0.3㎜미만)	S6 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
S7 균열(Cw=0.3㎜미만)	S5 중앙분리대 파손(0.5×0.5)

【사진 27.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열 및 파손은 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입, 차량충돌 등에 의한 손상으로 현재 경미한 상태로 시급한 보수 보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 서문22교(서울)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1, P1~P8에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.
- 교량 점검시설에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

【사진 27.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교대, 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 27.3.19】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
P4	-	-
P5	-	-
P6	-	-
P7	-	-
P8	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 27.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

27.3.3 외관조사 총괄표

【표 27.3.20】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		파손	㎡	0.39	2	
		철근노출	㎡	0.18	1	
		백태	㎡	0.45	3	
		망상균열	㎡	1,339.50	8	
S.T.B	거더외부	상태양호	-	-	-	
	거더내부	상태양호	-	-	-	
	가로보	상태양호	-	-	-	
BH	거더	균열(0.3㎜미만)	m	4.00	2	
		망상균열	㎡	4.80	2	
	가로보	백태	㎡	0.45	4	
		철근노출	㎡	0.02	1	
교대		법면 토사유실	㎡	20.00	1	
교각		균열(0.3㎜미만)	m	12.00	2	
교량받침		받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)	m	0.90	3	
		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.20	1	
		플레이트 도장박락	㎡	0.01	1	
신축이음		후타재 박락	㎡	0.10	1	
		신축이음 누수	m	1.00	1	
		차수판 앵커탈락	EA	4.00	4	
		차수판 미설치	EA	1.00	1	
교면포장		접속도로 파손	㎡	0.75	1	
		접속도로 망상균열	㎡	72.00	1	
배수시설		배수관 이음부 누수	EA	4.00	4	
		배수관 월류	EA	1.00	1	
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	29.50	21	
		파손	㎡	0.25	1	
점검시설		상태양호	-	-	-	

27.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

27.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

27.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 27.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	9	9	9	9	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		2	4	2	4	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시
※ 본 교량은 연장비 500m이상으로 조정비 80%로 상·하부구조 각각 9개소씩 반발경도시험을 실시함

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



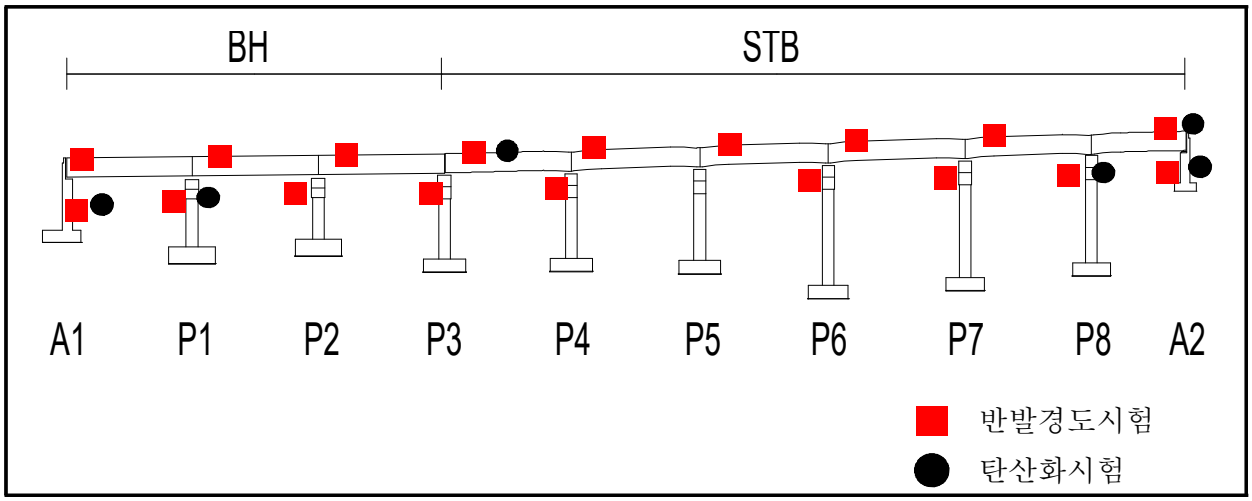
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 27.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 27.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

27.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(각 9개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 27.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S4	바닥판	47.8	28.6	29.5	0.67	27.0	
	S5	바닥판	49.0	29.6	30.1			
	S6	바닥판	48.5	29.2	29.8			
	S7	바닥판	47.8	28.6	29.5			
	S8	바닥판	49.1	29.7	30.1			
	S9	바닥판	47.6	28.4	29.4			

【표 27.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
상부구조	S1	거더	54.3	46.7	57.7	0.67	40.0	
	S2	거더	50.0	42.5	51.1			
	S3	거더	49.9	42.4	51.0			

【표 27.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	흉벽	43.7	25.1	27.5	0.67	24.0	
	A2	흉벽	45.9	27.0	28.6			

【표 27.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(㎫)				설계기준 강도 (㎫)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	코핑부	53.0	45.5	55.8	0.67	40.0	
	P2	코핑부	52.7	45.2	55.4			
	P3	코핑부	51.2	43.7	53.0			
	P4	코핑부	51.3	43.8	53.2			
	P6	코핑부	48.4	40.8	48.6			
	P7	코핑부	48.7	41.2	49.2			
	P8	코핑부	48.4	40.9	48.7			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 28.4~29.7㎫, 거더 42.4~46.7㎫, 하부구조 교대 25.1~27.0㎫, 교각 40.8~45.5㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 27.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	28.4~29.7	27.0	105.3~109.9
	거더	42.4~46.7	40.0	106.0~116.8
하부구조	교대	25.1~27.0	24.0	104.7~112.5
	교각	40.8~45.5	40.0	102.1~113.7

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 27.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S4 바닥판하면	3.5	40.0	36.5	2.47	100년이상	a
	S8 바닥판하면	3.5	40.0	36.5	2.47	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	4.0	100.0	96.0	2.83	100년이상	a
	A2 흉벽	4.0	100.0	96.0	2.83	100년이상	a
	P1 코핑부	4.0	100.0	96.0	2.83	100년이상	a
	P8 코핑부	3.5	100.0	96.5	2.47	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 3.5~4.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 27.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	3.5	36.5	
하부구조	3.5~4.0	96.0~96.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 27.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	28.4~29.7	27.0	■설계강도 이상(양호)
		거더	42.4~46.7	40.0	
	하부구조	교대	25.1~27.0	24.0	
		교각	40.8~45.5	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~96.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

27.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

27.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 27.5.1】 상태평가 결과표(BH)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	BH	a	a	b	a	c	a	a	a	a	q	–	a
S2	P1	BH	b	b	b	a	a	b	–	a	a	q	–	a
S3	P2	BH	b	b	a	a	a	a	–	b	a	q	–	–
평균			0.167	0.167	0.167	0.100	0.200	0.133	0.100	0.133	0.100	–	–	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	–	7
(평균×가중치) /가중치합			0.030	0.033	0.008	0.007	0.006	0.003	0.009	0.012	0.020	–	–	0.007
													0.135	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.135) < 0.260

【표 27.5.2】 상태평가 결과표(STB)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S4	P3	STB	b	a	a	a	c	b	b	a	b	q	a	–
S5	P4	STB	b	a	a	a	a	b	–	b	a	q	–	–
S6	P5	STB	b	a	a	a	a	b	–	b	a	q	–	–
S7	P6	STB	b	a	a	a	a	b	–	a	b	q	–	–
S8	P7	STB	b	a	a	a	a	b	–	a	a	q	a	–
S9	P8	STB	b	a	a	a	c	a	–	a	a	q	–	a
	A2								c	a	b	q	–	a
평균			0.200	0.100	0.100	0.100	0.200	0.183	0.300	0.129	0.143	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.020	0.005	0.007	0.006	0.004	0.027	0.012	0.029	–	0.004	0.003
													0.152	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.152) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 27.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문22교(서울)(BH)	0.135	B	180.0	3	540.0	0.338	0.046
서문22교(서울)(STB)	0.152	B	352.0	3	1,056.0	0.662	0.100
합계(Σ)			532.0	6	1,596.0	1.000	0.146
1. 평가지수 =							0.146
2. 상태평가결과 =							B

27.5.2 기 점검 결과와의 비교

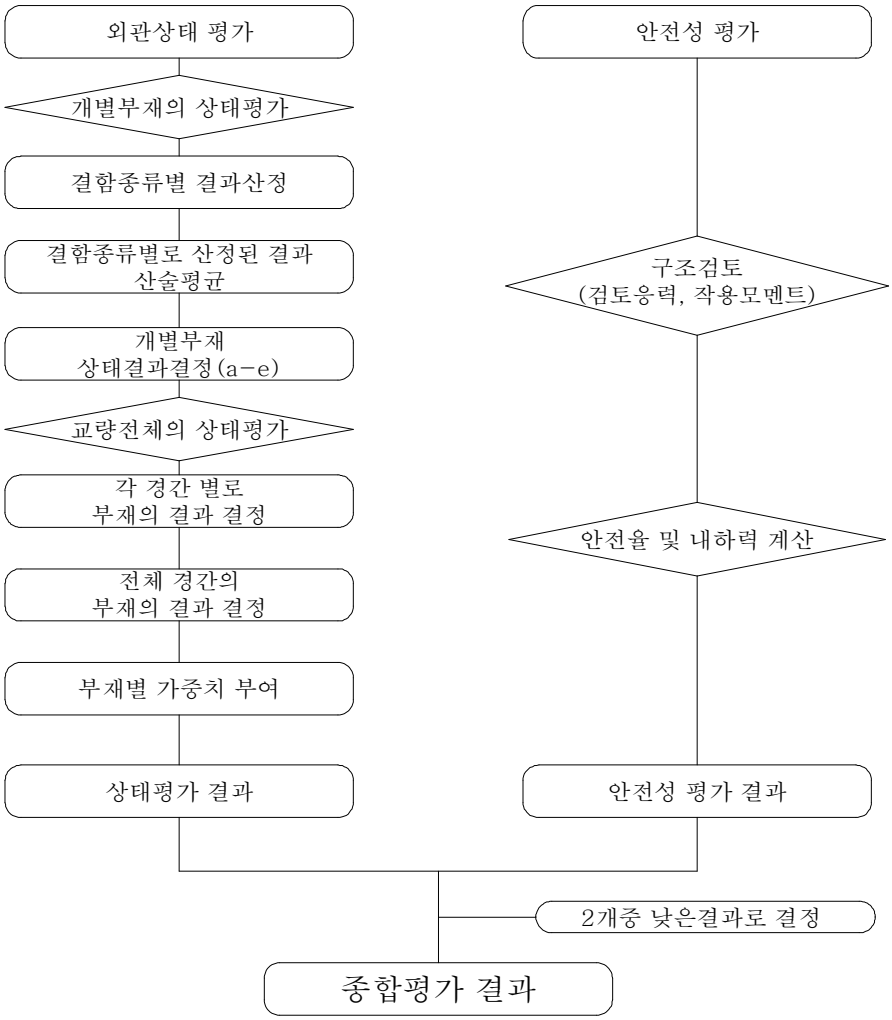
■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

27.6 종합평가 및 안전등급 지정

27.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 27.6.1】 종합평가 결과 산정절차

27.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 27.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문22교(서울)	0.146	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

27.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 27.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

27.7 보수·보강 및 유지관리방안

27.7.1 보수·보강 방안

【표 27.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		파손	㎡	0.39	2	단면보수	하자
		철근노출	㎡	0.18	1	단면보수(방청)	하자
		백태	㎡	0.45	3	표면처리	하자
		망상균열	㎡	1,339.50	8	표면처리	하자
S.T.B	거더외부	상태양호	-	-	-	-	
	거더내부	상태양호	-	-	-	-	
	가로보	상태양호	-	-	-	-	
BH	거더	균열(0.3㎜미만)	m	4.00	2	표면처리	하자
		망상균열	㎡	4.80	2	표면처리	하자
	가로보	백태	㎡	0.45	4	표면처리	하자
		철근노출	㎡	0.02	1	단면보수(방청)	하자
교대		법면 토사유실	㎡	20.00	1	정비	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	m	12.00	2	표면처리	하자
교량받침		받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)	m	0.90	3	표면처리	하자
		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.20	1	단면보수	하자
		플레이트 도장박락	㎡	0.01	1	재도장	하자
신축이음		후타재 박락	㎡	0.10	1	단면보수	하자
		신축이음 누수	m	1.00	1	재설치	하자
		차수판 앵커탈락	EA	4.00	4	정비	하자
		차수판 미설치	EA	1.00	1	정비	하자
교면포장		접속도로 파손	㎡	0.75	1	단면보수	하자
		접속도로 망상균열	㎡	72.00	1	표면처리	하자
배수시설		배수관 이음부 누수	EA	4.00	4	정비	하자
		배수관 월류	EA	1.00	1	정비	하자
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	29.50	21	표면처리	하자
		파손	㎡	0.25	1	단면보수	하자
점검시설		상태양호	-	-	-	-	

27.7.2 개략공사비

【표 27.7.2】 개략공사비

구분		손상 내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면		파손	단면보수	0.39	0.59	㎡	-	-	하자
		철근노출	방청	0.18	0.27	㎡	-	-	하자
		백태	표면처리	0.45	0.68	㎡	-	-	하자
		망상균열	표면처리	1,339.50	2,009.25	㎡	-	-	하자
BH	거더	균열(0.3㎜미만)	표면처리	4.00	1.50	㎡	-	-	하자
		망상균열	표면처리	4.80	7.20	㎡	-	-	하자
	가로보	백태	표면처리	0.45	0.68	㎡	-	-	하자
		철근노출	방청	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
교대		법면 토사유실	정비	20.00	30.00	㎡	-	-	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	표면처리	12.00	4.50	㎡	-	-	하자
교량받침		균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.90	0.34	㎡	-	-	하자
		재료분리	단면보수	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
		플레이트 도장박락	재도장	0.01	0.02	㎡	-	-	하자
신축이음		후타재 박락	단면보수	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
		신축이음 누수	재설치	1.00	1.50	m	-	-	하자
		차수판 앵커탈락	정비	4.00	6.00	EA	-	-	하자
		차수판 미설치	정비	1.00	1.50	EA	-	-	하자
교면포장		접속도로 파손	단면보수	0.75	1.13	㎡	-	-	하자
		접속도로 망상균열	표면처리	72.00	108.00	㎡	-	-	하자
배수시설		배수관 이음부 누수	정비	4.00	6.00	EA	-	-	하자
		배수관 월류	정비	1.00	1.50	EA	-	-	하자
방호벽		균열(0.3㎜미만)	표면처리	29.50	11.06	㎡	-	-	하자
		파손	단면보수	0.25	0.38	㎡	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

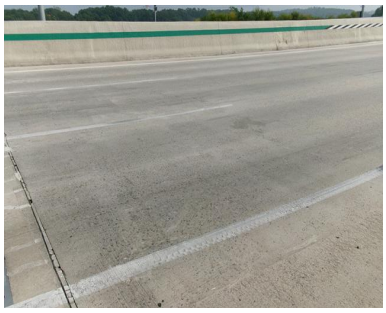
27.7.3 유지관리방안

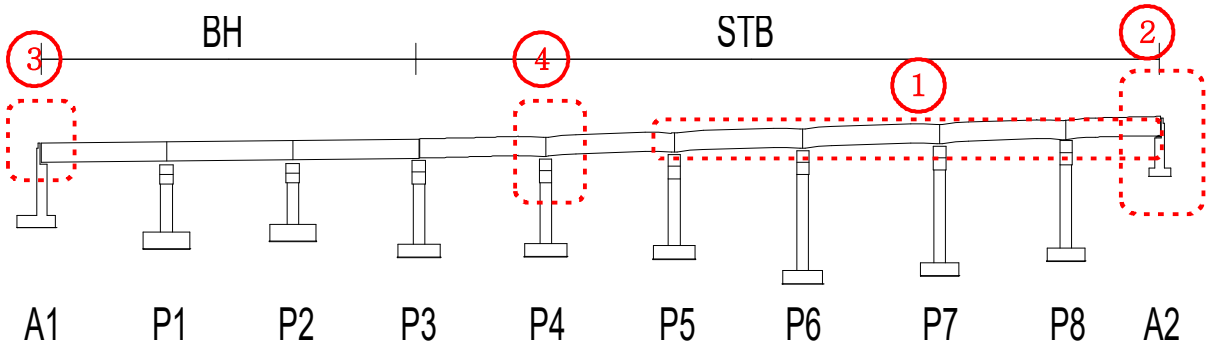
본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 27.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

<table>
<tr><td colspan="2">  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">① 바닥판 하면 망상균열, 백태 등 – 진전 여부확인</td><td>② 하부구조 법면 토사유실 – 진전 여부확인</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>③ 교면포장 망상균열 – 진전 여부확인</td><td colspan="2">④ 배수관 및 배수구 누수, 막힘, 파손 등 - 진전 여부확인</td></tr>
</table>



27.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 원당동 572-2에 위치한 교량으로 총 연장 532.0m, 폭 15.9m의 Steel Box + BH Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

27.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면 외관조사 결과, 콘크리트 파손 및 철근노출, 망상균열, 백태 등의 손상이 확인되었다.
- 바닥판하면에 발생한 파손 및 철근노출은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수, 방청 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 망상균열, 백태는 초기 건조수축, 온도변화, 우수유입 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

2) Steel Box Girder + BH Girder

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, S1~S3의 BH거더에 폭 0.3㎜미만의 균열 및 망상균열이 조사되었고, ST. BOX 거더의 경우 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- BH거더에 발생한 균열(폭 0.1~0.2㎜) 및 망상균열은 초기 건조수축, 온도변화, 우수유입 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- ST. BOX 거더는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보에 대한 현장조사 결과, BH거더 가로보에 백태 및 철근노출 손상이 조사되었다.
- 가로보에 발생한 백태, 철근노출 등의 손상은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

4) 교대

- 교대에 대한 외관조사 결과 A2 법면에 토사유실이 일부 조사되었고, 현재 임시보수가 되어있는 상태이다.
- 교대 A2에 발생한 법면 외측 성토부 토사유실은 하절기 강우에 의한 것으로 판단되며, 현재 임시보수가 되어있는 상태로 손상의 진전유무를 확인하는 유지관리가 요망된다.

5) 교각

- 교각에 대한 현장조사 결과, 코핑부에 폭 0.3㎜미만 균열이 조사되었다.
- 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

6) 교량받침

- 현장조사 결과 받침콘크리트에 균열 및 재료분리, 플레이트 도장박락이 조사되었다.
- 받침콘크리트 균열 및 재료분리, 플레이트 도장박락은 건조수축, 온도변화, 다짐불량, 도장불량 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 손상으로 금회 일괄보수 보다는 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 시 표면보수, 단면보수, 재도장 등의 보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 교량받침 이동량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 박락, 신축이음 누수, 차수판 앵커탈락 및 미설치 등의 손상이 조사되었다.
- 신축이음에 발생한 후타재 박락의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 차수판 앵커탈락 및 누수는 온도변화 및 우수 등에 의한 손상으로 단면보수, 앵커볼트 정비 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 현장조사 결과 교량내의 아스콘 교면포장은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나, 접속부 콘크리트 포장에 일부 파손 및 망상균열이 확인되었다.

■ 교면포장은 아스콘에 균열이나 소성변형, 포트홀 등의 손상이 없는 상태로, 구배불량에 의한 물고임 현상도 발생하지 않은 상태이다. 다만, 접속부 콘크리트 포장 망상균열 및 파손이 일부 조사되었고, 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

9) 배수시설

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수관 이음부 누수 및 월류가 조사되었다.

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 배수관 이음부 누수 및 월류가 발생하였다. 상기 손상들은 경미한 손상으로 시급한 보수보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만의 균열 및 파손이 조사되었다.

■ 방호벽에 발생한 균열 및 파손은 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입, 차량충돌 등에 의한 손상으로 현재 경미한 상태로 시급한 보수 보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

11) 교량 점검시설

■ 교대, 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 28.4~29.7㎫, 거더 42.4~46.7㎫, 하부구조 교대 25.1~27.0㎫, 교각 40.8~45.5㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

■ 상부구조 탄산화깊이는 3.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 3.5~4.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 서문22교(서울)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문22교(서울)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

27.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

27.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

28. 서문22교(문산)

28.1 시설물 개요
28.2 자료수집 및 분석
28.3 현장조사
28.4 콘크리트 내구성조사
28.5 상태평가
28.6 종합평가 및 안전등급 지정
28.7 보수·보강 및 유지관리 방안
28.8 종합결론

28. 서문22교(문산)

28.1 시설물의 개요

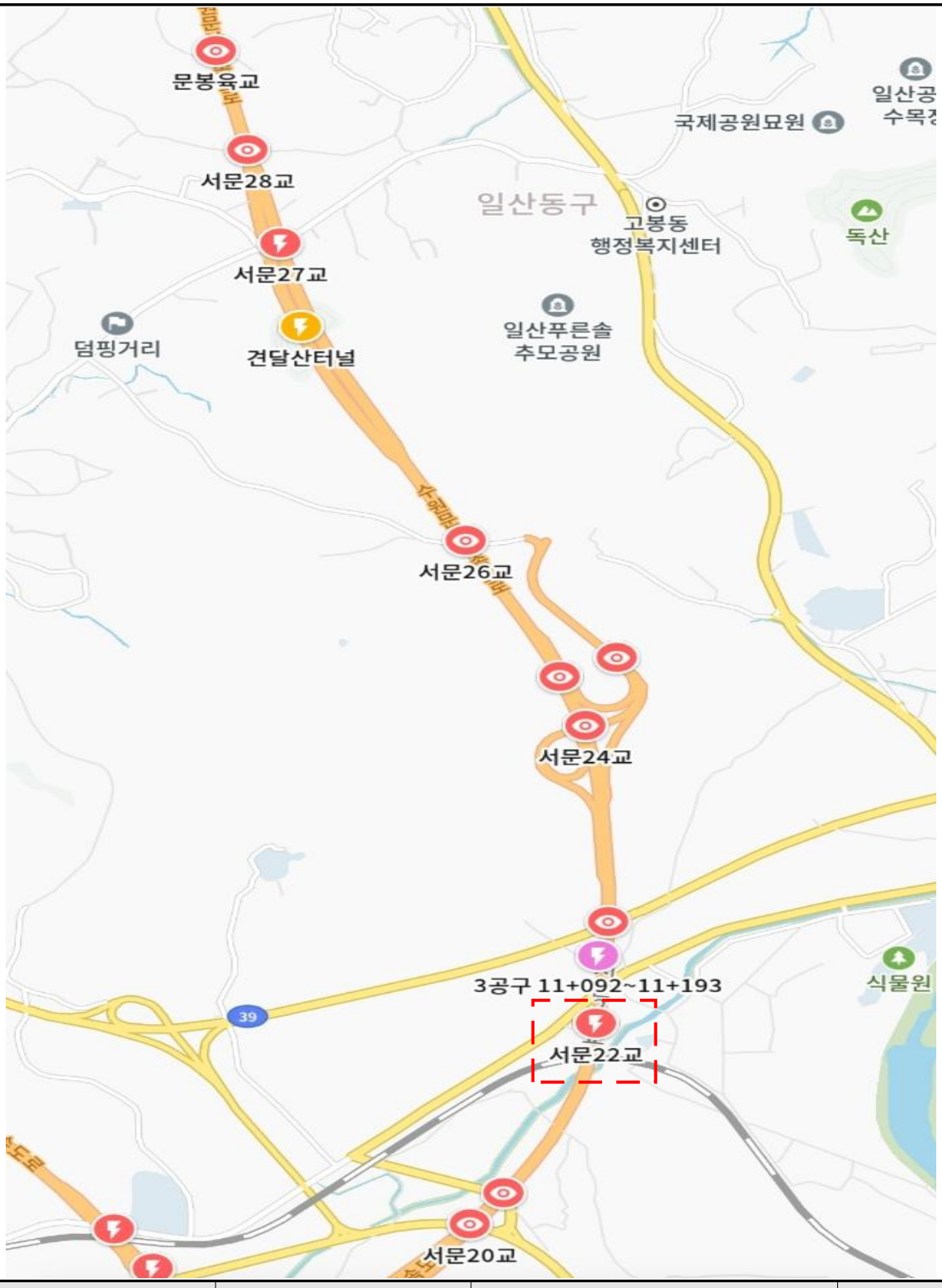
본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 원당동 572-2에 위치한 교량으로 총 연장 503.0m, 폭 15.9m로 시공되어 있다.

28.1.1 일반사항

【표 28.1.1】 서문22교(문산) 일반사항

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000117</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td>경기도 고양시 덕양구 원당동 572-2</td><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td></tr>
<tr><td colspan="2">시점이정</td><td>본선구간 8.270km</td><td colspan="2">노 선 명</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=503.0m(3@60+53+65+70+75=503.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=15.9m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조 형식</td><td>상부</td><td>BH거더+Steel Box거더</td><td rowspan="2">기초 형식</td><td>교 대</td><td>강관말뚝기초, 직접기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교 각</td><td>강관말뚝기초, 직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>핑거</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>원당천, 서울교외선철도</td><td colspan="2">통과높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td>-</td><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td></tr>
<tr><td colspan="2">시 공 자</td><td>지에스건설㈜</td><td colspan="2">관리주체</td><td>㈜신성엔지니어링</td></tr>
<tr><td colspan="2">감 리 자</td><td>동남이엔씨㈜</td><td colspan="2">관리주체</td><td>서울문산고속도로주식회사</td></tr>
<tr><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">측면 전경</td><td colspan="3">상부 전경</td></tr>
</table>

28.1.2 위치도 및 전경사진



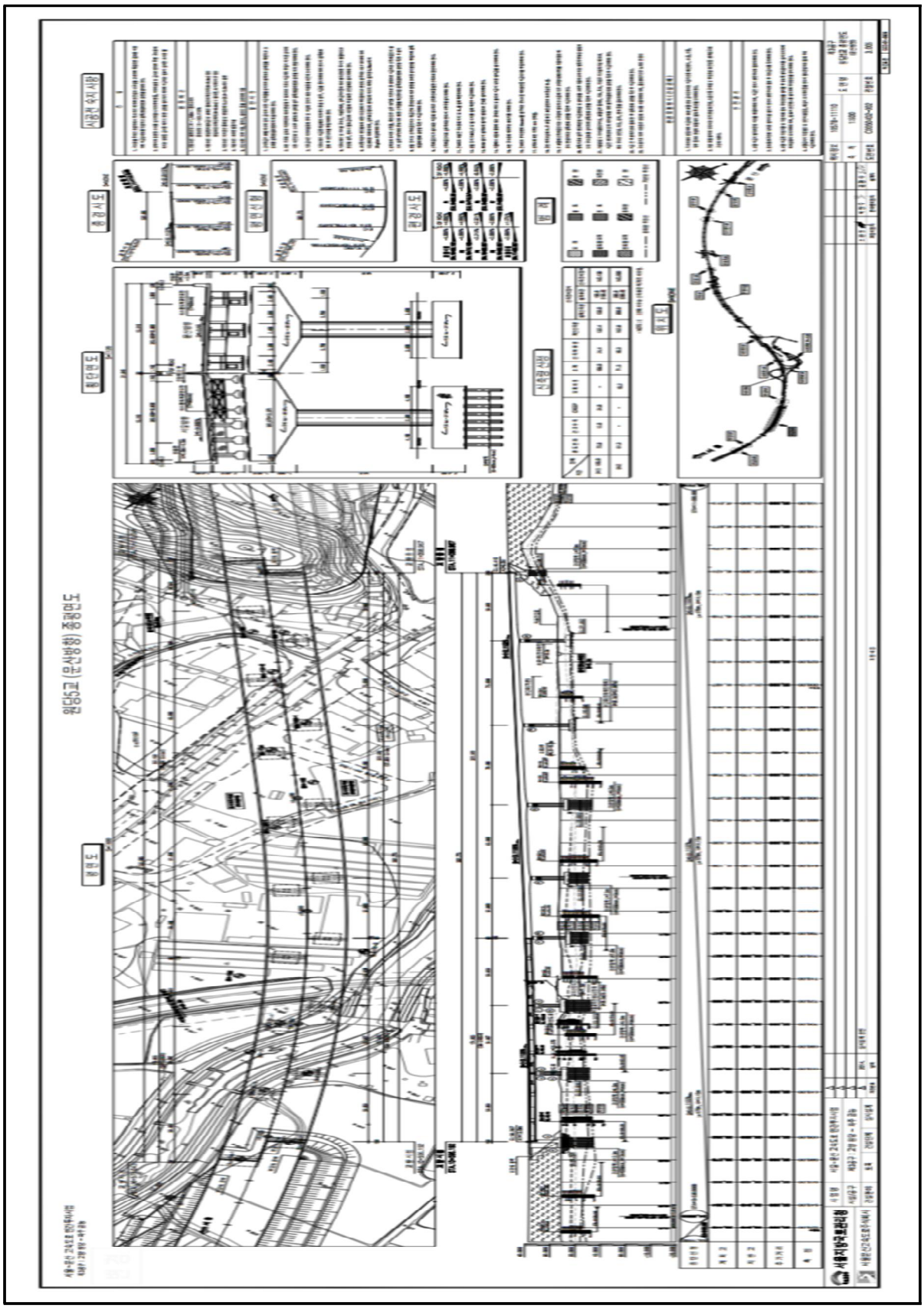
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S8	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 28.1.1】 위치도

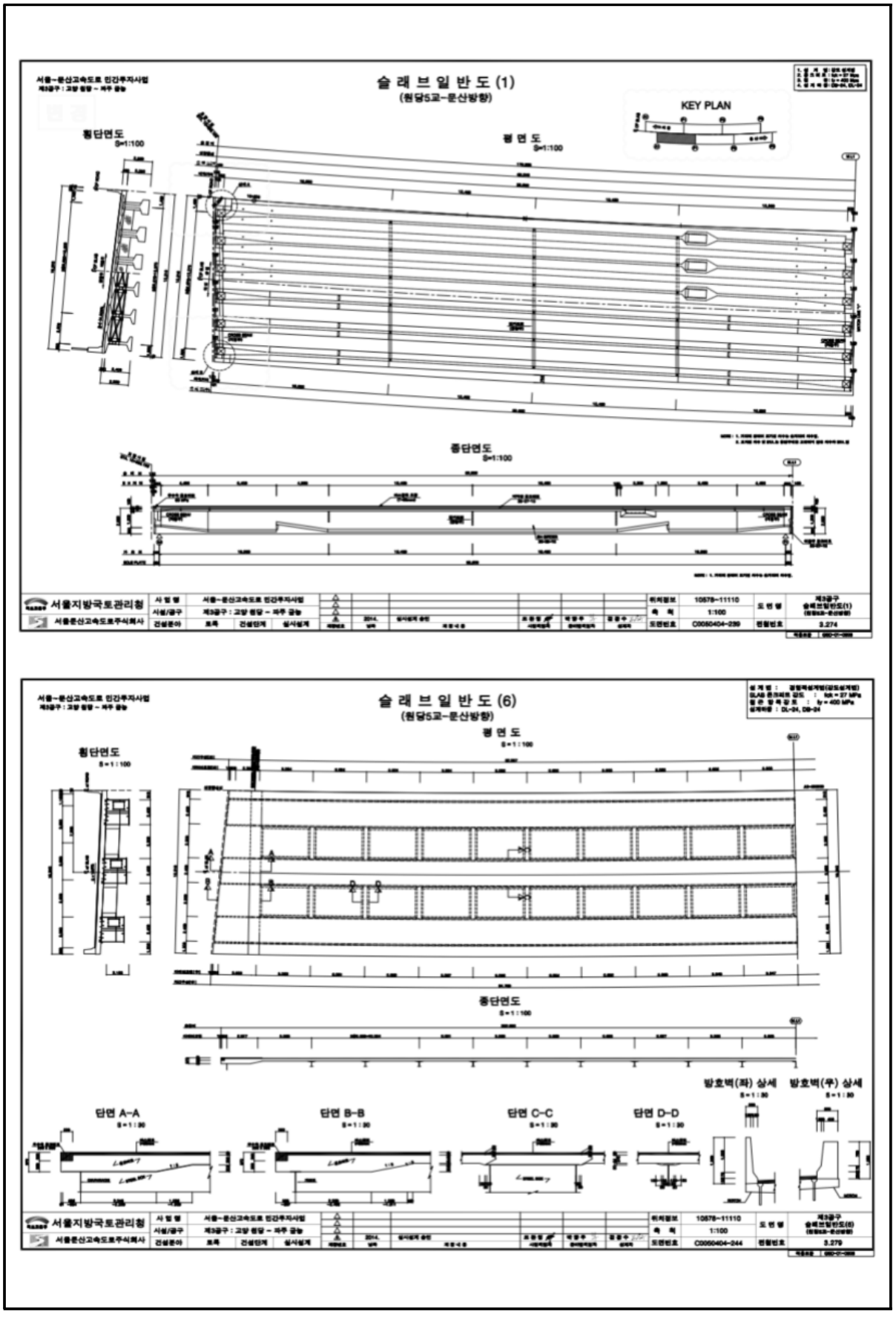
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더(BH거더) 전경	거더(S.T.B), 바닥판하면 전경
	
교대(A2) 전경	교각 전경

【그림 28.1.2】 부재별 현황

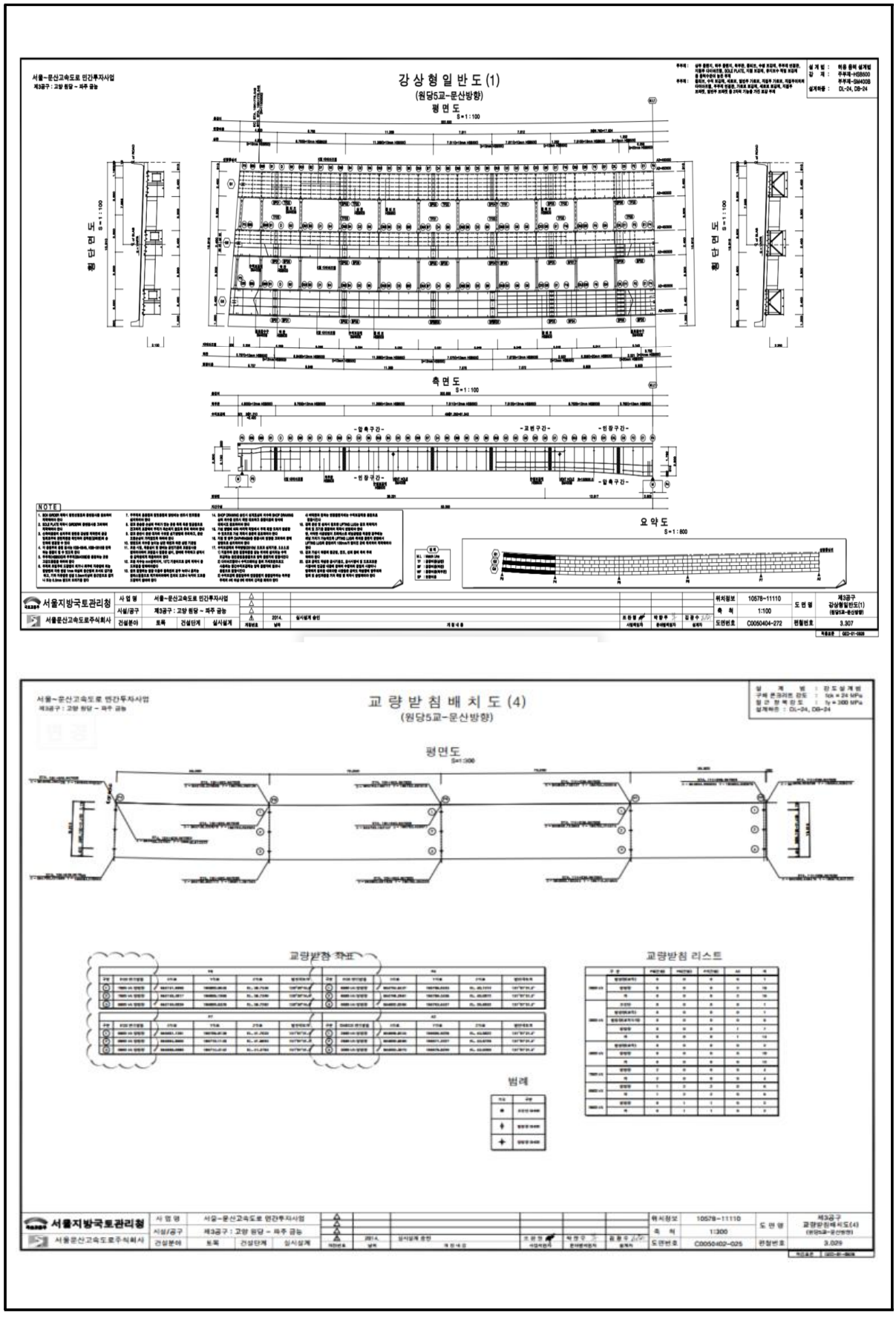
28.1.3 시설물 일반도



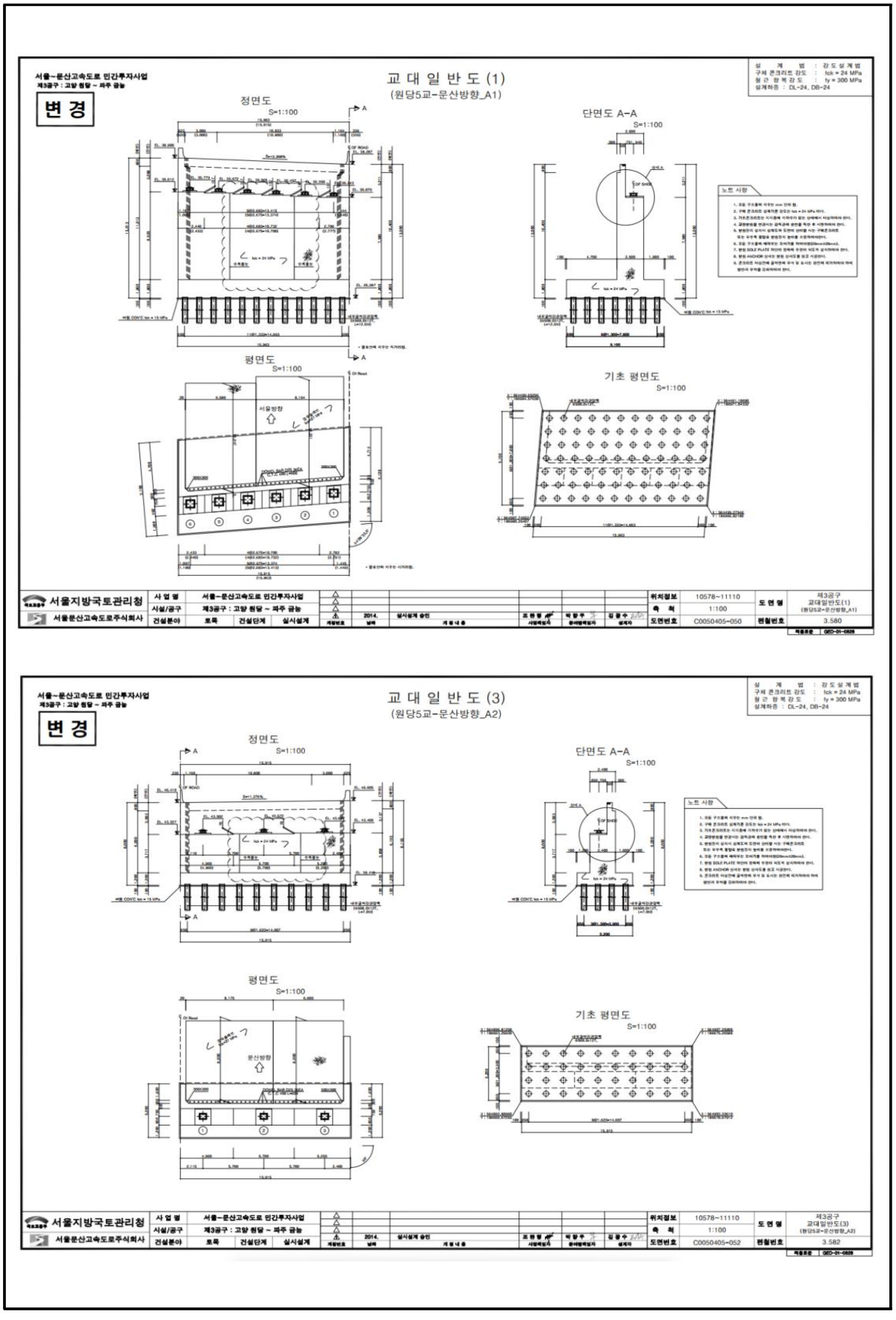
【그림 28.1.3】 평면 및 종단면도



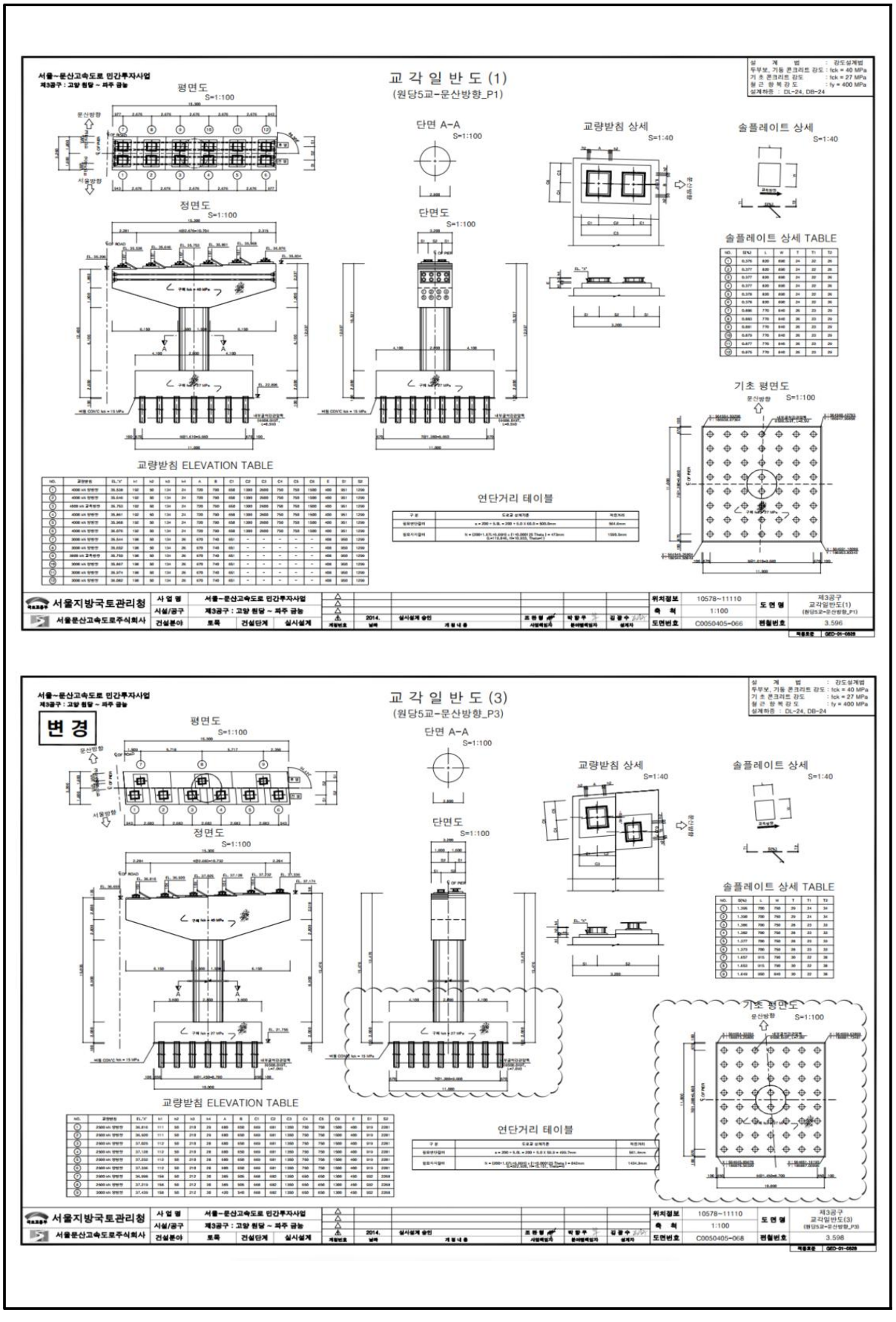
【그림 28.1.4】 바닥판하면 일반도



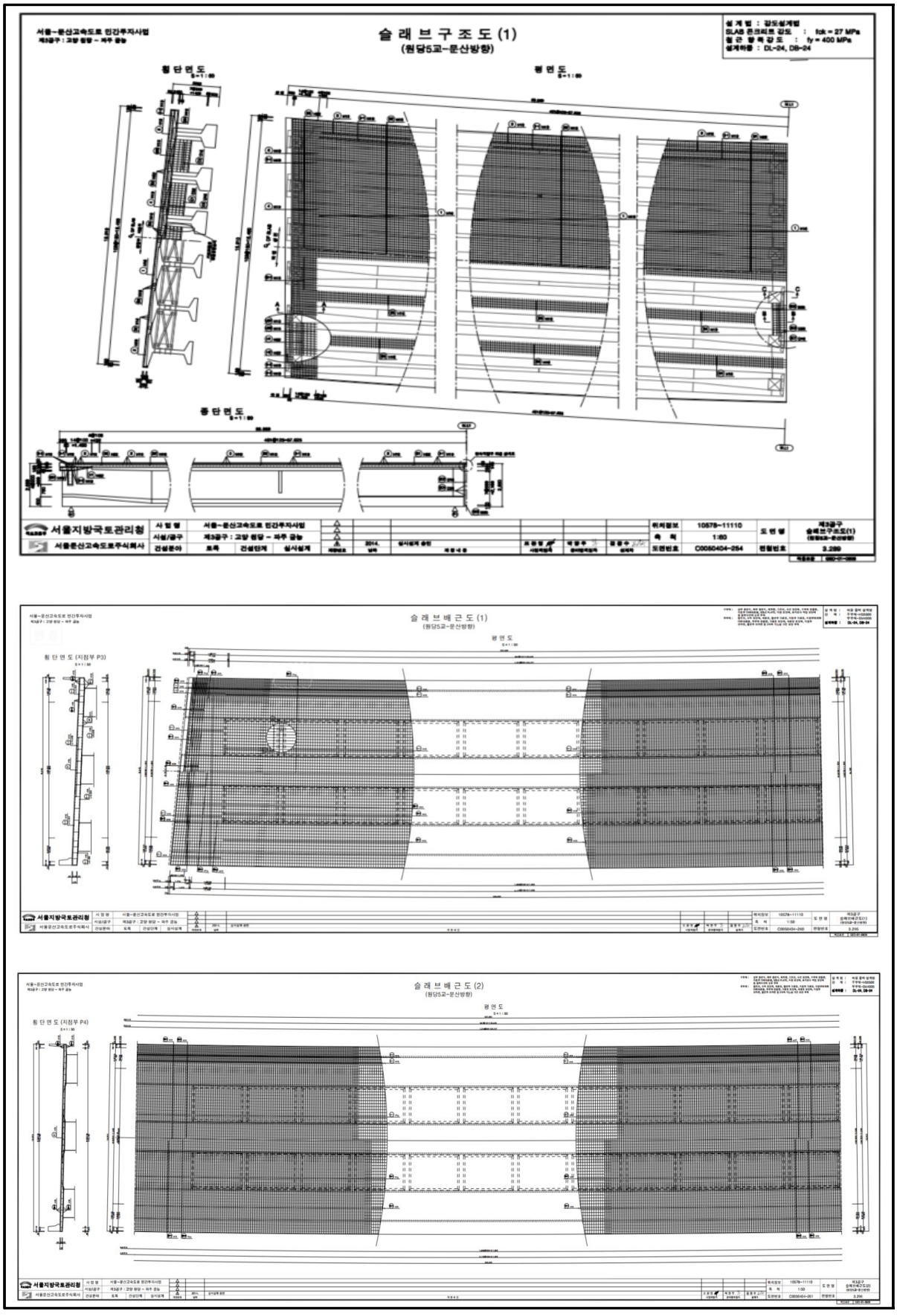
【그림 28.1.5】 강상형 일반도, 교량받침배치도



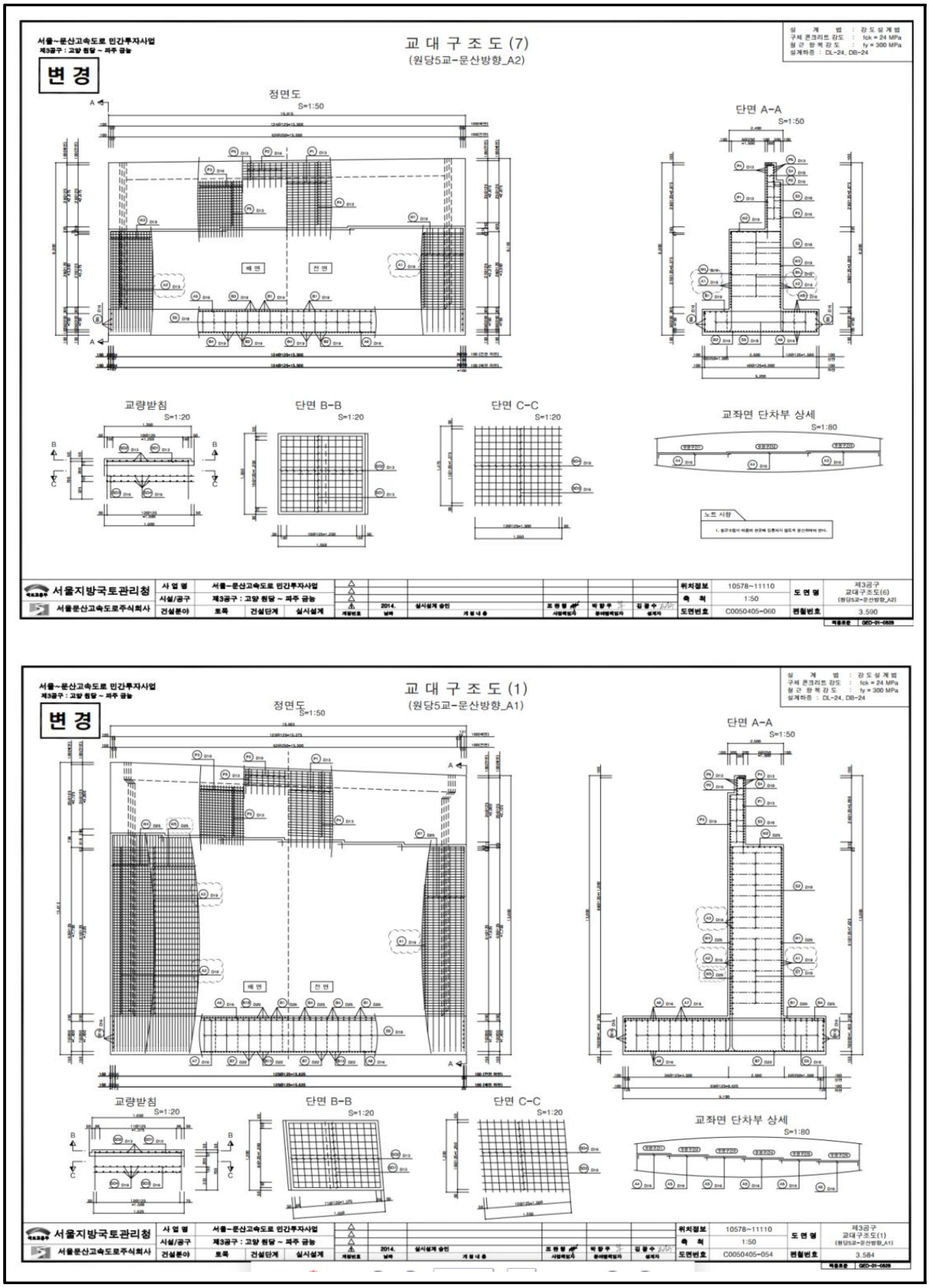
【그림 28.1.6】 교대 일반도



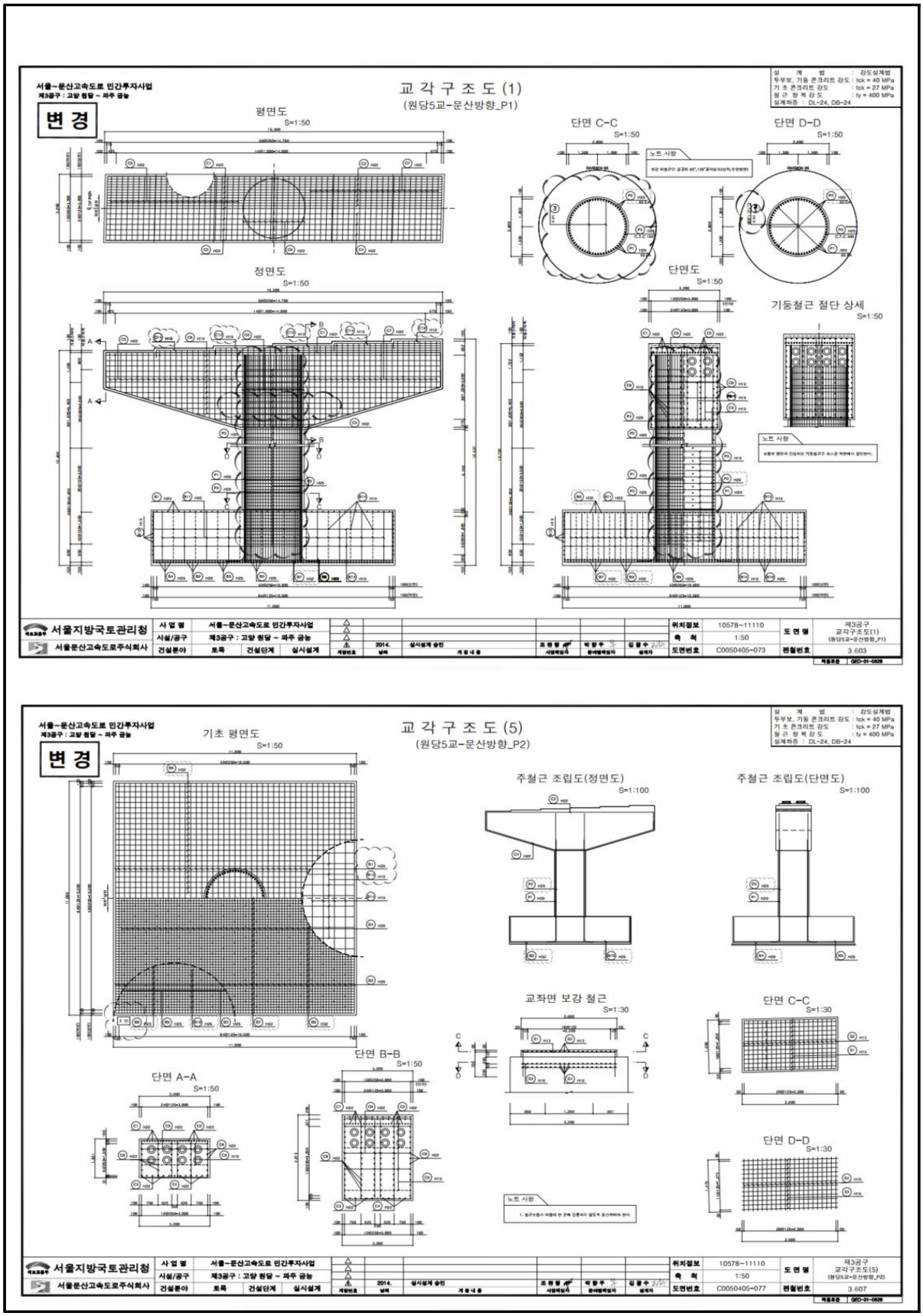
【그림 28.1.7】 교각 일반도



【그림 28.1.8】 바닥판하면 배근도



【그림 28.1.9】 교대 배근도



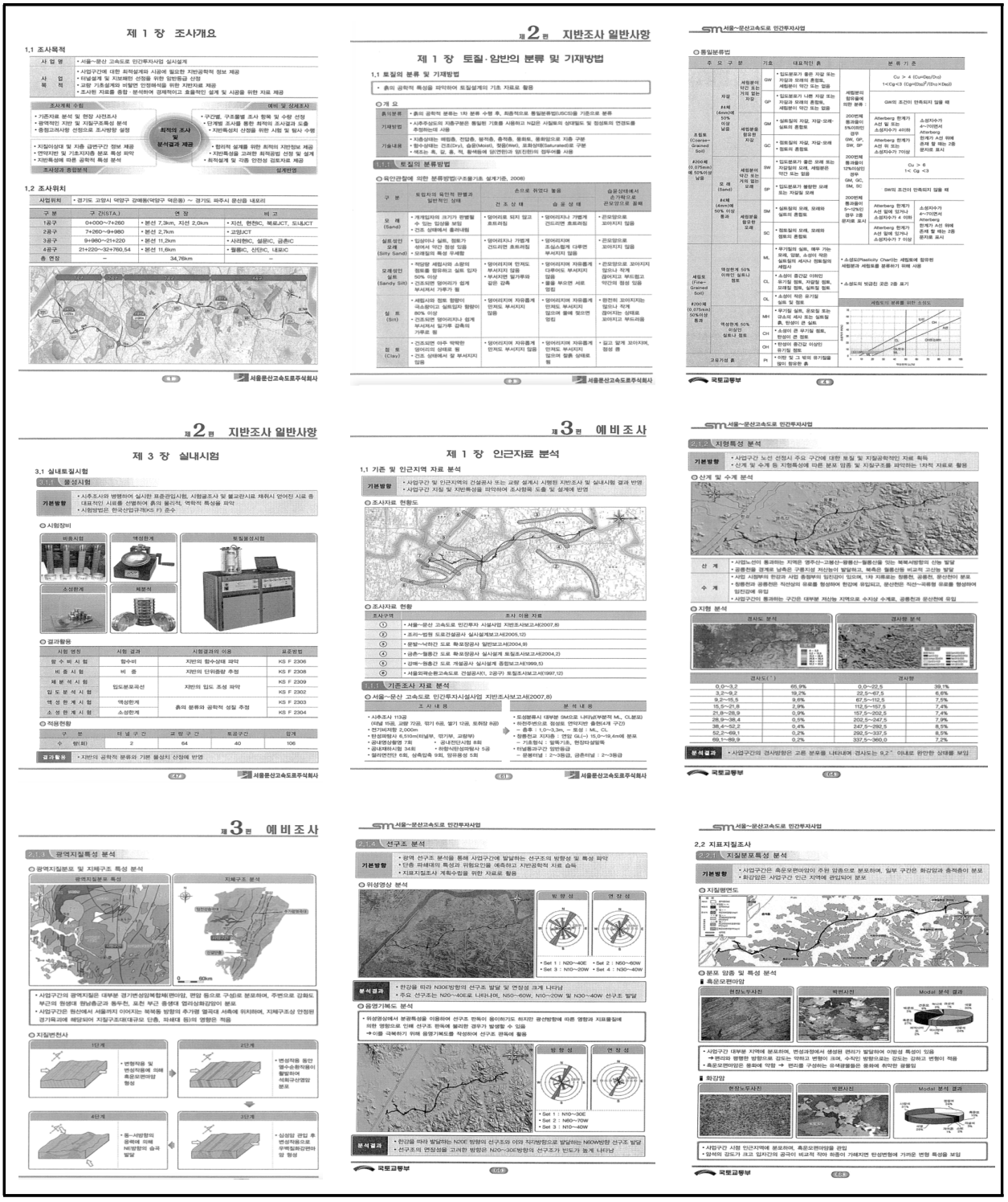
【그림 28.1.10】 교각 배근도

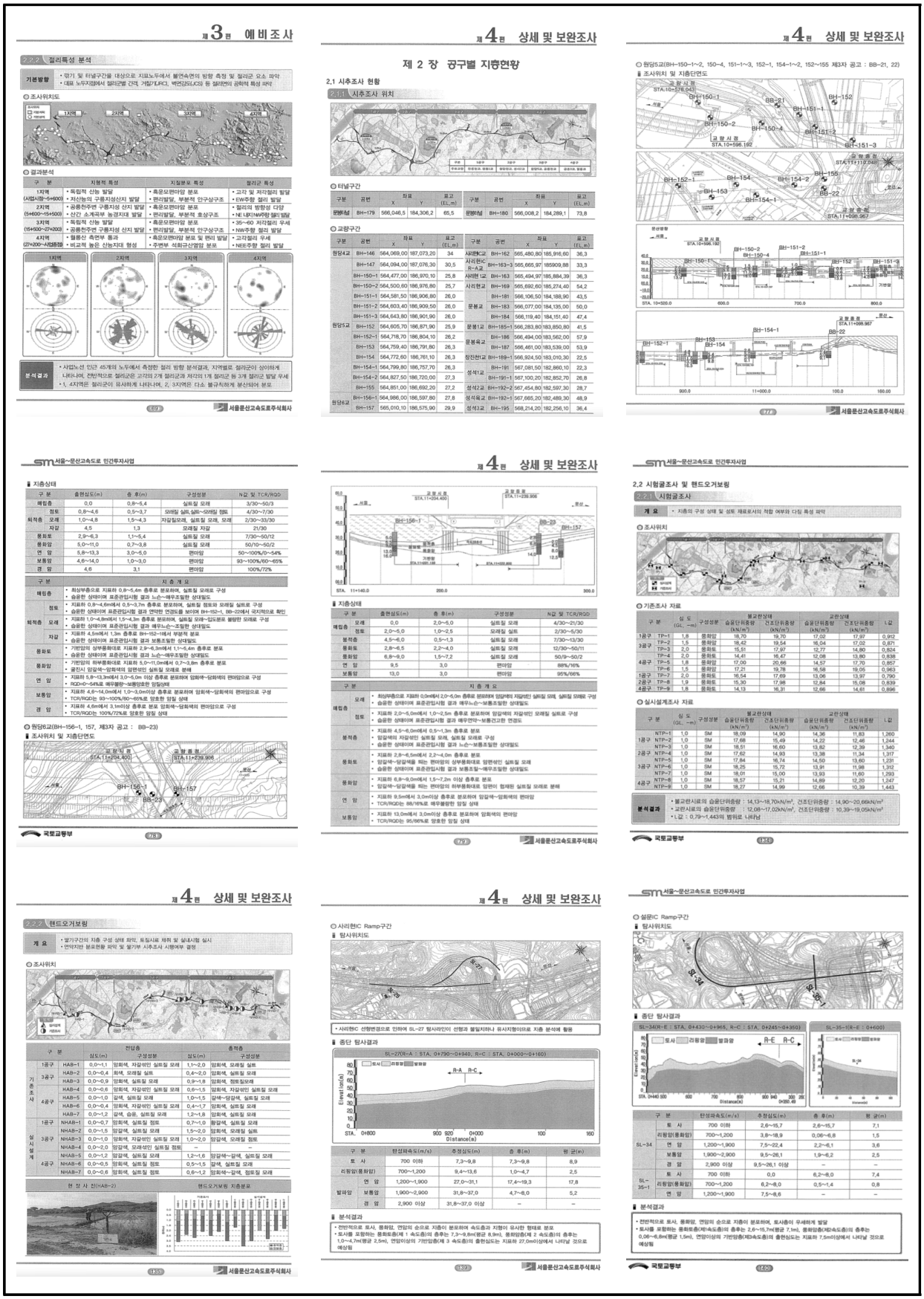
28.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

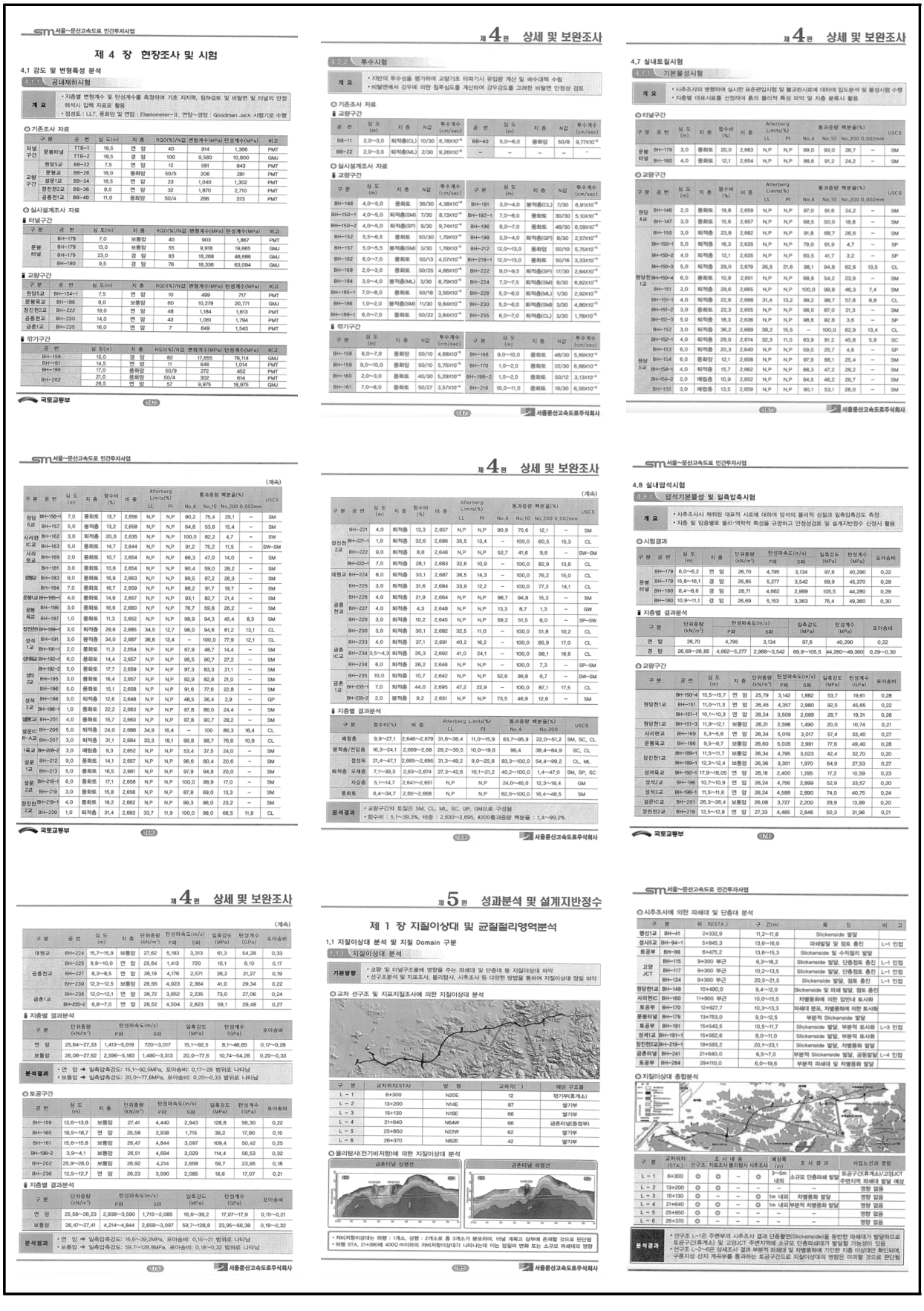
28.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질




제3편 예비조사
2.2.2 절리특성 분석
기본방향
• 막기 및 터널구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악
• 대표 노두지점에서 절리군별 간격, 개방기(JFC), 버컨답도(JCS) 등 절리면의 공학적 특성 파악
조사위치도
결과분석
• 사업노선 인근 45개의 노두에서 측정한 절리 방향 분석결과, 지역별로 절리군이 상이하게 나타나며, 전반적으로 절리군은 고각의 2개 절리군과 저각의 1개 절리군 등 3개 절리군 발달 우세
• 1, 4지역은 절리군이 유사하게 나타나며, 2, 3지역은 다소 불규칙하게 분산되어 분포.
69
서울문산고속도로주식회사
제4편 상세 및 보완조사
제 2 장 공구별 지층현황
2,1 시추조사 현황
2.1.1 시추조사 위치
터널구간
교량구간
원당5교
원당6교
원당5교
지층상태
지층 개 요
원당6교(BH-156-1, 157, 제3차 공고 : BB-23)
조사위치 및 지층단면도
국토교통부
78
서울문산고속도로주식회사
제4편 상세 및 보완조사
지층상태
지층 개 요
79
서울문산고속도로주식회사
제4편 상세 및 보완조사
원당5교(BH-150-1~2, 150-4, 151-1~3, 152-1, 154-1~2, 152~155 제3차 공고 : BB-21, 22)
조사위치 및 지층단면도
77
서울문산고속도로주식회사
서울~문산고속도로 민간투자사업
2,2 시험굴조사 및 핸드오거보링
2.2.1 시험굴조사
개 요
• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다음 특성 파악
조사위치
기존조사 자료
실시설계조사 자료
분석결과
• 분석시료의 습윤단위중량 : 14,13~18,70kN/m³, 건조단위중량 : 14,90~20,66kN/m³
• 교란시료의 습윤단위중량 : 12,08~17,02kN/m³, 건조단위중량 : 10,39~19,05kN/m³
• L값 : 0,79~1,443의 범위로 나타남
국토교통부
121
제4편 상세 및 보완조사
2.2.7 핸드오거보링
개 요
• 설기구간의 지층 구성 상태 파악, 토질시료 채취 및 실내시험 실시
• 연약지반 분포현황 파악 및 설기부 시추조사 시행여부 결정
조사위치
기존조사
실시설계
현 장 사 진(HAB-2)
핸드오거보링 지층분포
135
서울문산고속도로주식회사
제4편 상세 및 보완조사
사리천IC Ramp구간
탐사위치도
• 사리천IC 선형변경으로 인하여 SL-27 탐사라인이 선형과 불일치하나 유사지형이므로 지층 분석에 활용
종단 탐사결과
분석결과
• 전반적으로 토사, 풍화암, 연암의 순으로 지층이 분포하며, 토사층이 우세하게 발달
• 토사층 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 7,3~9,8m(평균 8,9m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 1,0~4,7m(평균 2,5m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 27,0m이상에서 나타날 것으로 예상됨
132
서울문산고속도로주식회사
서울~문산고속도로 민간투자사업
설문IC Ramp구간
탐사위치도
종단 탐사결과
분석결과
• 전반적으로 토사, 풍화암, 연암의 순으로 지층이 분포하며, 토사층이 우세하게 발달
• 토사층 포함하는 풍화토층(제1속도층)의 층후는 2,6~15,7m(평균 7,1m), 풍화암층(제2속도층)의 층후는 0,06~6,8m(평균 1,5m), 연암이상의 기반암층(제3속도층)의 출현심도는 지표하 7,5m이상에서 나타날 것으로 예상됨
140
국토교통부

나. 지반 및 지질 조사보고서



제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공대재하시험

개 요
- 지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용
- 장성도 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 기존조사 자료

구분		공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
터널구간	문봉터널	TTB-1	18,5	연 암	40	914	1,366	PMT
		TTB-2	18,5	경 암	100	9,580	10,800	GMJ
교량구간	한당5교	BB-22	7,5	연 암	12	581	843	PMT
	분봉교	BB-26	18,0	풍화암	50/5	206	281	PMT
	삼문1교	BB-34	18,5	연 암	23	1,040	1,302	PMT
	장진천2교	BB-36	9,0	연 암	32	1,870	2,710	PMT
	공룡천1교	BB-40	11,0	풍화암	50/4	266	373	PMT

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
문봉터널	BH-179	7,0	보통암	40	903	1,867	PMT
	BH-179	13,0	보통암	55	9,918	19,665	GMJ
	BH-179	23,0	경 암	93	18,268	48,686	GMJ
	BH-180	9,5	경 암	76	18,336	63,094	GMJ

▮ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
한당5교	BH-154-1	7,5	연 암	10	499	717	PMT
분봉육교	BH-186	9,0	보통암	60	10,279	20,771	GMJ
장진천2교	BH-222	19,0	연 암	48	1,184	1,613	PMT
공룡천2교	BH-230	14,0	연 암	43	1,061	1,794	PMT
금촌1교	BH-235	16,0	연 암	7	649	1,543	PMT

▮ 암가구간

공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-159	15,0	경 암	82	17,655	76,114	GMJ
BH-161	14,5	연 암	11	646	1,014	PMT
BH-199	17,0	풍화암	50/9	272	452	PMT
BH-202	21,0	풍화암	50/4	302	614	PMT
	26,5	연 암	57	9,975	18,975	GMJ

국토교통부 142

제 4 편 상세 및 보완조사

4.2.2 투수시험

개 요
- 지반의 투수성을 평가하여 교량기초 터파기시 유입량 계산 및 배수대책 수립
- 비탈면에서 강우에 의한 침투심도를 계산하여 강우강도를 고려한 비탈면 안정성 검토

○ 기존조사 자료

▮ 교량구간

공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BB-11	2,0~3,0	퇴적층(CL)	10/30	$6.78X10^{-6}$	BB-40	5,0~6,0	풍화암	50/8	$9.77X10^{-5}$
BB-22	2,0~3,0	퇴적층(ML)	2/30	$9.26X10^{-6}$	-	-	-	-	-

○ 실시설계조사 자료

▮ 교량구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-146	4,0~5,0	풍화토	36/30	$4.38X10^{-6}$	BH-191	3,0~4,0	붕적층(CL)	7/30	$6.91X10^{-6}$
BH-150-1	4,0~5,0	퇴적층(SM)	7/30	$8.13X10^{-6}$	BH-192-1	7,0~8,0	풍화토	30/30	$5.10X10^{-6}$
BH-150-2	4,0~5,0	퇴적층(SP)	9/30	$9.74X10^{-6}$	BH-196	6,0~7,0	풍화토	48/30	$6.59X10^{-6}$
BH-152	5,5~6,5	풍화토	50/30	$1.79X10^{-6}$	BH-198	3,0~4,0	퇴적층(GP)	8/30	$2.57X10^{-5}$
BH-157	5,0~5,5	붕적층(SM)	3/30	$1.78X10^{-5}$	BH-212	12,0~13,0	풍화암	50/10	$5.75X10^{-6}$
BH-162	6,0~7,0	풍화토	50/13	$4.07X10^{-6}$	BH-218-1	12,0~13,0	풍화토	50/16	$3.33X10^{-6}$
BH-169	2,0~3,0	풍화토	50/25	$4.88X10^{-6}$	BH-222	9,0~9,5	퇴적층(SP)	17/30	$2.84X10^{-5}$
BH-184	3,0~4,0	붕적층(ML)	3/30	$8.79X10^{-6}$	BH-224	7,0~7,5	퇴적층(SM)	8/30	$6.82X10^{-6}$
BH-185-1	7,0~8,0	풍화토	50/18	$3.56X10^{-6}$	BH-226	5,0~6,0	퇴적층(ML)	1/30	$2.92X10^{-5}$
BH-186	1,0~2,0	붕적층(SM)	11/30	$9.84X10^{-6}$	BH-230	5,0~6,0	퇴적층(SM)	3/30	$4.86X10^{-5}$
BH-189-1	6,0~7,0	풍화토	50/22	$3.84X10^{-6}$	BH-235	6,0~7,0	퇴적층(CL)	3/30	$1.78X10^{-5}$

▮ 암가구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-158	6,0~7,0	풍화암	50/10	$4.68X10^{-6}$	BH-166	9,0~10,0	풍화토	48/30	$5.89X10^{-6}$
BH-159	9,0~10,0	풍화암	50/10	$5.75X10^{-6}$	BH-170	1,0~2,0	풍화토	22/30	$6.88X10^{-6}$
BH-160	2,0~3,0	풍화토	40/30	$5.29X10^{-6}$	BH-198-2	1,0~2,0	풍화토	50/12	$3.13X10^{-6}$
BH-161	7,0~8,0	풍화토	50/27	$3.57X10^{-6}$	BH-216	10,0~11,0	풍화토	19/30	$6.56X10^{-6}$

147 서울문산고속도로주식회사

제 4 편 상세 및 보완조사

4.7 실내토질시험

4.7.1 기본물성시험

개 요
- 시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
- 지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
문봉터널	BH-179	3,0	풍화토	20,0	2,663	N.P	N.P	99,0	93,0	26,7	-	SM
	BH-180	4,0	풍화토	12,1	2,654	N.P	N.P	98,6	91,2	24,2	-	SM

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
한당4교	BH-146	2,0	풍화토	19,8	2,659	N.P	N.P	97,0	91,6	24,2	-	SM
	BH-147	3,0	퇴적층	15,6	2,657	N.P	N.P	68,5	50,0	18,8	-	SM
한당천1교	BH-150	3,0	퇴적층	23,8	2,662	N.P	N.P	91,8	68,7	26,6	-	SM
	BH-150-1	5,0	퇴적층	16,3	2,635	N.P	N.P	79,0	61,9	4,7	-	SP
	BH-150-2	4,0	퇴적층	12,1	2,635	N.P	N.P	60,5	41,7	3,2	-	SP
	BH-150-3	5,0	퇴적층	29,0	2,679	35,5	21,6	98,1	94,8	62,8	13,5	CL
	BH-150-4	6,0	풍화토	10,9	2,651	N.P	N.P	68,9	54,2	23,9	-	SM
	BH-151	2,0	퇴적층	29,6	2,665	N.P	N.P	100,0	99,8	46,3	7,4	SM
	BH-151-1	4,0	퇴적층	22,6	2,688	31,4	13,2	99,2	98,7	57,8	8,8	CL
	BH-151-2	3,0	풍화토	22,3	2,655	N.P	N.P	98,0	87,0	21,3	-	SM
	BH-151-3	5,0	퇴적층	18,3	2,636	N.P	N.P	98,6	92,8	3,6	-	SP
	BH-152	3,0	퇴적층	36,2	2,689	39,2	15,5	-	100,0	62,9	13,4	CL
	BH-152-1	4,0	퇴적층	29,0	2,674	32,3	11,0	83,9	81,2	45,8	5,9	SC
	BH-153	6,0	퇴적층	20,3	2,640	N.P	N.P	59,0	25,7	4,6	-	SP
한당5교	BH-154	6,0	풍화암	12,1	2,658	N.P	N.P	97,9	66,1	25,4	-	SM
	BH-154-1	4,0	퇴적층	15,7	2,662	N.P	N.P	88,3	47,2	28,2	-	SM
	BH-154-2	2,0	매립층	10,9	2,652	N.P	N.P	84,5	46,2	26,7	-	SM
	BH-155	3,0	매립층	13,5	2,659	N.P	N.P	90,1	53,1	28,0	-	SM

167 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
한당5교	BH-156-1	7,0	풍화토	13,7	2,656	N.P	N.P	90,2	75,4	25,1	-	SM
	BH-157	5,0	붕적층	13,2	2,658	N.P	N.P	64,8	53,6	15,4	-	SM
사리원IC-2교	BH-162	3,0	퇴적층	20,0	2,635	N.P	N.P	100,0	82,2	4,7	-	SW
	BH-163	5,0	풍화토	14,7	2,644	N.P	N.P	91,2	75,2	11,5	-	SW-SM
사리원교	BH-169	2,0	풍화토	10,7	2,654	N.P	N.P	66,3	47,9	14,0	-	SM
	BH-181	3,0	풍화토	10,6	2,654	N.P	N.P	90,4	59,0	28,2	-	SM
봉림2교	BH-183	9,0	풍화토	16,9	2,663	N.P	N.P	99,5	97,2	26,3	-	SM
	BH-184	7,0	풍화토	16,7	2,659	N.P	N.P	98,2	91,7	19,7	-	SM
문봉1교	BH-185-1	4,0	풍화토	14,9	2,657	N.P	N.P	93,1	82,7	21,4	-	SM
문봉육교	BH-186	3,0	풍화토	16,9	2,660	N.P	N.P	76,7	59,8	26,2	-	SM
	BH-187	1,0	풍화토	11,3	2,652	N.P	N.P	98,9	94,3	45,4	8,3	SM
장진천한교	BH-189-1	3,0	퇴적층	29,6	2,685	34,5	12,7	98,0	94,6	61,2	13,1	CL
삼성1교	BH-191	3,0	붕적층	34,0	2,687	38,6	13,4	-	100,0	77,9	12,1	CL
	BH-191-1	2,0	풍화토	11,3	2,654	N.P	N.P	67,9	48,7	14,4	-	SM
삼성IC교	BH-192-1	6,0	풍화토	14,4	2,657	N.P	N.P	95,5	90,7	27,2	-	SM
삼성2교	BH-192-2	5,0	풍화토	17,7	2,659	N.P	N.P	97,3	83,3	21,1	-	SM
	BH-195	3,0	풍화토	16,4	2,657	N.P	N.P	92,9	82,8	21,0	-	SM
	BH-196	5,0	풍화토	15,1	2,658	N.P	N.P	91,6	77,6	22,8	-	SM
삼성3교	BH-198	3,0	퇴적층	12,6	2,648	N.P	N.P	48,5	36,4	2,9	-	GP
	BH-198-1	1,0	풍화토	22,2	2,663	N.P	N.P	97,8	86,0	24,4	-	SM
삼성IC교	BH-201	4,0	풍화토	15,7	2,663	N.P	N.P	97,8	90,7	28,2	-	SM
설문IC R-A교	BH-206	5,0	퇴적층	24,0	2,688	34,9	16,4	-	100	86,3	16,4	CL
	BH-207	3,0	퇴적층	31,1	2,684	33,3	18,1	99,8	98,7	76,6	10,8	CL
1육교	BH-208-2	3,0	매립층	9,3	2,652	N.P	N.P	53,4	37,5	24,0	-	SM
삼문1교	BH-212	9,0	풍화토	14,1	2,657	N.P	N.P	96,6	80,4	20,6	-	SM
	BH-213	5,0	풍화토	16,5	2,661	N.P	N.P	97,9	94,9	20,0	-	SM
삼문2교	BH-218-1	6,0	풍화토	17,1	2,658	N.P	N.P	100,0	98,9	17,0	-	SM
	BH-219	3,0	풍화토	15,8	2,656	N.P	N.P	87,8	69,0	13,3	-	SM
장진천2교	BH-219-1	4,0	풍화토	19,2	2,662	N.P	N.P	99,3	96,0	23,2	-	SM
	BH-220	1,0	퇴적층	31,4	2,683	33,7	11,9	100,0	98,0	66,5	11,9	CL

국토교통부 168

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
장진천2교	BH-221	4,0	퇴적층	13,3	2,657	N.P	N.P	90,9	75,6	12,1	-	SM
	BH-221-1	1,0	퇴적층	32,6	2,686	35,5	13,4	-	100,0	60,5	15,3	CL
	BH-222	9,0	퇴적층	8,6	2,646	N.P	N.P	52,7	41,6	9,6	-	SW-SM
	BH-222-1	7,0	퇴적층	28,1	2,683	32,6	10,9	-	100,0	82,9	13,6	CL
대정교	BH-224	8,0	퇴적층	33,1	2,687	36,5	14,3	-	100,0	76,2	15,0	CL
공룡천교	BH-225	3,0	퇴적층	31,6	2,684	33,9	12,2	-	100,0	77,2	14,1	CL
	BH-226	4,0	퇴적층	21,9	2,664	N.P	N.P	98,7	94,8	15,3	-	SM
	BH-227	4,0	퇴적층	4,3	2,648	N.P	N.P	13,3	8,7	1,3	-	GW
	BH-229	3,0	퇴적층	10,2	2,645	N.P	N.P	59,2	51,5	8,0	-	SP-SW
	BH-230	3,0	퇴적층	30,1	2,682	32,5	11,0	-	100,0	51,8	10,2	CL
금촌IC교	BH-233	4,0	퇴적층	37,1	2,691	40,2	16,2	-	100,0	85,9	17,0	CL
	BH-234	3,5~4,3	퇴적층	35,3	2,692	41,0	24,1	-	100,0	98,1	16,6	CL
	BH-234	6,0	퇴적층	26,2	2,646	N.P	N.P	-	100,0	7,3	-	SP-SM
금촌1교	BH-235	10,0	퇴적층	10,7	2,642	N.P	N.P	52,6	36,8	6,7	-	SW-SM
	BH-235-1	7,0	퇴적층	44,0	2,695	47,2	22,9	-	100,0	87,1	17,5	CL
	BH-235-2	2,0	붕적층	9,2	2,651	N.P	N.P	73,5	46,9	12,6	-	SM

▮ 지층별 결과분석

구분	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.200	USCS
매립층	9,9~27,1	2,646~2,679	31,8~36,4	11,0~15,9	63,7~95,9	22,0~51,2	SM, SC, CL
붕적층/한당층	16,3~24,1	2,669~2,68	29,2~30,5	10,0~19,6	98,4	38,4~84,9	SC, CL
퇴적층	점성토 21,4~47,1	2,665~2,695	31,3~49,2	9,0~25,8	93,3~100,0	54,4~99,2	CL, ML
	모래층 7,1~39,3	2,63~2,674	27,3~42,6	10,1~21,2	40,2~100,0	1,4~47,0	SM, SP, SC
	자갈층 5,1~14,7	2,641~2,651	N.P	N.P	24,0~45,0	12,3~18,4	GM
풍화토	6,4~34,7	2,65~2,668	N.P	N.P	62,0~100,0	16,4~48,5	SM

분석결과
- 교량구간의 토질은 SM, CL, ML, SC, GP, GM으로 구성됨
- 함수비 : 5,1~39,3%, 비중 : 2,630~2,695, #200통과중량 백분율 : 1,4~99,2%

169 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.8 실내암석시험

4.8.1 암석기본물성 및 입축압축시험

개 요
- 시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정
- 지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 시험결과

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
문봉터널	BH-179	6,0~6,2	연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
	BH-179	15,8~16,1	경 암	26,85	5,277	3,542	69,9	45,370	0,29
	BH-180	8,4~8,6	경 암	26,71	4,662	2,989	105,5	44,280	0,29
	BH-180	10,9~11,1	경 암	26,69	5,153	3,363	75,4	49,360	0,30

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
경 암	26,69~26,85	4,662~5,277	2,989~3,542	69,9~105,5	44,280~49,360	0,29~0,30

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
한당천1교	BH-150-4	15,5~15,7	연 암	25,79	3,142	1,882	53,7	19,61	0,28
	BH-151	11,0~11,3	연 암	26,45	4,357	2,980	92,5	45,65	0,22
	BH-151-1	10,1~10,3	연 암	26,24	3,509	2,069	28,7	19,31	0,26
한당천1교	BH-151-3	11,9~12,1	보통암	26,21	2,596	1,490	20,0	10,74	0,21
사리원교	BH-169	5,3~5,6	연 암	26,34	5,019	3,017	57,4	33,40	0,27
문봉육교	BH-186	9,5~9,7	보통암	26,60	5,035	2,991	77,6	49,40	0,28
장진천1교	BH-189-1	11,5~11,7	보통암	26,34	4,795	3,023	42,4	32,70	0,20
	BH-189-1	12,3~12,4	보통암	26,36	3,301	1,970	64,9	27,53	0,27
삼성육교	BH-192-1	17,9~18,05	연 암	26,16	2,400	1,295	17,2	10,59	0,23
삼성2교	BH-196	10,7~10,9	연 암	26,24	4,756	2,899	52,9	33,57	0,20
삼성3교	BH-198-1	11,5~11,6	연 암	26,24	4,588	2,890	74,0	40,75	0,24
설문IC교	BH-201	26,3~26,4	보통암	26,08	3,727	2,200	29,9	13,99	0,20
장진천2교	BH-219	12,5~12,8	연 암	27,33	4,485	2,846	50,3	31,96	0,21

국토교통부 174

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
대정교	BH-224	15,7~15,9	보통암	27,62	5,183	3,313	61,3	54,28	0,33
공룡천교	BH-225	9,9~10,0	연 암	25,64	1,413	720	15,1	8,10	0,17
	BH-227	8,3~8,5	연 암	26,19	4,176	2,571	26,2	21,27	0,19
	BH-230	12,3~12,5	보통암	26,56	4,023	2,364	41,0	29,34	0,22
금촌1교	BH-235	12,0~12,1	연 암	26,72	3,652	2,235	73,0	27,06	0,24
	BH-235-2	6,8~7,0	연 암	26,52	4,504	2,823	59,1	29,48	0,27

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,64~27,33	1,413~5,019	720~3,017	15,1~92,5	8,1~46,65	0,17~0,28
보통암	26,08~27,62	2,596~5,183	1,490~3,313	20,0~77,6	10,74~54,28	0,20~0,33

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 15,1~92,5MPa, 포아송비: 0,17~.28 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 20,0~77,6MPa, 포아송비: 0,20~0,33 범위로 나타남

○ 토공구간

공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
BH-159	13,6~13,8	보통암	27,41	4,440	2,943	128,8	56,30	0,22
BH-160	18,5~18,7	연 암	25,58	2,938	1,715	39,2	17,90	0,15
BH-161	15,6~15,8	보통암	26,47	4,844	3,097	109,4	50,42	0,25
BH-196-2	3,9~4,1	보통암	26,51	4,694	3,029	114,4	56,53	0,32
BH-202	25,9~26,0	보통암	26,92	4,214	2,658	59,7	23,95	0,18
BH-236	12,5~12,7	연 암	26,23	3,590	2,085	16,6	17,07	0,21

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,58~26,23	2,938~3,590	1,715~2,085	16,6~39,2	17,07~17,9	0,15~0,21
보통암	26,47~27,41	4,214~4,844	2,658~3,097	59,7~128,8	23,95~56,38	0,18~0,32

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 16,6~39,2MPa, 포아송비: 0,15~21 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 59,7~128,8MPa, 포아송비: 0,18~0,32 범위로 나타남

175 서울문산고속도로주식회사

제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

기본방향
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

○ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석

구분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	예상 구조물
L-1	6+300	N20E	12	램기부(횡계소)
L-2	13+200	N14E	87	쌓기부
L-3	15+130	N18E	66	쌓기부
L-4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)
L-5	25+850	N22W	62	쌓기부
L-6	26+370	N82E	42	쌓기부

○ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석

- 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 하행 STA. 21+390에 400Ω m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

185 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구분	위치(STA.)	구간(m)	특징	비고
행신교	BH-41	2+332,9	11,2~11,8	Slickenside 발달	
삼사5교	BH-94-1	5+845,3	13,6~16,0	파쇄발달 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	4+475,2	13,6~15,3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양JCT	BH-115	9+300 부근	9,3~16,2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10,2~13,5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20,5~21,5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
한당천2교	BH-149	10+490,0	9,4~12,0	Slickenside 및 파쇄 발달, 점토 충진	
사리천IC	BH-160	11+900 부근	10,0~15,5	차별풍화에 의한 암반내 토사화	
토공부	BH-170	12+927,7	10,3~13,3	파쇄대 분포, 차별풍화에 의한 토사화	
문봉터널	BH-179	13+753,0	9,0~12,5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543,5	10,5~11,7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
삼석2교	BH-191-1	15+562,6	8,0~11,0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천2교	BH-219-1	19+593,2	20,1~23,1	Slickenside 발달, 차별풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640,0	6,5~7,0	부분적 Slickenside 발달, 공동발달	L-4 인접
토공부	BH-284	29+110,0	6,0~19,6	부분적 파쇄대 및 차별풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석

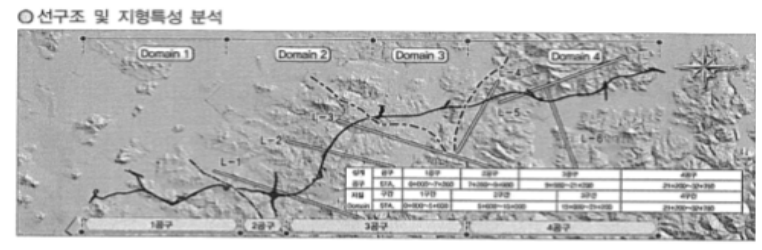
구분	교차위치(STA.)	조사내용 선구조	지표조사	물리탐사	시추조사	예상폭(m)	조사결과	사업노선과 영향
L-1	6+300	○	○	-	○	3~5m 내외	소규모 단층파쇄 발달	토공구간(횡계소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L-2	13+200	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-3	15+130	○	○	-	○	1m 내외	차별풍화 발달	영향 없음
L-4	21+640	○	○	-	○	1m 내외	부분적 차별풍화 발달	영향 없음
L-5	25+850	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-6	26+370	○	○	-	-	-	-	영향 없음

분석결과
- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층면(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(횡계소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~L-6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 차별풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구릉지성 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

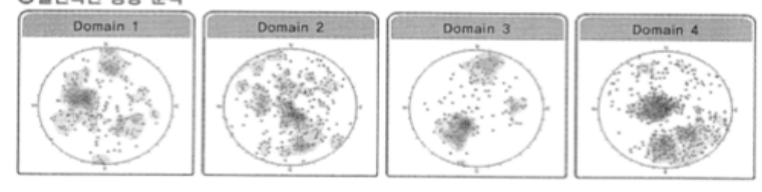
1.1.2 지질 Domain 구분

기본방향	• 사업구간의 지형과 지질특성을 비교·분석하여 동일한 지질특성을 보이는 지질 Domain 구분 • 지질 Domain별 설계지반정수 적용구간 선정 및 균질절리영역분석시 1차적 분류요소로 활용

○ 선구조 및 지형특성 분석



○ 불연속면 방향 분석



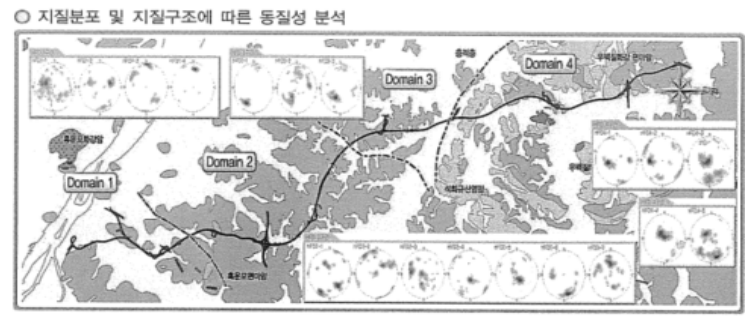
○ 지질 Domain 구분

구 분	Domain 1	Domain 2	Domain 3	Domain 4
STA.(km+m)	• 사업시점~5+600	• 5+600~15+500	• 15+500~21+200	• 21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마 타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
선구조 특성	• 한강/창릉천 수계 방향 NE~NW 선구조 발달	• 공릉천주변 NNE방향 선구조 발달 • 선구조 L-1~3 발달	• 공릉천주변 NW방향 선구조 발달	• 월롱산 주변 NE~NW 방향 선구조 발달 • 선구조 L-4~6 발달
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약
지형적 요소	• 한강 및 창릉천 주변 퇴적지대 발달	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 공릉천주변 퇴적지대 및 구릉산지 발달	• 월롱산 측면부 통과
사업공구	1공구	2공구	3공구	4공구

분석결과	• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분 • 지질 Domain과 사업공구 구간의 차이는 있으나 지질 Domain을 기준으로 각 구간별 설계정수

1.2.2 동질성 검토결과

○ 지질분포 및 지질구조에 따른 동질성 분석



○ 절리방향에 따른 동질성 분석

▮ Miller Patch 방법(공내영상촬영)

구 분		0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	170°	X²합 평균	우측 p값	검 증
BH-29 vs BH-34	BH-29	18.4	17.8	18.9	22.2	20.5	19.8	20.0	17.9	16.2	21.4	45.4	0.074	동 질
	BH-34	25.2	24.4	25.9	30.4	28.1	27.2	27.4	24.5	22.1	29.4			
BH-34 vs BH-37	BH-34	45.3	51.4	41.4	48.5	55.2	39.3	48.1	50.3	37.4	53.7	62.6	0.001	비동질
	BH-37	15.7	17.8	14.3	16.8	19.1	13.6	16.6	17.4	12.9	18.6			
BH-37 vs BH-109	BH-37	14.1	13.9	14.4	14.2	14.2	15.0	15.3	13.4	14.2	14.3	45.1	0.079	동 질
	BH-109	30.1	29.6	30.9	30.3	30.4	32.1	32.6	28.6	30.3	30.5			
BH-109 vs BH-159	BH-109	44.0	38.1	38.8	43.5	39.5	39.6	43.3	37.9	38.8	40.7	68.9	0.000	비동질
	BH-159	31.2	27.0	27.5	30.8	28.0	28.0	30.7	26.8	27.5	28.8			
BH-159 vs BH-180	BH-159	54.4	50.9	51.9	54.3	50.7	51.6	53.5	51.0	51.9	50.8	124.0	0.000	비동질
	BH-180	74.7	69.9	71.2	74.5	69.6	70.9	73.5	70.0	71.3	69.8			
BH-180 vs CCB-2	BH-180	38.7	41.2	39.9	38.1	41.3	40.0	38.2	41.3	40.2	40.2	91.1	0.000	비동질
	CCB-2	50.1	53.2	51.6	49.3	53.5	51.7	49.4	53.5	52.0	51.9			
CCB-2 vs TTB-4	CCB-2	20.4	19.5	18.6	19.2	18.6	18.9	20.4	19.5	19.8	21.7	45.3	0.075	동 질
	TTB-4	26.9	25.7	24.5	25.3	24.6	24.9	26.9	25.7	26.1	28.5			
TTB-4 vs BH-241	TTB-4	44.2	44.8	50.2	44.6	37.9	41.3	38.2	36.9	43.6	44.5	58.4	0.004	비동질
	BH-241	15.1	15.3	17.1	15.2	12.9	14.1	13.0	12.6	14.9	15.2			
BH-241 vs TTB-6	BH-241	12.1	11.7	10.5	10.4	10.5	9.8	10.9	11.0	10.6	10.5	62.1	0.002	비동질
	TTB-6	55.8	53.9	48.5	48.1	48.6	45.0	50.1	50.8	48.8	48.6			
TTB-6 vs TTB-13	TTB-6	96.3	113.3	111.7	97.9	118.9	128.9	109.3	116.3	117.9	125.4	127.8	0.000	비동질
	TTB-13	8.8	10.3	10.2	8.9	10.8	11.7	9.9	10.6	10.7	11.4			
TTB-13 vs BH-282	TTB-13	90.1	94.1	93.4	90.8	93.8	93.2	90.7	93.8	92.7	92.1	236.0	0.000	비동질
	BH-282	137.4	143.4	142.4	138.4	143.0	142.1	138.3	143.1	141.4	140.5			

2.2 교량구간 성과분석

2.2.1 교량별 지층현황

○ 지층현황

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N치	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
원당3교	A2	*BB-20	–	–	–	–	1.9	37	–	–
원당4교	A1	BH-146	7.0	50/12~5	12.5	20	–	–	–	–
	A2	BH-147	–	–	6.0	0	–	–	–	–
원당천 1교	문산 A1	BH-150-2	11.0	50/10	13.0	13~23	–	–	–	–
	서울 A1	BH-150-1	–	–	9.0	5	–	–	–	–
	문산 P1	BH-150-4	10.0	50/10~4	13.0	22	–	–	–	–
	서울 P1	BH-150-3	10.0	50/7	11.0	0	–	–	14.0	65
	문산 P2	BH-150-2	11.0	50/10~5	13.0	13~23	–	–	–	–
	서울 P2	BH-150-1	–	–	9.0	5	–	–	–	–
	문산 A2	BH-151-3	9.0	50/7~3	–	–	11.5	54	–	–
원당5교	문산 P1	BH-153	11.0	50/7~2	13.3	12	–	–	–	–
	서울 P1	BH-152-1	10.3	50/8	11.5	7	–	–	–	–
	문산 P2	BH-154-1	5.0	50/7	5.8	10~20	–	–	–	–
	서울 P2	BH-154	5.4	50/2	6.5	18	–	–	–	–
	문산 P3	*BB-22	5.0	50/6~5	6.1	12	–	–	–	–
	서울 P3	BH-154-2	5.0	50/7	5.7	60	–	–	–	–
	서울 P4	BH-155	–	–	–	–	–	–	41.6	72
원당6교	A1	BH-156-1	9.0	50/5	–	–	13.0	66	–	–
	A2	BH-157	8.0	50/7~2	9.5	16	–	–	–	–
사리현 IC교	A1	BH-162	8.0	50/7~4	12.0	31	–	–	13.7	83
	A2	BH-163	9.0	50/10~8	11.0	37	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

(계속)

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
사리현교	A1	*BB-25	2.0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
	A2	BH-169	–	–	5.0	9	–	–	6.8	96
문봉교	문산 A1	BH-181	15.0	50/4~2	17.0	10	–	–	–	–
	문산 A2	BH-184	8.0	50/10~3	–	–	–	–	–	–
	서울 A2	BH-183	17.0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
문봉1교	A1	*BB-27	3.0	50/9~4	6.5	24	–	–	–	–
	A2	BH-185-1	11.0	50/3	12.0	17	–	–	–	–
문봉육교	A1	BH-186	6.0	50/3	7.8	0	8.1	60	–	–
	A2	BH-187	3.0	50/8	3.5	0~10	–	–	–	–
장진천1교	A1	BH-189-1	8.0	50/4	8.9	7	10.3	43	–	–
	P1	*BB-28	7.0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
성석1교	A1	BH-191	8.0	50/7	10.5	20	–	–	–	–
	A2	BH-191-1	6.0	50/9	8.0	7	–	–	–	–
성석육교	A1	BH-192-1	13.0	50/9~6	15.5	39	–	–	–	–
	A2	*BB-30	8.0	50/10~6			–	–	–	–
성석2교	A1	BH-195	6.0	50/10~7	9.7	8	–	–	–	–
	A2	BH-196	9.0	50/6	9.5	26	–	–	–	–
성석3교	A1	BH-198	8.0	50/4	9.0	0	–	–	9.4	83
	A2	BH-198-1	3.0	50/5	10.0	28	–	–	–	–
설문IC교	A1	BH-201	20.0	50/10~5	24.6	0	26.2	46	–	–
	A2	*BB-32	–	–	4.0	31	–	–	–	–
설문1육교	A1	BH-208-1	9.8	50/2	–	–	11.3	58	–	–
	A2	*BB-33	–	–	7.5	12	–	–	8.5	84
설문R-A교	A1	BH-207	12.6	50/7~1	–	–	–	–	–	–
	A2	BH-206	10.8	50/5~1	–	–	–	–	–	–
설문1교	A1	BH-212	10.0	50/10~3	–	–	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

(계속)

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
설문1교	A2	BH-213	12.0	50/9~4	16.0	36	–	–	–	–
설문2교	A1	BH-218-1	14.0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
장진천2교	문산 A1	BH-219	11.0	50/8~6	12.2	40~60	–	–	–	–
	서울 A1	BH-219-1	14.0	50/10~8	20.1	35	–	–	–	–
	서울 P1	BH-220	6.0	50/10~5	11.8	46~76	–	–	–	–
장진천2교	서울 P2	BH-222-1	6.0	50/10~7	12.0	38	–	–	–	–
	문산 A2	BH-222	15.0	50/10	–	–	18.4	48	–	–
	서울 A2	BH-222-1	13.0	50/10~8	14.8	0~29	–	–	–	–
대원교	A1	*BB-40	4.3	50/9~4	–	–	–	–	–	–
	P1	BH-225	–	–	9.8	11	–	–	–	–
공릉천교	P2	BH-226	10.0	50/10~5	12.0	25	–	–	–	–
	P3	BH-227	7.0	50/6	7.3	39	–	–	–	–
	P5	*BB-41	4.6	50/5	5.8	0	–	–	–	–
	P6	BH-229	4.0	50/10~4	5.1	17	–	–	–	–
	P7	BH-230	10.0	50/5	10.3	10	12.3	43	15.0	78~95
	A2	*BB-42	7.7	50/6~5	9.9	0	10.9	37	–	–
	P7	BH-230	10.0	50/5	10.3	10	12.3	43	15.0	78~95
	A2	BB-42	7.7	50/6~5	9.9	0	10.9	37	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

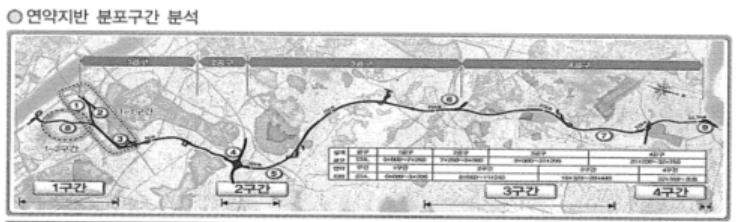
○ 지층 분포 현황

구분	풍화암	연 암	보통암	경 암
출현심도(m)	2.0~20.0	3.5~24.6	1.9~26.2	6.8~41.6

분석결과	• 지지층인 풍화암:GL.(-)2.0~20.0m, 연암:GL.(-)3.5~24.6m, 보통암:GL.(-)1.9~26.2m, 경암:GL.(-)6.8~41.6m로 분포 • 구조물, 위치별 및 지층별로 출현심도의 편차가 큼

2.4.2 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 분포구간 분석



위 치(STA.)	구성토질	출현심도 (G.L(-)m)	층후(m)	N 값	대상 지층	연약층 하부지층	비 고
① 사업시점~0+300	CL	1.8~14.5	0.9~1.5	1/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP)	
	ML	1.0~12.0	0.5~6.5	2/30~4/30			
② 1+000~1+318	ML	1.9~9.0	1.0~1.1	4/30	퇴적층	퇴적층(SM), 풍화토	
③ 3+000~3+200	CL	0.0	8.0	1/30~2/30	퇴적층	퇴적층(SM, SC)	
	ML	4.0	2.5	3/30~4/30			
④ 8+660~9+540	CL	0.0~4.0	0.7~2.2	1/30~4/30	매립, 붕적, 퇴적층	퇴적층(SM, SC, SP, GP) 풍화토	부분적 분 포
	ML	3.5	3.5	2/30~3/30			
⑤ 10+640~11+240	CL	0.0~0.8	1.2~2.2	3/30~4/30	매립, 붕적, 퇴적층	퇴적층(SM, GP) 붕적층(SM)	부분적 분 포
	ML	1.4~5.0	1.0~2.0	2/30~3/30			
⑥ 19+320~21+160	CL	0.0~8.0	1.0~6.4	2/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, SW) 풍화토	
	ML	1.0~4.7	0.7~2.9	1/30~4/30			
⑦ 27+900~28+440	CL	1.5~9.0	1.0~3.5	3/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SP, SW)	
⑧ (지선) 0+060~1+760	CL	0.8~5.4	1.0~11.9	3/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP) 풍화토	
	ML	2.6~9.0	1.0~4.0	2/30~6/30			
⑨ 32+760~종점, 내포IC Ramp-B	CL	3.0~4.5	2.0~6.1	2/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, SP), 풍화토	
	ML	4.0~7.5	2.0~10.0	2/30~6/30			

○ 점토(CL) 연약지반구간 선정

구 분		지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간	1-1구간 (①~③지역)	• 창릉천 하류 농경지구간 통과	• 출현심도 : 1.8~14.5m • 층후 : 0.9~8.0m(평균 2.4m)	사업시점~3+200
	1-2구간 (⑧지역)	• 한강 주변 및 창릉천 하류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0.8~5.4m • 층후 : 1.0~11.9m(평균 4.4m)	지선0+0~1+381
2구간 (④~⑤지역)		• 공릉천 지류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0.0~4.0m • 층후 : 0.7~2.2m(평균 1.6m)	8+660~9+540
3구간 (⑥~⑦지역)		• 공릉천 및 문산천 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 0.0~8.0m • 층후 : 1.0~6.4m(평균 3.3m)	19+320~28+600
4구간(⑨지역)		• 임진강 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 3.0~4.5m • 층후 : 2.0~6.1m(평균 4.0m)	32+760~내포IC Ramp

• 사업 3공구(본선 STA.9+980~21+200)는 연약지반 3구간(본선 STA.19+600~28+600)에 해당

제 3 장 설계지반정수 산정

3.1 개요

개 요	• 지표지질조사 성과분석에 의한 사업구간내 구조구 특성을 고려한 구간별 설계지반정수 산정 • 문헌자료, 인근지역 분석 자료 및 기존자료(제3자공고안, 보완설계)에 대한 분석을 수행하고, 각종 경험식 및 현장시험 값을 고려한 설계지반정수 유도

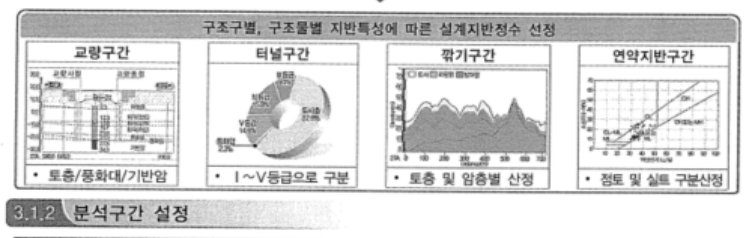
3.1.1 기본방향

기존자료 및 현장시험에 따른 결과분석에 의한 구조구별 설계지반정수 선정

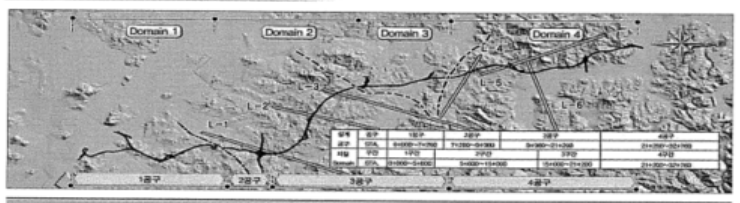
문헌자료 분석 / 인근조사자료 분석 / 기존자료 분석 → 경험식 적용 설계지반정수 도출 / 현장시험 결과 적용 → 지질 구조구별 설계지반정수 산정

구조구별, 구조물별 지반특성에 따른 설계지반정수 선정

교량구간	터널구간	깎기구간	연약지반구간
• 토층/풍화대/기반암	• Ⅰ~Ⅴ등급으로 구분	• 토층 및 암층별 산정	• 점토 및 실트 구분산정



3.1.2 분석구간 설정



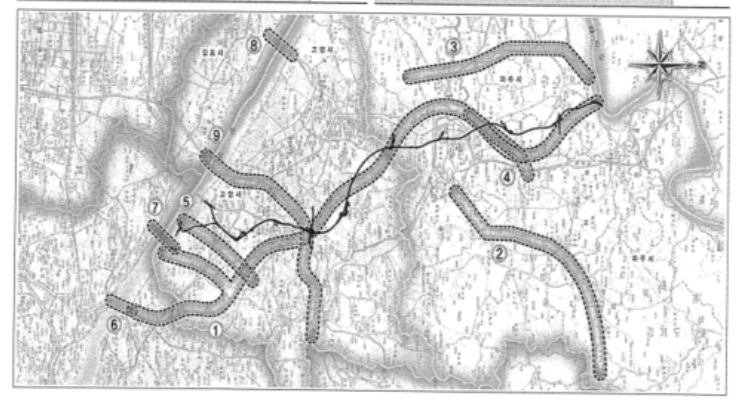
구 분	1구간(Domain 1)	2구간(Domain 2)	3구간(Domain 3)	4구간(Domain 4)
STA.(km+m)	사업시점~5+600	5+600~15+500	15+500~21+200	21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약

• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분
• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain-Ⅱ~Ⅲ)에 해당

3.3.2 인근지역 적용사례 분석

○ 기존자료 현황

구분	사 업 명	사업년도	구분	사업명	사업년도
①	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업(보완분)	2005.01	⑥	월드컵대교 건설공사	2006.10
②	조리~법원 도로개설공사	2005.12	⑦	인천국제공항 철도 2단계	2002.10
③	문발~낙하간 도로 확포장공사	2004.09	⑧	일산대교 건설 민간투자사업	1999.12
④	금촌~월롱간 도로 확포장공사	2004.02	⑨	서울외곽순환도로 건설공사(1,2공구) 토질조사보고서	1997.12
⑤	강매~원흥간 도로개설공사	1999.05			



○ 기존자료 분석결과

지 층	토 질 구 성	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)
매립층	사질토	18~20	0~5	28~33	10~80	0.33~0.35
	자갈층	19~20	0~17	25~39	15~35	0.3
붕적층	사질토	17~19	0~30	25~32	10~32	0.35
	점성토	18	0~20	–	–	–
	자갈층	20	0~50	39	35	0.30
충적층	사질토	17~20	0~10	25~33	15~80	0.35
	점성토	17~18	10~30	–	5~10	0.50
	자갈층	18~20	0~20	35~39	35	0.30
풍화토		18~19	15~200	25~30	35~50	0.30~0.33

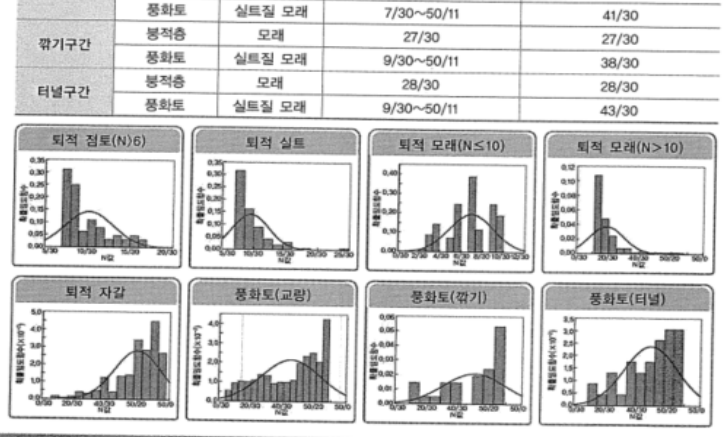
3.3.3 지층별 대표 N값 산정

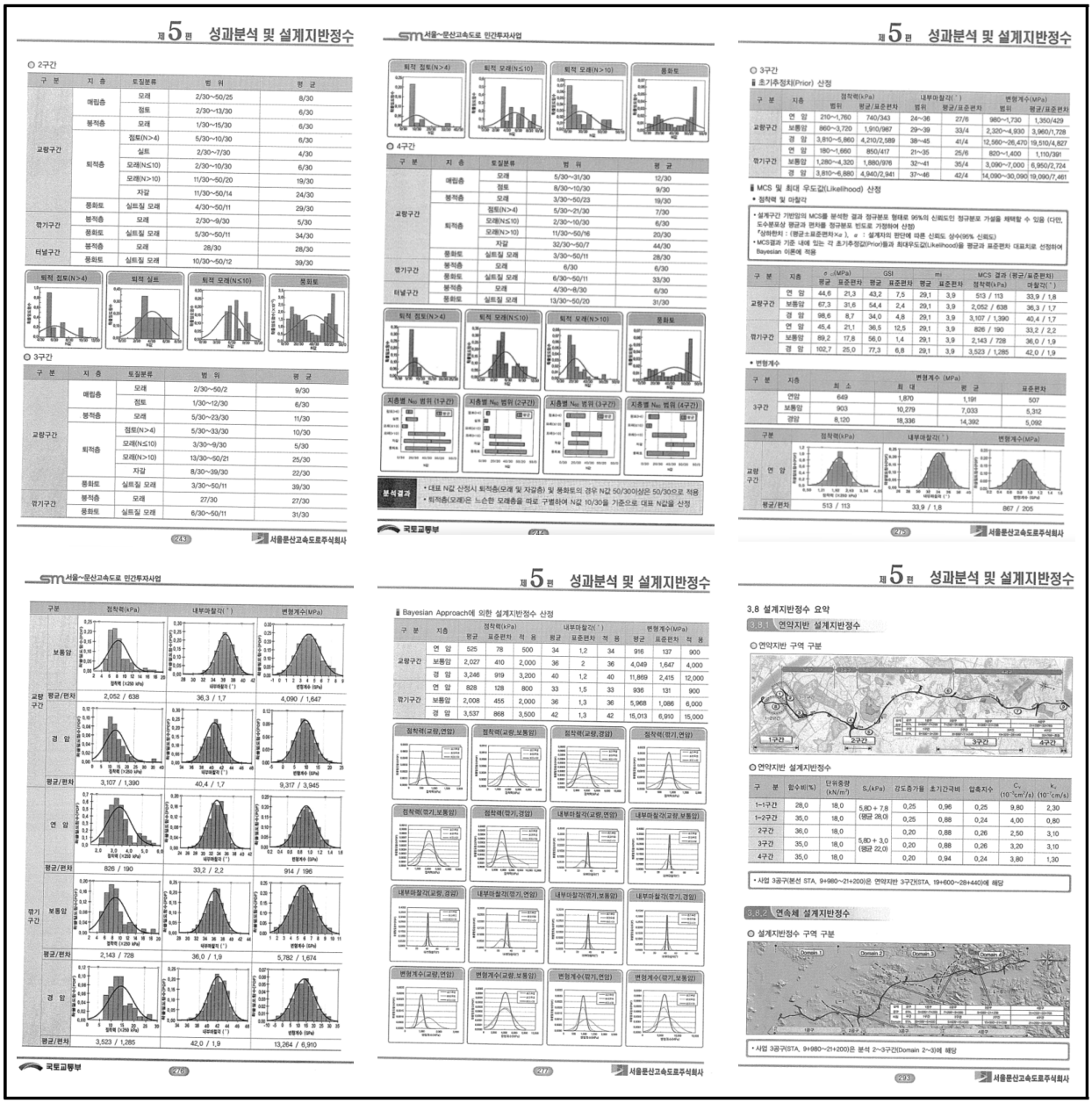
기본방향	• 사업구간내 토사층이 광역적으로 분포함에 따라 지형적 · 지질적 요인에 따른 토질 특성을 고려 • 선행된 지표지질조사 결과에 의한 지질 구조구 및 구조물 특성, 토질입자의 특성 등을 고려하여 분류 • 각종 물성값의 기초 자료가 되는 구간별, 구조물별, 지층별, 토성별 N값을 선정

구간별	구조물별	지층별	토성별
• 제1구간, 제2구간, 제3구간, 제4구간으로 구분	• 구조물의 특성에 따라 교량구간, 터널구간, 깎기구간으로 구분	• 분포하는 지층에 따라 매립층, 붕적층, 퇴적층, 풍화토층 등으로 분류	• 사업구간내 분포하는 토성에 따라 점토, 실트, 모래, 자갈 등으로 분류

○ 1구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	1/30~50/1	10/30
		점토	10/30~11/30	11/30
	붕적층	모래	4/30~18/30	9/30
	퇴적층	점토(N>6)	7/30~17/30	11/30
		실트	7/30~25/30	8/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	7/30
		모래(N>10)	11/30~50/12	22/30
		자갈	5/30~50/3	47/30
	풍화토	실트질 모래	7/30~50/11	41/30
깎기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	38/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	43/30





제5편 성과분석 및 설계지반정수

○ 2구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/25	8/30
		점토	2/30~13/30	6/30
	붕적층	모래	1/30~15/30	6/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~10/30	6/30
		실트	2/30~7/30	4/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/20	19/30
		자갈	11/30~50/14	24/30
	풍화토	실트질 모래	4/30~50/11	29/30
암기구간	붕적층	모래	2/30~9/30	5/30
	풍화토	실트질 모래	5/30~50/11	34/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	10/30~50/12	39/30

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 실트 | 퇴적 모래(N≤10) | 풍화토

○ 3구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/2	9/30
		점토	1/30~12/30	6/30
	붕적층	모래	5/30~23/30	11/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~33/30	10/30
		모래(N≤10)	3/30~9/30	5/30
		모래(N>10)	13/30~50/21	25/30
		자갈	8/30~39/30	22/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	39/30
암기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	31/30

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 모래(N≤10) | 퇴적 모래(N>10) | 풍화토

○ 4구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	5/30~31/30	12/30
		점토	8/30~10/30	9/30
	붕적층	모래	3/30~50/23	19/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~21/30	7/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/16	20/30
		자갈	32/30~50/7	44/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	28/30
암기구간	붕적층	모래	6/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	33/30
터널구간	붕적층	모래	4/30~8/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	13/30~50/20	31/30

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 모래(N≤10) | 퇴적 모래(N>10) | 풍화토

지층별 N_{60} 범위 (1구간) | 지층별 N_{60} 범위 (2구간) | 지층별 N_{60} 범위 (3구간) | 지층별 N_{60} 범위 (4구간)

분석결과
- 대표 N값 산정시 퇴적층(모래 및 자갈층) 및 풍화토의 경우 N값 50/30이상은 50/30으로 적용
- 퇴적층(모래)은 느슨한 모래층을 따로 구별하여 N값 10/30을 기준으로 대표 N값을 산정

제5편 성과분석 및 설계지반정수

○ 3구간

초기추정치(Prior) 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 범위	점착력(kPa) 평균/표준편차	내부마찰각(°) 범위	내부마찰각(°) 평균/표준편차	변형계수(MPa) 범위	변형계수(MPa) 평균/표준편차
교량구간	연 암	210~1,760	740/343	24~36	27/6	980~1,730	1,350/429
	보통암	860~3,720	1,910/987	29~39	33/4	2,320~4,930	3,960/1,728
	경 암	3,810~5,860	4,210/2,589	38~45	41/4	12,560~26,470	19,510/4,827
암기구간	연 암	180~1,660	850/417	21~35	25/6	820~1,400	1,110/391
	보통암	1,280~4,320	1,880/976	32~41	35/4	3,090~7,000	6,950/2,724
	경 암	3,810~6,880	4,940/2,941	37~46	42/4	14,090~30,090	19,090/7,461

MCS 및 최대 우도값(Likelihood) 산정

• 점착력 및 마찰각

• 설계구간 기반암의 MCS를 분석한 결과 정규분포 형태로 95%의 신뢰도인 정규분포 가설을 채택할 수 있음 (다만, 도수분포상 평균과 편차를 정규분포 빈도로 가정하여 산정)
*정하한치 : (평균±표준편차×α), α : 설계자의 판단에 따른 신뢰도 상수(95% 신뢰도)
• MCS결과 기존 내재 있는 각 초기추정값(Prior)들과 최대우도값(Likelihood)을 평균과 표준편차 대표치로 선정하여 Bayesian 이론에 적용

구 분	지층	σ_ci(MPa) 평균	σ_ci(MPa) 표준편차	GSI 평균	GSI 표준편차	mi 평균	mi 표준편차	MCS 결과 (평균/표준편차) 점착력(kPa)	MCS 결과 (평균/표준편차) 마찰각(°)
교량구간	연 암	44.6	21.3	43.2	7.5	29.1	3.9	513 / 113	33.9 / 1.8
	보통암	67.3	31.6	54.4	2.4	29.1	3.9	2,052 / 638	36.3 / 1.7
	경 암	98.6	8.7	34.0	4.8	29.1	3.9	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7
암기구간	연 암	45.4	21.1	36.5	12.5	29.1	3.9	826 / 190	33.2 / 2.2
	보통암	89.2	17.8	56.0	1.4	29.1	3.9	2,143 / 728	36.0 / 1.9
	경 암	102.7	25.0	77.3	6.8	29.1	3.9	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9

• 변형계수

구 분	지층	변형계수 (MPa) 최 소	최 대	평 균	표준편차
3구간	연암	649	1,870	1,191	507
	보통암	903	10,279	7,033	5,312
	경암	8,120	18,336	14,392	5,092

구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간	연 암			
평균/편차		513 / 113	33.9 / 1.8	867 / 205

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간	보통암			
	평균/편차	2,052 / 638	36.3 / 1.7	4,090 / 1,647
	경 암			
	평균/편차	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7	9,317 / 3,945
암기구간	연 암			
	평균/편차	826 / 190	33.2 / 2.2	914 / 196
	보통암			
	평균/편차	2,143 / 728	36.0 / 1.9	5,782 / 1,674
	경 암			
	평균/편차	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9	13,264 / 6,910

국토교통부

제5편 성과분석 및 설계지반정수

Bayesian Approach에 의한 설계지반정수 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 평균	점착력(kPa) 표준편차	점착력(kPa) 적 용	내부마찰각(°) 평균	내부마찰각(°) 표준편차	내부마찰각(°) 적 용	변형계수(MPa) 평균	변형계수(MPa) 표준편차	변형계수(MPa) 적 용
교량구간	연 암	525	78	500	34	1,2	34	916	137	900
	보통암	2,027	410	2,000	36	2	36	4,049	1,647	4,000
	경 암	3,246	919	3,200	40	1,2	40	11,869	2,415	12,000
암기구간	연 암	828	128	800	33	1,5	33	936	131	900
	보통암	2,008	455	2,000	36	1,3	36	5,968	1,086	6,000
	경 암	3,537	868	3,500	42	1,3	42	15,013	6,910	15,000

점착력(교량,연암) | 점착력(교량,보통암) | 점착력(교량,경암) | 점착력(암기,연암)

점착력(암기,보통암) | 점착력(암기,경암) | 내부마찰각(교량,연암) | 내부마찰각(교량,보통암)

내부마찰각(교량,경암) | 내부마찰각(암기,연암) | 내부마찰각(암기,보통암) | 내부마찰각(암기,경암)

변형계수(교량,연암) | 변형계수(교량,보통암) | 변형계수(암기,연암) | 변형계수(암기,보통암)

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.8 설계지반정수 요약

3.8.1 연약지반 설계지반정수

○ 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 설계지반정수

구 분	함수비(%)	단위중량 (kN/m³)	S_u(kPa)	강도증가율	초기간극비	압축지수	C_v (10^{-3}cm²/s)	k_v (10^{-7}cm/s)
1-1구간	28,0	18,0	5.8D + 7.8 (평균 28.0)	0,25	0,96	0,25	9,80	2,30
1-2구간	35,0	18,0		0,25	0,88	0,24	4,00	0,80
2구간	36,0	18,0	5.8D + 3.0 (평균 22.0)	0,20	0,88	0,26	2,50	3,10
3구간	35,0	18,0		0,20	0,88	0,26	3,20	3,10
4구간	35,0	18,0		0,20	0,94	0,24	3,80	1,30

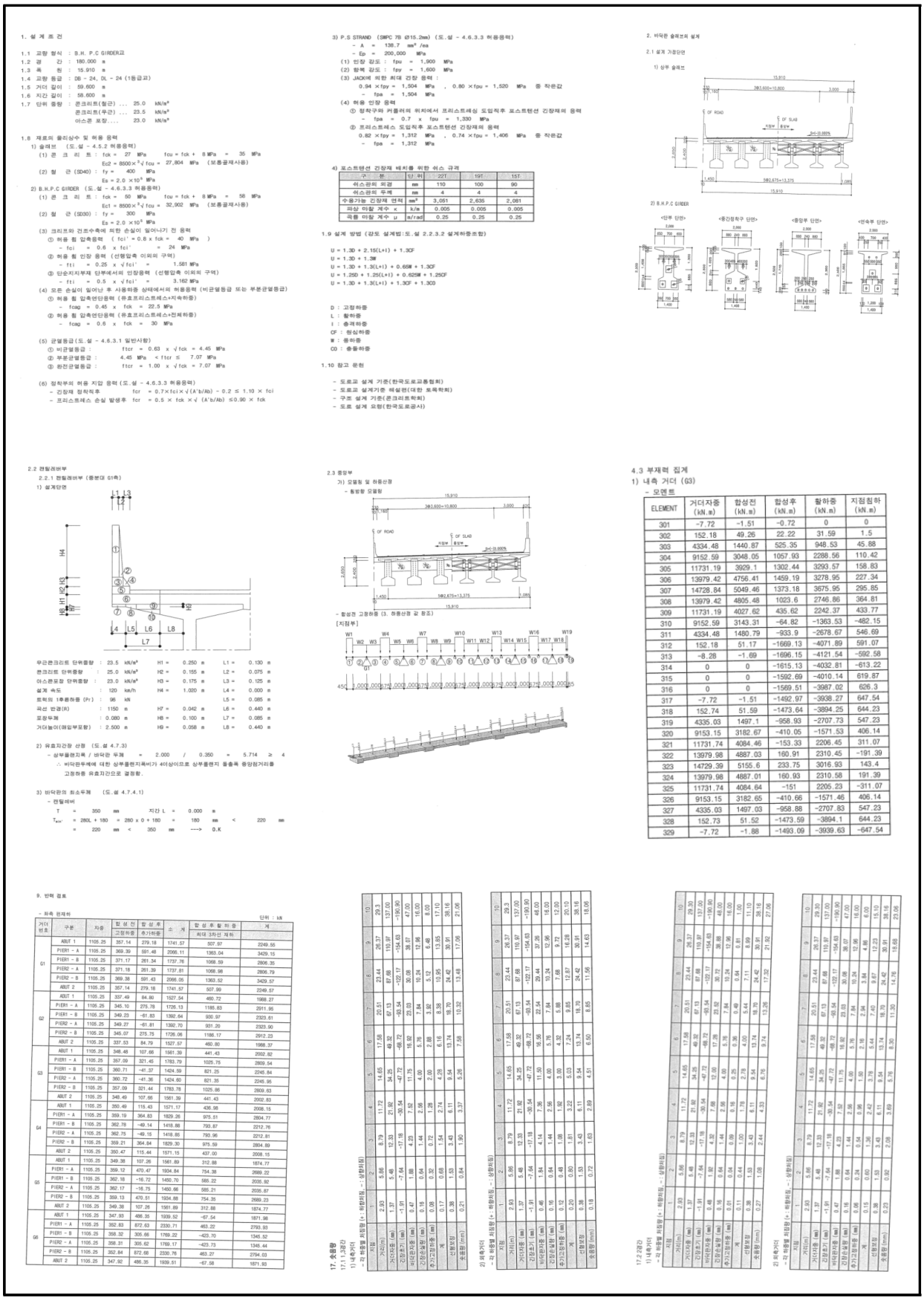
• 사업 3공구(본선 STA. 9+980~21+200)은 연약지반 3구간(STA. 19+600~28+440)에 해당

3.8.2 연속체 설계지반정수

○ 설계지반정수 구역 구분

• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain 2~3)에 해당

다. 구조계산서 및 내진설계



구 조 물 개 요

현 장 명	서울-문산간 고속도로	발 주 처	서울문산고속도로주식회사	
교 량 명	원당3교(문산방향)	교량제원	연 장	52.920 + 65.000 + 70.000 + 75.000 + 60.000 = 322.920 m
교량등급	1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)		폭 원	15.910 m
교량형식	Steel 박스거더교		사 각	85.525 °

바 닥 판 설 계

구 분	검토위치	검토방법	최소바닥판두께	사용바닥판두께	판 정	안전율	비 고
최소두께검토	좌측 캔틸레버부	강도설계법	244.4 mm	290.0 mm	O.K !!	118.7%	
	우측 캔틸레버부	강도설계법	244.4 mm	290.0 mm	O.K !!	118.7%	
	중앙부 거더	경험적설계법	220.0 mm	290.0 mm	O.K !!	131.8%	
	중앙부 거더	경험적설계법	226.0 mm	240.0 mm	O.K !!	106.2%	

바 닥 판 설 계

구 분	검토위치	검토항목	계수휨,필요철근	공칭휨,사용철근	판 정	안전율	비 고
단면설계	좌측 캔틸레버부 (강도)	모멘트 검토	88.5 kN·m	143.6 kN·m	O.K !!	162.4%	
		휨철근 검토	1,184.4 mm²	1,986.0 mm²	O.K !!		H16@200+H16@200
		배력철근 검토	793.5 mm²	1,146.0 mm²	O.K !!		H16@250
		단부강보주철근	2,368.7 mm²	3,972.0 mm²	O.K !!		H16@200+H16@200
		단부보강배력철근	1,587.0 mm²	2,252.0 mm²	O.K !!		H16@125
	우측 캔틸레버부 (강도)	모멘트 검토	101.3 kN·m	143.6 kN·m	O.K !!	141.8%	
		휨철근 검토	1,366.1 mm²	1,986.0 mm²	O.K !!		H16@200+H16@200
		배력철근 검토	915.3 mm²	1,146.0 mm²	O.K !!		H16@250
		단부보강주철근	2,732.1 mm²	3,972.0 mm²	O.K !!		H16@200+H16@200
		단부보강배력철근	1,830.5 mm²	2,252.0 mm²	O.K !!		H16@125
	중앙부 거더 및 가로보 (경험)	주철근하연철근	960.0 mm²	993.0 mm²	O.K !!		H16@400+H16@400
		주철근상연철근	720.0 mm²	993.0 mm²	O.K !!		H16@400+H16@400
		배력철근하연철근	720.0 mm²	794.4 mm²	O.K !!		H16@250
		배력철근상연철근	720.0 mm²	794.4 mm²	O.K !!		H16@250
		단부보강주철근	960.0 mm²	993.0 mm²	O.K !!		H16@400+H16@400
		단부보강배력철근	720.0 mm²	794.4 mm²	O.K !!		H16@250
	내부지점부	철근량 검토	3,600.0 mm²	4,584.0 mm²	O.K !!		H19@125+H19@125
		주장률 검토	0.0035 mm/mm²	0.0040 mm/mm²	O.K !!		

구 분	검토위치	검토항목	적용균열폭	허용균열폭	판 정	안전율	비 고
사용성검토	좌측 캔틸레버부	균열폭검토	100.0 mm	855.5 mm	O.K !!	855.5%	
	우측 캔틸레버부	균열폭검토	100.0 mm	525.6 mm	O.K !!	525.6%	

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 원당3교(문산방향)
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 52.920 + 65.000 + 70.000 + 75.000 + 60.000 = 322.920 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 15.910 m
(6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 2.300 ~ 2.800 m
(7) 사 각(Skew) : 85.525 °
(8) 곡률반경(R) : 좌측 = 1150.000 m 중앙 = 1157.960 m 우측 = 1165.920 m
(9) 설 계 속 도 : 100.000 km/h
(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

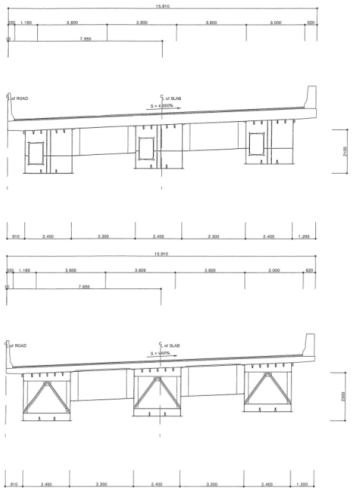
• 사 용 재 료

주 부 재	HSB500(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 슬롭레이트)
부 부 재	SM400B(지점부의 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_s)	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

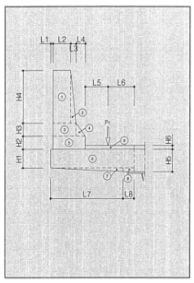
응력 종류,	강 종 / 판두께(mm)	SS 400 SM 400 SM400	SM 490	SM490Y SM 520 SM450	SM 570 SM570	HSB500	HSB600	HSB800
측방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100 이하			195 (215)	250 (270)			

2. 단면가정



3. 바닥판 설계

3.1 좌측 캔틸레버부



H1	0.240 m	L1	0.000 m
H2	0.155 m	L2	0.130 m
H3	0.175 m	L3	0.075 m
H4	1.020 m	L4	0.125 m
H5	0.250 m	L5	0.300 m
H6	0.080 m	L6	0.230 m
H7	0.000 m	L7	0.780 m
R	1,150.000 m	L8	0.100 m
V	100.000 km/h	L9	0.000 m
콘크리트 단위중량			25.000 kN/m³
무근콘크리트 단위중량			23.500 kN/m³
포장 단위중량			23.000 kN/m³
DB-1후륜 하중 (Pr)			96.000 kN
탱크 총 중량			
탱크폭도 길이			
탱크하중 작용점(LS)			
트레일러 1후륜 하중			
트레일러하중 작용점(LS)			

(1) 고 정 하 중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	0.130 × 1.020 × 25.000	3.315	0.795	2.635
2	½ × 0.075 × 1.020 × 25.000	0.956	0.705	0.674
3	0.205 × 0.175 × 25.000	0.897	0.758	0.679
4	½ × 0.125 × 0.175 × 25.000	0.273	0.613	0.168
5	0.330 × 0.155 × 25.000	1.279	0.695	0.889
6	0.860 × 0.240 × 25.000	5.160	0.430	2.219
7	½ × 0.760 × 0.050 × 25.000	0.475	0.353	0.168
8	0.100 × 0.050 × 25.000	0.125	0.050	0.006
9	0.530 × 0.080 × 23.000	0.975	0.265	0.258
	TOTAL	13.456		7.697

• 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Concrete 작용응력(MPa) 상 연	Concrete 작용응력(MPa) 하 연	Concrete 허용응력(MPa) 상 연	Concrete 허용응력(MPa) 하 연	Steel 작용응력(MPa) 상 연	Steel 작용응력(MPa) 하 연	Steel 허용응력(MPa) 상 연	Steel 허용응력(MPa) 하 연
1	-	-	-	-	32.640	-33.206	136.400	230.000
1+2+3	1.040	0.347	10.800	10.800	33.862	-58.779	230.000	230.000
1+2+3+5	0.830	0.337	10.800	10.800	36.589	-59.288	264.500	230.000
1+2+3+5+6	0.286	-0.815	10.800	1.890	71.147	-66.158	264.500	230.000
1+2+3+5+6+7	0.256	-1.298	12.420	2.174	90.061	-69.255	299.000	264.500
1+2+3+5+6-7	0.316	0.067	12.420	12.420	52.234	-63.060	299.000	264.500
1+2+4	0.543	0.129	12.960	12.960	33.277	-46.546	276.000	276.000
1+2+3+0.5×4	1.083	0.257	13.500	13.500	33.912	-59.825	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5	0.873	0.348	13.500	13.500	36.639	-60.336	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5+6	0.329	-0.605	13.500	2.363	71.197	-67.206	287.500	287.500
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.299	-1.287	14.580	2.552	90.111	-70.304	310.500	310.500
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.359	0.077	14.580	14.580	52.284	-64.108	310.500	310.500

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 해얍음

10) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$ 상 연	$(f/f_a)^2$ 하 연	$(\sigma/\sigma_a)^2$ 상 연	$(\sigma/\sigma_a)^2$ 하 연	합성응력 상 연	합성응력 하 연	판 별 상 연	판 별 하 연
1	0.057	0.021	0.120	0.120	0.178	0.141	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.022	0.065	0.120	0.120	0.142	0.186	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5	0.019	0.066	0.120	0.120	0.139	0.187	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6	0.072	0.083	0.120	0.120	0.193	0.203	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6+7	0.091	0.069	0.120	0.120	0.211	0.189	O.K !!	O.K !!
1+2+3+5+6-7	0.031	0.057	0.120	0.120	0.151	0.177	O.K !!	O.K !!
1+2+4	0.015	0.028	0.038	0.038	0.052	0.066	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4	0.014	0.043	0.083	0.083	0.097	0.127	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5	0.016	0.044	0.083	0.083	0.100	0.126	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	0.061	0.055	0.083	0.083	0.145	0.138	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	0.084	0.051	0.083	0.083	0.168	0.135	O.K !!	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	0.026	0.043	0.083	0.083	0.112	0.126	O.K !!	O.K !!

$$(f/f_a)^2 + (\sigma/\sigma_a)^2 \leq 1.2 \cdots\cdots O.K\ !!$$

[상 연]

$$(\frac{90.061}{299.000})^2 + (\frac{46.835}{135.000})^2 = 0.091 + 0.120 = 0.211 \leq 1.2 \cdots\cdots O.K\ !!$$

[하 연]

$$(\frac{-66.158}{230.000})^2 + (\frac{46.835}{135.000})^2 = 0.083 + 0.120 = 0.203 \leq 1.2 \cdots\cdots O.K\ !!$$

(11) 판의 최소두께 검토

• 압축(상부) 플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

t_{min} = 자유돌출폭/16 = 99.0 / 16.0 = 6.2 ≤ t_{use} = 10.0 mm ····· O.K !!

$t_{min} = b/(44 \times n) = 2,400.0/(44 \times 1.0 \times 6) = 9.1 \leq t_{use} = 10.0$ mm ····· O.K !!

(합성형 스터드 설치시) t_{min} = 10.0 ≥ t_{use} = 10.0 mm ····· O.K !!

• 인장(하부) 플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1, 3.8.3.2)

t_{min} = 자유돌출폭/16 = 100.0 / 16.0 = 6.3 ≤ t_{use} = 12.0 mm ····· O.K !!

• 복 부 판 [수평보강재 사용단수 1 단] (☞ 도.설.기 3.8.4.1)

t_{min} = b/(199×1.200) = 2,100.0/(199 × 1.200) = 8.8 ≤ t_{use} = 12.0 mm ····· O.K !!

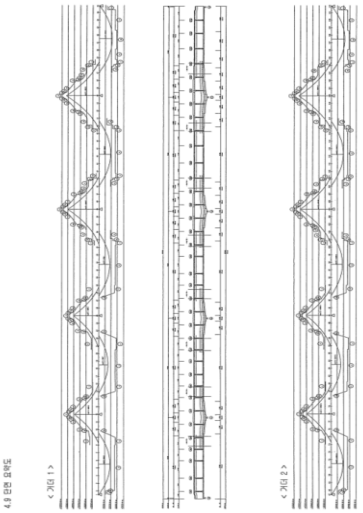
여기서, $\sqrt{(f_{ma}/f_a)}$ = √(230.0 / 32.640) = 2.65 ≥ 1.20 ⇒ 1.200 적용

(12) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

• 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.

• 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck}의 3/8를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Concrete 작용응력(MPa) 상 연	Concrete 작용응력(MPa) 하 연	Concrete 허용응력 (MPa)	Concrete 판 별	Steel 작용응력(MPa) 상 연	Steel 작용응력(MPa) 하 연	Steel 허용응력 (MPa)	Steel 판 별
1	-	-	-	-	42.432	-43.168	380.000	O.K !!
1+2+3	1.848	0.438	16.200	O.K !!	44.603	-88.591	380.000	O.K !!
1+2+3+7	1.878	1.120	16.200	O.K !!	63.516	-91.689	380.000	O.K !!
1+2+3+5	1.638	0.529	16.200	O.K !!	47.329	-89.101	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6	1.094	-0.424	16.200	O.K !!	81.888	-95.971	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6+7	1.064	-1.106	16.200	O.K !!	100.801	-99.068	380.000	O.K !!
1+2+3+5+6-7	1.124	0.258	16.200	O.K !!	62.974	-92.873	380.000	O.K !!
1+2+4	0.680	0.161	16.200	O.K !!	43.230	-59.881	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4	1.891	0.448	16.200	O.K !!	44.653	-89.639	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+7	1.861	-0.234	16.200	O.K !!	63.566	-92.737	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5	1.680	0.539	16.200	O.K !!	47.379	-90.149	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6	1.137	-0.414	16.200	O.K !!	81.938	-97.019	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6+7	1.107	-1.096	16.200	O.K !!	100.852	-100.116	380.000	O.K !!
1+2+3+0.5×4+5+6-7	1.167	0.266	16.200	O.K !!	63.024	-93.921	380.000	O.K !!



4. 내진 해석을 위한 제원

(1)내진등급 및 가속도 계수

■ 지진구역 구분

지진구역		행 정 구 역
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시
	도	경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부
II	도	강원도 북부, 전라남도 남서부, 제주도

전라남도 남서부(군,시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥 ...

■ 지진구역계수(재현주기 500년에 해당)

지진구역	I	II
구역계수	0.11	0.07

■ 위험도계수

재현주기(년)	50	100	200	500	1000	2400
위험도계수 I	0.40	0.57	0.73	1.00	1.40	2.00

■ 도로교의 내진등급과 설계지침

내진등급	교 량	설계지진의 평균재현주기
내진I등급교	- 고속도로, 자동차 전용도로, 특별시도, 광역시도 또는 일반국도상의 교량 - 지방도, 시도 및 군도 중 지역의 방재계획상 필요한 도로에 건설된 교량, 해당도로의 일일계획교통량을 기준으로 판단했을 때 중요한 교량 - 내진I등급교가 건설되는 도로위를 넘어가는 고가교량	1000년
내진II등급교	- 내진I등급교 속하지 않는 교량	500년

5. 설계대상 교량제원 및 설계상수

5.1 교량형식 : BH, 거더교 + ST, BOX 거더교

5.2 해석 대상 교량 총연장 : 3@60 + 60 + 2@61.0 + 65.0 + 60.0 + 45.0 = 532.0m

5.3 교 폭 : 15.91m

5.4 교각형식 : T형교각

5.5 교각기초형식 :

5.6 내진설계상수

(1) 내진등급 : 내진 1 등급교
(2) 지진구역계수 : 0.11
(3) 위험도계수 : I = 1.4
(4) 가속도계수 : A = 0.154
(5) 지반계수 : S = 1.5 (지반종류 2 , 지진격리교량)
(6) 응답수정계수
(7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
(8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
(9) 방향형식 : EQS 면진방향, 남면진 방향

5.7 해석방법

(1) 해석방법 선정
시간이력해석법
(2) 모드조합방법 : CQC방법

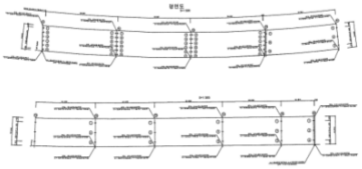
5.8 해석모델

(1) 사용프로그램 : SAP 2000
(2) 모델링 : Frame요소사용
(3) 질량산정 : 자중질량 입력 및 추가사하중 질량변환

6.5 받침 배치

일반내진받침의 경우 고정단과 가동단으로 구분되어 받침이 배치 되는 경우가 일반적이다.
교축방향의 경우 상시 온도신축하중에 의해 자유롭기 위해 하나의 고정단과 나머지는 모두 가동단받침으로 배치하게 되는데 이때에 교축방향의 모든 지진하중은 고정단교각에 전달되게 된다. 이러한 경우 고정단 교각의 비대화는 물론이고 소성변형이 발생하여 지진 후 교각을 보수 보강을 하여야 한다.
따라서 면진받침을 적용하면 모든 교각에 지진하중을 분산시켜 구조물의 안정성을 확보하고 동시에 지진하중을 흡수 소산시켜 구조물의 비대화를 방지하여 경제적인 측면도 매우 우수하다.

1) 받침배치도



2) 받침배치 타이틀

구 분			A1	P1(전열)	P1(후열)	P2(전열)	P2(후열)	P3(전열)	P3(후열)	P4(전열)
2500 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	0	0	0	0
		계	0	0	0	0	0	0	0	0
2800 kN	LRB	일반형(교축)	1	0	0	0	0	1	0	0
		앞받침	5	0	0	0	0	5	0	0
		계	6	0	0	0	0	6	0	0
3000 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	0	0	3	0
		계	0	0	0	0	0	0	3	0
3500 kN	LRB	고정단	0	0	0	1	0	0	0	0
		일방향(교축)	0	0	1	0	0	0	0	0
		일방향(교축직각)	0	0	1	0	0	0	0	0
		앞받침	0	0	6	0	0	0	0	0
		계	0	1	8	1	0	0	0	0
4000 kN	LRB	일방향(교축)	0	1	0	0	0	0	0	0
		앞받침	0	5	0	0	5	0	0	0
		계	0	6	0	0	6	0	0	0
6500 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	0	0	0	0
		계	0	0	0	0	0	0	0	0
7000 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	0	0	0	0
		계	0	0	0	0	0	0	0	0
7500 kN	EQS	앞받침	0	0	6	0	0	0	0	1
		계	0	0	6	0	0	0	0	1
8000 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	0	0	0	1
		계	0	0	0	0	0	0	0	1
8500 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	0	0	0	1
		계	0	0	0	0	0	0	0	1

구 분			P4(전열)	P4(후열)	P5(전열)	P5(후열)	A2	계
2500 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	3	3
		계	0	0	0	0	3	3
2800 kN	LRB	일방향(교축)	0	0	0	0	2	2
		앞받침	0	0	0	0	0	10
		계	0	0	0	0	0	12
3000 kN	EQS	앞받침	0	0	0	0	3	3
		계	0	0	0	0	3	3
3500 kN	LRB	고정단	0	0	0	0	1	1
		일방향(교축)	0	0	0	0	1	1
		일방향(교축직각)	0	0	0	0	0	5
		앞받침	0	0	0	0	0	5
		계	0	0	0	0	1	12
4000 kN	LRB	일방향(교축)	0	0	0	0	0	2
		앞받침	0	0	0	0	0	10
		계	0	0	0	0	0	12
6500 kN	EQS	앞받침	1	0	0	1	0	2
		계	1	0	0	1	0	2
7000 kN	EQS	앞받침	1	1	1	1	0	4
		계	1	1	1	1	0	4
7500 kN	EQS	앞받침	1	1	1	1	0	5
		계	1	1	1	1	0	5
8000 kN	EQS	앞받침	0	0	1	0	0	2
		계	0	0	1	0	0	2
8500 kN	EQS	앞받침	0	1	0	0	0	2
		계	0	1	0	0	0	2

8. 고유치 해석결과

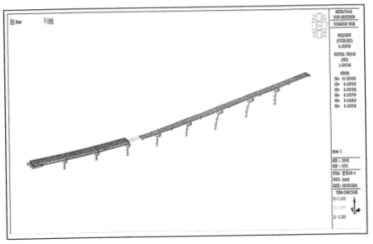
8.1 주기 및 진동수

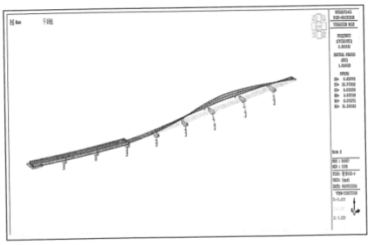
< 모드별 주기 및 진동수 >

MODE	FREQUENCY [rad/sec]	FREQUENCY [cycle/sec]	PERIOD [SEC]	비고
1	3.2089	0.5107	1.9581	
2	3.4591	0.5505	1.8164	
3	3.8981	0.6204	1.6119	
4	4.1432	0.6594	1.5165	
5	4.5089	0.7176	1.3935	
6	4.6893	0.7463	1.3399	
7	4.7852	0.7616	1.3130	
8	5.3866	0.8576	1.1661	
9	6.0527	0.9633	1.0381	
10	6.6615	1.0602	0.9432	
11	7.3124	1.1638	0.8592	
12	8.0035	1.2738	0.7851	
13	8.6773	1.3810	0.7241	
14	9.2037	1.4648	0.6827	
15	9.2982	1.4798	0.6757	
16	9.6362	1.5336	0.6520	
17	10.4139	1.6574	0.6033	
18	10.7560	1.7119	0.5842	
19	11.0891	1.7649	0.5666	
20	11.3129	1.8005	0.5554	
21	11.4376	1.8204	0.5493	
22	11.5664	1.8409	0.5432	
23	12.5474	1.9970	0.5008	
24	12.7214	2.0247	0.4939	
25	13.1887	2.0990	0.4764	
26	13.3141	2.1190	0.4719	
27	13.4353	2.1383	0.4677	
28	14.2495	2.2679	0.4409	
29	14.7725	2.3511	0.4253	
30	15.8971	2.5301	0.3952	
31	16.0163	2.5491	0.3923	
32	16.2909	2.5928	0.3857	
33	16.3647	2.6045	0.3839	
34	16.6636	2.6521	0.3771	
35	16.7514	2.6661	0.3751	
36	16.8951	2.6889	0.3719	
37	17.6507	2.8092	0.3560	
38	18.0093	2.8663	0.3489	
39	18.1173	2.8835	0.3468	
40	18.9814	3.0210	0.3310	
41	19.0049	3.0247	0.3306	
42	19.3171	3.0744	0.3253	
43	19.4600	3.0971	0.3229	
44	19.5988	3.1193	0.3206	
45	20.5746	3.2746	0.3054	
46	21.9753	3.4975	0.2859	
47	22.1771	3.5296	0.2833	
48	22.5767	3.5932	0.2783	
49	23.0651	3.6709	0.2724	
50	23.4519	3.7325	0.2679	

MODE	FREQUENCY [rad/sec]	FREQUENCY [cycle/sec]	PERIOD [SEC]	비고
51	23.6238	3.7598	0.2660	
52	24.1456	3.8429	0.2602	
53	24.6836	3.9286	0.2545	
54	24.9936	3.9778	0.2514	
55	25.7122	4.0922	0.2444	
56	26.2844	4.1833	0.2390	
57	27.0552	4.3060	0.2322	
58	28.2364	4.4940	0.2225	
59	28.9475	4.6071	0.2171	
60	29.4350	4.6847	0.2135	
61	29.5355	4.7007	0.2127	
62	29.7375	4.7329	0.2113	
63	31.3453	4.9888	0.2005	
64	32.3109	5.1424	0.1945	
65	32.6752	5.2004	0.1923	
66	33.3444	5.3069	0.1884	
67	33.7125	5.3655	0.1864	
68	34.6429	5.5136	0.1814	
69	35.3208	5.6215	0.1779	
70	36.0291	5.7342	0.1744	
71	36.6501	5.8330	0.1714	
72	38.1087	6.0652	0.1649	
73	39.2300	6.2436	0.1602	
74	40.9587	6.5188	0.1534	
75	42.7558	6.8048	0.1470	
76	43.1031	6.8601	0.1458	
77	44.6145	7.1006	0.1408	
78	48.3962	7.7025	0.1298	
79	50.2329	7.9948	0.1251	
80	51.0787	8.1294	0.1230	
81	54.4150	8.6604	0.1155	
82	55.4682	8.8280	0.1133	
83	57.3959	9.1348	0.1095	
84	64.6450	10.2886	0.0972	
85	66.5786	10.5963	0.0944	
86	69.3022	11.0298	0.0907	
87	78.6938	12.5245	0.0798	
88	80.2088	12.7656	0.0783	
89	85.5427	13.6145	0.0735	
90	90.6229	14.4231	0.0693	
91	108.5919	17.2829	0.0579	
92	124.3116	19.7848	0.0505	
93	132.8278	21.1402	0.0473	
94	145.4983	23.1568	0.0432	
95	173.0901	27.5481	0.0363	
96	202.3803	32.2098	0.0310	
97	266.3733	42.3946	0.0236	
98	308.2413	49.0581	0.0204	
99	533.7613	84.9508	0.0118	
100	538.0587	85.6347	0.0117	

8.3 모드형상(Mode Shape)





9. 내진해석결과

9.1 받침 지진력

(UNIT:kN)

구 분		R	교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용 전단력	받침규격
			교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	0.8	253.9	33.4	74.2	194.7	345.2	114.7	188.0	255.9	518.6	O.K
	B2	0.8	252.2	33.1	64.0	197.1	339.3	115.3	174.6	258.8	518.6	OK
	B3	0.8	250.3	32.9	55.4	196.2	333.6	114.7	163.1	257.6	518.6	OK
	B4	0.8	248.3	30.7	50.4	196.6	329.3	112.1	156.1	257.3	518.6	OK
	B5	0.8	247.4	30.1	54.3	194.1	329.6	110.4	160.7	253.9	518.6	OK
	B6	0.8	247.9	31.0	53.5	191.5	329.9	110.5	159.8	250.9	518.6	OK
P1	B1	1.0	334.9	36.0	69.5	336.3	355.8	136.9	170.0	347.0	602.2	OK
	B2	1.0	331.3	40.0	63.1	337.5	350.2	141.2	162.5	349.5	602.2	OK
	B3	1.0	327.5	41.5	52.0	338.1	343.1	142.9	150.3	350.5	602.2	OK
	B4	1.0	323.5	40.8	36.8	336.1	334.5	141.6	133.9	348.3	602.2	OK
	B5	1.0	320.9	43.4	44.2	337.3	334.2	144.6	140.5	350.3	602.2	OK
	B6	1.0	321.5	40.6	46.2	336.9	335.4	141.6	142.7	349.0	602.2	OK
	B1	1.0	293.9	34.1	63.5	300.9	312.9	124.3	151.7	311.1	518.6	OK
	B2	1.0	291.0	34.4	58.7	301.5	308.6	124.8	146.0	311.8	518.6	OK
	B3	1.0	287.6	35.3	39.5	301.5	299.4	125.7	125.8	312.1	518.6	OK
	B4	1.0	284.2	33.6	31.6	301.4	293.7	124.0	116.8	311.5	518.6	OK
	B5	1.0	282.2	36.6	39.2	301.3	294.0	127.0	123.9	312.3	518.6	OK
	B6	1.0	282.6	38.0	47.9	300.9	296.9	128.3	132.7	312.3	518.6	OK
P2	B1	1.0	297.3	42.5	49.7	279.4	312.2	126.3	138.9	292.2	518.6	OK
	B2	1.0	294.2	43.6	45.3	279.9	307.7	127.5	133.5	293.0	518.6	OK
	B3	1.0	290.8	43.7	42.2	279.8	303.5	127.6	129.5	292.9	518.6	OK
	B4	1.0	287.3	43.5	40.6	279.8	299.5	127.4	126.8	292.8	518.6	OK
	B5	1.0	285.3	42.7	47.7	279.8	299.6	126.6	133.3	292.6	518.6	OK
	B6	1.0	285.5	42.6	57.8	279.3	302.9	126.4	143.4	292.1	518.6	OK
	B1	1.0	341.1	34.8	61.1	312.8	359.4	128.6	163.4	323.3	602.2	OK
	B2	1.0	337.4	35.5	57.0	313.2	354.5	129.5	158.2	323.9	602.2	OK
	B3	1.0	333.5	35.1	55.9	312.9	350.3	129.0	156.0	323.5	602.2	OK
	B4	1.0	329.4	34.8	53.2	312.7	345.4	128.6	152.0	323.1	602.2	OK
	B5	1.0	327.0	33.6	62.5	312.5	345.7	127.3	160.6	322.6	602.2	OK

P3	B6	1.0	327.4	34.3	75.9	311.8	350.2	127.8	174.1	322.1	602.2	OK
	B1	0.8	229.7	20.1	45.6	211.2	304.2	104.3	143.1	271.6	518.6	OK
	B2	0.8	226.3	20.5	44.5	213.1	299.6	105.6	140.5	274.1	518.6	OK
	B3	0.8	224.8	19.5	41.0	212.8	296.4	104.2	135.6	273.3	518.6	OK
	B4	0.8	222.8	21.0	33.7	213.8	291.1	106.4	125.7	275.1	518.6	OK
	B5	0.8	223.2	19.2	37.9	213.6	293.2	104.1	131.1	274.1	518.6	OK
	B6	0.8	220.1	19.4	40.9	210.6	290.5	103.3	133.6	270.5	518.6	OK
P4	B1	0.8	108.0	43.2	66.9	154.9	160.1	112.1	124.1	209.8	240	OK
	B2	0.8	108.0	42.5	68.7	154.4	160.7	111.0	126.3	208.9	240	OK
	B3	0.8	108.0	41.6	79.2	154.1	164.7	109.8	139.5	208.2	240	OK
	B1	1.0	336.0	80.4	121.3	472.6	372.4	222.1	222.1	496.7	660	OK
	B2	1.0	285.0	63.7	78.9	401.5	308.6	184.2	164.3	420.6	560	OK
	B3	1.0	312.0	72.3	105.5	439.5	343.7	204.1	199.1	461.2	610	OK
P5	B1	1.0	483.2	99.8	116.3	423.0	518.1	226.7	261.3	452.9	560	OK
	B2	1.0	374.7	66.8	81.3	325.7	399.1	164.5	193.7	345.7	430	OK
	B3	1.0	426.7	76.7	101.6	370.2	457.1	187.8	229.6	393.2	490	OK
P6	B1	1.0	486.2	124.8	119.1	581.6	522.0	299.3	265.0	619.0	660	OK
	B2	1.0	364.5	83.8	77.5	431.4	387.8	213.2	186.8	456.5	490	OK
	B3	1.0	417.5	92.3	91.4	493.7	444.9	240.4	216.6	521.3	560	OK
P7	B1	1.0	463.4	144.5	128.3	550.6	501.8	309.7	267.3	593.9	610	OK
	B2	1.0	373.7	98.2	79.5	439.5	397.5	230.1	191.6	469.0	490	OK
	B3	1.0	427.7	131.9	110.1	502.2	460.7	282.6	238.4	541.8	560	OK
P8	B1	1.0	285.0	76.7	138.4	410.5	326.5	199.8	223.8	433.5	560	OK
	B2	1.0	219.0	60.2	74.5	314.5	241.3	154.5	140.2	332.5	430	OK
	B3	1.0	249.0	68.4	112.2	357.0	282.6	175.5	186.9	377.5	490	OK
A2	B1	0.8	84.0	29.4	79.2	117.8	134.7	80.9	130.5	158.3	200	OK
	B2	0.8	84.0	28.4	77.5	118.4	134.0	79.8	128.3	158.6	200	OK
	B3	0.8	84.0	28.6	74.9	118.7	133.1	80.3	125.1	159.1	200	OK

9.2 받침 변위

(UNIT:mm)

구 분			교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용 변위	판정
			교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1		B1	33.6	2.3	4.0	20.2	34.8	8.4	14.1	20.9	168.0	OK
		B2	32.8	2.3	3.6	20.3	33.9	8.4	13.4	21.0	168.0	OK
		B3	32.0	2.3	3.4	20.3	33.0	8.4	13.0	21.0	168.0	OK
		B4	31.1	2.3	3.2	20.3	32.1	8.4	12.5	21.0	168.0	OK
		B5	30.6	2.3	3.2	20.3	31.6	8.4	12.4	21.0	168.0	OK
		B6	30.7	2.3	3.0	20.3	31.6	8.4	12.2	21.0	168.0	OK
P1		B1	23.0	1.9	2.2	23.7	23.7	9.0	9.1	24.3	72.0	OK
		B2	22.4	1.8	2.0	23.8	23.0	8.9	8.7	24.3	72.0	OK
		B3	21.7	1.8	1.9	23.8	22.3	8.9	8.4	24.3	72.0	OK
		B4	20.9	1.8	1.8	23.8	21.4	8.9	8.1	24.3	72.0	OK
		B5	20.5	1.7	1.7	23.8	21.0	8.8	7.9	24.3	72.0	OK
		B6	20.6	1.8	1.6	23.6	21.1	8.9	7.8	24.1	72.0	OK
P2		B1	23.1	1.5	1.6	24.9	23.6	9.0	8.5	25.4	72.0	OK
		B2	22.4	1.5	1.5	24.9	22.9	9.0	8.2	25.4	72.0	OK
		B3	21.7	1.5	1.3	24.9	22.1	9.0	7.8	25.4	72.0	OK
		B4	21.0	1.5	1.2	24.9	21.4	9.0	7.5	25.4	72.0	OK
		B5	20.5	1.5	1.3	24.9	20.9	9.0	7.5	25.4	72.0	OK
		B6	20.7	1.5	1.5	24.8	21.2	8.9	7.7	25.3	72.0	OK
P3		B1	24.0	1.8	1.6	20.0	24.5	7.8	8.8	20.5	72.0	OK
		B2	23.4	1.8	1.5	20.1	23.9	7.8	8.5	20.6	72.0	OK
		B3	22.7	1.8	1.3	20.1	23.1	7.8	8.1	20.6	72.0	OK
		B4	21.9	1.8	1.4	20.1	22.3	7.8	8.0	20.6	72.0	OK
		B5	21.5	1.8	1.4	20.1	21.9	7.8	7.9	20.6	72.0	OK
		B6	21.5	1.8	1.5	20.0	22.0	7.8	8.0	20.5	72.0	OK
P4		B1	24.0	1.2	2.0	18.8	24.6	6.8	9.2	19.2	72.0	OK
		B2	23.4	1.2	1.9	18.9	24.0	6.9	8.9	19.3	72.0	OK
		B3	22.7	1.1	2.0	18.9	23.3	6.8	8.8	19.2	72.0	OK
		B4	22.0	1.1	2.1	18.9	22.6	6.8	8.7	19.2	72.0	OK
		B5	21.5	1.1	2.3	18.9	22.2	6.8	8.8	19.2	72.0	OK
		B6	21.5	1.1	2.4	18.8	22.2	6.7	8.9	19.1	72.0	OK

P5		B1	22.9	1.3	2.4	26.2	23.6	9.2	9.3	26.6	168.0	OK
		B2	22.0	1.2	2.2	26.2	22.7	9.1	8.8	26.6	168.0	OK
		B3	21.3	1.2	2.1	26.2	21.9	9.1	8.5	26.6	168.0	OK
		B4	20.7	1.1	2.1	26.2	21.3	9.0	8.3	26.5	168.0	OK
P6		B5	20.2	1.1	2.5	26.2	21.0	9.0	8.6	26.5	168.0	OK
		B6	20.2	1.1	2.4	26.1	20.9	8.9	8.5	26.4	168.0	OK
P7		B1	50.7	4.4	2.7	27.6	51.5	12.7	17.9	28.9	150	OK
		B2	51.4	4.4	2.9	27.7	52.3	12.7	18.3	29.0	150	OK
		B3	51.5	4.4	3.1	27.7	52.4	12.7	18.6	29.0	150	OK
P8		B1	49.1	2.5	3.7	25.9	50.2	10.3	18.4	26.7	120	OK
		B2	49.8	2.5	3.8	26.0	50.9	10.3	18.7	26.8	120	OK
		B3	50.0	2.5	3.8	26.0	51.1	10.3	18.8	26.8	120	OK
P9		B1	43.7	3.6	3.8	30.9	44.8	12.9	16.9	32.0	90	OK
		B2	44.6	3.6	3.9	31.0	45.8	12.9	17.3	32.1	90	OK
		B3	44.8	3.6	4.0	30.9	46.0	12.9	17.4	32.0	90	OK
P10		B1	28.9	4.3	3.4	45.5	29.9	18.0	12.1	46.8	90	OK
		B2	29.9	4.3	3.2	45.6	30.9	18.0	12.2	46.9	90	OK
		B3	30.0	4.3	3.1	45.5	30.9	18.0	12.1	46.8	90	OK
P11		B1	31.3	5.0	3.8	47.5	32.4	19.3	13.2	49.0	90	OK
		B2	32.2	5.0	3.3	47.6	33.2	19.3	13.0	49.1	90	OK
		B3	32.2	5.0	3.0	47.5	33.1	19.3	12.7	49.0	90	OK
P12		B1	42.6	4.5	4.4	27.8	43.9	12.8	17.2	29.2	120	OK
		B2	43.5	4.5	3.7	27.9	44.6	12.9	16.8	29.3	120	OK
		B3	43.5	4.5	3.5	27.9	44.6	12.9	16.6	29.3	120	OK
A2		B1	50.6	5.0	5.7	26.2	52.3	12.9	20.9	27.7	150	OK
		B2	51.3	5.1	5.4	26.4	52.9	13.0	20.8	27.9	150	OK
		B3	51.6	5.0	5.1	26.2	53.1	12.9	20.6	27.7	150	OK

7.7 상부구조 여유간격

: 지진시에 상부구조와 교대 혹은 인접하는 상부구조간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지하고, 설계시 고려된 내진성능이 충분히 발휘할 수 있도록 하기 위하여 상부구조의 단부에는 여유간격을 설치하여야 한다. 상부구조의 여유간격은 다음식에 의한 값보다 작아서는 안된다.

『도로교 설계기준, 2005 P487』

$$\Delta l = d + \Delta ls + \Delta lc + 0.4\Delta lt$$

여기서, Δl : 상부구조의 여유간격

d : 지반에 대한 상부구조의 종변위 (d1 + dsub)

Δls : 콘크리트의 건조수축에 의한 이동량

Δlc : 콘크리트의 크리프에 의한 이동량

Δlt : 온도변화에 의한 이동량



상부구조의 여유간격은 도로교설계기준 2.4.1.3 page.42에서 규정하는 여유량을 고려한 가동받침의 이동량보다 커야 한다. 또한 교축직각방향의 지진시 변위에 의한 인접상부구조 및 주요구조부재간의 충돌 가능성이 있을 때는 이를 방지하기 위한 여유간격을 설치한다.

구분	상부 구조물의 종변위 (d)	온도변위 (0.4Δlt)	여유간격 (Δl)	설계유간	설치유간	검 토
A1	35	14	49	150	200	O.K
P3	76	48	124	250	350	O.K
A2	53	34	87	150	200	O.K

* 설치유간 = 설계유간 + (슬래브와 주구조의 간격)

그림7.1 교량의 여유간격

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식	:	역T형 교대
(2) 상 부 형 식	:	BH GIRDER
(3) 교 량 등 급	:	1 등급
(4) 교 대 총 폭	:	B = 16.476 M
(5) 교 대 총 높 이	:	H = 13.000 M
(6) 기 초 형 식	:	말뚝기초
(7) SKEW	:	4.475 °

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량	: γc = 25.000 kN/m³	[도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량	: γst = 20.000 kN/m³ (토사)	[도로설계요령 제3판 P380]
(3) 기초지반의 단위중량	: γs2 = 20.000 kN/m³	
(4) 과 재 하 중	: ql = 10.000 kN/m	
(5) 상부 고정하중 반력	: Rd = 601.309 kN/m	
(6) 상부 활하중 반력	: Rl = 165.169 kN/m	
(7) 교량받침 마찰계수	: fs = 0.050	

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각	: Φ1 = 35.000 °	
(2) 기초지반의 N치	: N = 4.000	
(3) 기초지반의 내부마찰각	: Φ2 = 22.746 ° (Φ2 = 15 + √15N)	
(4) 기초지반의 점착력	: C = 17.000 kN/m²	
(5) 기초지반의 마찰계수	: μ = 0.271 : TAN(δ : Φ2) : 흙과 콘크리트	
(6) 지반 가속도 계수	: A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수	
- 내진 등급	: I 등급 - 위험도 계수 : 1.400	[도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역	: I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110	

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도	: fck = 24.000 MPa	
- 탄성계수	: Ec = 28000.000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300)	: fy = 300.000 MPa	
- 탄성계수	: Es = 200000.000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토	:	허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계	:	극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 콘크리트구조 설계기준	:	한국콘크리트학회 (2007)
(2) 도로교 설계기준	:	국토해양부 (2010)
(3) 도로설계 편람	:	국토해양부 (2000)
(4) 도로설계 요령	:	한국도로공사 (2002)

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	974.62	878.769	O.K
	허용인발력(kN/EA)	340.267	-	O.K
	휨응력(MPa)	140	125.626	O.K
	전단응력(MPa)	80	13.386	O.K
	수평변위(mm)	15	11.799	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1461.934	1135.916	O.K
	허용인발력(kN/EA)	510.4	-107.512	O.K
	휨응력(MPa)	210	147.582	O.K
	전단응력(MPa)	120	19.851	O.K
	수평변위(mm)	25	9.859	O.K

■ 단면 휨 설계

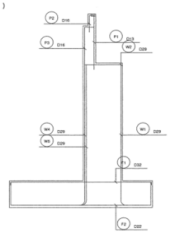
단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (㎠)	사용철근량 (㎠)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면지판		1800	150	2505.37	3096.8	1042.365	1284.997	1.233	O.K
후면지판		1800	100	5652.09	6353.6	2390.281	2678.595	1.121	O.K
벽체 : H=11.200		2500	100	5430.59	7708.8	3222.064	4540.838	1.409	O.K
좌측날개벽	돌출	800	100	911.541	1588.8	161.152	278.868	1.73	O.K
	A(T=500 ㎜)	500	80	1819.11	2292	188.622	235.623	1.249	O.K
	B(T=500 ㎜)	500	80	1489.88	2292	156.419	235.623	1.506	O.K
	C(T=500 ㎜)	500	80	1792.58	2292	185.96	235.623	1.267	O.K
우측날개벽	A(T=800 ㎜)	800	80	3342.86	4053.6	592.796	713.432	1.204	O.K
	좌부(T=620	620	80	2884.07	4053.6	381.54	527.371	1.382	O.K
	B(T=800 ㎜)	800	80	3263.54	4053.6	579.216	713.432	1.232	O.K
	C(T=800 ㎜)	800	80	4757.61	6353.6	831.056	1090.831	1.313	O.K

■ 사용성 검토

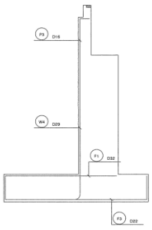
구 분		안정응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sg)	비 고
전면지판		148.056	150	125	184.395	O.K
후면지판		142.03	150	125	344.46	O.K
벽체 : H=11.200		94.144	150	125	622.732	O.K
돌출		109.145	150	125	491.52	O.K
좌측날개벽	A(T=500 ㎜)	122.49	150	125	466.662	O.K
	B(T=500 ㎜)	102.419	150	125	592.652	O.K
	C(T=500 ㎜)	121.837	150	125	470.105	O.K
우측날개벽	A(T=800 ㎜)	126.577	150	125	453.4	O.K
	좌부(T=620	107.227	150	125	565.671	O.K
	B(T=800 ㎜)	123.96	150	125	466.535	O.K
	C(T=800 ㎜)	116.019	150	125	518.77	O.K

▣ 주철근 조립도

- ① Cycle (CTC = 250)



- ② Cycle (CTC = 250)



3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식	:	T형 교각
2) 상 부 형 식	:	STEEL BOX
3) 교 량 등 급	:	1 등급
4) 기 초 형 식	:	직접기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량	: γc = 25 kN/m³	[도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량	: γs2 = 20 kN/m³	[도로교설계요령 제2판 P366]
3) 교량받침 마찰계수	: fs = 0.05	

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치	: N = 50	
2) 기초지반의 내부마찰각	: Φ2 = 42.386 °	: 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력	: C = 17 kN/m²	
4) 기초지반의 최대 허용지지력	: Qa = 585.83 kN/m²	
5) 기초지반의 마찰계수	: μ = 0.537 : TAN(δ : Φ2) : 흙과 콘크리트	
6) 지반 가속도 계수	: A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수	
- 내진 등급	: I 등급 - 위험도 계수 : 1.4	[도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역	: I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11	

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도	: fck =	두부보:	40 MPa
		기둥:	40 MPa
		기초:	27 MPa
- 탄성계수	: Ec =	두부보:	32000 MPa
		기둥:	32000 MPa
		기초:	29000 MPa
			[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400)	: fy =	두부보:	400 MPa
		기둥:	400 MPa
		기초:	400 MPa
- 탄성계수	: Es =	200000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]

3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토	:	허용응력 설계법
2) 단 면 설 계	:	극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준	:	국토해양부 (2010)
2) 콘크리트구조 설계기준	:	한국콘크리트학회 (2007)
3) 도로설계 편람	:	국토해양부 (2000)
4) 도로 설계 요령	:	한국도로공사 (2002)

2. 해석결과 요약

▣ 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	안전율	허용안전율	비 고
교축방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	113670.691	2083.435	54.56	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	13576.985	192.372	70.58	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	585.830	366.300	1.60	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	113670.691	29586.110	3.84	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	13576.985	2538.290	5.35	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	878.745	555.381	1.58	1.00	O.K
교축직각방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	124921.528	13694.957	9.12	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	14920.801	390.462	38.21	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	585.830	455.436	1.29	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	113670.691	25943.537	4.38	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	13576.985	2550.299	5.32	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	878.745	525.381	1.67	1.00	O.K

▣ 거점의 단면 설계

① 거점 상단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.008	29110.882	127819.861	4.391	O.K
	모멘트최대	0.008	21122.159	146079.842	6.916	O.K
	단설설계	0.008	16247.815	31052.892	1.911	O.K
교축직각방향	편심최대	0.008	14823.033	146079.842	9.860	O.K
	축력최대	0.008	29110.882	127819.861	4.391	O.K
	모멘트최대	0.008	26485.622	59420.563	2.244	O.K
	단설설계	0.008	16247.815	40712.894	2.506	O.K
	편심최대	0.008	21611.278	55957.818	2.575	O.K
합성부재력	축력최대	0.008	29110.882	127819.861	4.391	O.K
	모멘트최대	0.008	21122.159	75145.023	3.558	O.K
	단설설계	0.008	16247.815	19697.183	1.212	O.K
	편심최대	0.008	14623.033	51028.966	3.490	O.K
	모멘트최대	0.008	26485.622	59420.563	2.244	O.K
	편심최대	0.008	21611.278	55957.818	2.575	O.K

② 거점 하단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.008	31612.374	127819.861	4.043	O.K
	모멘트최대	0.008	23623.651	146079.842	6.184	O.K
	단설설계	0.008	18172.040	36985.052	2.035	O.K
교축직각방향	편심최대	0.008	16354.836	146079.842	8.932	O.K
	축력최대	0.008	31612.374	127819.861	4.043	O.K
	모멘트최대	0.008	28987.115	63473.788	2.190	O.K
	단설설계	0.008	18172.040	48321.402	2.659	O.K
합성부재력	편심최대	0.008	16354.836	60594.089	3.706	O.K
	축력최대	0.008	31612.374	127819.861	4.043	O.K
	모멘트최대	0.008	23623.651	82570.580	3.495	O.K
	단설설계	0.008	18172.040	23238.435	1.279	O.K
	편심최대	0.008	16354.836	59972.533	3.666	O.K
	모멘트최대	0.008	28987.115	63473.788	2.190	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		깊이 (㎜)	피복 (㎜)	Req. As (㎠)	Use. As (㎠)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내인보	3700.0	100.0	38901.630	44325.600	45249.259	51392.458	1.136	O.K
	우측내인보	3700.0	100.0	37256.985	44325.600	43378.514	51392.458	1.185	O.K
	좌측내인보수평	2900.0	100.0	2192.343	7601.900	2084.512	7205.772	3.457	O.K
	우측내인보수평	2900.0	100.0	1998.167	7601.900	1895.347	7205.772	3.802	O.K
	교량받침1	2448.8	100.0	548.329	44325.600	419.037	32535.698	77.644	O.K
	교량받침2	2670.8	100.0	553.867	44325.600	465.173	35881.395	77.136	O.K
기초	교축방향	2000.0	150.0	31364.082	45610.400	19404.154	28004.066	1.443	O.K
	교직-지중부	2000.0	150.0	37534.630	50388.200	23145.464	34421.386	1.487	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		안정응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sg)	비 고
두부보	좌측내인보	210.800	180.000	126.087	159.596	O.K
	우측내인보	202.010	180.000	126.087	176.083	O.K
	좌측내인보수평	100.945	180.000	217.647	566.380	O.K
	우측내인보수평	91.794	180.000	217.647	644.241	O.K
	교량받침1	3.525	180.000	126.087	17873.379	O.K
	교량받침2	7.945	180.000	126.087	7929.944	O.K
기초	교축방향	164.752	180.000	126.761	139.241	O.K
	교직-지중부	155.467	180.000	126.761	140.926	O.K

28.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 28.2.1】 서문22교(문산) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	서문22교(문산)의 주요 손상현황으로는 신축이음 후타재파손, 차수판볼트탈락, 바닥판하면 보수부균열부백태가 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡으로 인한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	서문22교(문산)의 주요 손상현황으로는 신축이음 후타재파손, 차수판볼트탈락, 배수시설 배수관 월류, 교대 신축이음 하부 누수, 바닥판하면 보수부균열부백태 등이 조사되었다. 금회조사시 바닥판하면 보수부 균열부 백태가 일부 보수된 것이 확인되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡으로 인한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	신축이음 후타재 파손, 차수판 볼트탈락, 신축이음 하부 누수 배수시설 배수관 월류 바닥판하면 보수부균열부백태, 망상균열	양호

28.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

28.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 기 손상인 신축이음 후타재 파손, 누수, 배수관 월류, 바닥판하면 백태 및 망상균열 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

28.2.5 시설물 보수 이력

【표 28.2.2】 서문22교(문산) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

28.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 28.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

28.3 현장조사

28.3.1 개요

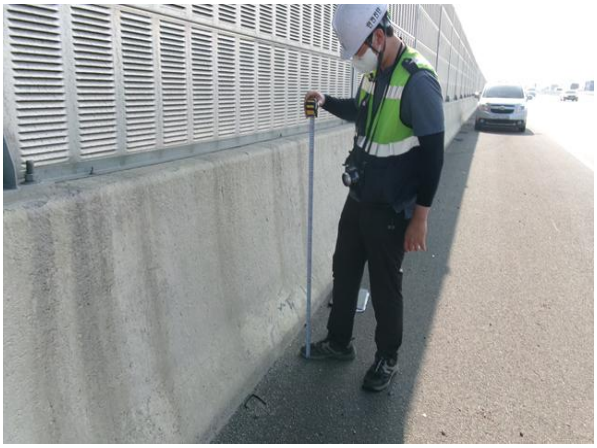
대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S8	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



제원조사



비파괴시험



비파괴시험

【사진 28.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

28.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문22교(문산)는 총 8경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=503.0m 폭 15.9m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



바닥판하면(S1~3) 전경



바닥판하면(S4~8) 전경

【사진 28.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 외관조사 결과, 콘크리트 파손 및 망상균열, 백태 등의 손상이 확인되었다.

【표 28.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	파손 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
S1	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	-	-
S3	0.80	1	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	4.00	1
S6	-	-	0.10	2	462.00	2
S7	-	-	-	-	495.00	2
S8	-	-	-	-	-	-
합계	0.80	1	0.10	2	961.00	5

	
바닥판 하면 S3 파손(0.2×4.0)	바닥판 하면 S6 망상균열(70.0×3.0)
	
바닥판 하면 S6 백태(0.1×0.5×2EA)	바닥판 하면 S7 망상균열(75.0×3.3×2EA)

【사진 28.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 파손은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 망상균열, 백태는 초기 건조수축, 온도변화, 우수유입 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

나. STEEL BOX Girder + BH Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 S1~S3구간은 BH거더 6열, S4~S8는 ST. BOX 3열로 시공되었다.
- 거더에 대한 현장조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>BH 거더 전경</td><td>BH 거더 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>STEEL BOX 거더외부 전경</td><td>STEEL BOX 거더내부 전경</td></tr>
</table>

【사진 28.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 전반적으로 양호한 상태로 확인되었다.

【표 28.3.2】 거더 현장조사 결과(BH)

구분		상태양호	
거더	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
합계		-	-

【표 28.3.3】 거더외부 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
거더 외부	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
	S8	-	-
합계		-	-

【표 28.3.4】 거더내부 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
거더 내부	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
	S8	-	-
합계		-	-



거더 형식변화부(P3) 상태양호



거더내부 상태양호

【사진 28.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- BH거더 및 ST. BOX 거더는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 STEEL과 콘크리트로 시공되어 있다.
- 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소차를 통한 근접조사를 실시하였다.



BH 거더 가로보 전경



BH 거더 가로보 전경



STEEL BOX 거더 가로보 전경

【사진 28.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, BH거더 가로보에 재료분리가 조사되었다.

【표 28.3.5】 가로보 현장조사 결과(BH)

구분		재료분리 (㎡/개소)	
가로보	S1	0.20	1
	S2	0.20	1
	S3	-	-
합계		0.40	2

【표 28.3.6】 가로보 현장조사 결과(S.T.B)

구분		상태양호	
가로보	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
	S7	-	-
	S8	-	-
합계		-	-

	
가로보 S1 G4~5 재료분리(1.0×0.2)	가로보 S2 G1~2 재료분리(1.0×0.2)

【사진 28.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보에 발생한 재료분리는 다짐불량, 온도변화 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 서문22교(문산) 교대는 상부 구조물로부터의 하중을 기초로 전달하는 부재로써, 역T형으로 A1 강관말뚝기초, A2 직접기초로 시공되어있다.
- 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 28.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 대한 외관조사 결과 A1 흉벽에 백태가 일부 조사되었다.

【표 28.3.7】 교대 현장조사 결과

구분	백태 (㎡/개소)	
A1	0.10	1
A2	-	-
합계	0.10	1



A1 흉벽 백태(0.2×0.5)



A1 접속옹벽 상태양호

【사진 28.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대 A1에 발생한 흉벽 백태는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 서문22교(문산)의 교각은 T형 7기로, 기초는 강관말뚝기초, 직접기초로 시공되었다.
- 교각에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교각 전경



교각 전경

【사진 28.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열 및 망상균열, 파손이 조사되었다.

【표 28.3.8】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
P1	3.00	1	-	-	-	-
P2	-	-	-	-	-	-
P3	-	-	-	-	-	-
P4	-	-	-	-	-	-
P5	-	-	10.00	4	-	-
P6	-	-	-	-	0.20	1
P7	-	-	-	-	-	-
합계	3.00	1	10.00	4	0.20	1

	
P1 코핑부 균열(Cw=0.3㎜미만)	P5 기둥부 망상균열(2.5×1.0)
	
P4 코핑부 파손(0.2×0.1)	P3 기존보수부 상태양호

【사진 28.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

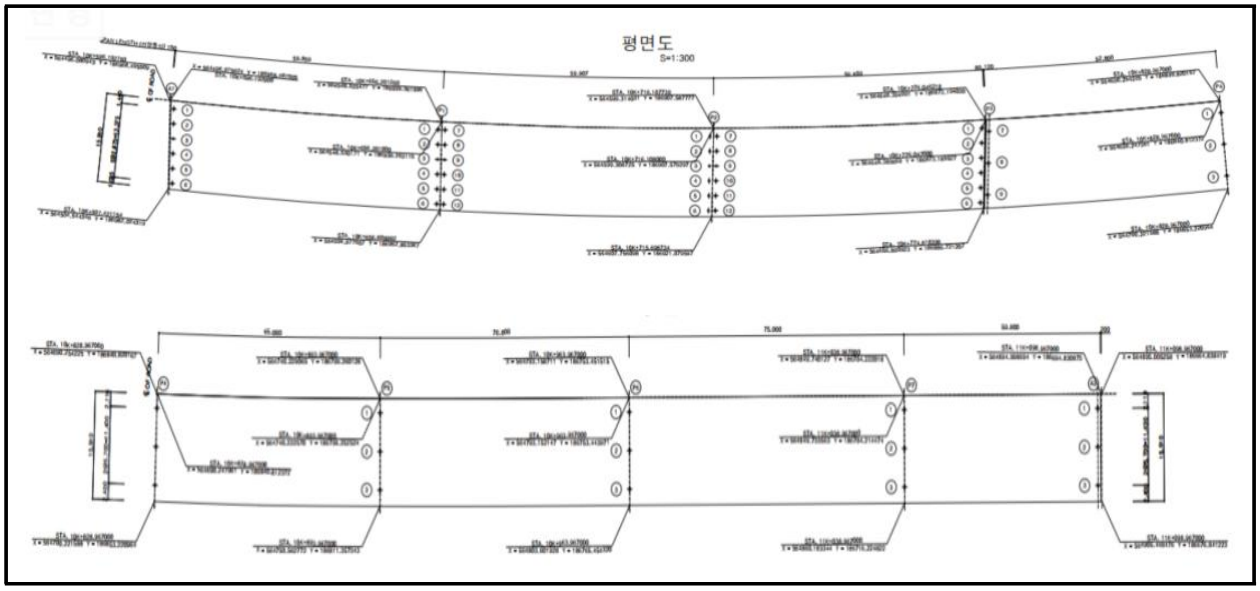
4) 검토의견

- 교각에 발생한 균열 및 파손은 건조수축, 온도변화, 외부충격 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열, 단면손상으로서 표면보수, 단면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문22교(문산)의 받침은 면진받침으로 총 54기(LRB 36기, EQS 18기)가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 28.3.1】 교량받침 배치도

		
LRB면진받침 전경	LRB면진받침 전경	LRB면진받침 전경
		
EQS면진받침 전경	EQS면진받침 전경	EQS면진받침 전경

【사진 28.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 받침콘크리트에 재료분리가 조사되었다.

【표 28.3.9】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침콘크리트 재료분리 (㎡/개소)	
A1	-	-
P1	-	-
P2	0.10	1
P3	-	-
P4	-	-
P5	-	-
P6	-	-
P7	-	-
A2	-	-
합계	0.10	1



P2-Sh9 받침콘크리트 재료분리(0.5×0.2)



P3 교량받침 상태양호



P4 교량받침 상태양호



P6 교량받침 상태양호

【사진 28.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

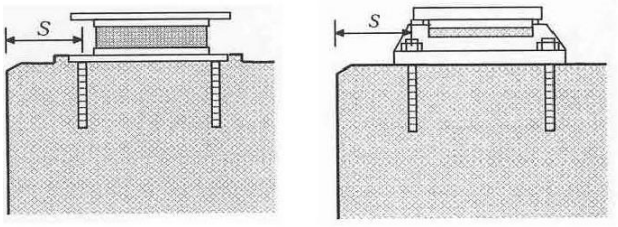
4) 검토의견

■ 받침콘크리트 재료분리는 다짐불량, 온도변화 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 손상으로 금회 일괄보수 보다는 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 시 단면보수 등의 보수가 필요할 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

■ 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.

■ 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 28.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 28.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=53.0m) : 200+5×53.0 = 465(㎜)
- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500(㎜)
- 거더 경간길이(L=65.0m) : 200+5×65.0 = 525(㎜)
- 거더 경간길이(L=70.0m) : 200+5×70.0 = 550(㎜)
- 거더 경간길이(L=75.0m) : 200+5×75.0 = 575(㎜)

【표 28.3.10】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)									검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	Sh7	Sh8	Sh9	
A1		500	650	660	670	650	650	680				O.K
P1	A1측	500	560	550	550	550	570	570				O.K
	A2측	500	620	650	650	650	620	620				O.K
P2	A1측	500	620	620	600	610	630	620				O.K
	A2측	500	630	640	650	620	620	620				O.K
P3	A1측	500	640	630	650	630	630	670				O.K
	A2측	465							550	550	540	O.K
P4	A1측	465	890	880	870							O.K
	A2측	525	890	880	870							O.K
P5	A1측	525	880	870	850							O.K
	A2측	550	880	870	850							O.K
P6	A1측	550	890	880	880							O.K
	A2측	575	890	880	880							O.K
P7	A1측	575	850	870	850							O.K
	A2측	500	850	870	850							O.K
A2		500	620	600	610							O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 28.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 28.3.11】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	39.8	10.2	0.00001	120.0	47.8	12.2	
P1	39.8	10.2	0.00001	60.0	23.9	6.1	
P2	고정단						
P3(A1)	39.8	10.2	0.00001	60.0	23.9	6.1	
P3(A2)	44.8	15.2	0.000012	161.5	86.8	29.5	
P4	44.8	15.2	0.000012	108.5	58.3	19.8	
P5	44.8	15.2	0.000012	43.5	23.4	7.9	
P6	44.8	15.2	0.000012	26.5	14.2	4.8	
P7	44.8	15.2	0.000012	101.5	54.6	18.5	
A2	44.8	15.2	0.000012	161.5	86.8	29.5	

1) 조사당시 온도 : 24.8℃(조사일 : 2022년 08월 24일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)

【표 28.3.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 반침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	+10	160	140	47.8	12.2	±150	O.K
	SH2	+10	160	140			±150	O.K
	SH3	+10	160	140			±150	O.K
	SH4	+10	160	140			±150	O.K
	SH5	+10	160	140			±150	O.K
	SH6	+10	160	140			±150	O.K
P1	SH1	0	150	150	23.9	6.1	±150	O.K
	SH2	0	150	150			±150	O.K
	SH3	0	150	150			±150	O.K
	SH4	0	150	150			±150	O.K
	SH5	0	150	150			±150	O.K
	SH6	0	150	150			±150	O.K
P2	고정단							
P3	SH1	0	150	150	23.9	6.1	±150	O.K
	SH2	0	150	150			±150	O.K
	SH3	0	150	150			±150	O.K
	SH4	0	150	150			±150	O.K
	SH5	0	150	150			±150	O.K
	SH6	0	150	150			±150	O.K
	SH7	+30	180	120	86.8	29.5	±150	O.K
	SH8	+30	180	120			±150	O.K
	SH9	+30	180	120			±150	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

【표 28.3.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P4	SH1	+35	185	115	58.3	19.8	±150	O.K
	SH2	+35	185	115			±150	O.K
	SH3	+35	185	115			±150	O.K
P5	SH1	0	150	150	23.4	7.9	±150	O.K
	SH2	0	150	150			±150	O.K
	SH3	0	150	150			±150	O.K
P6	SH1	+10	160	140	14.2	4.8	±150	O.K
	SH2	+10	160	140			±150	O.K
	SH3	+10	160	140			±150	O.K
P7	SH1	+5	155	145	54.6	18.5	±150	O.K
	SH2	+5	155	145			±150	O.K
	SH3	+5	155	145			±150	O.K
A2	SH1	+75	225	75	86.8	29.5	±150	O.K
	SH2	+75	225	75			±150	O.K
	SH3	+75	225	75			±150	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 교량받침 이동량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

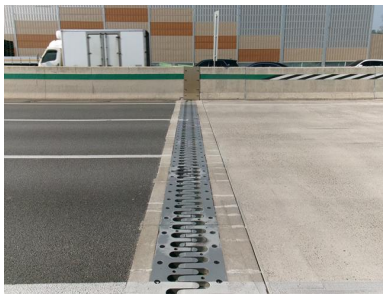
- 신축이음장치는 직접 차량하중을 받는 부재로써, 설계 및 시공의 결함은 차량통행자에게 불쾌감 및 위협감을 줄 뿐만 아니라 경우에 따라서는 교량구조에도 악영향을 미칠 수 있는 장치이다.
- 본 교량의 신축이음장치는 A1(NO.150), P3(NO.250), A2(NO.200) 강핑거조인트로 시공된 상태이다.
- 신축이음의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사 및 측정을 실시하였다.



EXP.J1(A1) 전경



EXP.J2(P3) 전경



EXP.J3(A2) 전경

【사진 28.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 신축이음 누수, 차수판 앵커볼트탈락 등의 손상이 조사되었다.

【표 28.3.13】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	차수판 앵커,볼트 탈락 (개소/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	1.00	1	1.00	1
P3 (EXP J2)	7.00	7	-	-
A2 (EXP J3)	-	-	1.00	1
합계	8.00	8	2.00	2

	
A1 차수판 앵커탈락(1EA)	P3 차수판 앵커탈락(3EA)
	
A1 신축이음 하부 누수	A2 상태양호

【사진 28.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 차수판 앵커볼트 탈락 및 하부 누수의 경우, 온도변화, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 앵커볼트 정비 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 17. 기온 적용: 11.2℃(일평균)
강교 △T(신장시) : 40.0℃−11.2℃ = 28.8℃
△T(수축시) : −20.0℃−(11.2℃) = 31.2℃
RC교 △T(신장시) : 35.0℃−11.2℃ = 23.8℃
△T(수축시) : −15.0℃−(11.2℃) = 26.2℃
△lt(최소필요유간) : △T× α ×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α (/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 28.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 28.3.14】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	26.2	23.8	0.00001	120.0	31.4	28.6	80	150	310	
P3	26.2	23.8	0.00001	60.0	15.7	14.3	105	180	360	
	31.2	28.8	0.000012	161.5	60.5	55.8				
A2	31.2	28.8	0.000012	161.5	60.5	55.8	100	150	190	

1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : −20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교), −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)

【표 28.3.15】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	31.4	28.6	80	150	111.4	51.4	O.K
	바닥판			150	-	-	121.4	O.K
	거더			310	-	-	281.4	O.K
P3	신축이음	76.2	70.1	105	250	181.2	34.9	O.K
	바닥판			180	-	-	109.9	O.K
	거더			360	-	-	289.9	O.K
A2	신축이음	60.5	55.8	100	200	160.5	44.2	O.K
	바닥판			150	-	-	94.2	O.K
	거더			190	-	-	134.2	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

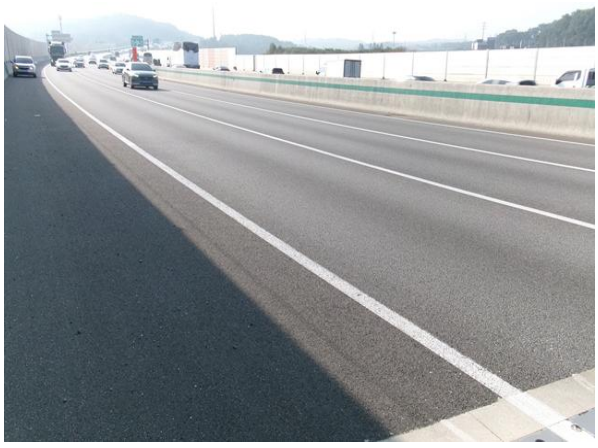
6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 서문22교(문산)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장(T=80㎜)으로 되어있다.
- 교면포장의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사를 실시하였다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

【사진 28.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 교량내의 아스콘 교면포장은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나, 접속부 콘크리트 포장에 일부 박리가 확인되었다.

【표 28.3.16】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 박리 (㎡/개소)	
S1	1.50	1
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
S8	-	-
합계	1.50	1

	
S1 접속부 포장 박리(0.5×3.0)	S1 접속부 포장 박리(0.5×3.0)
	
교면포장 상태양호	교면포장 상태양호

【사진 28.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장은 아스콘에 균열이나 소성변형, 포트홀 등의 손상이 없는 상태로, 구배불량에 의한 물고임 현상도 발생하지 않은 상태이다. 다만, 접속부 콘크리트 포장 박리가 일부 조사되었고, 손상부는 지속적인 우수유입 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 갓길측에 발생한 손상으로 주행차량에 영향을 적은 상태로 주의관찰 후 보수하는 유지관리가 필요하다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 서문22교(문산)의 상부는 그레이팅 덮개로 마감된 배수구가 하부는 육교형 배수관이 시공되어있고, 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌·우측에 배수시설이 설치되어 있다.
- 배수시설에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 28.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 양호한 상태로 조사되었다.

【표 28.3.17】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
S8	-	-
합계	-	-

	
배수관 상태양호	배수구 상태양호

【사진 28.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 손상이 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다. 부속시설로 방음벽이 시공되어 있다.
- 방호벽에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



방호벽 전경



중분대 전경

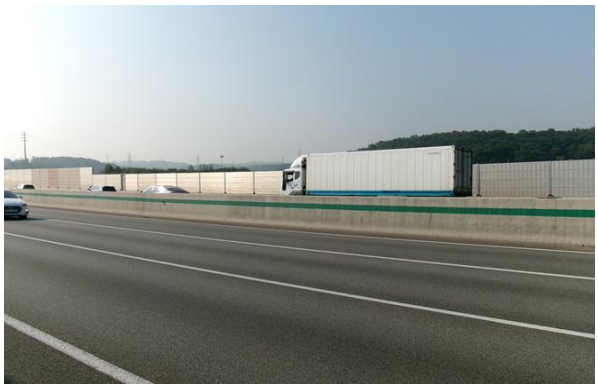
【사진 28.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 균열 및 백태가 조사되었다.

【표 28.3.18】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열부 백태 (㎡/개소)	
S1	3.00	2	-	-
S2	36.00	24	0.15	1
S3	30.00	20	-	-
S4	28.50	19	-	-
S5	34.50	23	-	-
S6	24.00	16	-	-
S7	-	-	-	-
S8	1.50	1	0.05	1
합계	157.50	105	0.20	2

	
S1 균열(Cw=0.3㎜미만)	S2 균열부 백태(0.1×1.5)
	
S3 중앙분리대 균열(Cw=0.3㎜미만, 20EA)	S4 중앙분리대 균열(Cw=0.3㎜미만, 19EA)
	
S5 균열(Cw=0.3㎜미만)	S8 균열부 백태(0.1×0.5)

【사진 28.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열 및 백태는 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 현재 경미한 상태로 시급한 보수 보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 서문22교(문산)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1, P1~P7에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.
- 교량 점검시설에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

【사진 28.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교대, 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 28.3.19】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
P4	-	-
P5	-	-
P6	-	-
P7	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 28.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

28.3.3 외관조사 총괄표

【표 28.3.20】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		파손	㎡	0.80	1	
		백태	㎡	0.10	2	
		망상균열	㎡	961.00	5	
S.T.B	거더외부	상태양호	-	-	-	
	거더내부	상태양호	-	-	-	
	가로보	상태양호	-	-	-	
BH	거더	상태양호	-	-	-	
	가로보	재료분리	㎡	0.40	2	
교대		백태	㎡	0.10	1	
교각		균열(0.3㎜미만)	m	3.00	1	
		망상균열	㎡	10.00	4	
		파손	㎡	0.20	1	
교량받침		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.10	1	
신축이음		신축이음 누수	m	2.00	2	
		차수판 앵커탈락	EA	8.00	8	
교면포장		접속도로 박리	㎡	1.50	1	
배수시설		상태양호	-	-	-	
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	157.50	105	
		균열부 백태	㎡	0.20	2	
점검시설		상태양호	-	-	-	

28.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

28.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

28.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 28.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	9	9	9	9	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		2	4	2	4	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시
※ 본 교량은 연장비 500m이상으로 조정비 80%로 상·하부구조 각각 9개소씩 반발경도시험을 실시함

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



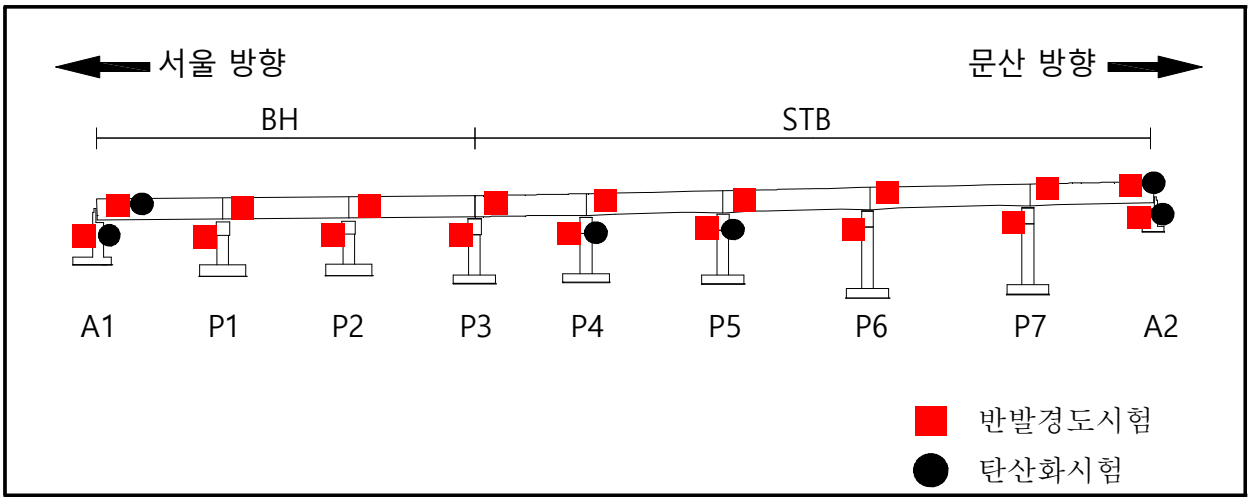
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 28.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 28.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

28.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(각 9개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 28.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S4	바닥판	47.0	27.9	29.1	0.67	27.0	
	S5	바닥판	48.4	29.1	29.8			
	S6	바닥판	48.2	29.0	29.7			
	S7	바닥판	46.4	27.4	28.8			
	S8	바닥판	47.2	28.1	29.2			
	S8	바닥판	46.7	27.7	28.9			

【표 28.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
상부구조	S1	거더	51.6	44.0	53.6	0.67	40.0	
	S2	거더	48.5	41.0	48.9			
	S3	거더	50.1	42.6	51.4			

【표 28.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	흉벽	45.9	27.0	28.6	0.67	24.0	
	A2	흉벽	47.8	28.6	29.5			

【표 28.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(㎫)				설계기준강도(㎫)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
하부구조	P1	코핑부	51.7	44.2	53.8	0.67	40.0	
	P2	코핑부	52.2	44.7	54.6			
	P3	코핑부	50.4	42.9	51.8			
	P4	코핑부	50.4	42.9	51.8			
	P5	코핑부	51.6	44.1	53.7			
	P6	코핑부	50.2	42.7	51.5			
	P7	코핑부	49.7	42.2	50.7			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.4~29.1㎫, 거더 41.0~44.0㎫, 하부구조 교대 27.0~28.6㎫, 교각 42.2~44.7㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 28.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.4~29.1	27.0	101.4~107.9
	거더	41.0~44.0	40.0	102.5~110.1
하부구조	교대	27.0~28.6	24.0	112.5~119.2
	교각	42.2~44.7	40.0	105.5~111.7

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 28.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판하면	3.0	40.0	37.0	2.12	100년이상	a
	S8 바닥판하면	3.5	40.0	36.5	2.47	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	4.5	100.0	95.5	3.18	100년이상	a
	A2 흉벽	4.0	100.0	96.0	2.83	100년이상	a
	P4 코핑부	4.5	100.0	95.5	3.18	100년이상	a
	P5 코핑부	3.0	100.0	97.0	2.12	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.0~3.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 3.0~4.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 28.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	3.0~3.5	36.5~37.0	
하부구조	3.0~4.5	95.5~97.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 28.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.4~29.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.0~44.0	40.0	
	하부구조	교대	27.0~28.6	24.0	
		교각	42.2~44.7	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.5~37.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5~97.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

28.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

28.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 28.5.1】 상태평가 결과표(BH)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	BH	a	a	b	a	a	b	c	a	b	q	a	a
S2	P1	BH	a	a	b	a	a	b	–	a	b	q	–	–
S3	P2	BH	b	a	a	a	a	b	–	b	a	q	–	–
평균			0.133	0.100	0.167	0.100	0.100	0.200	0.400	0.133	0.167	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.024	0.020	0.008	0.007	0.003	0.004	0.036	0.012	0.033	–	0.004	0.003
													0.155	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.155) < 0.260

【표 28.5.2】 상태평가 결과표(STB)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S4	P3	STB	a	a	a	a	a	b	b	a	a	q	-	-
S5	P4	STB	b	a	a	a	a	b	-	a	a	q	-	a
S6	P5	STB	b	a	a	a	a	b	-	a	b	q	-	a
S7	P6	STB	b	a	a	a	a	a	-	a	b	q	-	-
S8	P7	STB	a	a	a	a	a	b	-	a	a	q	a	-
	A2								c	a	a	q	-	a
평균			0.160	0.100	0.100	0.100	0.100	0.180	0.300	0.100	0.133	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.029	0.020	0.005	0.007	0.003	0.004	0.027	0.009	0.027	-	0.004	0.003
													0.137	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.137) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 28.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문22교(문산)(BH)	0.155	B	180.0	3	540.0	0.358	0.055
서문22교(문산)(STB)	0.137	B	323.0	3	969.0	0.642	0.088
합계(Σ)			503.0	6	1,509.0	1.000	0.143
1. 평가지수 =							0.143
2. 상태평가결과 =							B

28.5.2 기 점검 결과와의 비교

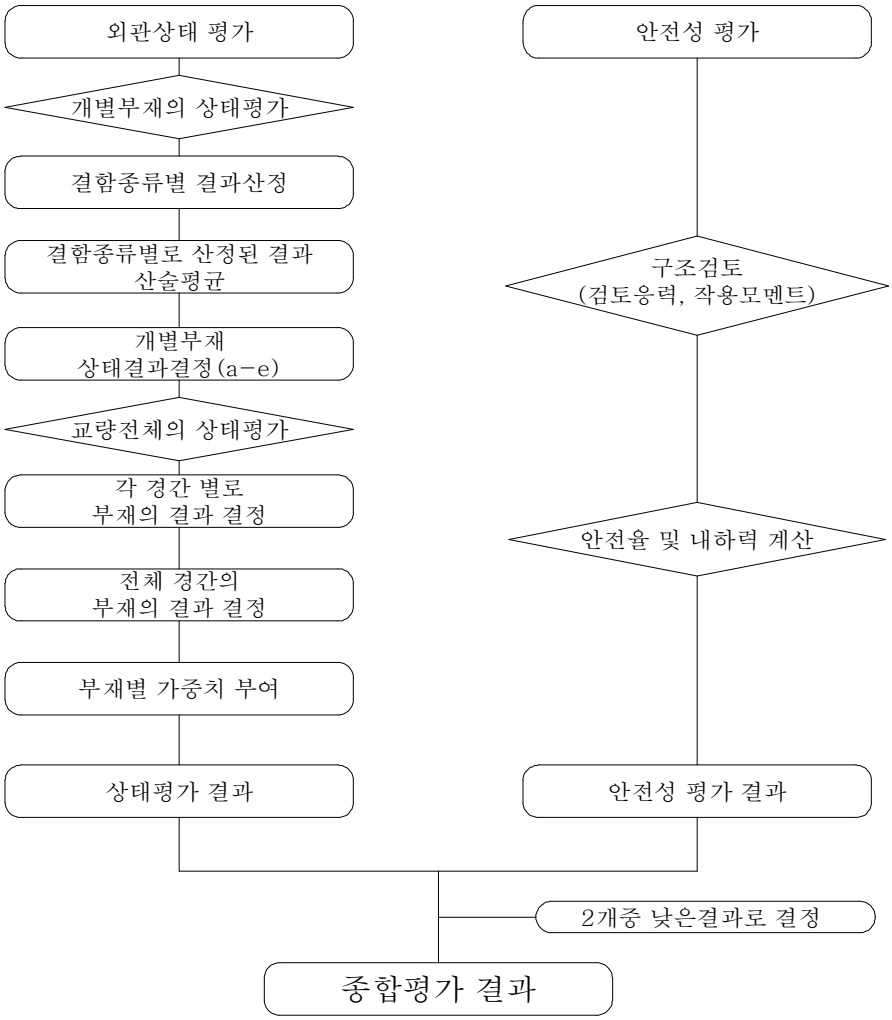
■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

28.6 종합평가 및 안전등급 지정

28.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 28.6.1】 종합평가 결과 산정절차

28.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 28.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문22교(문산)	0.143	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

28.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 28.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

28.7 보수·보강 및 유지관리방안

28.7.1 보수·보강 방안

【표 28.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		파손	㎡	0.80	1	단면보수	하자
		백태	㎡	0.10	2	표면처리	하자
		망상균열	㎡	961.00	5	표면처리	하자
S.T.B	거더외부	상태양호	-	-	-	-	-
	거더내부	상태양호	-	-	-	-	-
	가로보	상태양호	-	-	-	-	-
BH	거더	상태양호	-	-	-	-	-
	가로보	재료분리	㎡	0.40	2	단면보수	하자
교대		백태	㎡	0.10	1	표면처리	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	m	3.00	1	표면처리	하자
		망상균열	㎡	10.00	4	표면처리	하자
		파손	㎡	0.20	1	단면보수	하자
교량받침		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.10	1	단면보수	하자
신축이음		신축이음 누수	m	2.00	2	재설치	하자
		차수판 앵커탈락	EA	8.00	8	정비	하자
교면포장		접속도로 박리	㎡	1.50	1	단면보수	하자
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	157.50	105	표면처리	하자
		균열부 백태	㎡	0.20	2	표면처리	하자
점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

28.7.2 개략공사비

【표 28.7.2】 개략공사비

구분	손상 내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	파손	단면보수	0.80	1.20	㎡	-	-	하자
	백태	표면처리	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
	망상균열	표면처리	961.00	1,441.50	㎡	-	-	하자
BH 가로보	재료분리	단면보수	0.40	0.60	㎡	-	-	하자
교대	백태	표면처리	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	표면처리	3.00	1.13	㎡	-	-	하자
	망상균열	표면처리	10.00	15.00	㎡	-	-	하자
	파손	단면보수	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
교량받침	받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
신축이음	신축이음 누수	재설치	2.00	3.00	m	-	-	하자
	차수판 앵커탈락	정비	8.00	12.00	EA	-	-	하자
교면포장	접속도로 박리	단면보수	1.50	2.25	㎡	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	157.50	59.06	㎡	-	-	하자
	균열부 백태	표면처리	0.20	0.30	㎡	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

28.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 28.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

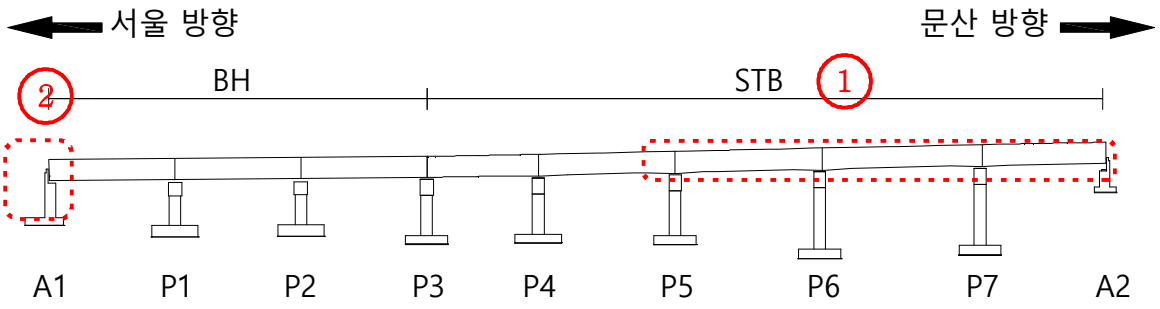




① 바닥판 하면 망상균열, 백태 등 – 진전 여부확인



② 하부구조 백태 – 진전 여부확인



28.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 원당동 572-2에 위치한 교량으로 총 연장 503.0m, 폭 15.9m의 Steel Box + BH Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

28.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면 외관조사 결과, 콘크리트 파손 및 망상균열, 백태 등의 손상이 확인되었다.
- 바닥판하면에 발생한 파손은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 망상균열, 백태는 초기 건조수축, 온도변화, 우수유입 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

2) Steel Box Girder + BH Girder

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 전반적으로 양호한 상태로 확인되었다.
- BH거더 및 ST. BOX 거더는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보에 대한 현장조사 결과, BH거더 가로보에 재료분리가 조사되었다.
- 가로보에 발생한 재료분리는 다짐불량, 온도변화 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

4) 교대

- 교대에 대한 외관조사 결과 A1 흉벽에 백태가 일부 조사되었다.
- 교대 A1에 발생한 흉벽 백태는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교각

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열 및 망상균열, 파손이 조사되었다.
- 교각에 발생한 균열 및 파손은 건조수축, 온도변화, 외부충격 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열, 단면손상으로서 표면보수, 단면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

6) 교량받침

- 현장조사 결과 받침콘크리트에 재료분리가 조사되었다.
- 받침콘크리트 재료분리는 다짐불량, 온도변화 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 손상으로 금회 일괄보수 보다는 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 시 단면보수 등의 보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 교량받침 이동량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음 현장조사 결과 신축이음 누수, 차수판 앵커볼트탈락 등의 손상이 조사되었다.
- 신축이음에 발생한 차수판 앵커볼트 탈락 및 하부 누수의 경우, 온도변화, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 앵커볼트 정비 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 현장조사 결과 교량내의 아스콘 교면포장은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나, 접속부 콘크리트 포장에 일부 박리가 확인되었다.
- 교면포장은 아스콘에 균열이나 소성변형, 포트홀 등의 손상이 없는 상태로, 구배불량에 의한 물고임 현상도 발생하지 않은 상태이다. 다만, 접속부 콘크리트 포장 박리가 일부 조사되었고, 손상부는 지속적인 우수유입 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 갓길측에 발생한 손상으로 주행차량에 영향을 적은 상태로 주의관찰 후 보수하는 유지관리가 필요하다.

9) 배수시설

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 양호한 상태로 조사되었다.
- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 차량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 손상이 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 균열 및 백태가 조사되었다.
- 방호벽에 발생한 균열 및 백태는 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 현재 경미한 상태로 시급한 보수 보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

11) 교량 점검시설

- 교대, 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.
- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.4~29.1㎫, 거더 41.0~44.0㎫, 하부구조 교대 27.0~28.6㎫, 교각 42.2~44.7㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 3.0~3.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 3.0~4.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 서문22교(문산)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문22교(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

28.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

28.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

29. 서문27교(서울)

29.1 시설물 개요
29.2 자료수집 및 분석
29.3 현장조사
29.4 콘크리트 내구성조사
29.5 상태평가
29.6 종합평가 및 안전등급 지정
29.7 보수·보강 및 유지관리 방안
29.8 종합결론

29. 서문27교(서울)

29.1 시설물의 개요

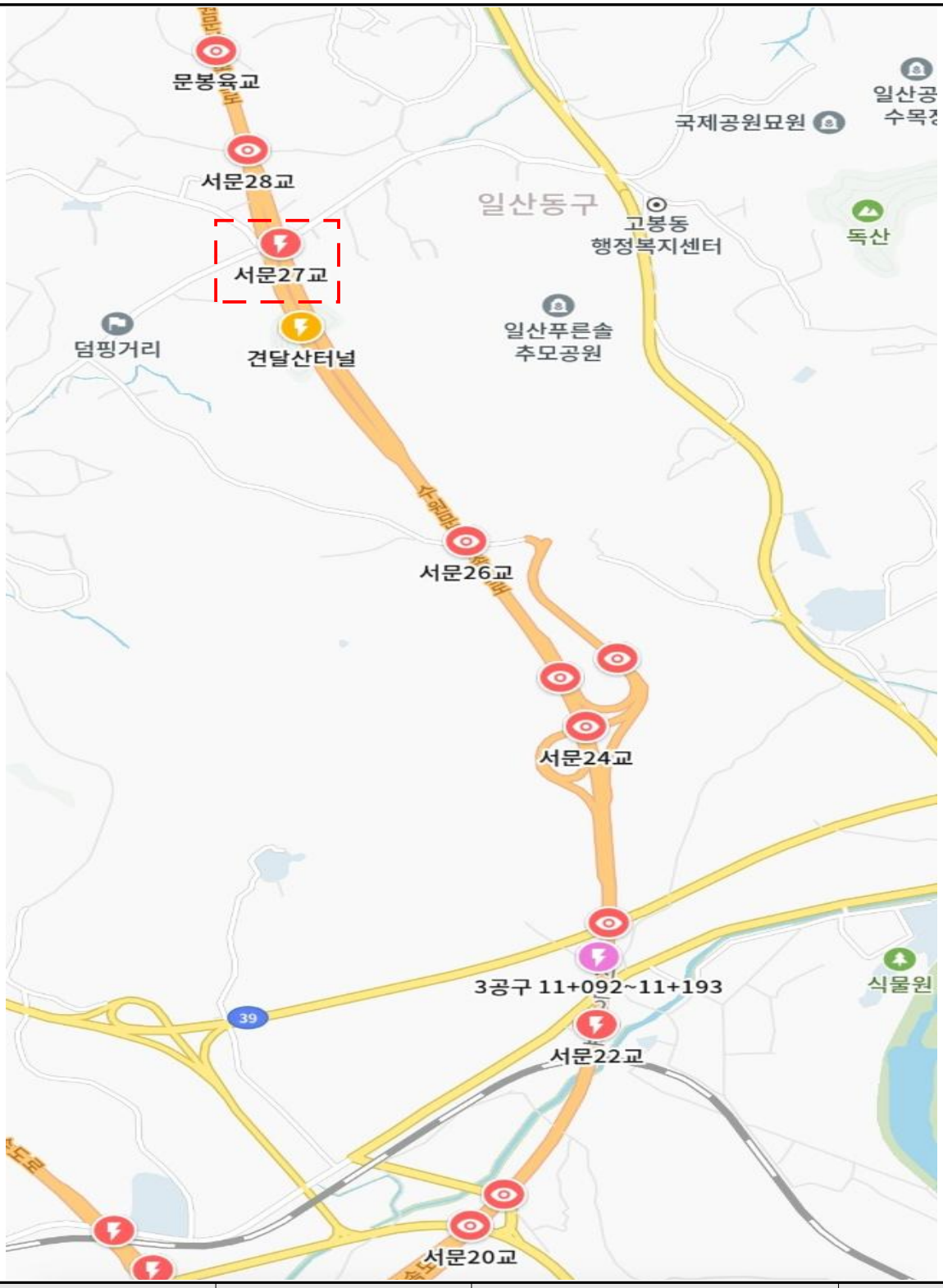
본 시설물은 경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51에 위치한 교량으로 총 연장 50.0m, 폭 16.0m로 시공되어 있다.

29.1.1 일반사항

【표 29.1.1】 서문27교(서울) 일반사항

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000118</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td>경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51</td><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td></tr>
<tr><td colspan="2">시점이정</td><td>본선구간 11.580km</td><td colspan="2">노 선 명</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=50.0m(50.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=16.0m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조 형식</td><td>상부</td><td>BICON거더</td><td rowspan="2">기초 형식</td><td>교 대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형</td><td>교 각</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>견달산로</td><td colspan="2">통과높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td>-</td><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td></tr>
<tr><td colspan="2">시 공 자</td><td>지에스건설㈜</td><td colspan="2">관리주체</td><td>㈜신성엔지니어링</td></tr>
<tr><td colspan="2">감 리 자</td><td>동남이엔씨㈜</td><td colspan="2">관리주체</td><td>서울문산고속도로주식회사</td></tr>
<tr><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">측면 전경</td><td colspan="3">상부 전경</td></tr>
</table>

29.1.2 위치도 및 전경사진



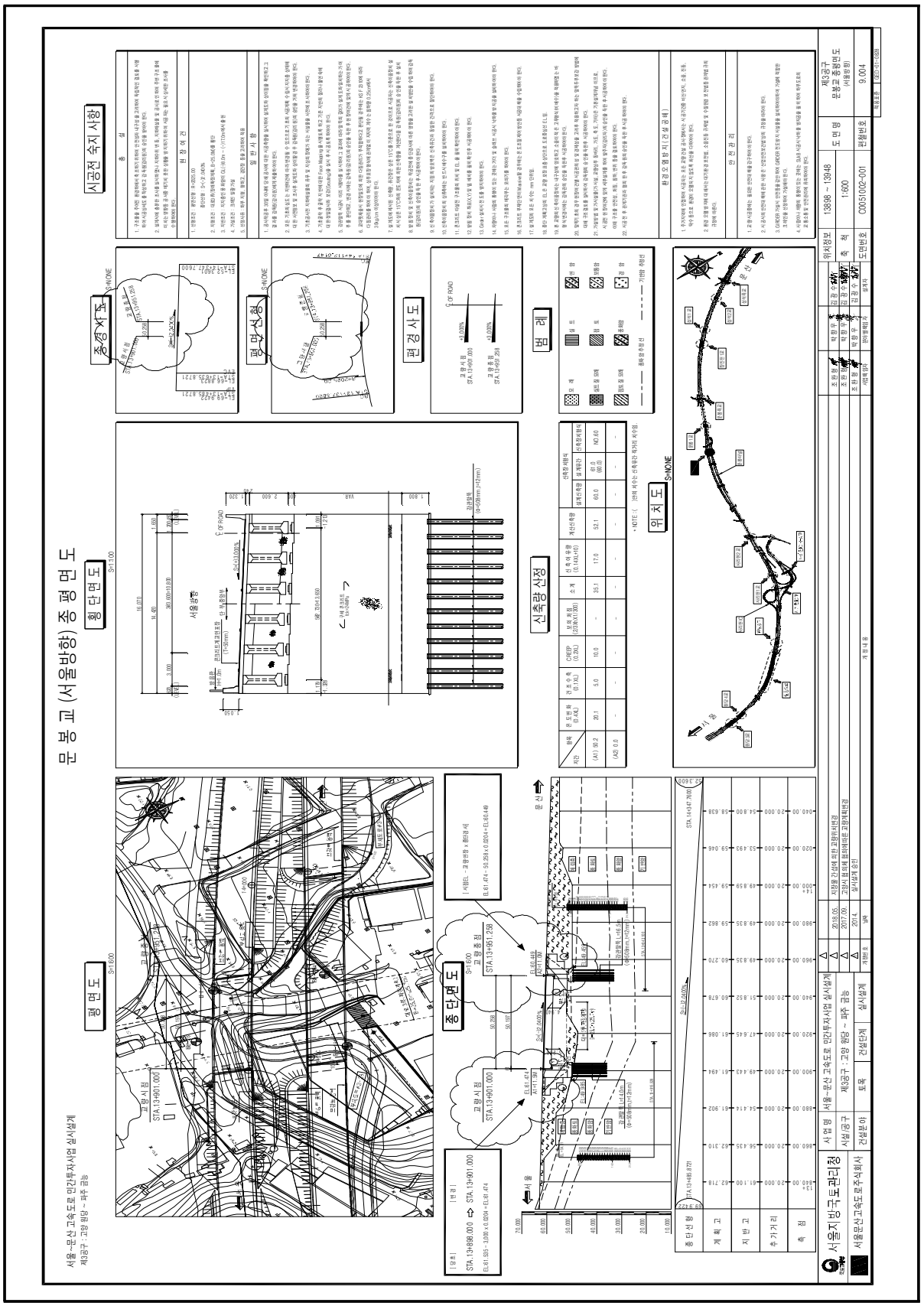
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 29.1.1】 위치도

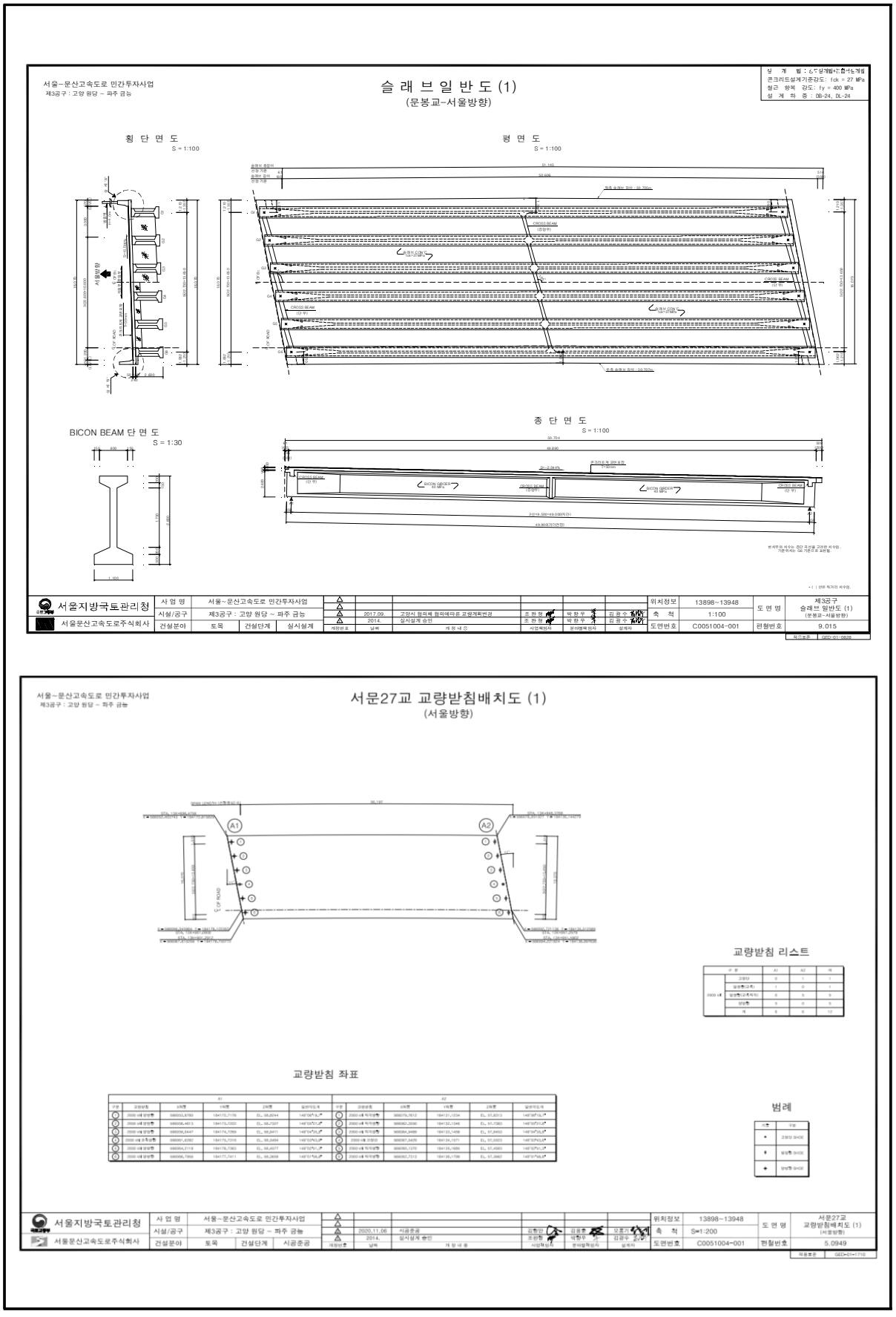
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
방호벽, 방음벽 전경	거더, 바닥판하면 전경
	
교대(A1) 전경	교대(A2) 전경
	
작업사진(도보 이동점검) 전경	작업사진(고소차) 전경

【그림 29.1.2】 부재별 전경 및 작업사진

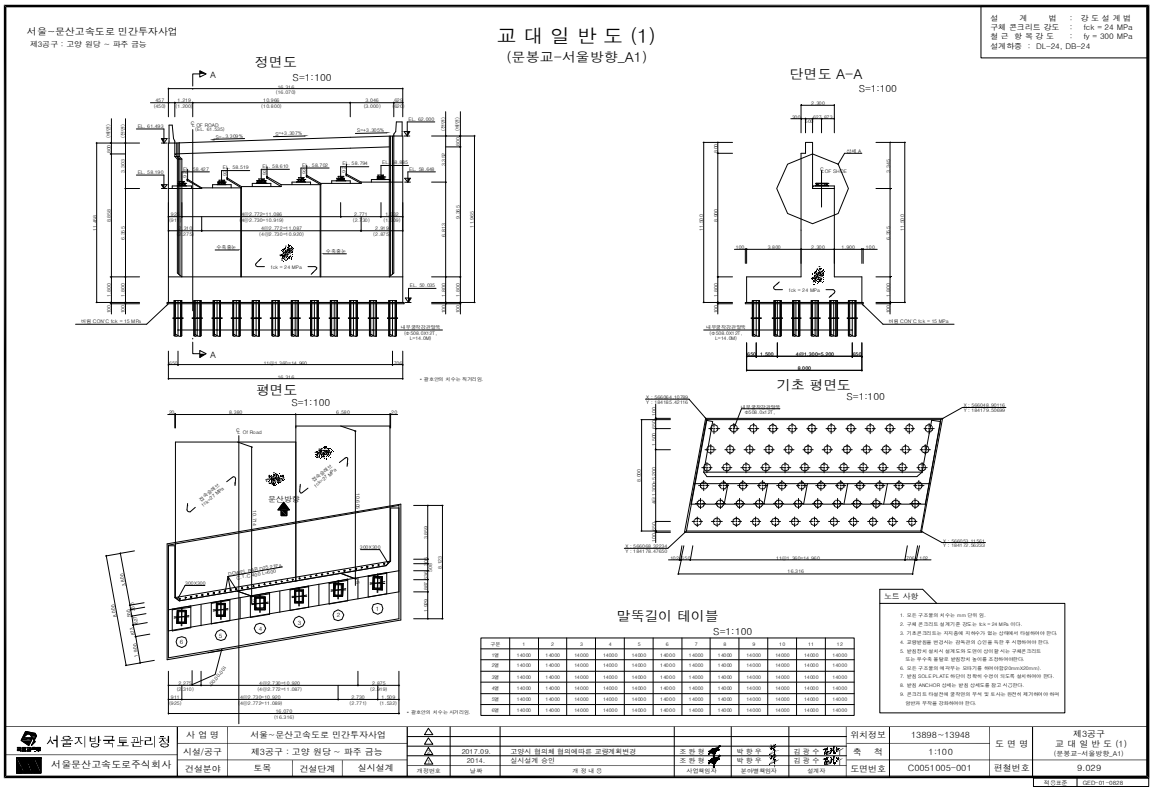
29.1.3 시설물 일반도

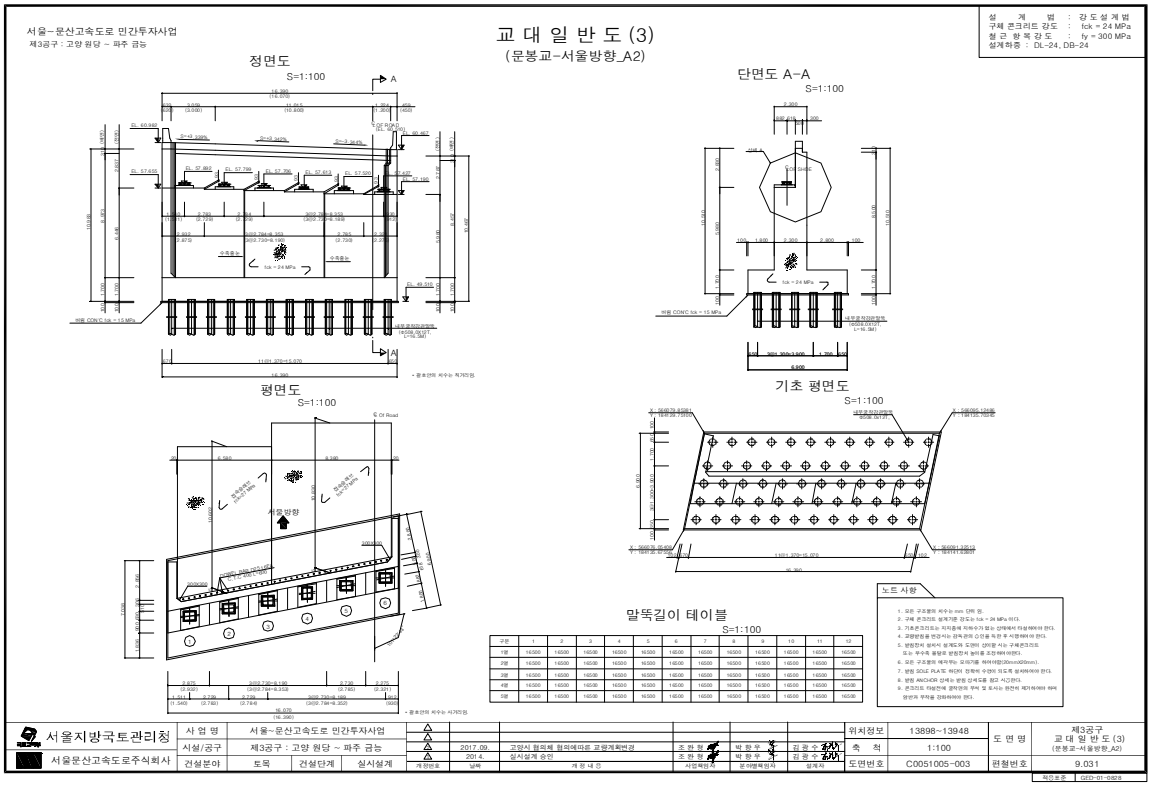


【그림 29.1.3】 평면 및 종단면도

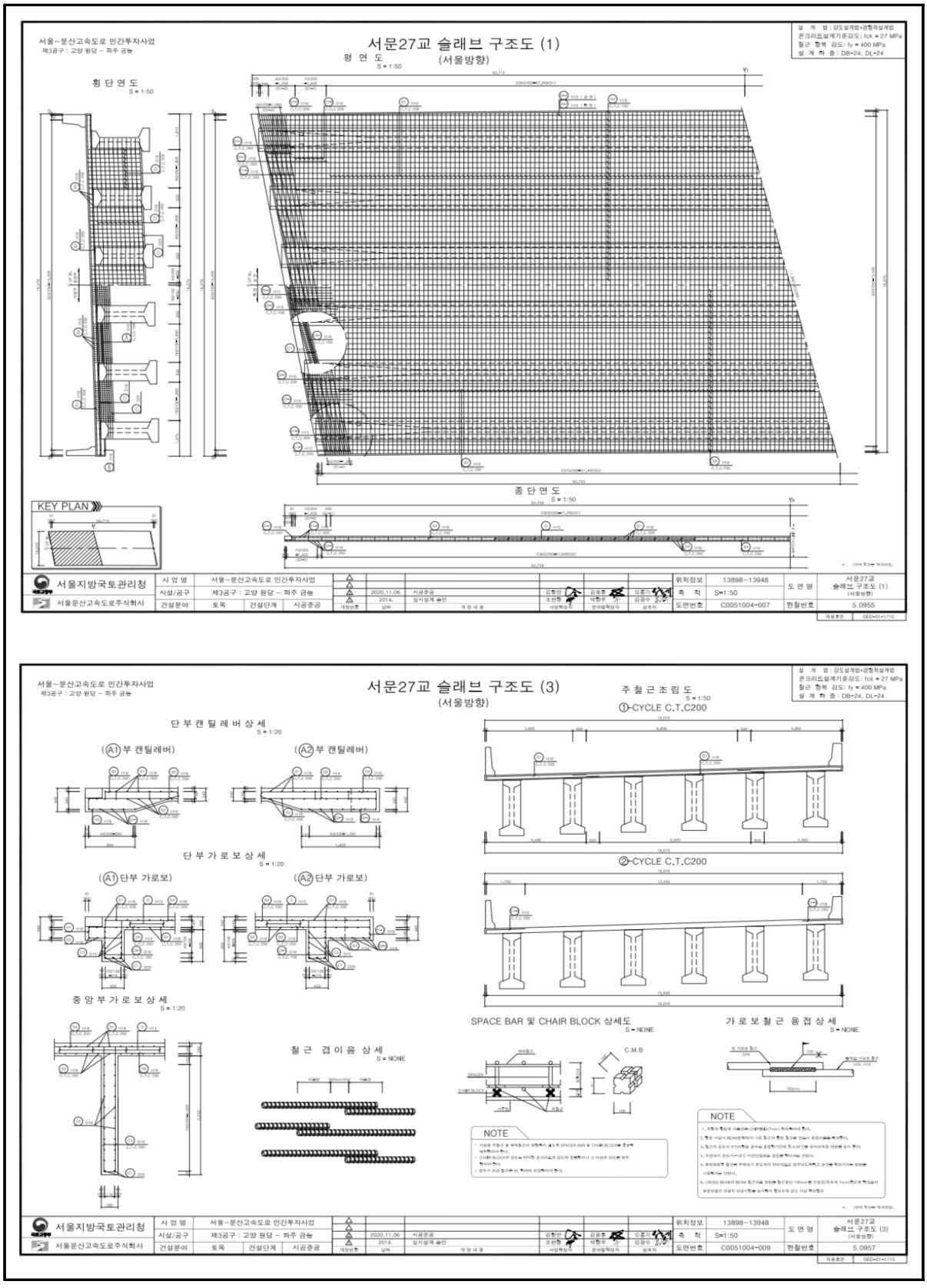


【그림 29.1.4】 바닥판하면 일반도, 교량받침 배치도

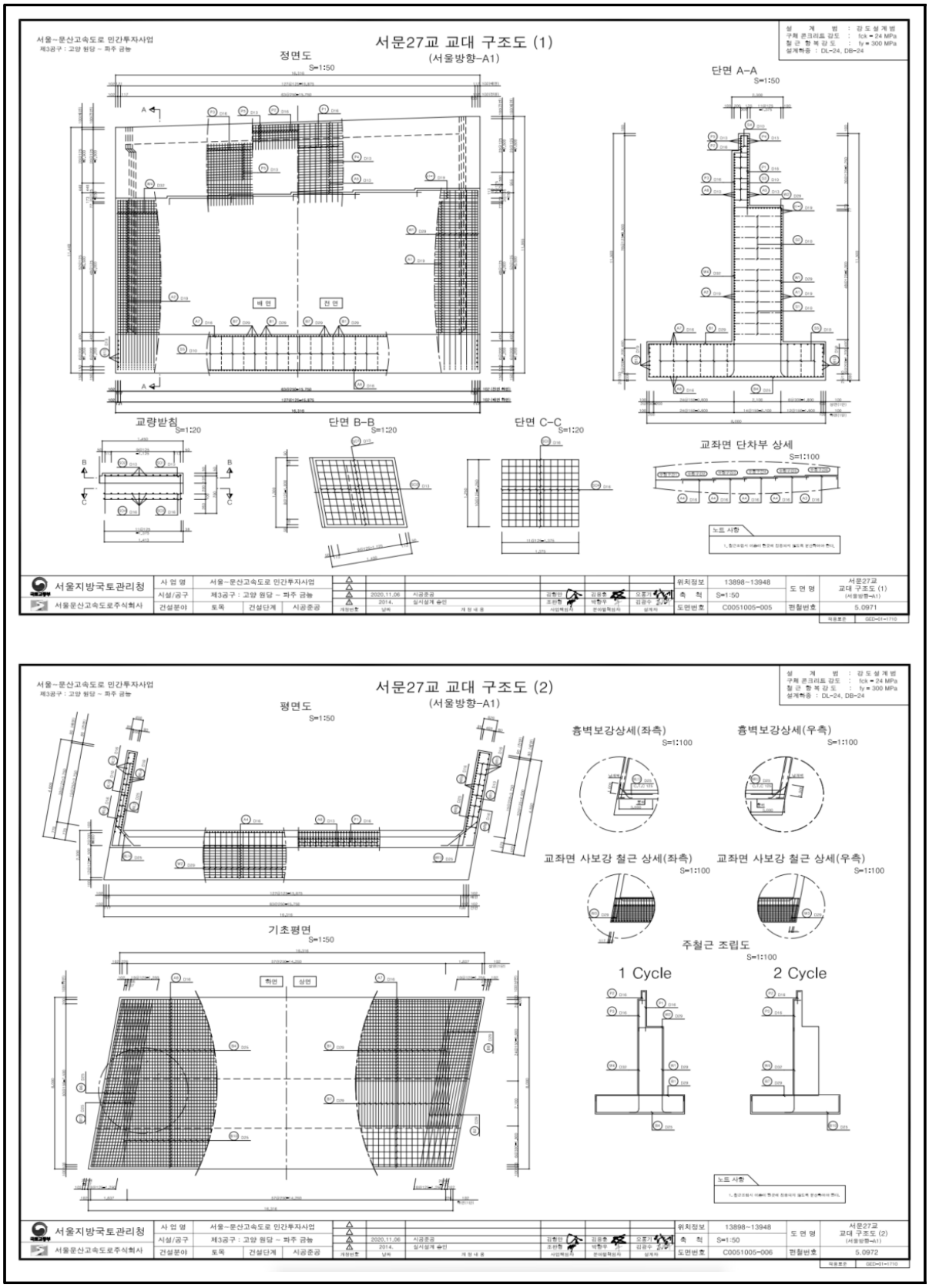




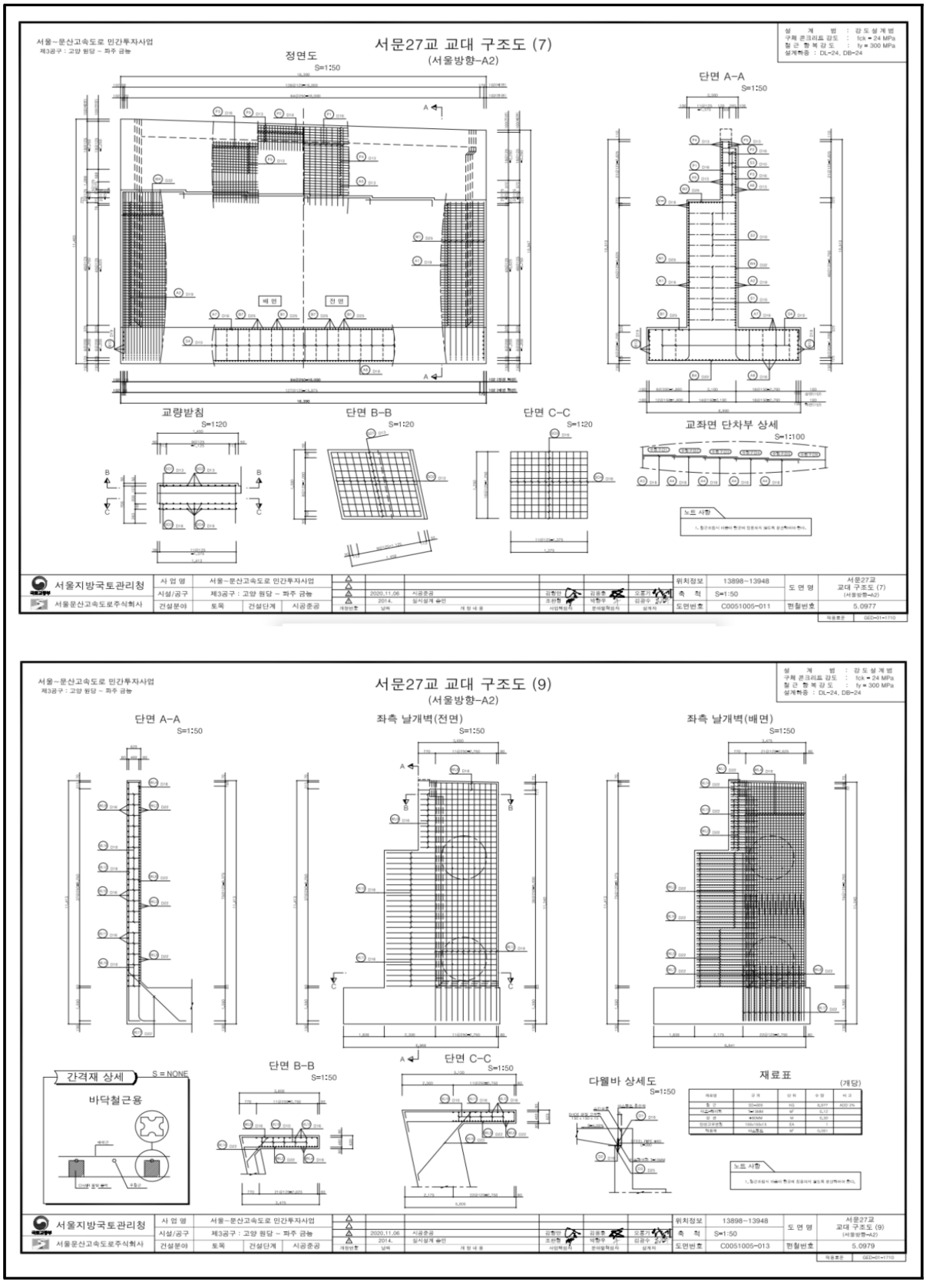
【그림 29.1.5】 교대 일반도



【그림 29.1.6】 바닥판하면 배근도



【그림 29.1.7】 교대(A1) 배근도



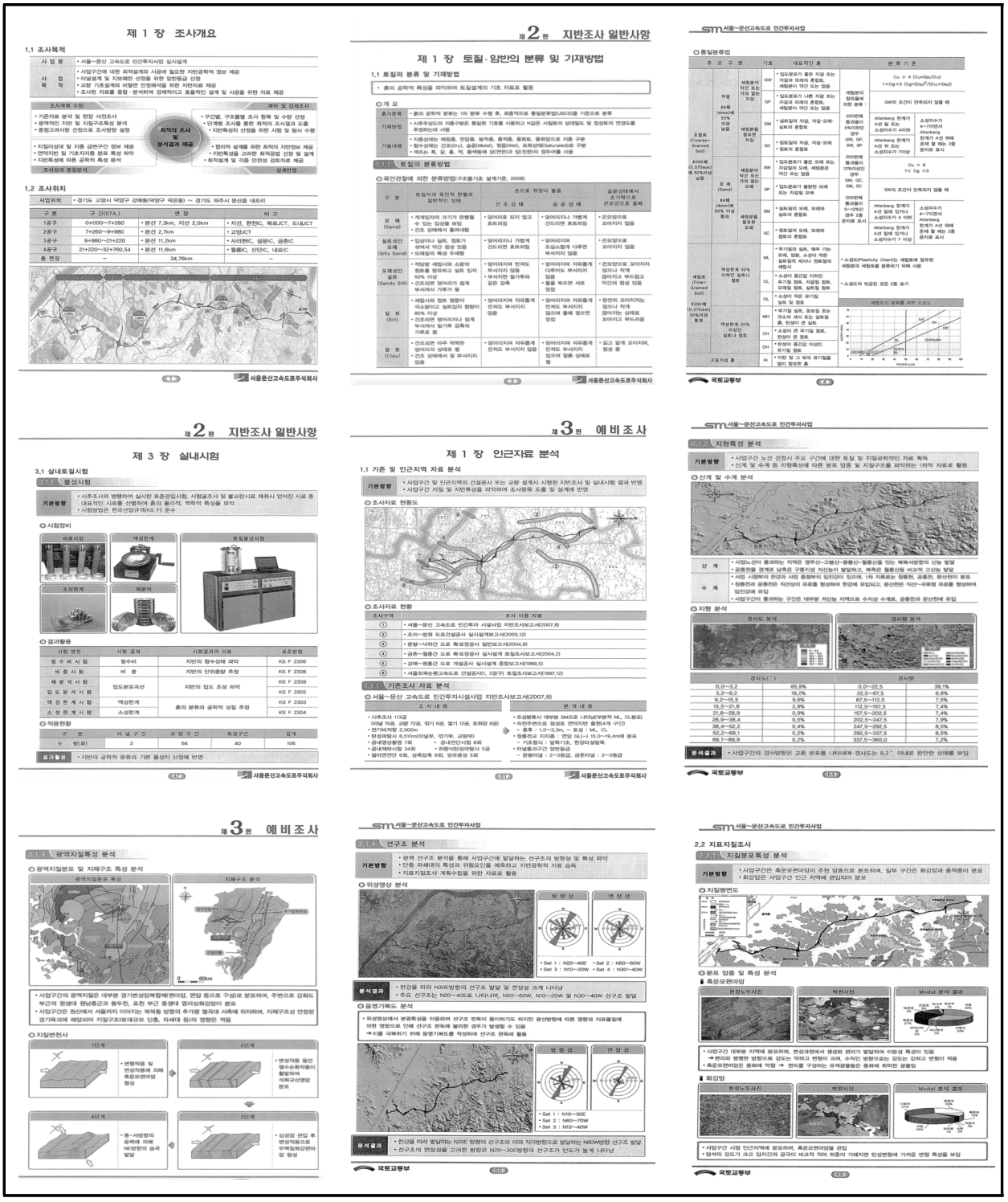
【그림 29.1.8】 교대(A2) 배근도

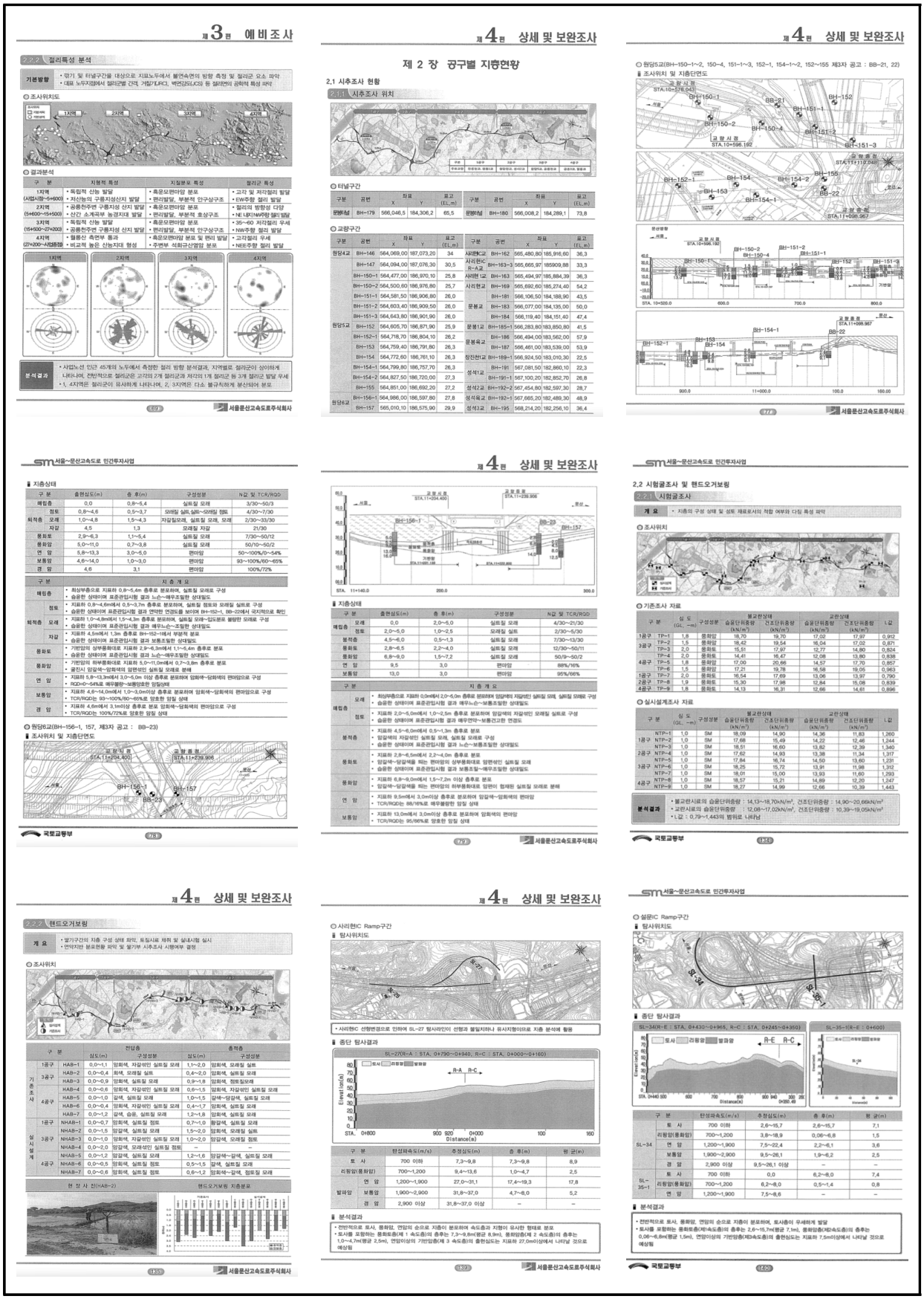
29.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

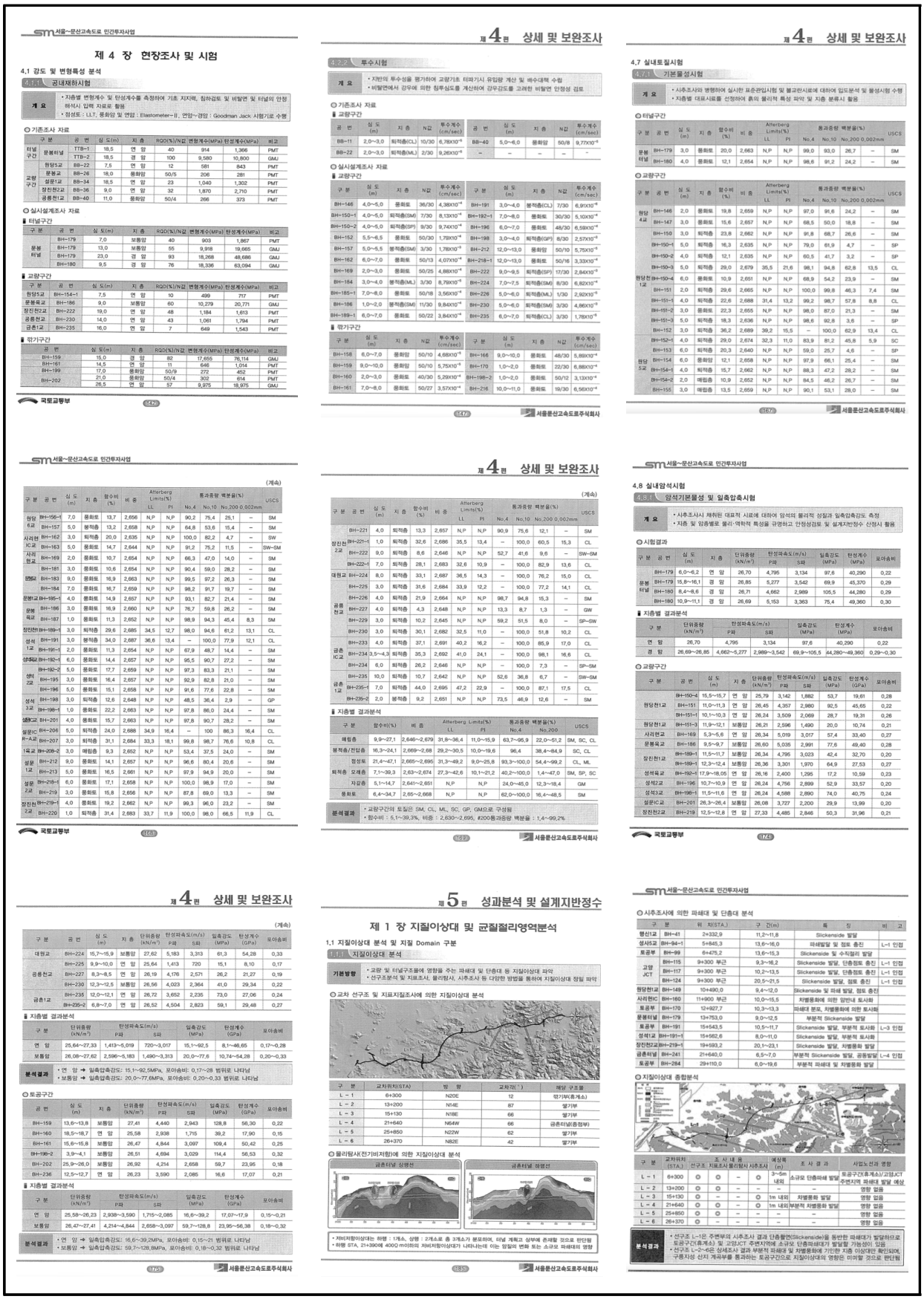
29.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질




제3편 예비조사
2.2.2 절리특성 분석
기본방향
• 막기 및 터널구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악
• 대표 노두지점에서 절리군별 간격, 개방기(JRC), 벽면강도(JCS) 등 절리면의 공학적 특성 파악
조사위치도
결과분석
분석결과
• 사업노선 인근 45개의 노두에서 측정한 절리 방향 분석결과, 지역별로 절리군이 상이하게 나타나며, 전반적으로 절리군은 고각의 2개 절리군과 저각의 1개 절리군 등 3개 절리군 발달 우세
• 1, 4지역은 절리군이 유사하게 나타나며, 2, 3지역은 다소 불규칙하게 분산되어 분포.
69
서울문산고속도로주식회사
제4편 상세 및 보완조사
제 2 장 공구별 지층현황
2.1 시추조사 현황
2.1.1 시추조사 위치
터널구간
교량구간
지층상태
지층 개요
원당2교(BH-156~1, 157, 제3차 공고 : BB-23)
조사위치 및 지층단면도
78
국토교통부
제4편 상세 및 보완조사
지층상태
지층 개요
79
서울문산고속도로주식회사
제4편 상세 및 보완조사
2.2 시험굴조사 및 핸드오거보링
2.2.1 시험굴조사
개 요
• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악
조사위치
기존조사 자료
실시설계조사 자료
분석결과
• 전반적으로 토사, 풍화암, 연암의 순으로 지층이 분포하며, 토사층이 우세하게 발달
• 토사층 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 7.3~9.8m(평균 8.9m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 1.0~4.7m(평균 2.5m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 27.0m이상에서 나타날 것으로 예상됨
121
국토교통부
제4편 상세 및 보완조사
2.2.2 핸드오거보링
개 요
• 설기구간의 지층 구성 상태 파악, 튜잡시료 채취 및 실내시험 실시
• 연약지반 분포현황 파악 및 설기부 시추조사 시행여부 결정
조사위치
기존조사
실시설계
현 장 사 진(HA8-2)
핸드오거보링 지층분포
135
서울문산고속도로주식회사
제4편 상세 및 보완조사
사리현IC Ramp구간
탐사위치도
• 사리현IC 선형변경으로 인하여 SL-27 탐사라인이 선형과 불일치하나 유사지형이므로 지층 분석에 활용
종단 탐사결과
분석결과
• 전반적으로 토사, 풍화암, 연암의 순으로 지층이 분포하며, 토사층의 우세하게 발달
• 토사층 포함하는 풍화토층(제1 속도층)의 층후는 7.3~9.8m(평균 8.9m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 1.0~4.7m(평균 2.5m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 27.0m이상에서 나타날 것으로 예상됨
139
서울문산고속도로주식회사
SM서울~문산고속도로 민간투자사업
설문IC Ramp구간
탐사위치도
종단 탐사결과
분석결과
• 전반적으로 토사, 풍화암, 연암의 순으로 지층이 분포하며, 토사층이 우세하게 발달
• 토사층 포함하는 풍화토층(제1속도층)의 층후는 2.6~15.7m(평균 7.1m), 풍화암층(제2속도층)의 층후는 0.06~6.8m(평균 1.5m), 연암이상의 기반암층(제3속도층)의 출현심도는 지표하 7.5m이상에서 나타날 것으로 예상됨
140
국토교통부

나. 지반 및 지질 조사보고서



제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공대재하시험

개 요
- 지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용
- 장비명 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 기존조사 자료

구분		공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
터널구간	문봉터널	TTB-1	18,5	연 암	40	914	1,366	PMT
		TTB-2	18,5	경 암	100	9,580	10,800	GMJ
교량구간	한당5교	BB-22	7,5	연 암	12	581	843	PMT
	분봉교	BB-26	18,0	풍화암	50/5	206	281	PMT
	설문1교	BB-34	18,5	연 암	23	1,040	1,302	PMT
	장진천2교	BB-36	9,0	연 암	32	1,870	2,710	PMT
	공룡천1교	BB-40	11,0	풍화암	50/4	266	373	PMT

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
문봉터널	BH-179	7,0	보통암	40	903	1,867	PMT
	BH-179	13,0	보통암	55	9,918	19,665	GMJ
	BH-179	23,0	경 암	93	18,268	48,686	GMJ
	BH-180	9,5	경 암	76	18,336	63,094	GMJ

▮ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
한당5교	BH-154-1	7,5	연 암	10	499	717	PMT
분봉육교	BH-186	9,0	보통암	60	10,279	20,771	GMJ
장진천2교	BH-222	19,0	연 암	48	1,184	1,613	PMT
공룡천2교	BH-230	14,0	연 암	43	1,061	1,794	PMT
금촌1교	BH-235	16,0	연 암	7	649	1,543	PMT

▮ 암가구간

공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	탄성계수(MPa)	비고
BH-159	15,0	경 암	82	17,655	76,114	GMJ
BH-161	14,5	연 암	11	646	1,014	PMT
BH-199	17,0	풍화암	50/9	272	452	PMT
BH-202	21,0	풍화암	50/4	302	614	PMT
	26,5	연 암	57	9,975	18,975	GMJ

4.2.2 투수시험

개 요
- 지반의 투수성을 평가하여 교량기초 터파기시 유입량 계산 및 배수대책 수립
- 비탈면에서 강우에 의한 침투심도를 계산하여 강우강도를 고려한 비탈면 안정성 검토

○ 기존조사 자료

▮ 교량구간

공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BB-11	2,0~3,0	퇴적층(CL)	10/30	$6.78X10^{-6}$	BB-40	5,0~6,0	풍화암	50/8	$9.77X10^{-5}$
BB-22	2,0~3,0	퇴적층(ML)	2/30	$9.26X10^{-6}$	-	-	-	-	-

○ 실시설계조사 자료

▮ 교량구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-146	4,0~5,0	풍화토	36/30	$4.38X10^{-6}$	BH-191	3,0~4,0	붕적층(CL)	7/30	$6.91X10^{-6}$
BH-150-1	4,0~5,0	퇴적층(SM)	7/30	$8.13X10^{-6}$	BH-192-1	7,0~8,0	풍화토	30/30	$5.10X10^{-6}$
BH-150-2	4,0~5,0	퇴적층(SP)	9/30	$9.74X10^{-6}$	BH-196	6,0~7,0	풍화토	48/30	$6.59X10^{-6}$
BH-152	5,5~6,5	풍화토	50/30	$1.79X10^{-6}$	BH-198	3,0~4,0	퇴적층(GP)	8/30	$2.57X10^{-6}$
BH-157	5,0~5,5	붕적층(SM)	3/30	$1.78X10^{-5}$	BH-212	12,0~13,0	풍화암	50/10	$5.75X10^{-6}$
BH-162	6,0~7,0	풍화토	50/13	$4.07X10^{-6}$	BH-218-1	12,0~13,0	풍화토	50/16	$3.33X10^{-6}$
BH-169	2,0~3,0	풍화토	50/25	$4.88X10^{-6}$	BH-222	9,0~9,5	퇴적층(SP)	17/30	$2.84X10^{-6}$
BH-184	3,0~4,0	붕적층(ML)	3/30	$8.79X10^{-6}$	BH-224	7,0~7,5	퇴적층(SM)	8/30	$6.82X10^{-6}$
BH-185-1	7,0~8,0	풍화토	50/18	$3.56X10^{-6}$	BH-226	5,0~6,0	퇴적층(ML)	1/30	$2.92X10^{-5}$
BH-186	1,0~2,0	붕적층(SM)	11/30	$9.84X10^{-6}$	BH-230	5,0~6,0	퇴적층(SM)	3/30	$4.86X10^{-5}$
BH-189-1	6,0~7,0	풍화토	50/22	$3.84X10^{-6}$	BH-235	6,0~7,0	퇴적층(CL)	3/30	$1.78X10^{-5}$

▮ 암가구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-158	6,0~7,0	풍화암	50/10	$4.68X10^{-6}$	BH-166	9,0~10,0	풍화토	48/30	$5.89X10^{-6}$
BH-159	9,0~10,0	풍화암	50/10	$5.75X10^{-6}$	BH-170	1,0~2,0	풍화토	22/30	$6.88X10^{-6}$
BH-160	2,0~3,0	풍화토	40/30	$5.29X10^{-6}$	BH-198-2	1,0~2,0	풍화토	50/12	$3.13X10^{-6}$
BH-161	7,0~8,0	풍화토	50/27	$3.57X10^{-6}$	BH-216	10,0~11,0	풍화토	19/30	$6.56X10^{-6}$

4.7 실내토질시험

4.7.1 기본물성시험

개 요
- 시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
- 지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
문봉터널	BH-179	3,0	풍화토	20,0	2,663	N.P	N.P	99,0	93,0	26,7	-	SM
	BH-180	4,0	풍화토	12,1	2,654	N.P	N.P	98,6	91,2	24,2	-	SM

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
한당4교	BH-146	2,0	풍화토	19,8	2,659	N.P	N.P	97,0	91,6	24,2	-	SM
	BH-147	3,0	퇴적층	15,6	2,657	N.P	N.P	68,5	50,0	18,8	-	SM
한당천1교	BH-150	3,0	퇴적층	23,8	2,662	N.P	N.P	91,8	68,7	26,6	-	SM
	BH-150-1	5,0	퇴적층	16,3	2,635	N.P	N.P	79,0	61,9	4,7	-	SP
	BH-150-2	4,0	퇴적층	12,1	2,635	N.P	N.P	60,5	41,7	3,2	-	SP
	BH-150-3	5,0	퇴적층	29,0	2,679	35,5	21,6	98,1	94,8	62,8	13,5	CL
	BH-150-4	6,0	풍화토	10,9	2,651	N.P	N.P	68,9	54,2	23,9	-	SM
	BH-151	2,0	퇴적층	29,6	2,665	N.P	N.P	100,0	99,8	46,3	7,4	SM
	BH-151-1	4,0	퇴적층	22,6	2,688	31,4	13,2	99,2	98,7	57,8	8,8	CL
	BH-151-2	3,0	풍화토	22,3	2,655	N.P	N.P	98,0	87,0	21,3	-	SM
	BH-151-3	5,0	퇴적층	18,3	2,636	N.P	N.P	98,6	92,8	3,6	-	SP
	BH-152	3,0	퇴적층	36,2	2,689	39,2	15,5	-	100,0	62,9	13,4	CL
	BH-152-1	4,0	퇴적층	29,0	2,674	32,3	11,0	83,9	81,2	45,8	5,9	SC
한당5교	BH-153	6,0	퇴적층	20,3	2,640	N.P	N.P	59,0	25,7	4,6	-	SP
	BH-154	6,0	풍화암	12,1	2,658	N.P	N.P	97,9	66,1	25,4	-	SM
	BH-154-1	4,0	퇴적층	15,7	2,662	N.P	N.P	88,3	47,2	28,2	-	SM
	BH-154-2	2,0	매립층	10,9	2,652	N.P	N.P	84,5	46,2	26,7	-	SM
	BH-155	3,0	매립층	13,5	2,659	N.P	N.P	90,1	53,1	28,0	-	SM

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
한당5교	BH-156-1	7,0	풍화토	13,7	2,656	N.P	N.P	90,2	75,4	25,1	-	SM
	BH-157	5,0	붕적층	13,2	2,658	N.P	N.P	64,8	53,6	15,4	-	SM
사리현IC-2	BH-162	3,0	퇴적층	20,0	2,635	N.P	N.P	100,0	82,2	4,7	-	SW
	BH-163	5,0	풍화토	14,7	2,644	N.P	N.P	91,2	75,2	11,5	-	SW~SM
사리현교	BH-169	2,0	풍화토	10,7	2,654	N.P	N.P	66,3	47,0	14,0	-	SM
	BH-181	3,0	풍화토	10,6	2,654	N.P	N.P	90,4	59,0	28,2	-	SM
분봉2교	BH-183	9,0	풍화토	16,9	2,663	N.P	N.P	99,5	97,2	26,3	-	SM
	BH-184	7,0	풍화토	16,7	2,659	N.P	N.P	98,2	91,7	19,7	-	SM
문봉1교	BH-185-1	4,0	풍화토	14,9	2,657	N.P	N.P	93,1	82,7	21,4	-	SM
문봉육교	BH-186	3,0	풍화토	16,9	2,660	N.P	N.P	76,7	59,8	26,2	-	SM
	BH-187	1,0	풍화토	11,3	2,652	N.P	N.P	98,9	94,3	45,4	8,3	SM
장진천1교	BH-189-1	3,0	퇴적층	29,6	2,685	34,5	12,7	98,0	94,6	61,2	13,1	CL
설문1교	BH-191	3,0	붕적층	34,0	2,687	38,6	13,4	-	100,0	77,9	12,1	CL
	BH-191-1	2,0	풍화토	11,3	2,654	N.P	N.P	67,9	48,7	14,4	-	SM
설문IC교	BH-192-1	6,0	풍화토	14,4	2,657	N.P	N.P	95,5	90,7	27,2	-	SM
	BH-192-2	5,0	풍화토	17,7	2,659	N.P	N.P	97,3	83,3	21,1	-	SM
장진천2교	BH-195	3,0	풍화토	16,4	2,657	N.P	N.P	92,9	82,8	21,0	-	SM
	BH-196	5,0	풍화토	15,1	2,658	N.P	N.P	91,6	77,6	22,8	-	SM
설문3교	BH-198	3,0	퇴적층	12,6	2,648	N.P	N.P	48,5	36,4	2,9	-	GP
	BH-198-1	1,0	풍화토	22,2	2,663	N.P	N.P	97,8	86,0	24,4	-	SM
설문IC교	BH-201	4,0	풍화토	15,7	2,663	N.P	N.P	97,8	90,7	28,2	-	SM
설문IC R-A교	BH-206	5,0	퇴적층	24,0	2,688	34,9	16,4	-	100	86,3	16,4	CL
	BH-207	3,0	퇴적층	31,1	2,684	33,3	18,1	99,8	98,7	76,6	10,8	CL
1육교	BH-208-2	3,0	매립층	9,3	2,652	N.P	N.P	53,4	37,5	24,0	-	SM
설문1교	BH-212	9,0	풍화토	14,1	2,657	N.P	N.P	96,6	80,4	20,6	-	SM
	BH-213	5,0	풍화토	16,5	2,661	N.P	N.P	97,9	94,9	20,0	-	SM
설문2교	BH-218-1	6,0	풍화토	17,1	2,658	N.P	N.P	100,0	98,9	17,0	-	SM
	BH-219	3,0	풍화토	15,8	2,656	N.P	N.P	87,8	69,0	13,3	-	SM
장진천2교	BH-219-1	4,0	풍화토	19,2	2,662	N.P	N.P	99,3	96,0	23,2	-	SM
	BH-220	1,0	퇴적층	31,4	2,683	33,7	11,9	100,0	98,0	66,5	11,9	CL

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
장진천2교	BH-221	4,0	퇴적층	13,3	2,657	N.P	N.P	90,9	75,6	12,1	-	SM
	BH-221-1	1,0	퇴적층	32,6	2,686	35,5	13,4	-	100,0	60,5	15,3	CL
	BH-222	9,0	퇴적층	8,6	2,646	N.P	N.P	52,7	41,6	9,6	-	SW~SM
	BH-222-1	7,0	퇴적층	28,1	2,683	32,6	10,9	-	100,0	82,9	13,6	CL
대현교	BH-224	8,0	퇴적층	33,1	2,687	36,5	14,3	-	100,0	76,2	15,0	CL
공룡천2교	BH-225	3,0	퇴적층	31,6	2,684	33,9	12,2	-	100,0	77,2	14,1	CL
	BH-226	4,0	퇴적층	21,9	2,664	N.P	N.P	98,7	94,8	15,3	-	SM
	BH-227	4,0	퇴적층	4,3	2,648	N.P	N.P	13,3	8,7	1,3	-	GW
	BH-229	3,0	퇴적층	10,2	2,645	N.P	N.P	59,2	51,5	8,0	-	SP~SW
	BH-230	3,0	퇴적층	30,1	2,682	32,5	11,0	-	100,0	51,8	10,2	CL
금촌IC교	BH-233	4,0	퇴적층	37,1	2,691	40,2	16,2	-	100,0	85,9	17,0	CL
	BH-234	3,5~4,3	퇴적층	35,3	2,692	41,0	24,1	-	100,0	98,1	16,6	CL
	BH-234	6,0	퇴적층	26,2	2,646	N.P	N.P	-	100,0	7,3	-	SP~SM
금촌1교	BH-235	10,0	퇴적층	10,7	2,642	N.P	N.P	52,6	36,8	6,7	-	SW~SM
	BH-235-1	7,0	퇴적층	44,0	2,695	47,2	22,9	-	100,0	87,1	17,5	CL
	BH-235-2	2,0	붕적층	9,2	2,651	N.P	N.P	73,5	46,9	12,6	-	SM

▮ 지층별 결과분석

구분	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.200	USCS
매립층	9,9~27,1	2,646~2,679	31,8~36,4	11,0~15,9	63,7~95,9	22,0~51,2	SM, SC, CL
붕적층/한당층	16,3~24,1	2,669~2,68	29,2~30,5	10,0~19,6	98,4	38,4~84,9	SC, CL
퇴적층	점성토 21,4~47,1	2,665~2,695	31,3~49,2	9,0~25,8	93,3~100,0	54,4~99,2	CL, ML
	모래층 7,1~39,3	2,63~2,674	27,3~42,6	10,1~21,2	40,2~100,0	1,4~47,0	SM, SP, SC
	자갈층 5,1~14,7	2,641~2,651	N.P	N.P	24,0~45,0	12,3~18,4	GM
풍화토	6,4~34,7	2,65~2,668	N.P	N.P	62,0~100,0	16,4~48,5	SM

분석결과
- 교량구간의 토질은 SM, CL, ML, SC, GP, GM으로 구성됨
- 함수비 : 5,1~39,3%, 비중 : 2,630~2,695, #200통과중량 백분율 : 1,4~99,2%

4.8 실내압석시험

4.8.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요
- 시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정
- 지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 시험결과

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
문봉터널	BH-179	6,0~6,2	연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
	BH-179	15,8~16,1	경 암	26,85	5,277	3,542	69,9	45,370	0,29
	BH-180	8,4~8,6	경 암	26,71	4,662	2,989	105,5	44,280	0,29
	BH-180	10,9~11,1	경 암	26,69	5,153	3,363	75,4	49,360	0,30

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
경 암	26,69~26,85	4,662~5,277	2,989~3,542	69,9~105,5	44,280~49,360	0,29~0,30

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
한당천1교	BH-150-4	15,5~15,7	연 암	25,79	3,142	1,882	53,7	19,61	0,28
	BH-151	11,0~11,3	연 암	26,45	4,357	2,980	92,5	45,65	0,22
	BH-151-1	10,1~10,3	연 암	26,24	3,509	2,069	28,7	19,31	0,26
한당천1교	BH-151-3	11,9~12,1	보통암	26,21	2,596	1,490	20,0	10,74	0,21
사리현교	BH-169	5,3~5,6	연 암	26,34	5,019	3,017	57,4	33,40	0,27
분봉육교	BH-186	9,5~9,7	보통암	26,60	5,035	2,991	77,6	49,40	0,28
장진천1교	BH-189-1	11,5~11,7	보통암	26,34	4,795	3,023	42,4	32,70	0,20
	BH-189-1	12,3~12,4	보통암	26,36	3,301	1,970	64,9	27,53	0,27
설문육교	BH-192-1	17,9~18,05	연 암	26,16	2,400	1,295	17,2	10,59	0,23
설문2교	BH-196	10,7~10,9	연 암	26,24	4,756	2,899	52,9	33,57	0,20
설문3교	BH-198-1	11,5~11,6	연 암	26,24	4,588	2,890	74,0	40,75	0,24
설문IC교	BH-201	26,3~26,4	보통암	26,08	3,727	2,200	29,9	13,99	0,20
장진천2교	BH-219	12,5~12,8	연 암	27,33	4,485	2,846	50,3	31,96	0,21

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
대현교	BH-224	15,7~15,9	보통암	27,62	5,183	3,313	61,3	54,28	0,33
공룡천2교	BH-225	9,9~10,0	연 암	25,64	1,413	720	15,1	8,10	0,17
	BH-227	8,3~8,5	연 암	26,19	4,176	2,571	26,2	21,27	0,19
	BH-230	12,3~12,5	보통암	26,56	4,023	2,364	41,0	29,34	0,22
금촌1교	BH-235	12,0~12,1	연 암	26,72	3,652	2,235	73,0	27,06	0,24
	BH-235-2	6,8~7,0	연 암	26,52	4,504	2,823	59,1	29,48	0,27

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,64~27,33	1,413~5,019	720~3,017	15,1~92,5	8,1~46,65	0,17~0,28
보통암	26,08~27,62	2,596~5,183	1,490~3,313	20,0~77,6	10,74~54,28	0,20~0,33

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 15,1~92,5MPa, 포아송비: 0,17~.28 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 20,0~77,6MPa, 포아송비: 0,20~0,33 범위로 나타남

○ 토공구간

공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
BH-159	13,6~13,8	보통암	27,41	4,440	2,943	128,8	56,30	0,22
BH-160	18,5~18,7	연 암	25,58	2,938	1,715	39,2	17,90	0,15
BH-161	15,6~15,8	보통암	26,47	4,844	3,097	109,4	50,42	0,25
BH-196-2	3,9~4,1	보통암	26,51	4,694	3,029	114,4	56,53	0,32
BH-202	25,9~26,0	보통암	26,92	4,214	2,658	59,7	23,95	0,18
BH-236	12,5~12,7	연 암	26,23	3,590	2,085	16,6	17,07	0,21

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,58~26,23	2,938~3,590	1,715~2,085	16,6~39,2	17,07~17,9	0,15~0,21
보통암	26,47~27,41	4,214~4,844	2,658~3,097	59,7~128,8	23,95~56,38	0,18~0,32

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 16,6~39,2MPa, 포아송비: 0,15~21 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 59,7~128,8MPa, 포아송비: 0,18~0,32 범위로 나타남

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

기본방향
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

○ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석

구분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	예상 구조물
L-1	6+300	N20E	12	암가부(흐계소)
L-2	13+200	N14E	87	쌓기부
L-3	15+130	N18E	66	쌓기부
L-4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)
L-5	25+850	N22W	62	쌓기부
L-6	26+370	N82E	42	쌓기부

○ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석

- 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 하행 STA. 21+390에 400Ω m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구분	위치(STA.)	구간(m)	특징	비고
행신1교	BH-41	2+332,9	11,2~11,8	Slickenside 발달	
설사5교	BH-94-1	5+845,3	13,6~16,0	파쇄발달 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	14+475,2	13,6~15,3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양JCT	BH-115	9+300 부근	9,3~16,2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10,2~13,5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20,5~21,5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
한당천2교	BH-149	10+490,0	9,4~12,0	Slickenside 발달, 점토 충진	
사리현IC	BH-160	11+900 부근	10,0~15,5	차별풍화에 의한 암반내 토사화	
토공부	BH-170	12+927,7	10,3~13,3	파쇄대 분포, 차별풍화에 의한 토사화	
문봉터널	BH-179	13+753,0	9,0~12,5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543,5	10,5~11,7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
설석2교	BH-191-1	15+562,6	8,0~11,0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천2교	BH-219-1	19+593,2	20,1~23,1	Slickenside 발달, 차별풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640,0	6,5~7,0	부분적 Slickenside 발달, 공동발달	L-4 인접
토공부	BH-284	29+110,0	6,0~19,6	부분적 파쇄대 및 차별풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석

구분	교차위치(STA.)	조사내용 선구조	지표조사	물리탐사	시추조사	예상폭(m)	조사결과	사업노선과 영향
L-1	6+300	○	○	-	○	3~5m 내외	소규모 단층파쇄 발달	토공구간(흐계소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L-2	13+200	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-3	15+130	○	○	-	○	1m 내외	차별풍화 발달	영향 없음
L-4	21+640	○	○	-	○	1m 내외	부분적 차별풍화 발달	영향 없음
L-5	25+850	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-6	26+370	○	○	-	-	-	-	영향 없음

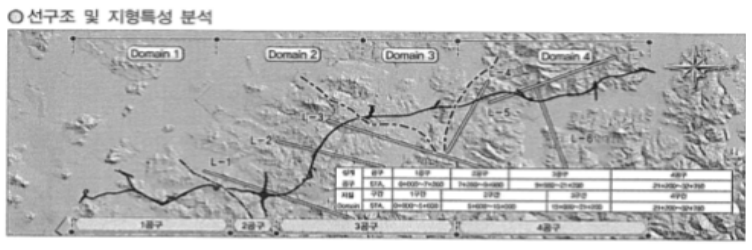
분석결과
- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층면(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(흐계소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~-6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 차별풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구릉지성 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

제5편 성과분석 및 설계지반정수

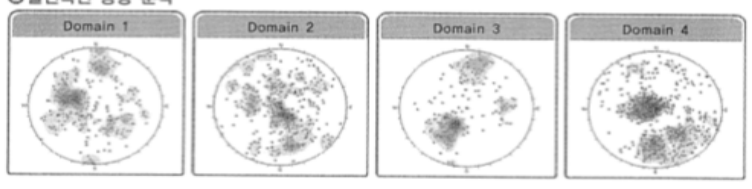
1.1.2 지질 Domain 구분

기본방향	• 사업구간의 지형과 지질특성을 비교·분석하여 동일한 지질특성을 보이는 지질 Domain 구분 • 지질 Domain별 설계지반정수 적용구간 선정 및 균질절리영역분석시 1차적 분류요소로 활용

○ 선구조 및 지형특성 분석



○ 불연속면 방향 분석



○ 지질 Domain 구분

구 분	Domain 1	Domain 2	Domain 3	Domain 4
STA.(km+m)	• 사업시점~5+600	• 5+600~15+500	• 15+500~21+200	• 21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마 타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
선구조 특성	• 한강/창릉천 수계 방향 NE~NW 선구조 발달	• 공릉천주변 NNE방향 선구조 발달 • 선구조 L-1~3 발달	• 공릉천주변 NW방향 선구조 발달	• 월롱산 주변 NE~NW 방향 선구조 발달 • 선구조 L-4~6 발달
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약
지형적 요소	• 한강 및 창릉천 주변 퇴적지대 발달	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 공릉천주변 퇴적지대 및 구릉산지 발달	• 월롱산 측면부 통과
사업공구	1공구	2공구	3공구	4공구

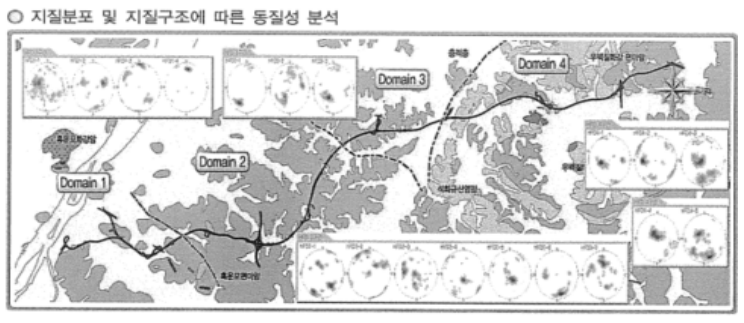
분석결과	• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분 • 지질 Domain과 사업공구 구간의 차이는 있으나 지질 Domain을 기준으로 각 구간별 설계정수

187 서울문산고속도로주식회사

제5편 성과분석 및 설계지반정수

1.2.2 동질성 검토결과

○ 지질분포 및 지질구조에 따른 동질성 분석



○ 절리방향에 따른 동질성 분석

▮ Miller Patch 방법(공내영상촬영)

구 분		0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	170°	X²합 평균	우측 p값	검 증
BH-29 vs BH-34	BH-29	18,4	17,8	18,9	22,2	20,5	19,8	20,0	17,9	16,2	21,4	45,4	0,074	동 질
	BH-34	25,2	24,4	25,9	30,4	28,1	27,2	27,4	24,5	22,1	29,4			
BH-34 vs BH-37	BH-34	45,3	51,4	41,4	48,5	55,2	39,3	48,1	50,3	37,4	53,7	62,6	0,001	비동질
	BH-37	15,7	17,8	14,3	16,8	19,1	13,6	16,6	17,4	12,9	18,6			
BH-37 vs BH-109	BH-37	14,1	13,9	14,4	14,2	14,2	15,0	15,3	13,4	14,2	14,3	45,1	0,079	동 질
	BH-109	30,1	29,6	30,9	30,3	30,4	32,1	32,6	28,6	30,3	30,5			
BH-109 vs BH-159	BH-109	44,0	38,1	38,8	43,5	39,5	39,6	43,3	37,9	38,8	40,7	68,9	0,000	비동질
	BH-159	31,2	27,0	27,5	30,8	28,0	28,0	30,7	26,8	27,5	28,8			
BH-159 vs BH-180	BH-159	54,4	50,9	51,9	54,3	50,7	51,6	53,5	51,0	51,9	50,8	124,0	0,000	비동질
	BH-180	74,7	69,9	71,2	74,5	69,6	70,9	73,5	70,0	71,3	69,8			
BH-180 vs CCB-2	BH-180	38,7	41,2	39,9	38,1	41,3	40,0	38,2	41,3	40,2	40,2	91,1	0,000	비동질
	CCB-2	50,1	53,2	51,6	49,3	53,5	51,7	49,4	53,5	52,0	51,9			
CCB-2 vs TTB-4	CCB-2	20,4	19,5	18,6	19,2	18,6	18,9	20,4	19,5	19,8	21,7	45,3	0,075	동 질
	TTB-4	26,9	25,7	24,5	25,3	24,6	24,9	26,9	25,7	26,1	28,5			
TTB-4 vs BH-241	TTB-4	44,2	44,8	50,2	44,6	37,9	41,3	38,2	36,9	43,6	44,5	58,4	0,004	비동질
	BH-241	15,1	15,3	17,1	15,2	12,9	14,1	13,0	12,6	14,9	15,2			
BH-241 vs TTB-6	BH-241	12,1	11,7	10,5	10,4	10,5	9,8	10,9	11,0	10,6	10,5	62,1	0,002	비동질
	TTB-6	55,8	53,9	48,5	48,1	48,6	45,0	50,1	50,8	48,8	48,6			
TTB-6 vs TTB-13	TTB-6	96,3	113,3	111,7	97,9	118,9	128,9	109,3	116,3	117,9	125,4	127,8	0,000	비동질
	TTB-13	8,8	10,3	10,2	8,9	10,8	11,7	9,9	10,6	10,7	11,4			
TTB-13 vs BH-282	TTB-13	90,1	94,1	93,4	90,8	93,8	93,2	90,7	93,8	92,7	92,1	236,0	0,000	비동질
	BH-282	137,4	143,4	142,4	138,4	143,0	142,1	138,3	143,1	141,4	140,5			

제5편 성과분석 및 설계지반정수

2.2 교량구간 성과분석

2.2.1 교량별 지층현황

○ 지층현황

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N치	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
원당3교	A2	*BB-20	–	–	–	–	1,9	37	–	–
원당4교	A1	BH-146	7,0	50/12~5	12,5	20	–	–	–	–
	A2	BH-147	–	–	6,0	0	–	–	–	–
원당천 1교	문산 A1	BH-150-2	11,0	50/10	13,0	13~23	–	–	–	–
	서울 A1	BH-150-1	–	–	9,0	5	–	–	–	–
	문산 P1	BH-150-4	10,0	50/10~4	13,0	22	–	–	–	–
	서울 P1	BH-150-3	10,0	50/7	11,0	0	–	–	14,0	65
	문산 P2	BH-150-2	11,0	50/10~5	13,0	13~23	–	–	–	–
	서울 P2	BH-150-1	–	–	9,0	5	–	–	–	–
	문산 A2	BH-151-3	9,0	50/7~3	–	–	11,5	54	–	–
원당5교	문산 P1	BH-153	11,0	50/7~2	13,3	12	–	–	–	–
	서울 P1	BH-152-1	10,3	50/8	11,5	7	–	–	–	–
	문산 P2	BH-154-1	5,0	50/7	5,8	10~20	–	–	–	–
	서울 P2	BH-154	5,4	50/2	6,5	18	–	–	–	–
	문산 P3	*BB-22	5,0	50/6~5	6,1	12	–	–	–	–
	서울 P3	BH-154-2	5,0	50/7	5,7	60	–	–	–	–
	서울 P4	BH-155	–	–	–	–	–	–	41,6	72
원당6교	A1	BH-156-1	9,0	50/5	–	–	13,0	66	–	–
	A2	BH-157	8,0	50/7~2	9,5	16	–	–	–	–
사리현 IC교	A1	BH-162	8,0	50/7~4	12,0	31	–	–	13,7	83
	A2	BH-163	9,0	50/10~8	11,0	37	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

서울~문산고속도로 민간투자사업

(계속)

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
사리현교	A1	*BB-25	2,0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
	A2	BH-169	–	–	5,0	9	–	–	6,8	96
문봉교	문산 A1	BH-181	15,0	50/4~2	17,0	10	–	–	–	–
	문산 A2	BH-184	8,0	50/10~3	–	–	–	–	–	–
	서울 A2	BH-183	17,0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
문봉 1교	A1	*BB-27	3,0	50/9~4	6,5	24	–	–	–	–
	A2	BH-185-1	11,0	50/3	12,0	17	–	–	–	–
문봉 육교	A1	BH-186	6,0	50/3	7,8	0	8,1	60	–	–
	A2	BH-187	3,0	50/8	3,5	0~10	–	–	–	–
장진천 1교	A1	BH-189-1	8,0	50/4	8,9	7	10,3	43	–	–
	P1	*BB-28	7,0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
성석1교	A1	BH-191	8,0	50/7	10,5	20	–	–	–	–
	A2	BH-191-1	6,0	50/9	8,0	7	–	–	–	–
성석 육교	A1	BH-192-1	13,0	50/9~6	15,5	39	–	–	–	–
	A2	*BB-30	8,0	50/10~6			–	–	–	–
성석2교	A1	BH-195	6,0	50/10~7	9,7	8	–	–	–	–
	A2	BH-196	9,0	50/6	9,5	26	–	–	–	–
성석3교	A1	BH-198	8,0	50/4	9,0	0	–	–	9,4	83
	A2	BH-198-1	3,0	50/5	10,0	28	–	–	–	–
설문 IC교	A1	BH-201	20,0	50/10~5	24,6	0	26,2	46	–	–
	A2	*BB-32	–	–	4,0	31	–	–	–	–
설문 1육교	A1	BH-208-1	9,8	50/2	–	–	11,3	58	–	–
	A2	*BB-33	–	–	7,5	12	–	–	8,5	84
설문 R-A교	A1	BH-207	12,6	50/7~1	–	–	–	–	–	–
	A2	BH-206	10,8	50/5~1	–	–	–	–	–	–
설문1교	A1	BH-212	10,0	50/10~3	–	–	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

국토교통부 218

제5편 성과분석 및 설계지반정수

(계속)

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
설문1교	A2	BH-213	12,0	50/9~4	16,0	36	–	–	–	–
설문2교	A1	BH-218-1	14,0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
장진천 2교	문산 A1	BH-219	11,0	50/8~6	12,2	40~60	–	–	–	–
	서울 A1	BH-219-1	14,0	50/10~8	20,1	35	–	–	–	–
	서울 P1	BH-220	6,0	50/10~5	11,8	46~76	–	–	–	–
장진천 2교	서울 P2	BH-222-1	6,0	50/10~7	12,0	38	–	–	–	–
	문산 A2	BH-222	15,0	50/10	–	–	18,4	48	–	–
	서울 A2	BH-222-1	13,0	50/10~8	14,8	0~29	–	–	–	–
대원교	A1	*BB-40	4,3	50/9~4	–	–	–	–	–	–
	P1	BH-225	–	–	9,8	11	–	–	–	–
공릉 천교	P2	BH-226	10,0	50/10~5	12,0	25	–	–	–	–
	P3	BH-227	7,0	50/6	7,3	39	–	–	–	–
	P5	*BB-41	4,6	50/5	5,8	0	–	–	–	–
	P6	BH-229	4,0	50/10~4	5,1	17	–	–	–	–
	P7	BH-230	10,0	50/5	10,3	10	12,3	43	15,0	78~95
	A2	*BB-42	7,7	50/6~5	9,9	0	10,9	37	–	–
	P7	BH-230	10,0	50/5	10,3	10	12,3	43	15,0	78~95
	A2	BB-42	7,7	50/6~5	9,9	0	10,9	37	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

○ 지층 분포 현황

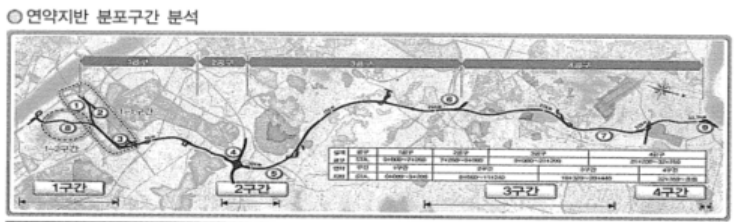
구분	풍화암	연 암	보통암	경 암
출현심도(m)	2,0~20,0	3,5~24,6	1,9~26,2	6,8~41,6

분석결과	• 지지층인 풍화암:GL.(-)2,0~20,0m, 연암:GL.(-)3,5~24,6m, 보통암:GL.(-)1,9~26,2m, 경암:GL.(-)6,8~41,6m로 분포 • 구조물, 위치별 및 지층별로 출현심도의 편차가 큼

제5편 성과분석 및 설계지반정수

2.4.2 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 분포구간 분석



위 치(STA.)	구성 토질	출현심도 (G.L(-)m)	층후(m)	N 값	대상 지층	연약층 하부지층	비 고
① 사업시점~0+300	CL	1,8~14,5	0,9~1,5	1/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP)	
	ML	1,0~12,0	0,5~6,5	2/30~4/30			
② 1+000~1+318	ML	1,9~9,0	1,0~1,1	4/30	퇴적층	퇴적층(SM), 풍화토	
③ 3+000~3+200	CL	0,0	8,0	1/30~2/30	퇴적층	퇴적층(SM, SC)	
	ML	4,0	2,5	3/30~4/30			
④ 8+660~9+540	CL	0,0~4,0	0,7~2,2	1/30~4/30	매립, 붕적, 퇴적층	퇴적층(SM, SC, SP, GP) 풍화토	부분적 분 포
	ML	3,5	3,5	2/30~3/30			
⑤ 10+640~11+240	CL	0,0~0,8	1,2~2,2	3/30~4/30	매립, 붕적, 퇴적층	퇴적층(SM, GP) 붕적층(SM)	부분적 분 포
	ML	1,4~5,0	1,0~2,0	2/30~3/30			
⑥ 19+320~21+160	CL	0,0~8,0	1,0~6,4	2/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, SW) 풍화토	
	ML	1,0~4,7	0,7~2,9	1/30~4/30			
⑦ 27+900~28+440	CL	1,5~9,0	1,0~3,5	3/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SP, SW)	
⑧ (지선) 0+060~1+760	CL	0,8~5,4	1,0~11,9	3/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP) 풍화토	
	ML	2,6~9,0	1,0~4,0	2/30~6/30			
⑨ 32+760~종점, 내포IC Ramp-B	CL	3,0~4,5	2,0~6,1	2/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, SP), 풍화토	
	ML	4,0~7,5	2,0~10,0	2/30~6/30			

○ 점토(CL) 연약지반구간 선정

구 분		지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간	1-1구간 (①~③지역)	• 창릉천 하류 농경지구간 통과	• 출현심도 : 1,8~14,5m • 층후 : 0,9~8,0m(평균 2,4m)	사업시점~3+200
	1-2구간 (⑧지역)	• 한강 주변 및 창릉천 하류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0,8~5,4m • 층후 : 1,0~11,9m(평균 4,4m)	지선0+0~1+381
2구간 (④~⑤지역)		• 공릉천 지류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0,0~4,0m • 층후 : 0,7~2,2m(평균 1,6m)	8+660~9+540
3구간 (⑥~⑦지역)		• 공릉천 및 문산천 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 0,0~8,0m • 층후 : 1,0~6,4m(평균 3,3m)	19+320~28+600
4구간(⑨지역)		• 임진강 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 3,0~4,5m • 층후 : 2,0~6,1m(평균 4,0m)	32+760~내포IC Ramp

• 사업 3공구(본선 STA.9+980~21+200)는 연약지반 3구간(본선 STA.19+600~28+600)에 해당

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 3 장 설계지반정수 산정

3.1 개요

개 요	• 지표지질조사 성과분석에 의한 사업구간내 구조구 특성을 고려한 구간별 설계지반정수 산정 • 문헌자료, 인근지역 분석 자료 및 기존자료(제3자공고안, 보완설계)에 대한 분석을 수행하고, 각종 경험식 및 현장시험 값을 고려한 설계지반정수 유도

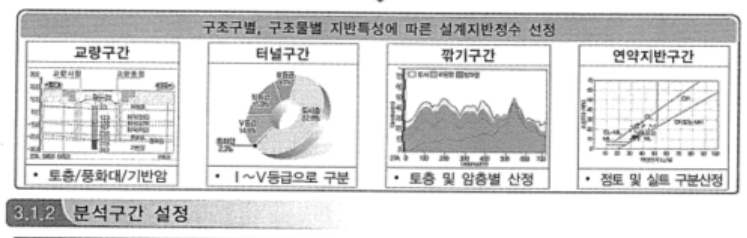
3.1.1 기본방향

기존자료 및 현장시험에 따른 결과분석에 의한 구조구별 설계지반정수 선정

문헌자료 분석 / 인근조사자료 분석 / 기존자료 분석 ➡ 경험식 적용 설계지반정수 도출 / 현장시험 결과 적용 ➡ 지질 구조구별 설계지반정수 산정

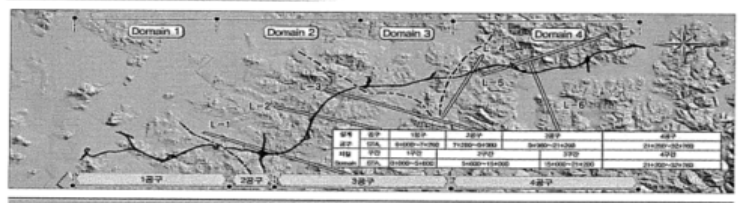
구조구별, 구조물별 지반특성에 따른 설계지반정수 선정

교량구간	터널구간	깎기구간	연약지반구간



• 토층/풍화대/기반암	• Ⅰ~Ⅴ등급으로 구분	• 토층 및 암층별 산정	• 점토 및 실트 구분산정

3.1.2 분석구간 설정



구 분	1구간(Domain 1)	2구간(Domain 2)	3구간(Domain 3)	4구간(Domain 4)
STA.(km+m)	사업시점~5+600	5+600~15+500	15+500~21+200	21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
지층분포 특 성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약

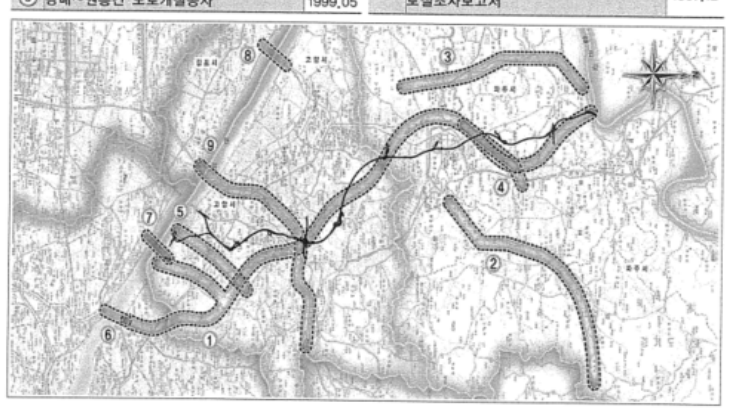
• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분
• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain-Ⅱ~Ⅲ)에 해당

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.3.2 인근지역 적용사례 분석

○ 기존자료 현황

구분	사 업 명	사업년도	구분	사업명	사업년도
①	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업(보완분)	2005.01	⑥	월드컵대교 건설공사	2006.10
②	조리~법원 도로개설공사	2005.12	⑦	인천국제공항 철도 2단계	2002.10
③	문발~낙하간 도로 확포장공사	2004.09	⑧	일산대교 건설 민간투자사업	1999.12
④	금촌~월롱간 도로 확포장공사	2004.02	⑨	서울외곽순환도로 건설공사(1,2공구) 토질조사보고서	1997.12
⑤	강매~원흥간 도로개설공사	1999.05			



○ 기존자료 분석결과

지 층	토 질 구 성	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)
매립층	사질토	18~20	0~5	28~33	10~80	0,33~0,35
	자갈층	19~20	0~17	25~39	15~35	0,3
붕적층	사질토	17~19	0~30	25~32	10~32	0,35
	점성토	18	0~20	–	–	–
	자갈층	20	0~50	39	35	0,30
충적층	사질토	17~20	0~10	25~33	15~80	0,35
	점성토	17~18	10~30	–	5~10	0,50
	자갈층	18~20	0~20	35~39	35	0,30
풍화토		18~19	15~200	25~30	35~50	0,30~0,33

서울~문산고속도로 민간투자사업

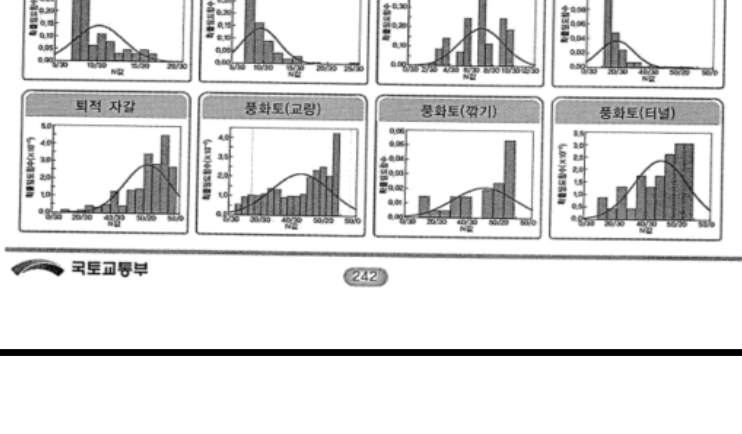
3.3.3 지층별 대표 N값 산정

기본방향	• 사업구간내 토사층이 광역적으로 분포함에 따라 지형적 · 지질적 요인에 따른 토질 특성을 고려 • 선행된 지표지질조사 결과에 의한 지질 구조구 및 구조물 특성, 토질입자의 특성 등을 고려하여 분류 • 각종 물성값의 기초 자료가 되는 구간별, 구조물별, 지층별, 토성별 N값을 선정

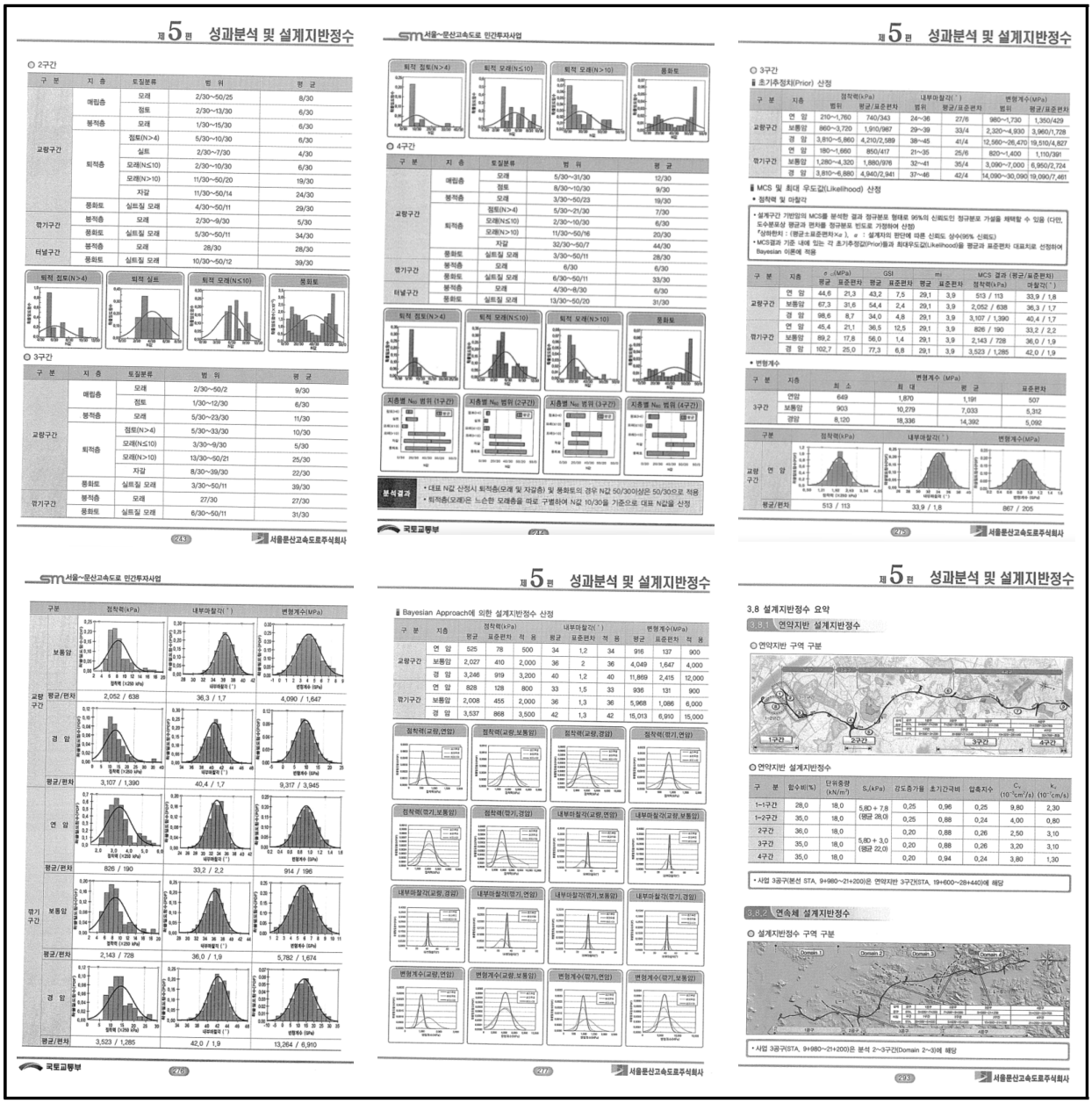
구간별	구조물별	지층별	토성별
• 제1구간, 제2구간, 제3구간, 제4구간으로 구분	• 구조물의 특성에 따라 교량구간, 터널구간, 깎기구간으로 구분	• 분포하는 지층에 따라 매립층, 붕적층, 퇴적층, 풍화토층 등으로 분류	• 사업구간내 분포하는 토성에 따라 점토, 실트, 모래, 자갈 등으로 분류

○ 1구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	1/30~50/1	10/30
		점토	10/30~11/30	11/30
	붕적층	모래	4/30~18/30	9/30
	퇴적층	점토(N>6)	7/30~17/30	11/30
		실트	7/30~25/30	8/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	7/30
		모래(N>10)	11/30~50/12	22/30
		자갈	5/30~50/3	47/30
	풍화토	실트질 모래	7/30~50/11	41/30
깎기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	38/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	43/30



국토교통부 242



제5편 성과분석 및 설계지반정수

○ 2구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/25	8/30
		점토	2/30~13/30	6/30
	붕적층	모래	1/30~15/30	6/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~10/30	6/30
		실트	2/30~7/30	4/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/20	19/30
		자갈	11/30~50/14	24/30
	풍화토	실트질 모래	4/30~50/11	29/30
암기구간	붕적층	모래	2/30~9/30	5/30
	풍화토	실트질 모래	5/30~50/11	34/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	10/30~50/12	39/30

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 실트 | 퇴적 모래(N≤10) | 풍화토

○ 3구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/2	9/30
		점토	1/30~12/30	6/30
	붕적층	모래	5/30~23/30	11/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~33/30	10/30
		모래(N≤10)	3/30~9/30	5/30
		모래(N>10)	13/30~50/21	25/30
		자갈	8/30~39/30	22/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	39/30
암기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	31/30

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 모래(N≤10) | 퇴적 모래(N>10) | 풍화토

○ 4구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	5/30~31/30	12/30
		점토	8/30~10/30	9/30
	붕적층	모래	3/30~50/23	19/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~21/30	7/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/16	20/30
		자갈	32/30~50/27	44/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	28/30
암기구간	붕적층	모래	6/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	33/30
터널구간	붕적층	모래	4/30~8/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	13/30~50/20	31/30

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 모래(N≤10) | 퇴적 모래(N>10) | 풍화토

지층별 N_{60} 범위 (1구간) | 지층별 N_{60} 범위 (2구간) | 지층별 N_{60} 범위 (3구간) | 지층별 N_{60} 범위 (4구간)

분석결과
- 대표 N값 산정시 퇴적층(모래 및 자갈층) 및 풍화토의 경우 N값 50/30이상은 50/30으로 적용
- 퇴적층(모래)은 느슨한 모래층을 따로 구별하여 N값 10/30을 기준으로 대표 N값을 산정

국토교통부

제5편 성과분석 및 설계지반정수

○ 3구간

초기추정치(Prior) 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 범위	점착력(kPa) 평균/표준편차	내부마찰각(°) 범위	내부마찰각(°) 평균/표준편차	변형계수(MPa) 범위	변형계수(MPa) 평균/표준편차
교량구간	연 암	210~1,760	740/343	24~36	27/6	980~1,730	1,350/429
	보통암	860~3,720	1,910/987	29~39	33/4	2,320~4,930	3,960/1,728
	경 암	3,810~5,860	4,210/2,589	38~45	41/4	12,560~26,470	19,510/4,827
암기구간	연 암	180~1,660	850/417	21~35	25/6	820~1,400	1,110/391
	보통암	1,280~4,320	1,880/976	32~41	35/4	3,090~7,000	6,950/2,724
	경 암	3,810~6,880	4,940/2,941	37~46	42/4	14,090~30,090	19,090/7,461

MCS 및 최대 우도값(Likelihood) 산정

• 점착력 및 마찰각

• 설계구간 기반암의 MCS를 분석한 결과 정규분포 형태로 95%의 신뢰도인 정규분포 가설을 채택할 수 있음 (다만, 도수분포상 평균과 편차를 정규분포 빈도로 가정하여 산정)
*정하한치 : (평균±표준편차×α), α : 설계자의 판단에 따른 신뢰도 상수(95% 신뢰도)
• MCS결과 기존 내재 있는 각 초기추정값(Prior)들과 최대우도값(Likelihood)을 평균과 표준편차 대표치로 선정하여 Bayesian 이론에 적용

구 분	지층	σ_ci(MPa) 평균	σ_ci(MPa) 표준편차	GSI 평균	GSI 표준편차	mi 평균	mi 표준편차	MCS 결과 (평균/표준편차) 점착력(kPa)	MCS 결과 (평균/표준편차) 마찰각(°)
교량구간	연 암	44.6	21.3	43.2	7.5	29.1	3.9	513 / 113	33.9 / 1.8
	보통암	67.3	31.6	54.4	2.4	29.1	3.9	2,052 / 638	36.3 / 1.7
	경 암	98.6	8.7	34.0	4.8	29.1	3.9	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7
암기구간	연 암	45.4	21.1	36.5	12.5	29.1	3.9	826 / 190	33.2 / 2.2
	보통암	89.2	17.8	56.0	1.4	29.1	3.9	2,143 / 728	36.0 / 1.9
	경 암	102.7	25.0	77.3	6.8	29.1	3.9	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9

• 변형계수

구 분	지층	변형계수 (MPa) 최 소	최 대	평 균	표준편차
3구간	연암	649	1,870	1,191	507
	보통암	903	10,279	7,033	5,312
	경암	8,120	18,336	14,392	5,092

구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간	연 암			
평균/편차		513 / 113	33.9 / 1.8	867 / 205

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간	보통암			
	평균/편차	2,052 / 638	36.3 / 1.7	4,090 / 1,647
	경 암			
	평균/편차	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7	9,317 / 3,945
암기구간	연 암			
	평균/편차	826 / 190	33.2 / 2.2	914 / 196
	보통암			
	평균/편차	2,143 / 728	36.0 / 1.9	5,782 / 1,674
	경 암			
	평균/편차	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9	13,264 / 6,910

국토교통부

제5편 성과분석 및 설계지반정수

Bayesian Approach에 의한 설계지반정수 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 평균	점착력(kPa) 표준편차	점착력(kPa) 적 용	내부마찰각(°) 평균	내부마찰각(°) 표준편차	내부마찰각(°) 적 용	변형계수(MPa) 평균	변형계수(MPa) 표준편차	변형계수(MPa) 적 용
교량구간	연 암	525	78	500	34	1.2	34	916	137	900
	보통암	2,027	410	2,000	36	2	36	4,049	1,647	4,000
	경 암	3,246	919	3,200	40	1.2	40	11,869	2,415	12,000
암기구간	연 암	828	128	800	33	1.5	33	936	131	900
	보통암	2,008	455	2,000	36	1.3	36	5,968	1,086	6,000
	경 암	3,537	868	3,500	42	1.3	42	15,013	6,910	15,000

점착력(교량,연암) | 점착력(교량,보통암) | 점착력(교량,경암) | 점착력(암기,연암)

점착력(암기,보통암) | 점착력(암기,경암) | 내부마찰각(교량,연암) | 내부마찰각(교량,보통암)

내부마찰각(교량,경암) | 내부마찰각(암기,연암) | 내부마찰각(암기,보통암) | 내부마찰각(암기,경암)

변형계수(교량,연암) | 변형계수(교량,보통암) | 변형계수(암기,연암) | 변형계수(암기,보통암)

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.8 설계지반정수 요약

3.8.1 연약지반 설계지반정수

○ 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 설계지반정수

구 분	함수비(%)	단위중량 (kN/m³)	S_u(kPa)	강도증가율	초기간극비	압축지수	C_v (10^{-7}cm²/s)	k_v (10^{-7}cm/s)
1-1구간	28,0	18,0	5.8D + 7.8 (평균 28.0)	0,25	0,96	0,25	9,80	2,30
1-2구간	35,0	18,0		0,25	0,88	0,24	4,00	0,80
2구간	36,0	18,0	5.8D + 3.0 (평균 22.0)	0,20	0,88	0,26	2,50	3,10
3구간	35,0	18,0		0,20	0,88	0,26	3,20	3,10
4구간	35,0	18,0		0,20	0,94	0,24	3,80	1,30

• 사업 3공구(본선 STA. 9+980~21+200)은 연약지반 3구간(STA. 19+600~28+440)에 해당

3.8.2 연속체 설계지반정수

○ 설계지반정수 구역 구분

• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain 2~3)에 해당

다. 구조계산서 및 내진설계

2. 설 계 조 건

- 교 량 명 : 문봉교(서울방향)
- 교량형식 : Bicon 교
- 교량등급 : 1등급 적용

2.1 기본제원

(1) 슬래브 전장 : 50.000 m

(2) 거 더 전 장 : 49.900 m

(3) 설 계 지 간 : 49.000 m

(4) 교 량 폭 원 : 16.070 m

(5) 횡 단 면 도 : 슬래브 일반도 참조

(6) 종 단 면 도 : 슬래브 일반도 참조

2.2 주요재료

2.2.1 바닥판

(1) 콘 크 리 트 Fcks = 27 MPa

Ecks = 8,500 × (fck+Δf)^1/3 = 26702 MPa (※Δf= 4)

(2) 철근(SD400) Fyb = 400 MPa

Esb = 2.0 × 10^5 MPa

2.2.2 Bicon 거더

(1) 콘크리트(사용 하중 시)

- 설계기준강도 : Fck = 40 MPa
- 탄 성 계 수 : Ecks = 8,500 × (fck+Δf)^1/3 = 30008 MPa (※Δf= 4)

(2) 콘크리트(PS강재 긴장 시)

- 설계기준강도 : Fci = 0.8 × fck = 32 MPa
- 탄 성 계 수 : Eci = 8,500 × (fck+Δf)^1/3 = 28066 MPa (※Δf= 4)

(3) 철근(SD300)

- 항 복 강 도 : Fby = 300 MPa
- 탄 성 계 수 : Ebs = 2.0 × 10^5 MPa

(4) PS 강연선(KS D 7002 SWPC 7B, 저릴렉세이션 강재)

- 직 경 : Dpt = 15.2 mm
- 단 면 적 : Apt = 138.7 mm^2
- 극 한 강 도 : Fput = 1900 MPa
- 항 복 강 도 : Fpyt = 1600 MPa
- 탄 성 계 수 : Ept = 2.0 × 10^5 MPa

(5) PS 강봉(KS D 3505, 저릴렉세이션 강재)

- 직 경 : Dpc = 36 mm
- 단 면 적 : Apc = 1017.4 mm^2
- 극 한 강 도 : Fpuc = 1050 MPa
- 항 복 강 도 : Fpyc = 950 MPa
- 탄 성 계 수 : Epc = 2.00 × 10^5 MPa

(6) 쉬스규격

구 분	단위	강연선						강봉
PS강재 개수	개,mm	7	10	11	13	16	19	40
쉬스관 내경	mm	65	75	75	85	85	100	50
쉬스관 외경	mm	70	80	80	90	90	105	55
곡률마찰계수(μ)	/rad	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-
파상마찰계수(κ)	/m	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.008

2.2.3 탄성계수비

(1) 거더콘크리트와 PS 강봉의 탄성계수비(nc) = Epc / Eck = 200000 / 30008 = 6.665

(2) 거더콘크리트와 PS 강연선의 탄성계수비(nt) = Ept / Eck = 200000 / 30008 = 6.665

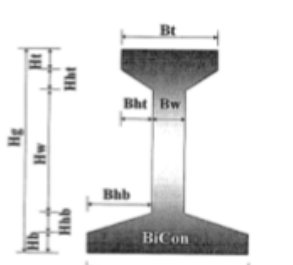
(3) 거더콘크리트와 바닥판콘크리트의 탄성계수비(ns) = Ecks / Eck = 26702 / 30008 0.890

3. 단 면 가 정

3.1 단면제원

(1) 바닥판 두께(sh) : 240 mm

(2) 거더 단면



Bicon 단면제원

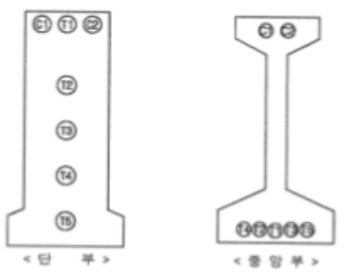
Hg	2600 mm
Ht	200 mm
Hb	300 mm
Hht	150 mm
Hhb	200 mm
Hw	1750 mm
Bt	800 mm
Bb	1100 mm
Bw	200 mm
Bht	300 mm
Bhb	450 mm

(3) 중간가로보수 : 1 EA

(4) 단부블록크기 : 700 mm

3.2 PS 강연선 및 PS강봉 배치

(1) 단면 배치



단위 : mm

		PS 강봉		PS 강연선				
		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
직경,가닥수		36mm	36mm	7EA	17EA	17EA	17EA	17EA
쉬스관외경		50mm	50mm	70mm	105mm	105mm	105mm	105mm
초기긴장력		-575kN	-575kN	1150kN	3390kN	3390kN	3390kN	3390kN
단부 좌표	Y	-105mm	105mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
	Z	2475mm	2475mm	2475mm	1750mm	1250mm	750mm	250mm
중앙부 좌 표	Y	-105mm	105mm	0mm	-150mm	150mm	-300mm	300mm
	Z	2475mm	2475mm	115mm	125mm	125mm	125mm	125mm

※ 좌표의 기준 원점은 거더의 하단 중심점.

4. 바닥판의 설계

4.1 경험적 설계법에 의한 바닥판 슬래브계산

4.1.1 설계조건

(1) 지지부재들이 3개이상의 강재 주거더 또는 콘크리트 지지보와 완전합성으로 거동하고 바닥판의 지간방향이 차량진행방향에 직각인 경우의 철근콘크리트 바닥판에만 적용할 수 있다.

(2) 캔틸레버 바닥판에 적용할 수 없다.

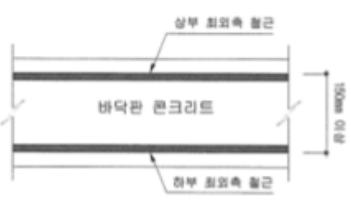
(3) 콘크리트가 현장타설되고 습윤양생되어야 한다.

(4) 거더 플랜지부의 헌치와 같이 국부적으로 두껍게한 곳을 제외한 상태에서 전체적으로 바닥판의 두께가 일정해야 한다.

(5) 바닥판 두께에 대한 유효지간의 비가 6이상 15이하인 경우 적용한다.

6 ≤ 1.930 m / 0.240 m = 8.042 ≤ 15 -------------- O.K

(6) 바닥판의 상부와 하부에 배근된 철근의 외측면 사이의 두께가 150mm이상인 경우 적용한다.



240 - (60 + 40) + (16/2 + 16/2) = 156 mm ≥ 150 mm -------------- O.K

(7) 유효지간이 표준차선폭(3.6m) 이하인 경우 적용한다.

1.930 m ≤ 3.600 m -------------- O.K

(8) 바닥판의 홈집, 마모면, 보호피복 두께층을 제외한 바닥판의 최소두께가 240mm이상인 경우 적용한다.

(9) 콘크리트의 28일 압축강도가 27MPa 이상인 경우 적용한다.

(10) 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 5배 이상이거나, 캔틸레버부의 길이가 내측 바닥판 두께의 3배 이상이고 구조적으로 연속적인 콘크리트 방호책과 합성된 경우 적용한다

▶ 중분대 또는 방호벽, 보도 등이 있을 경우

0.810 m (좌측캔틸레버 길이) ≥ 0.24 × 3 = 0.720 -------------- O.K

0.810 m (우측캔틸레버 길이) ≥ 0.24 × 3 = 0.720 -------------- O.K

▶ 중분대 또는 방호벽, 보도 등이 없을 경우

0.810 m (좌측캔틸레버 길이) < 0.24 × 5 = 1.200 -------------- 적용 불가

0.810 m (우측캔틸레버 길이) < 0.24 × 5 = 1.200 -------------- 적용 불가

※ 경험적 설계법 적용구간

	캔틸레버구간	캔틸레버 인접 내측바닥판	중앙부 내측바닥판	비고
좌측	강도설계법	경험적 설계법 적용	경험적 설계법 적용	
우측	강도설계법	경험적 설계법 적용	경험적 설계법 적용	

4.1.2 철근 배근

(1) 지간방향 (주철근)

상부 최소철근량 : 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

하부 최소철근량 : 콘크리트 바닥판 단면의 0.4%이상

(2) 지간의 직각방향 (배력철근)

상부 최소철근량 : 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

하부 최소철근량 : 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

(3) 현장타설 되는 콘크리트 바닥판에는 4개층의 철근을 배근하되 콘크리트 피복두께 요구조건에 의해 허용되는 한도에서 바깥 표면에 가까이 배근하며, 유효지간방향으로 배근되는 철근을 가장 바깥쪽 층에 배근한다.

4.1.3 사용철근량

(1) 바닥판 슬래브 단면 : 1000 × 240 = 240000 mm^2

(2) 주철근

상부 철근량

As_{req} = 240000 × 0.300% = 720.000 mm^2

As_{use} = H 16 @ 200 = 993.000 mm^2

Σ = 993.000 mm^2 (N = 5) -------------- O.K

하부 철근량

As_{req} = 240000 × 0.400% = 960.000 mm^2

As_{use} = H 16 @ 200 = 993.000 mm^2

Σ = 993.000 mm^2 (N = 5) -------------- O.K

(3) 배력철근

상부 철근량

As_{req} = 240000 × 0.300% = 720.000 mm^2

As_{use} = H 16 @ 250 = 794.400 mm^2

Σ = 794.400 mm^2 (N = 4) -------------- O.K

하부 철근량

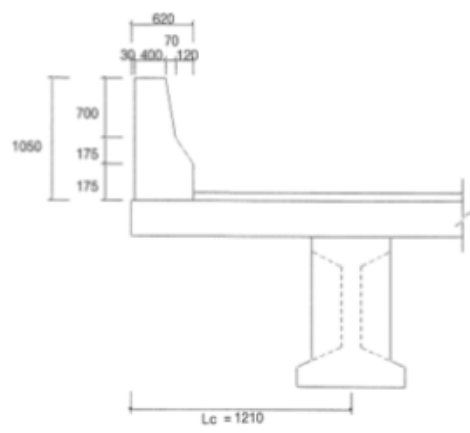
As_{req} = 240000 × 0.300% = 720.000 mm^2

As_{use} = H 16 @ 250 = 794.400 mm^2

Σ = 794.400 mm^2 (N = 4) -------------- O.K

4.2 G1측 캔틸레버 부

4.2.1 단면치수



4.2.2 바닥판의 두께 검토

(1) 활하중에 대한 지간 (도로교설계기준, 2010, P.4-153)

L = 0.000 m (캔틸레버 구간에 활하중이 작용하지 않음)

4.2.3 설계하중에 의한 단면력

(1) 고정하중에 의한 휨모멘트

구 분	면적 (m^2)	단위중량 (kN/m^3)	하중 (kN)	작용거리 (m)	휨모멘트 (kN·m)
방호벽	0.501	25.000	12.525	0.537	6.726
바닥판	0.194	25.000	4.850	0.405	1.964
포 장	0.010	23.500	0.223	0.095	0.021
방음판			1.000	0.537	0.537
합 계			18.598		9.248

(8) 하중조합

① 계수하중 - 단면 검토시

Load Case	고정하중	활 하 중	풍하중	원심하중	충돌하중	비 고
Case 1	1.30	2.15		1.30		
Case 2	1.30		1.30			
Case 3	1.30	1.30	0.65	1.30		
Case 4	1.30	1.30		1.30		
Case 5	1.25	1.25	0.625	1.25		
Case 6	1.30	1.30		1.30	1.30	
Case 7	1.20		1.20		1.20	

② 사용하중 - 사용성 검토시

Load Case	고정하중	활 하 중	풍하중	원심하중	충돌하중	비 고
Case 1	1.00	1.00		1.00		
Case 2	1.00		1.00			
Case 3	1.00	1.00	1.00	1.00		
Case 4	1.00	1.00		1.00		
Case 5	1.00	1.00	1.000	1.00		
Case 6	1.00	1.00		1.00	1.00	
Case 7	1.00		1.00		1.00	

③ 하중조합 결과

Load Case	계 수 하 중 M (kN·m)	사 용 하 중 M (kN·m)	비 고
Case 1	12.022	9.248	
Case 2	20.217	15.552	
Case 3	16.410	15.998	
Case 4	12.022	9.248	
Case 5	15.779	15.998	
Case 6	42.355	32.581	
Case 7	46.662	38.885	

④ 적용하중

구 분	M (kN·m)	비 고
계 수 하 중	46.662	
사 용 하 중	38.885	

8. 설계 단면력 집계

8.1 지간중앙부의 휨모멘트 집계(kN·m)

구 분	G1	G2~G5	G6	저 항 단 면	비 고
거더 자중	8208.9	8208.9	8208.9	순 단 면	
합성전 고정하중	4915.4	5474.6	4915.4	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	2359.7	2308.2	1741.6	바닥판 합성단면	
DB 활하중	4071.5	3475.1	3479.5		
DL 활하중	4409.6	3705.4	3814.8		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	4409.6	3705.4	3814.8		
합 계	19893.6	19697.1	18680.7		

8.2 지간지점부의 전단력 집계(kN)

구 분	G1	G2~G5	G6	저 항 단 면	비 고
거더 자중	725.3	725.3	725.3	순 단 면	
합성전 고정하중	390.0	424.2	390.0	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	241.3	174.2	184.9	바닥판 합성단면	
DB 활하중	390.2	392.7	309.4		
DL 활하중	400.5	385.8	321.3		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	400.5	392.7	321.3		
합 계	1757.1	1716.5	1621.5		

6) 전단연결재의 배치간격 결정

- 접촉면을 청결하고 부유물이 없게끔하며, 대략 6 mm 깊이로 표면을 일부러 거칠게 한 후 최소전단연결재 이상을 사용.
- 최대 전단철근 간격

a. bw x 4 = 0.8 x 4 = 3.200 m

b. 0.600 m

※ 전단철근 최대 간격 s = 0.600 m

① 단부 (4.55m)

- 사용 철근량 Use Av = D 16 x 2 ea = 0.000398 ㎡
- 해석에 의한 최소전단철근 간격

$$Req.\ s = \frac{Av \times fy}{0.35 \times bv} = \frac{0.000398 \times 300}{0.35 \times 0.800} = 0.426\ m$$

※ 사용 전단철근 간격 s = 0.200 m ※ O.K

② 중간 가로보부(19.95m)

- 사용 철근량 Use Av = D 16 x 2 ea = 0.000398 ㎡
- 해석에 의한 최소전단철근 간격

$$Req.\ s = \frac{Av \times fy}{0.35 \times bv} = \frac{0.000398 \times 300}{0.35 \times 0.800} = 0.426\ m$$

※ 사용 전단철근 간격 s = 0.400 m ※ O.K

③ 중앙부

- 사용 철근량 Use Av = D 16 x 2 ea = 0.000398 ㎡
- 해석에 의한 최소전단철근 간격

$$Req.\ s = \frac{Av \times fy}{0.35 \times bv} = \frac{0.000398 \times 300}{0.35 \times 0.800} = 0.426\ m$$

※ 사용 전단철근 간격 s = 0.400 m ※ O.K

1. 내진해석 일반

1.1 목적

: 지진에 대비하여 안전하게 교량을 설계하고, 지진 발생시 교량이 받을 수 있는 피해의 정도를 최소화하기 위함이다.

1.2 내진해석 방법

○ 지진해석의 정의

: 지진해석이란 임의의 지역에서 발생 가능한 지진동에 대하여 구조물의 최대 응답을 구하는 것으로 입력 지진동의 형태에 따라 응답 스펙트럼 해석법과 시간이력 해석법으로 나뉘어진다.
- 응답 스펙트럼 방법 : 선형 해석
- 시간이력 해석 방법 : 선형 조건 및 비선형 해석

(i) 정적 및 등가정적 해석법
- 교량의 지진 응답해석에서 지진력의 분포나 변형모드를 용이하게 추정할 수 있을때 사용.
- 직교형 연속교의 종방향 거동에는 상당히 정확함.
- 종방향 거동 및 교량형식이 복잡한 경우에는 정확도가 떨어짐.
- 한번에 지진력을 가하는 정적 방법과 단계적으로 가하는 등가정적인 방법으로 나뉜다.

(ii) 지진 응답 스펙트럼 해석법
- 단일모드 응답 스펙트럼 해석법
  - 하나의 진동모드만을 사용하여 주파수역대에서 해석하는 한성 해석법
- 다중모드 응답 스펙트럼 해석법
  - 여러개의 진동모드를 사용하여 주파수역대에서 해석하는 한성해석법

(iii) 시간이력 해석
- 특정의 지진동 입력에 대한 교량의 응답을 시간 이력으로 구하는 방법
- 특히, 교량 연결부위에 Damper등의 비선형성 거동을 나타내는 system을 사용하는 경우 시간이력 해석법에 의한 비선형 해석을 하여야 한다.(모드 해석은 선형 해석이다.)

- 고속도로교량의 설계기준 (2010년) -

▷ 시간이력해석이 요구되는 지진격리교량의 경우에는 다음 조건들을 적용하여야 한다.
1) 지진격리받침의 비선형 특성을 고려하여야 한다.
2) 시간이력해석을 위한 지진입력 시간이력은 감쇠율 5%에 대한 설계지반응답스펙트럼에 부합되도록 설계로 기록된 지진운동을 수정하거나 인공적으로 합성된 최소한 4쌍 이상의 지진 운동을 적성하여 사용해야 한다.
3) 시간이력의 지속시간은 10 ~ 25초 또 강진구간 지속시간은 6 ~ 10초가 되도록하여야 한다.
4) 두방향 이상의 시간이력을 동시에 고려할 경우,
각 직교방향의 시간이력은 통계학적으로 독립되어야 한다. 여기서, 두 시간이력 사이의 시간 시간 차이를 고려하여 계산된 상관계수의 최대절대값이 0.3을 넘지 않는다면 두 시간이력은 통계학적으로 독립이라고 간주할 수 있다.
5) 7쌍 미만의 지반 운동 시간이력에 의한 해석결과로부터 얻어진 응답치의 최대값 혹은 7 쌍 이상의 해석결과로부터 얻어진 평균값을 설계값으로 한다.

1.3 내진등급과 지반가속도계수

○ 지진구역의 구분

지진구역	행 정 구 역	
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시,울산광역시, 광주광역시
	도	경기도, 강원도남부, 충청도, 경상도, 전라북도, 전라남도 북동부
II	도	강원도북부, 전라남도 남서부, 제주도

○ 지진구역 계수

지진구역	I	II
구역계수	0.11	0.07

○ 위험도 계수

재현주기(년)	500	1000
위험도계수	1	1.4

○ 내진등급

- 도로교의 내진등급과 설계지진

내진등급	교 량	재현주기
내진I등급	- 고속도로, 자동차전용도로, 특별시도, 광역시도 또는 일반국도상의 교량 - 지방도, 시도 및 군도 중 지역의 방재 계획상 필요한 도로에 건설된 교량, 해당도로의 일일계획 교통량을 기준으로 판단했을 때 중요한 교량 - 내진I등급과 기설되는 도로 위를 넘어가는 고가교량	1000년
내진II등급	내진I등급교에 속하지 않는 교량	500년

○ 지반계수

지반계수		지 반 종 류			
		I	II	III	IV
S	내진	1.0	1.2	1.5	2.0
	지진격리	1.0	1.5	2.0	2.7

○ 지반분류

지반	지반종류의 호칭	지표면 아래 30m 토층에 대한 평균값		
		전단파속도	표준관입시험	비배수전단강도
		(m/sec)	(N치)	(kPa)
I	경암지반 보통암지반	760이상	-	-
II	매우 조밀한 토사지반 또는 연암지반	360에서 760	> 50	> 100
III	단단한 토사지반	180에서 360	15에서 50	50에서 100
IV	연약한 토사지반	180미만	< 15	< 50
V	부지 고유의 특성평가가 요구되는 지반			

○ 응답수정 계수

하 부 구 조	R		연 결 부	R
	내진	지진격리		
벽식교각	2	1.5	상부구조와 교대	0.8
철근콘크리트 말뚝 가구(Bent)			상부구조 한 지간 내 신축이음	0.8
1. 수직말뚝만 사용	3	1.5		
2. 한개이상의 경사말뚝을 사용	2	1.5		
단일 기둥	3	1.5	기둥, 교각 또는 말뚝 가구와 캡빔 또는 상부구조	1.0
				1.0
강재 또는 합성강재 콘크리트 말뚝 가구(Bent)			기둥또는 교각과 기초	1.0
1. 수직말뚝만 사용	5	2.5		
2. 한개 이상의 경사말뚝을 사용	3	1.5		
다주 가구	5	2.5		

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1113.890	778.701	O.K
	허용인발력(kN/EA)	733.642	-	O.K
	휨응력(MPa)	140.000	115.318	O.K
	전단응력(MPa)	80.000	12.895	O.K
	수평변위(mm)	15.000	11.366	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1670.840	1029.851	O.K
	허용인발력(kN/EA)	1100.463	-99.787	O.K
	휨응력(MPa)	210.000	131.906	O.K
	전단응력(MPa)	120.000	19.000	O.K
	수평변위(mm)	15.000	9.437	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (㎟)	사용철근량 (㎟)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면지판		1800	150	2277.1	4053.6	948.368	1674.743	1.766	O.K
후면지판		1800	100	3793.56	5139.2	1617.524	2178.322	1.347	O.K
벽체 (H=10.165)		2300	100	4266.85	6353.6	2259.566	3488.679	1.479	O.K
흉벽		800	100	929.809	1588.8	164.35	278.868	1.697	O.K
파측날개벽	A(T=600 mm)	600	80	3181.22	4053.6	402.855	506.698	1.258	O.K
	윤부(T=450	450	80	1768.75	4053.6	161.015	351.648	2.184	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	2938.2	4053.6	373.419	506.698	1.357	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	4253.66	5139.2	530.113	631.937	1.192	O.K
우측날개벽	A(T=620 mm)	620	80	3130.05	4053.6	412.639	527.371	1.278	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	3007.6	4053.6	397.186	527.371	1.328	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	4151.68	5139.2	539.368	658.147	1.22	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
전면지판		100.555	150	125	439.407	O.K
후면지판		122.476	150	125	429.235	O.K
벽체 (H=10.165)		86.902	150	125	696.198	O.K
흉벽		111.179	150	125	478.319	O.K
파측날개벽	A(T=600 mm)	120.662	150	125	483.902	O.K
	윤부(T=450	67.015	150	125	940.094	O.K
	B(T=600 mm)	112.269	150	125	532.687	O.K
	C(T=600 mm)	127.321	150	125	454.766	O.K
우측날개벽	A(T=620 mm)	119.117	150	125	492.367	O.K
	B(T=620 mm)	114.998	150	125	516.224	O.K
	C(T=620 mm)	124.763	150	125	467.447	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
(3) 교 량 등 급 : 1 등급
(4) 교 대 종 목 : B = 16.316 m
(5) 교 대 총높이 : H = 11.965 m
(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
(7) SKEW : 100.000 °

2) 하 중
(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : q1 = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 511.524 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 144.367 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

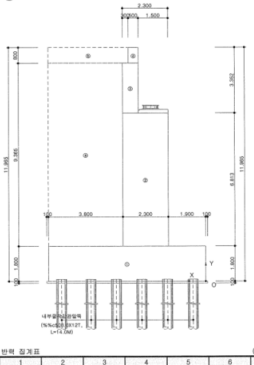
3) 지 반 조 건
(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 50.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 42.386 ° (Φ2 = 15 + √15N)
(4) 기초지반의 점착력 : C = 17.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.537 : TAN(3/4 · Φ2) : 흙과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 26986.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



■ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
고정하중	1429.847	1404.545	1375.894	1371.468	1387.972	1376.365	8346.192
활하중	413.249	398.197	368.423	370.251	402.706	402.706	2355.532

■ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
교축방향	220.196	216.315	211.888	211.206	213.748	211.96	1285.314
직각방향	220.196	216.315	211.888	211.206	213.748	211.96	1285.314

H = R x A x S R : 교량받침의 고정하중 반력, A : 가속도계수(=0.154), S : 지반계수(=1.000)
교축직각방향 H = R x A x S , R : 교량받침의 고정하중 반력
교축방향 H = R x A x S , R : 교량받침의 고정하중 반력

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1367.220	778.274	O.K
	허용인발력(kN/EA)	865.582	-	O.K
	휨응력(MPa)	133.000	117.136	O.K
	전단응력(MPa)	76.000	13.648	O.K
	수평변위(mm)	15.000	12.030	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2050.830	1095.675	O.K
	허용인발력(kN/EA)	1298.388	-174.530	O.K
	휨응력(MPa)	199.500	132.349	O.K
	전단응력(MPa)	114.000	20.764	O.K
	수평변위(mm)	15.000	10.313	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (㎟)	사용철근량 (㎟)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면지판		1700	150	2364.84	3096.8	924.218	1206.029	1.305	O.K
후면지판		1700	100	2814.03	4053.6	1133.277	1623.059	1.432	O.K
벽체 (H=9.773)		2300	100	3848.726	6353.6	2131.394	3488.679	1.637	O.K
흉벽		800	100	917.861	1588.8	162.259	278.868	1.719	O.K
파측날개벽	A(T=620 mm)	620	80	1989.05	3096.8	266.474	408.448	1.533	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	1817.34	3096.8	244.055	408.448	1.674	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	2329.41	3096.8	310.586	408.448	1.315	O.K
우측날개벽	A(T=600 mm)	600	80	1816.3	3096.8	234.656	392.654	1.673	O.K
	윤부(T=450	450	80	1095.1	3096.8	101.074	274.202	2.713	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	1676.66	2292	217.054	294.069	1.355	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	2147.7	3096.8	276.136	392.654	1.422	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
전면지판		128.406	150	125	285.79	O.K
후면지판		113.819	150	125	473.138	O.K
벽체 (H=9.773)		67.185	150	125	937.712	O.K
흉벽		109.849	150	125	486.895	O.K
파측날개벽	A(T=620 mm)	99.734	150	125	617.101	O.K
	B(T=620 mm)	91.66	150	125	686.855	O.K
	C(T=620 mm)	116.829	150	125	501.583	O.K
우측날개벽	A(T=600 mm)	91.184	150	125	690.913	O.K
	윤부(T=450	53.846	150	125	1169.993	O.K
	B(T=600 mm)	113.111	150	125	519.969	O.K
	C(T=600 mm)	107.886	150	125	557.436	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
(3) 교 량 등 급 : 1 등급
(4) 교 대 종 목 : B = 16.390 m
(5) 교 대 총높이 : H = 11.473 m
(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
(7) SKEW : 101.379 °

2) 하 중
(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : q1 = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 509.200 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 144.134 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

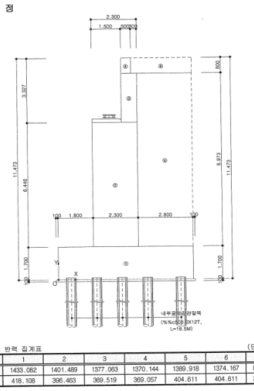
3) 지 반 조 건
(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 50.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 42.386 ° (Φ2 = 15 + √15N)
(4) 기초지반의 점착력 : C = 17.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.537 : TAN(3/4 · Φ2) : 흙과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 26986.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



■ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
고정하중	1433.082	1401.489	1377.053	1370.144	1389.918	1374.167	8345.863
활하중	418.108	396.453	369.519	369.057	404.611	404.611	2362.369

■ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
교축방향	220.695	215.829	212.088	211.002	214.047	211.622	1285.283
직각방향	220.695	215.829	212.088	211.002	214.047	211.622	1285.283

H = R x A x S R : 교량받침의 고정하중 반력, A : 가속도계수(=0.154), S : 지반계수(=1.000)
교축직각방향 H = R x A x S , R : 교량받침의 고정하중 반력
교축방향 H = R x A x S , R : 교량받침의 고정하중 반력

29.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 29.2.1】 서문27교(서울) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	서문27교(서울)의 주요 손상현황으로는 교량받침 탄성고무배부름이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	서문27교(서울)의 주요 손상현황으로는 교량받침 탄성고무배부름, 교대 신축이음 하부 누수가 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교량받침 탄성고무배부름 신축이음 신축이음 하부 누수	양호

29.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

29.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 기 손상인 교량받침 탄성고무 배부름, 신축이음 하부 누수 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

29.2.5 시설물 보수 이력

【표 29.2.2】 서문27교(서울) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

29.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 29.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

29.3 현장조사

29.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



제원조사



비파괴시험

【사진 29.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

29.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문27교(서울)의 바닥판하면은 차량하중을 직접적으로 지지하는 동시에 거더에 하중을 분산시키는 역할을 하는 주요 부재로 총 1경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=50.0m 폭 16.0m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 29.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 국부적인 들뜸이 확인되었다.

【표 29.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	들뜸 (㎡/개소)	
S1	0.09	1
합계	0.09	1

	
S1 들뜸(0.3×0.3)	바닥판 하면 상태양호

【사진 29.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면은 전반적으로 양오하나 국부적인 들뜸이 조사되었다. 손상부는 교대와 접한 부위에 발생한 것으로 교량의 내구성확보를 위해 보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.

나. BICON Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 BICON 거더 형식으로 1경간 6열로 시공되었다.
- 거더에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
거더 전경	거더 전경

【사진 29.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 29.3.2】 거더 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더	S1	-	-
합계		-	-

	
거더 상태양호	거더 상태양호

【사진 29.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더는 현재 전반적으로 양호한 상태로 확인되었고, 주요부재로서 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요망된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있다.
- 가로보에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경



가로보 전경

【사진 29.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 29.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
합계		-	-



가로보 상태양호



가로보 상태양호

【사진 29.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 서문27교(서울) 교대는 상부 구조물로부터의 하중을 기초로 전달하는 부재로써, 역T형으로 A1, A2 강관말뚝기초로 시공되어있다.
- 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
교대 전경(A1)	교대 전경(A2)

【사진 29.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 균열부 백태, 박락 및 긁힘이 조사되었다.

【표 29.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	긁힘 (㎡/개소)		박락 (㎡/개소)		균열부 백태 (㎡/개소)	
A1	0.02	1	-	-	-	-
A2	-	-	0.03	1	0.10	1
합계	0.02	1	0.03	1	0.10	1

	
A1 긁힘(0.2×0.1)	A2 박락(0.3×0.1)
	
A2 균열부 백태(0.1×1.0)	A2 신축이음 하부 누수흔적

【사진 29.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

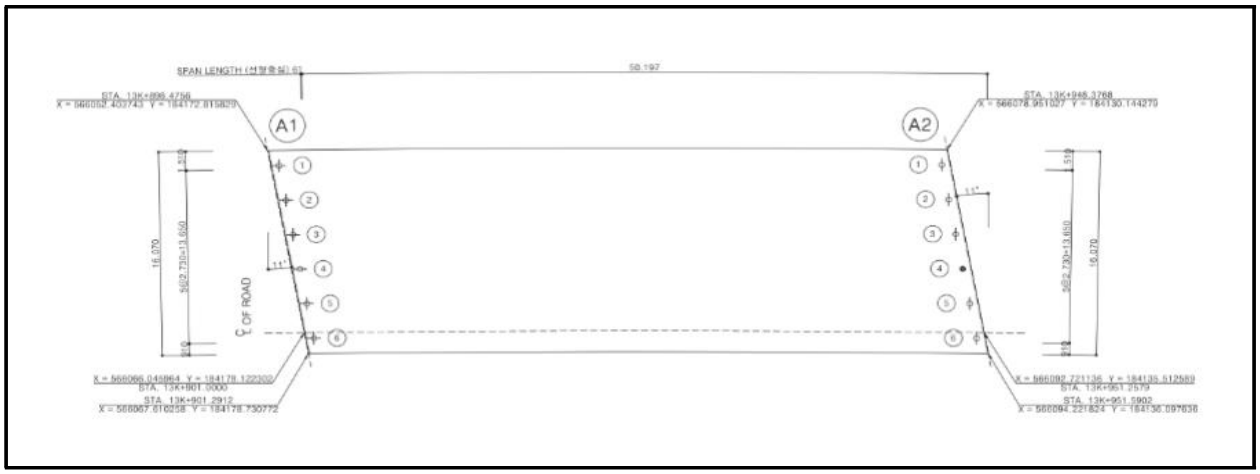
4) 검토의견

■ 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적이 확인되었고, 주요 손상으로 균열부 백태, 박락, 긁힘이 조사되었다. 상기 손상의 경우 건조수축, 온도변화, 우수유입, 거푸집 조기 탈형, 외부충격 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 조치가 요구된다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 서문27교(서울)의 받침은 탄성받침으로 총 12기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 29.3.1】 교량받침 배치도



탄성받침(일방향) 전경



탄성받침(양방향) 전경



탄성받침(고정) 전경

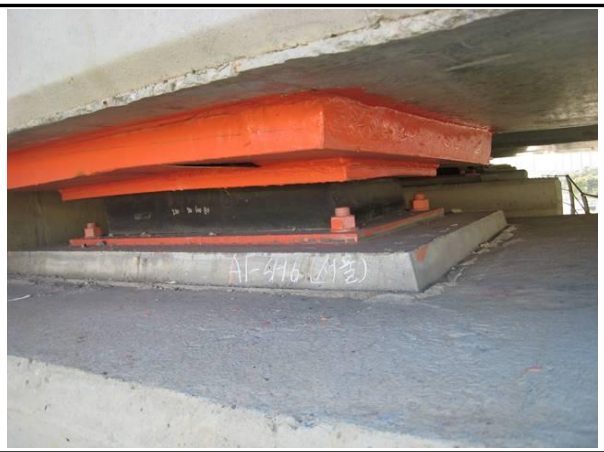
【사진 29.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 탄성고무 배부름이 확인되었다.

【표 29.3.5】 교량받침 현장조사 결과

구분	탄성고무 배부름 (개소/개소)	
A1	1.00	1
A2	-	-
합계	1.00	1

	
A1-Sh6 탄성고무 배부름	A1-Sh6 탄성고무 배부름

【사진 29.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

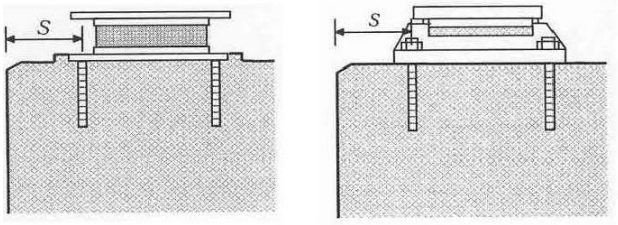
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 받침본체에서 발생된 탄성고무 배부름 현상은 고무층과 보강철판이 균일하게 움직이지 못하여 발생한 현상으로, 주의관찰 후 고무재 갈라짐, 들뜸 및 롤오버 등의 손상이 발생시 교체를 실시하는 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 29.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

	
받침장치 연단거리 측정	받침장치 연단거리 측정

【사진 29.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450(㎜)

【표 29.3.6】 연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)						검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	
A1	450	500	500	500	510	500	500	O.K
A2	450	600	600	600	600	600	600	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 29.3.13】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 29.3.7】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	26.2	23.8	0.00001	50.0	13.1	11.9	
A2	고정단						
1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)							

【표 29.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	+20	60	20	13.1	11.9	±39.9	O.K
	SH2	+20	60	20			±39.9	O.K
	SH3	+20	60	20			±39.9	O.K
	SH4	+20	60	20			±39.9	O.K
	SH5	+20	60	20			±39.9	O.K
	SH6	+20	60	20			±39.9	O.K
A2	고정단							
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K 허용변위 = 받침높이 × 0.3								

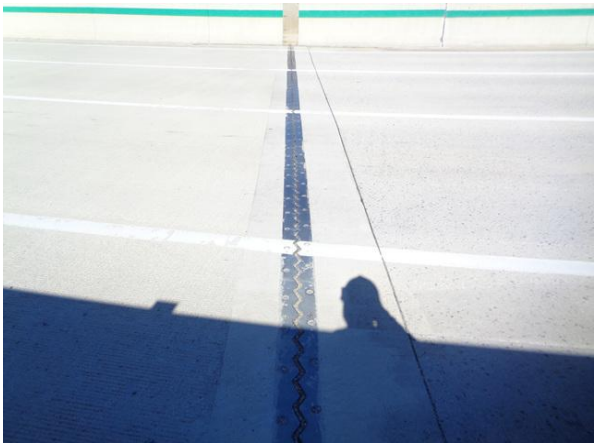
② 교량받침 이동량 검토의견

■ 교량받침 이동량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

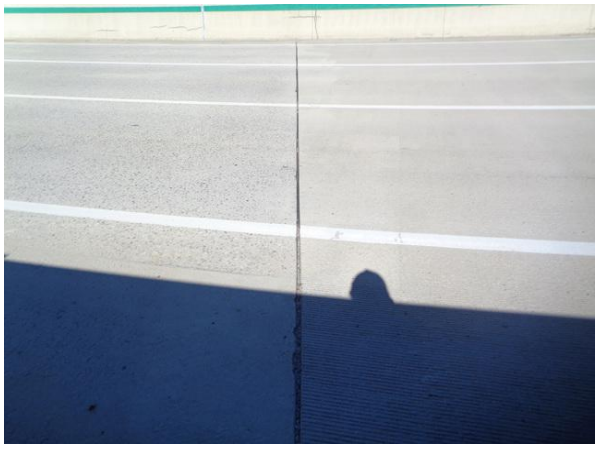
바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 신축이음장치는 직접 차량하중을 받는 부재로써, 설계 및 시공의 결함은 차량통행자에게 불쾌감 및 위협감을 줄 뿐만 아니라 경우에 따라서는 교량구조에도 악영향을 미칠 수 있는 장치이다.
- 본 교량의 신축이음장치는 A1(NO.60) 뉴모노셀, A2는 미시공된 상태이다.
- 신축이음의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사 및 측정을 실시하였다.



EXP.J1(A1) 전경



EXP.J2(A2) 전경

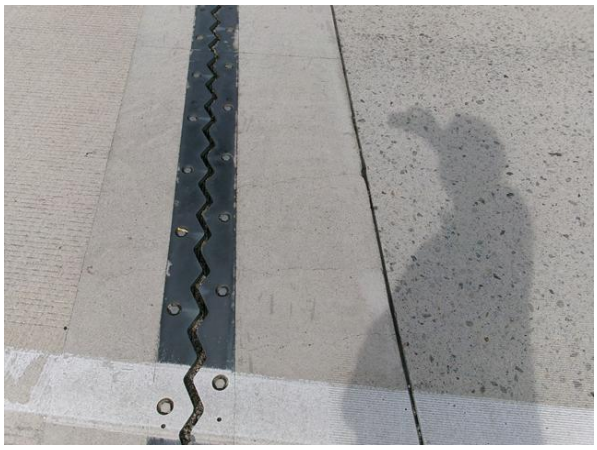
【사진 29.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 폭 0.3㎜미만의 후타재 균열, 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.

【표 29.3.9】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	9.00	18	0.60	2
A2 (EXP J2)	-	-	6.00	1
합계	9.00	18	6.60	3

	
A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
A1 하부 누수	A2 하부 누수

【사진 29.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 하부 누수의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 균열 보수 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 17. 기온 적용: 11.2℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃−11.2℃ = 23.8℃
△T(수축시) : −15.0℃−(11.2℃) = 26.2℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 29.3.10】 신축이음 유간 측정방법

【표 29.3.10】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	26.2	23.8	0.00001	50.0	13.1	11.9	25	50	80	
1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 29.3.11】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	13.1	11.9	25	60	38.1	13.1	O.K
	바닥판			50	-	-	38.1	O.K
	거더			80	-	-	68.1	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

- 서문27교(서울)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.
- 교면포장의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사를 실시하였다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

【사진 29.3.16】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 교량부의 포장은 양호한 상태이나, 접속도로 박리 및 망상균열이 확인되었다.

【표 29.3.12】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 박리 (㎡/개소)		접속도로 망상균열 (㎡/개소)	
S1	6.00	1	40.00	1
합계	6.00	1	40.00	1

	
S1 접속도로 포장 박리(1.5×4.0)	S1 접속도로 포장 박리(1.5×4.0)
	
S1 접속도로 망상균열(4.0×10.0)	S1 접속도로 망상균열(4.0×10.0)

【사진 29.3.17】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장은 구배불량에 의한 물고임 현상은 없는 상태이며, 접속도로 포장부 콘크리트 망상균열 및 박리가 조사되었다. 상기 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

- 서문27교(서울)의 상부는 그레이팅 덮개로 마감된 배수구가 하부는 육교형 배수관이 시공되어있고, 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.
- 배수시설에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 29.3.18】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 29.3.13】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 29.3.19】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다. 부속시설로 방음벽이 시공되어 있다.
- 방호벽에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



방호벽 전경



중분대 전경

【사진 29.3.20】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만의 균열 및 접속부 실란트 파손이 확인되었다.

【표 29.3.14】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		접속부 실란트 파손 (m/개소)	
S1	29.00	3	3.00	2
합계	29.00	3	3.00	2

	
S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
S1 접속부 실란트 파손	S1 접속부 실란트 파손

【사진 29.3.21】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

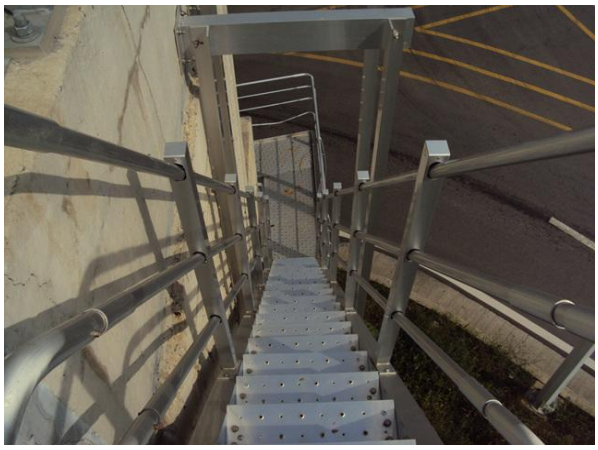
4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열 및 실란트 파손은 건조수축, 공용기간 증가, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성확보를 위한 표면보수, 실란트 충전 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 서문27교(서울)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1, A2에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.
- 교량 점검시설에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

【사진 29.3.22】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 29.3.15】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 29.3.23】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

29.3.3 외관조사 총괄표

【표 29.3.16】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	들뜸	㎡	0.09	1	
거더	상태양호	-	-	-	
가로보	상태양호	-	-	-	
교대	긁힘	㎡	0.02	1	
	박락	㎡	0.03	1	
	균열부 백태	㎡	0.10	1	
교량받침	탄성고무 배부름	EA	1.00	1	
신축이음	후타재 균열(0.3㎜ 미만)	m	9.00	18	
	하부 누수	m	6.60	3	
교면포장	접속도로 박리	㎡	6.00	1	
	접속도로 망상균열	㎡	40.00	1	
배수시설	상태양호	-	-	-	
방호벽	균열(0.3㎜ 미만)	m	29.00	3	
	접속부 실란트 파손	m	3.00	2	
점검시설	상태양호	-	-	-	

29.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

29.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

29.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 29.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	2	2	2	2	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



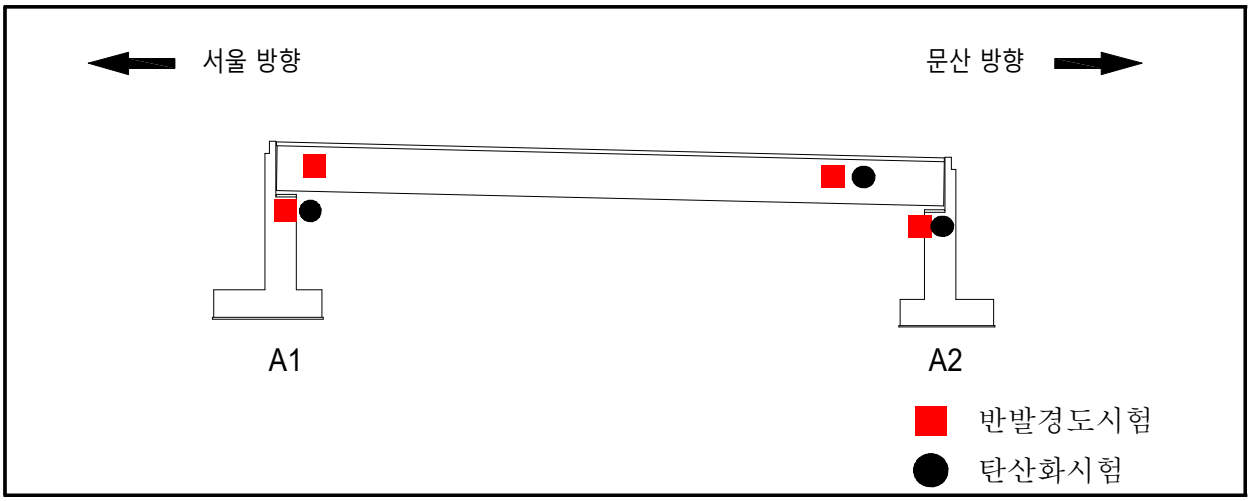
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 29.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 29.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

29.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(각 2개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 29.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	47.0	27.9	29.1	0.67	27.0	
	S1	바닥판	48.0	28.8	29.6			

【표 29.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	흉벽	44.8	26.1	28.0	0.67	24.0	
	A2	흉벽	46.8	27.8	29.0			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판 27.9~28.8㎫, 하부구조 교대 26.1~27.8㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 29.4.4】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.9~28.8	27.0	103.5~106.5
하부구조	교대	26.1~27.8	24.0	108.6~115.7

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 29.4.5】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판하면	3.5	40.0	36.5	2.47	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	4.0	100.0	96.0	2.83	100년이상	a
	A2 흉벽	4.5	100.0	95.5	3.18	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 4.0~4.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 29.4.6】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	3.5	36.5	
하부구조	4.0~4.5	95.5~96.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 29.4.7】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.9~28.8	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	26.1~27.8	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5~96.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

29.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

29.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급'으로 산정되었다.

【표 29.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	BICON	b	a	a	a	a	b	c	b	b	q	a	a
	A2								c	a	b	q	–	a
평균			0.200	0.100	0.100	0.100	0.100	0.200	0.400	0.150	0.200	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.020	0.005	0.007	0.003	0.004	0.036	0.014	0.040	–	0.004	0.003
													0.172	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.172) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 29.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문27교(서울)	0.172	B	50.0	3	150	1.000	0.172
합계(∑)			50.0	3	150	1.000	0.172
1. 평가지수 =							0.172
2. 상태평가결과 =							B

29.5.2 기 점검 결과와의 비교

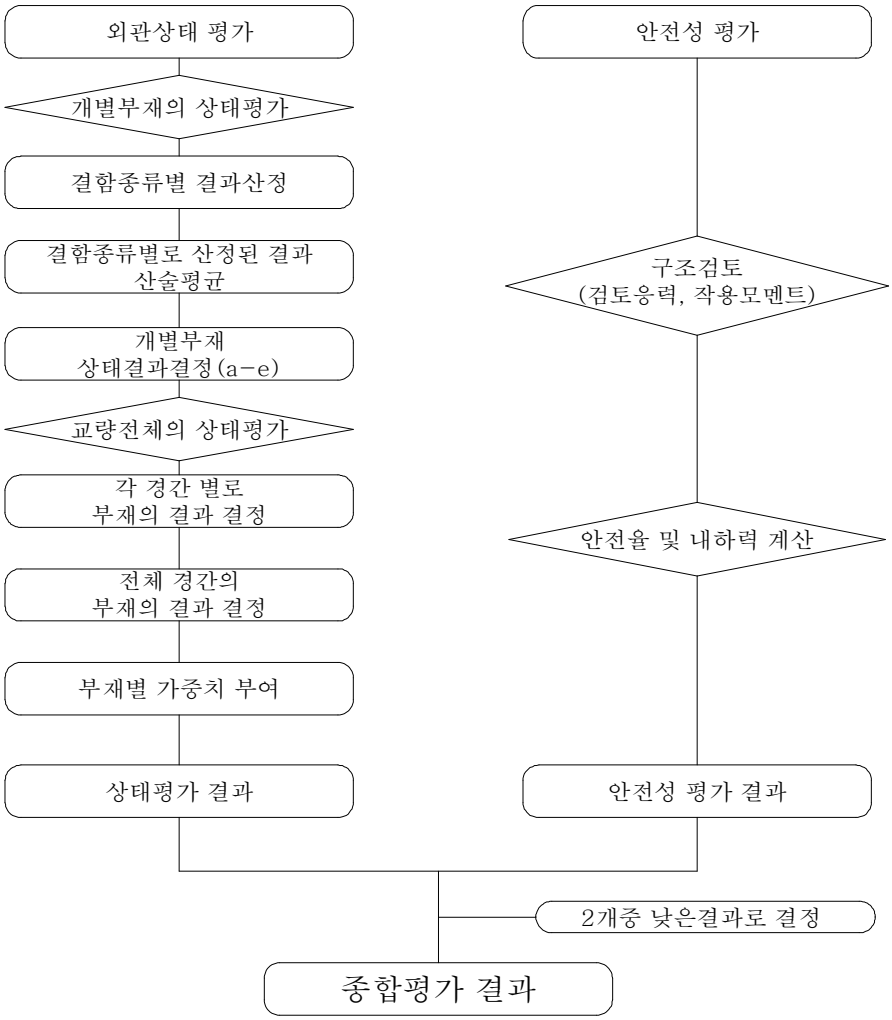
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

29.6 종합평가 및 안전등급 지정

29.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 29.6.1】 종합평가 결과 산정절차

29.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 29.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문27교(서울)	0.172	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

29.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 29.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

29.7 보수·보강 및 유지관리방안

29.7.1 보수·보강 방안

【표 29.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	들뜸	㎡	0.09	1	단면보수	하자
거더	상태양호	-	-	-	-	-
가로보	상태양호	-	-	-	-	-
교대	긁힘	㎡	0.02	1	단면보수	하자
	박락	㎡	0.03	1	단면보수	하자
	균열부 백태	㎡	0.10	1	표면처리	하자
교량받침	탄성고무 배부름	EA	1.00	1	재설치	하자
신축이음	후타재 균열(0.3㎜ 미만)	m	9.00	18	표면처리	하자
	하부 누수	m	6.60	3	재설치	하자
교면포장	접속도로 박리	㎡	6.00	1	단면보수	하자
	접속도로 망상균열	㎡	40.00	1	표면처리	하자
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
방호벽	균열(0.3㎜ 미만)	m	29.00	3	표면처리	하자
	접속부 실란트 파손	m	3.00	2	실란트 충전	하자
점검시설	상태양호	-	-	-	-	-

29.7.2 개략공사비

【표 29.7.2】 개략공사비

구분	손상 내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	들뜸	단면보수	0.09	0.14	㎡	-	-	하자
교대	긁힘	단면보수	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
	박락	단면보수	0.03	0.05	㎡	-	-	하자
	균열부 백태	표면처리	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
교량받침	탄성고무 배부름	재설치	1.00	1.50	EA	-	-	하자
신축이음	후타재 균열(0.3㎜ 미만)	표면처리	9.00	3.38	㎡	-	-	하자
	하부 누수	재설치	6.60	9.90	m	-	-	하자
교면포장	접속도로 박리	단면보수	6.00	9.00	㎡	-	-	하자
	접속도로 망상균열	표면처리	40.00	60.00	㎡	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜ 미만)	표면처리	29.00	10.88	㎡	-	-	하자
	접속부 실란트 파손	실란트충전	3.00	4.50	m	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

29.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 29.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상




① 하부구조 백태, 박락 등 – 진전 여부확인



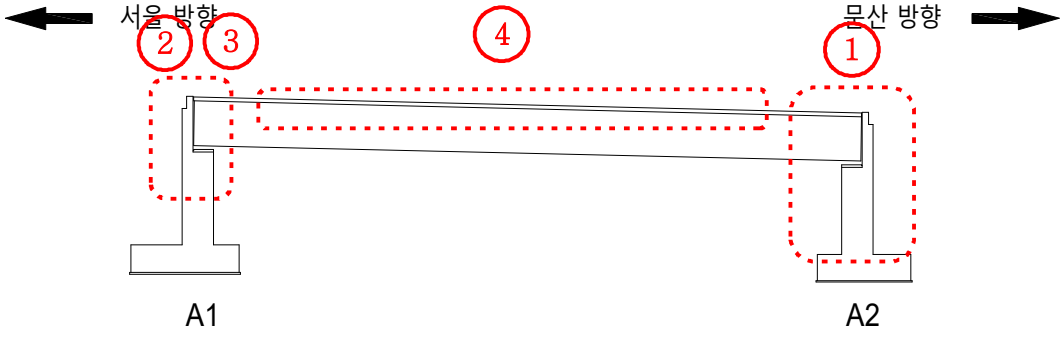
② 교량받침 탄성고무 배부름 – 진전 여부확인




③ 신축이음 균열, 하부 누수 – 진전 여부확인



④ 방호벽 균열 등 - 진전 여부확인



29.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51에 위치한 교량으로 총 연장 50.0m, 폭 16.0m의 BICON Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

29.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면 현장조사 결과 국부적인 들뜸이 확인되었다.
- 바닥판하면은 전반적으로 양오하나 국부적인 들뜸이 조사되었다. 손상부는 교대와 접한 부위에 발생한 것으로 교량의 내구성확보를 위해 보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.

2) BICON Girder

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 거더는 현재 전반적으로 양호한 상태로 확인되었고, 주요부재로서 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요망된다.

3) 가로보

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 균열부 백태, 박락 및 긁힘이 조사되었다.
- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적이 확인되었고, 주요 손상으로 균열부 백태, 박락, 긁힘이 조사되었다. 상기 손상의 경우 건조수축, 온도변화, 우수유입, 거푸집 조기탈형, 외부충격 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 조치가 요구된다.

5) 교량받침

- 현장조사 결과 탄성고무 배부름이 확인되었다.
- 받침본체에서 발생된 탄성고무 배부름 현상은 고무층과 보강철판이 균일하게 움직이지 못하여 발생한 현상으로, 주의관찰 후 고무재 갈라짐, 들뜸 및 롤오버 등의 손상이 발생시 교체를 실시하는 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 교량받침 이동량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

6) 신축이음장치

- 신축이음 현장조사 결과 폭 0.3㎜미만의 후타재 균열, 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.
- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 하부 누수의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 균열 보수 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 현장조사 결과 교량부의 포장은 양호한 상태이나, 접속도로 박리 및 망상균열이 확인되었다.
- 교면포장은 구배불량에 의한 물고임 현상은 없는 상태이며, 접속도로 포장부 콘크리트 망상균열 및 박리가 조사되었다. 상기 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

8) 배수시설

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만의 균열 및 접속부 실란트 파손이 확인되었다.
- 방호벽에 발생한 균열 및 실란트 파손은 건조수축, 공용기간 증가, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성확보를 위한 표면보수, 실란트 충전 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

10) 교량 점검시설

- 교대에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.
- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

11) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판 27.9~28.8㎫, 하부구조 교대 26.1~27.8㎫ 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 3.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 4.0~4.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 서문27교(서울)의 상태평가 결과는 “B” 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문27교(서울)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

29.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

29.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

30. 서문27교(문산)

30.1 시설물 개요
30.2 자료수집 및 분석
30.3 현장조사
30.4 콘크리트 내구성조사
30.5 상태평가
30.6 종합평가 및 안전등급 지정
30.7 보수·보강 및 유지관리 방안
30.8 종합결론

30. 서문27교(문산)

30.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51에 위치한 교량으로 총 연장 100.0m, 폭 15.9m로 시공되어 있다.

30.1.1 일반사항

【표 30.1.1】 서문27교(문산) 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000119	관리번호	-	
시설물위치		경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51	준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		본선구간 11.580km	노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=100.0m(2@50=50.0m)			
	폭	B=15.9m			
구조형식	상부	BICON거더	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교 각	강관말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음	뉴모노셀	
교차시설물		견달산로	통과높이	5.0m	
부착시설내용		-	설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		지에스건설㈜	관리주체	㈜신성엔지니어링	
감 리 자		동남이엔씨㈜	관리주체	서울문산고속도로주식회사	

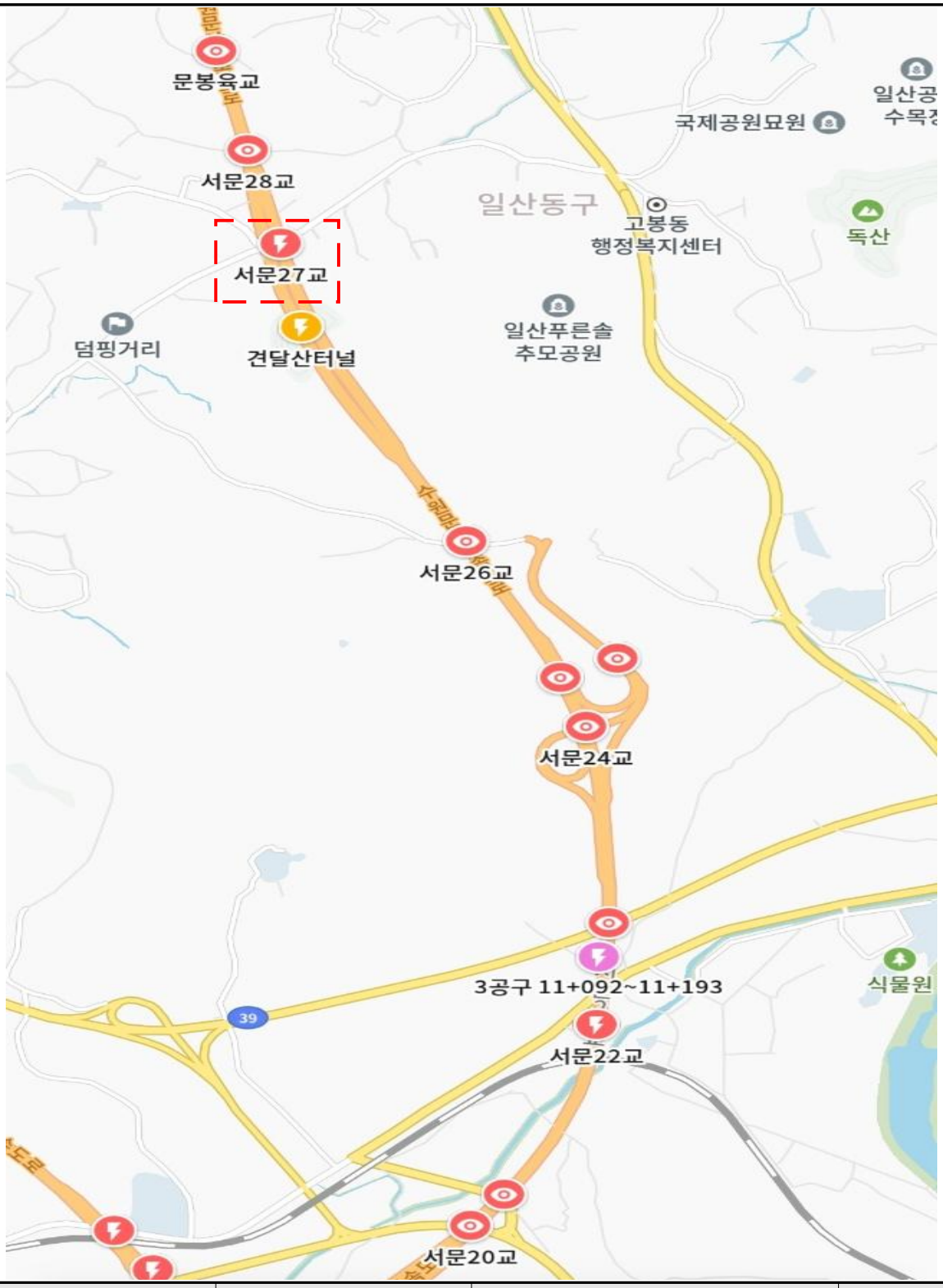


측면 전경



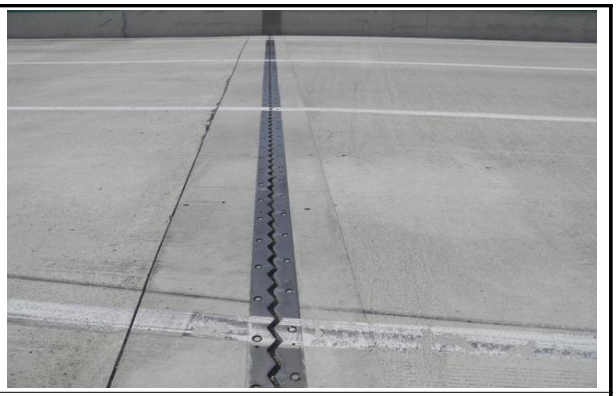
상부 전경

30.1.2 위치도 및 전경사진



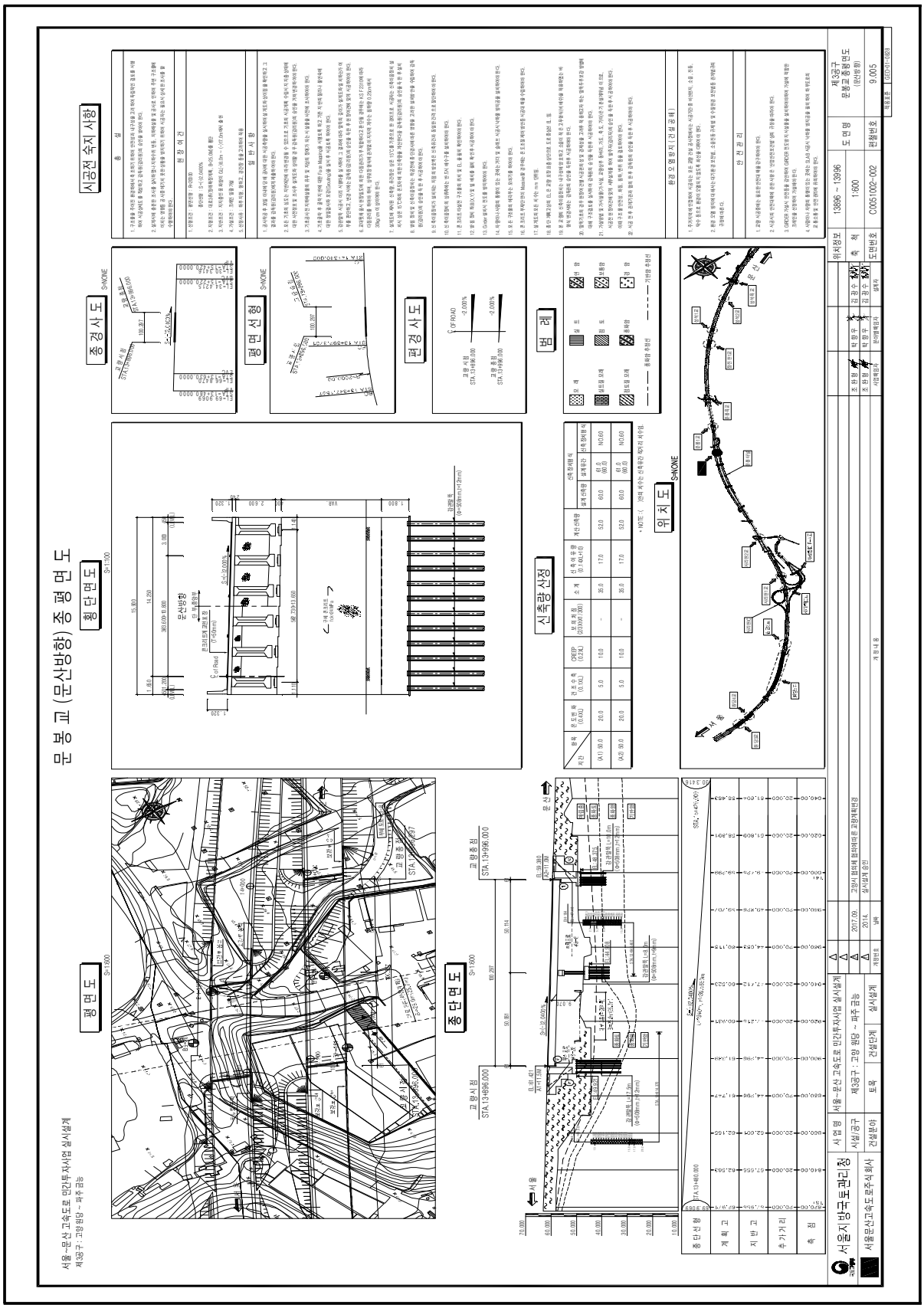
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 30.1.1】 위치도

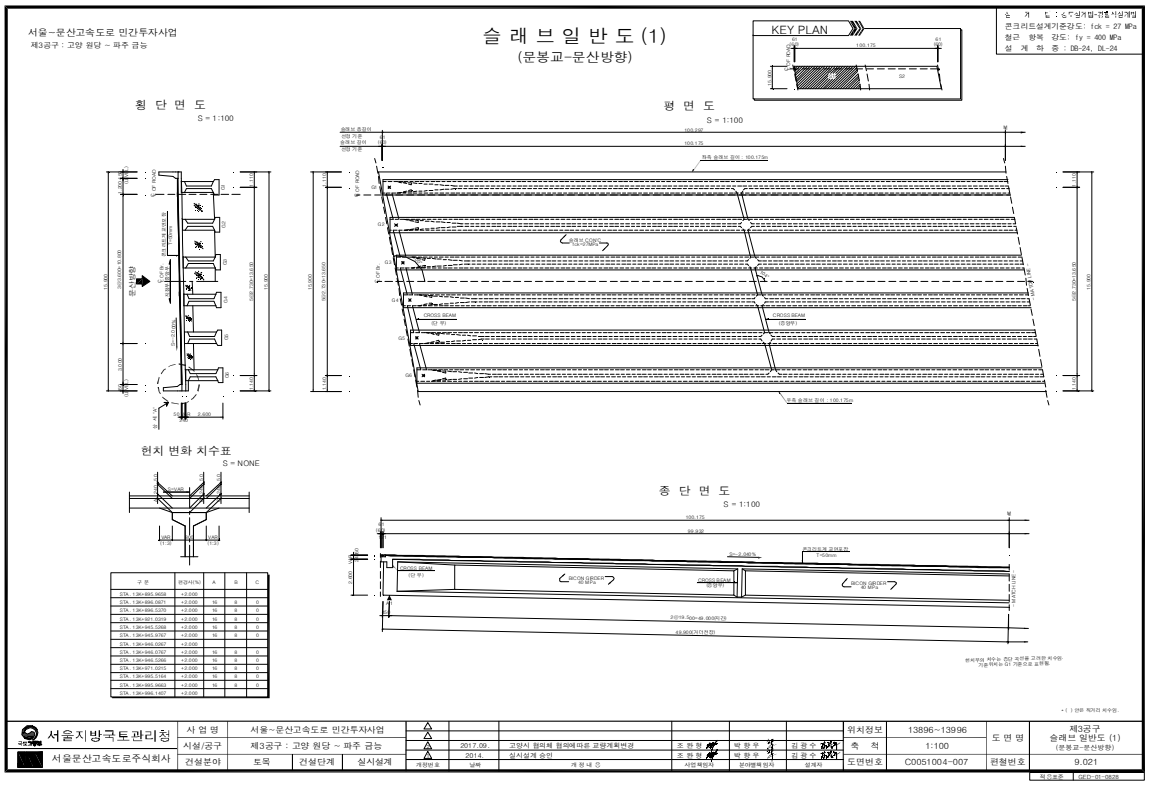
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
배수구 전경	거더, 바닥판하면 전경
	
교대(A1) 전경	교대(A2) 전경
	
교각(P1) 전경	작업사진(도보 이동점검) 전경

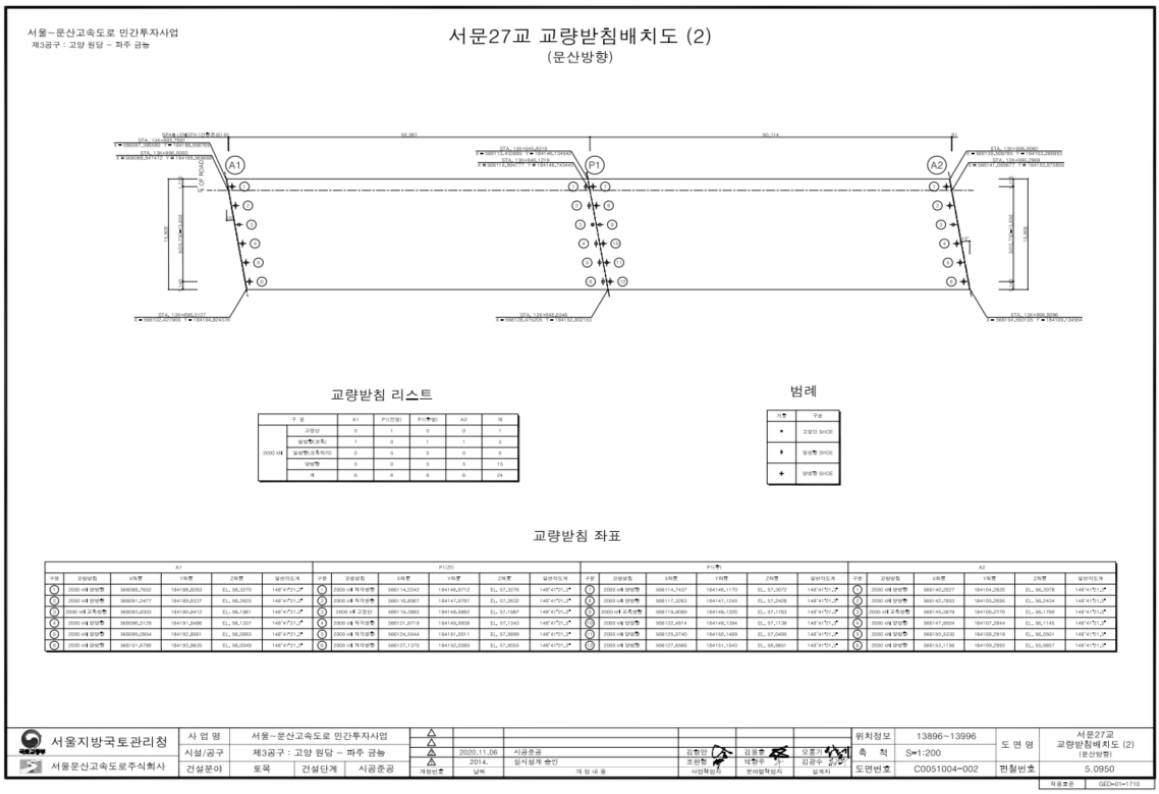
【그림 30.1.2】 부재별 전경 및 작업사진

30.1.3 시설물 일반도

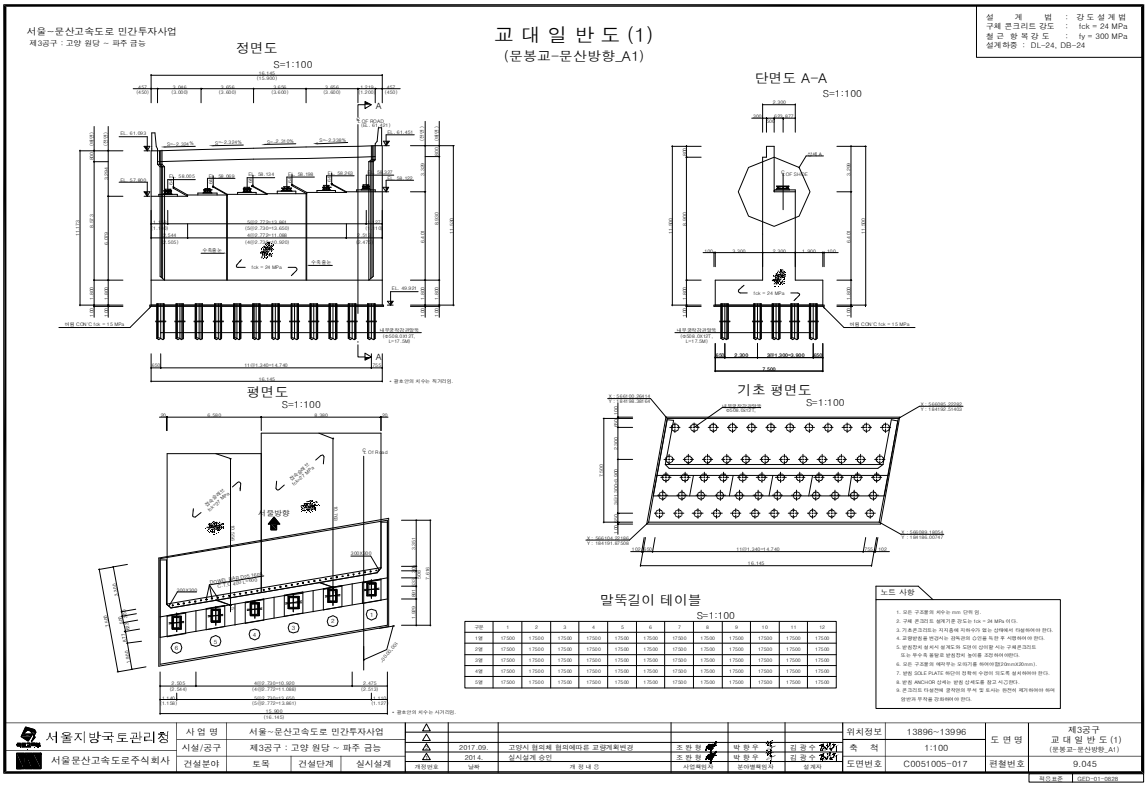


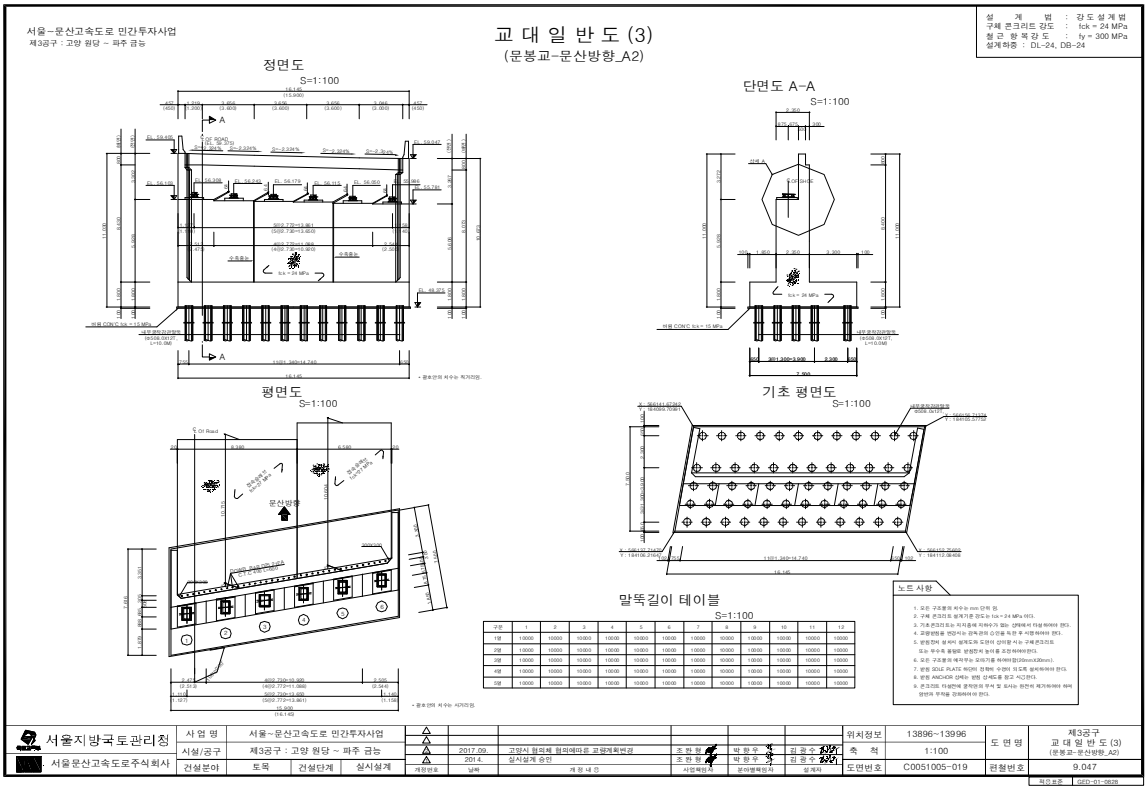
【그림 30.1.3】 평면 및 종단면도



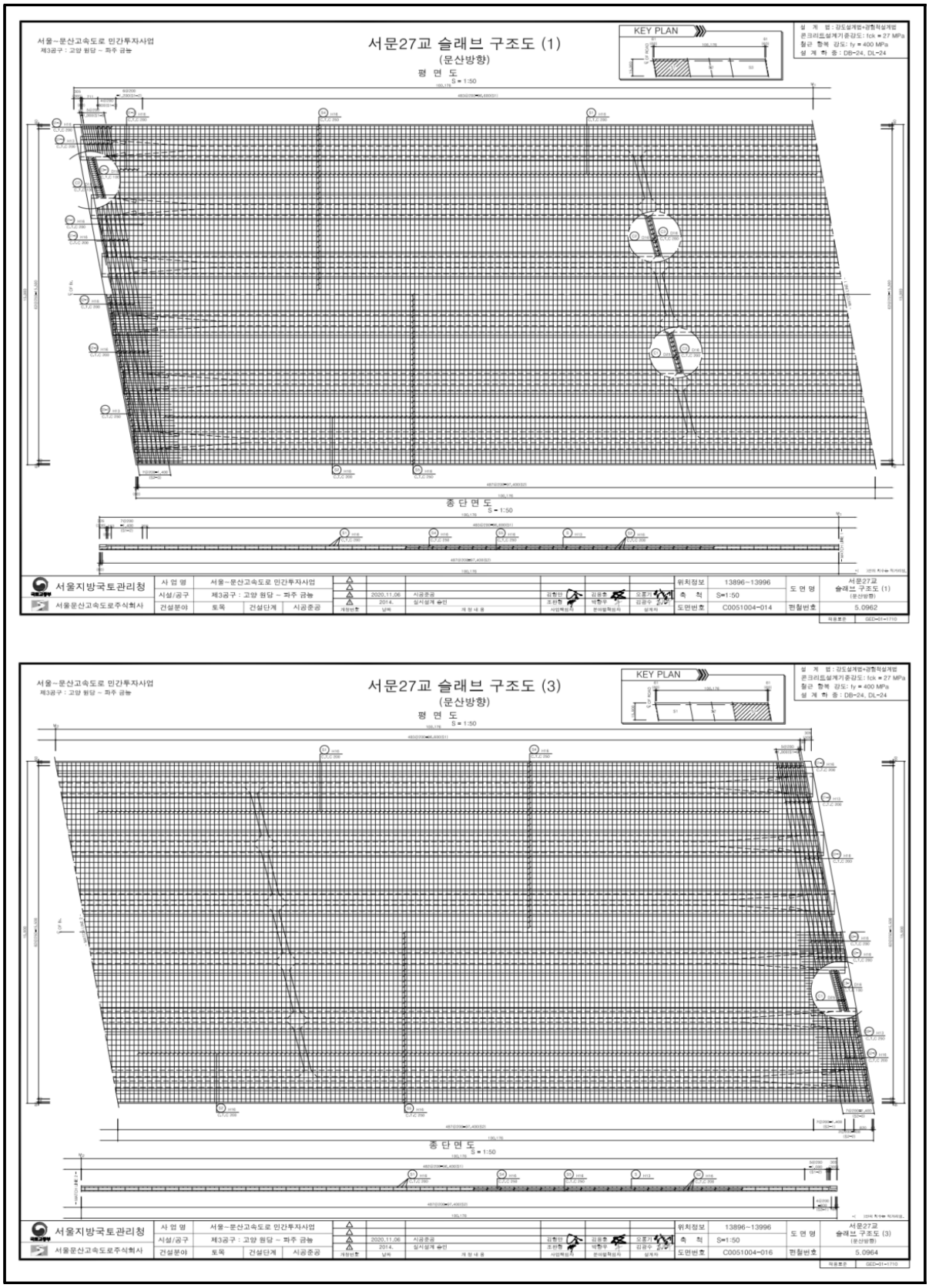


【그림 30.1.4】 바닥판하면 일반도, 교량받침 배치도

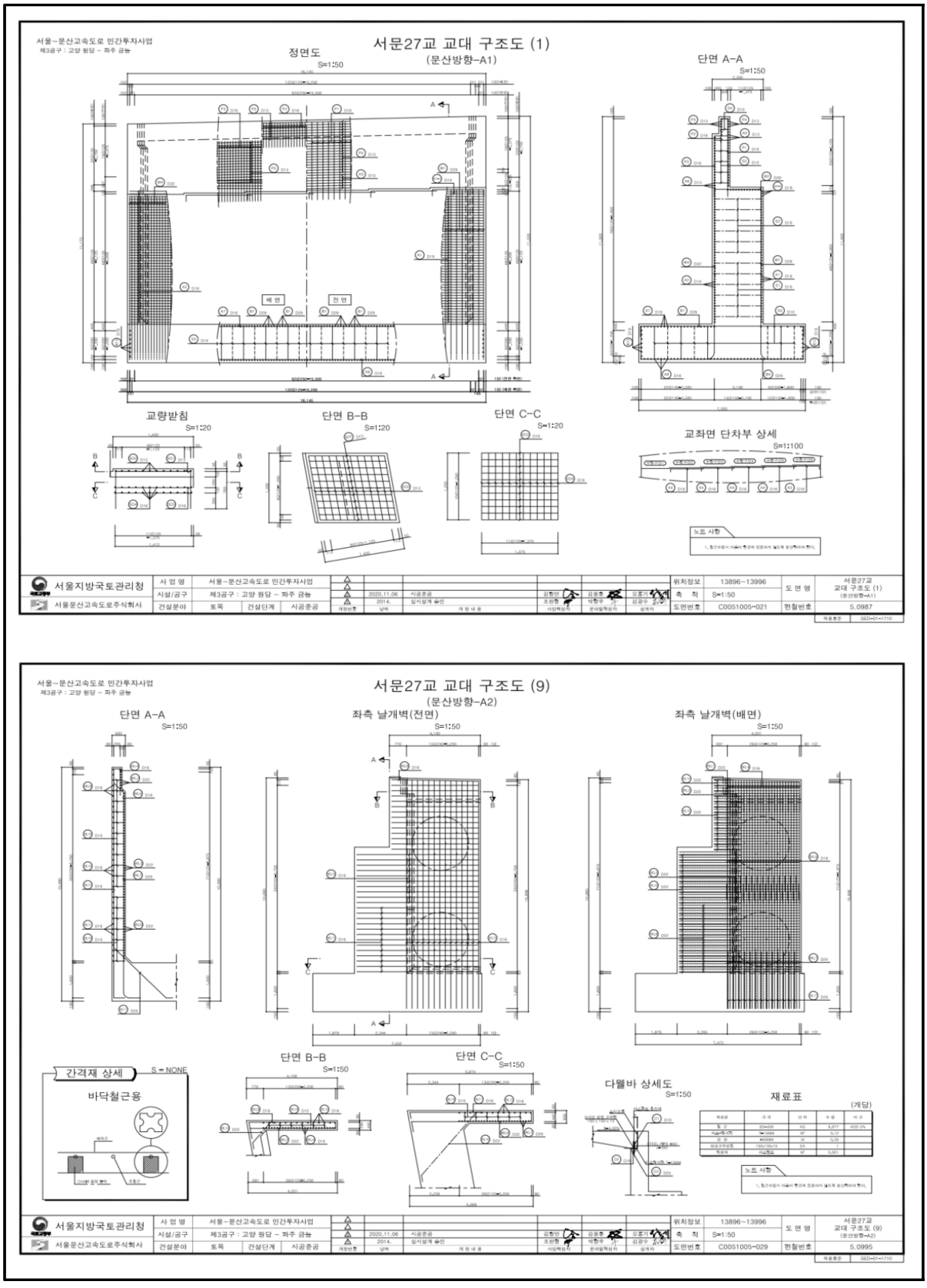




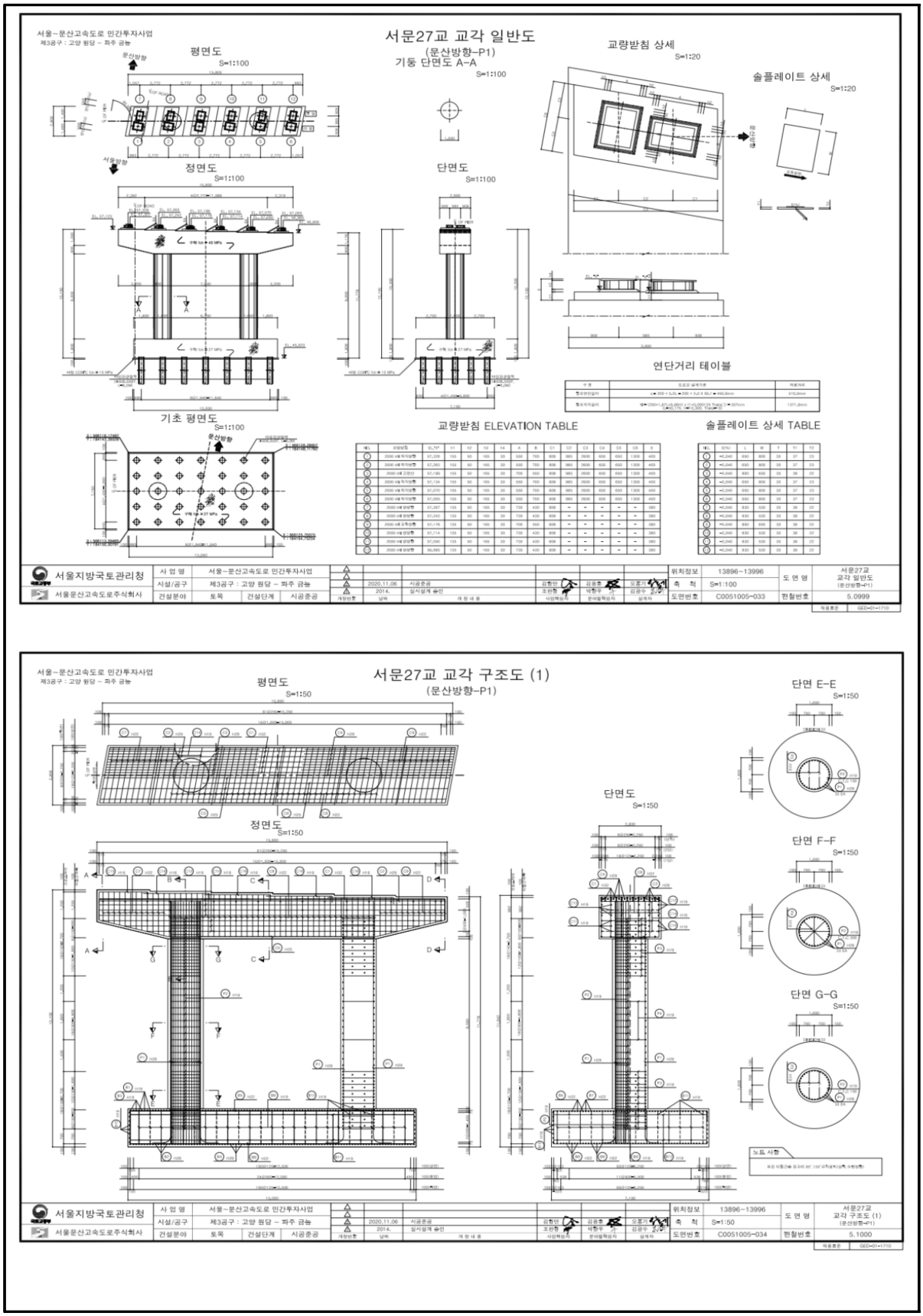
【그림 30.1.5】 교대 일반도



【그림 30.1.6】 바닥판하면 배근도



【그림 30.1.7】 교대 배근도



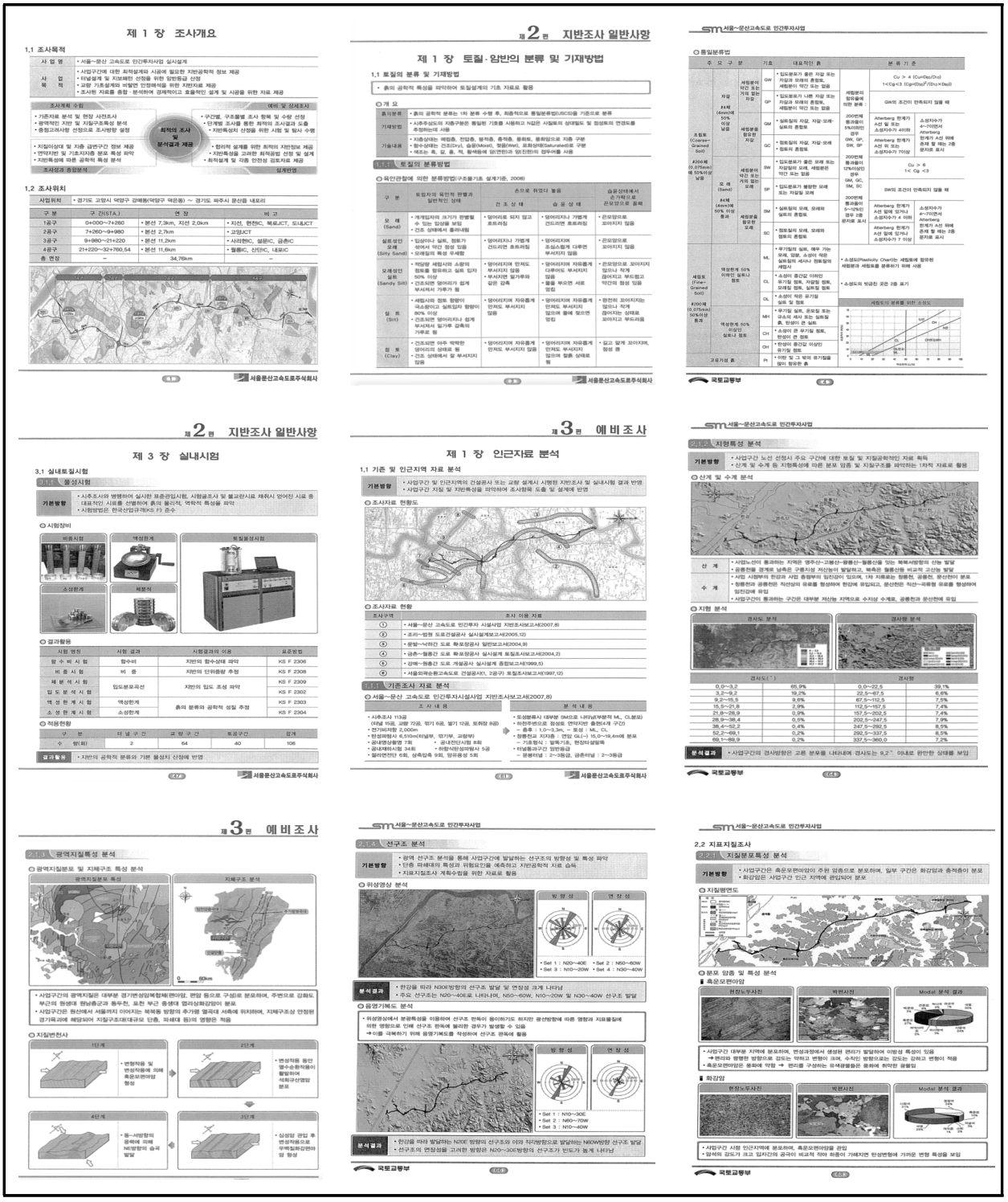
【그림 30.1.8】 교각 일반도, 배근도

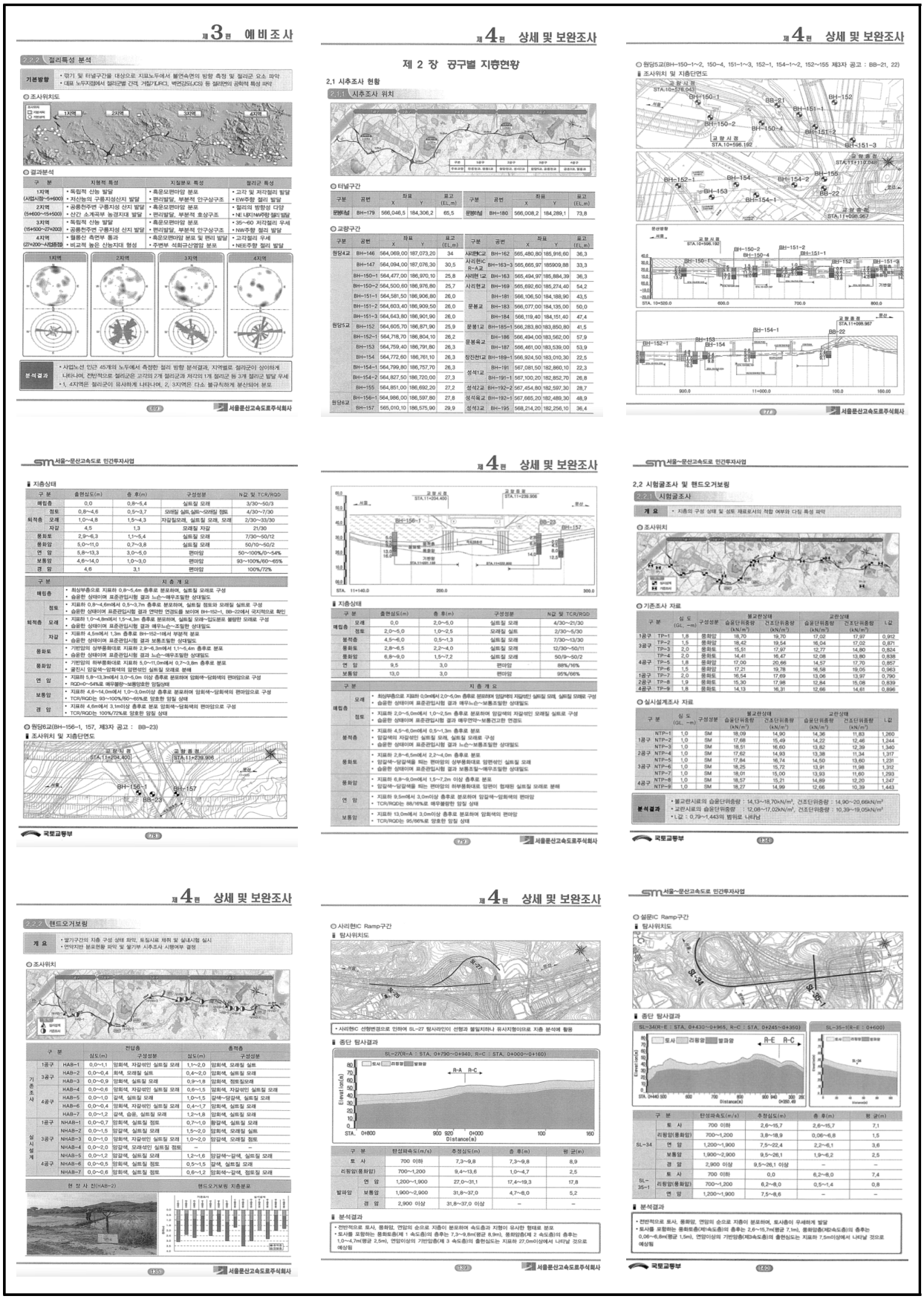
30.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

30.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질





제3편 예비조사

2.2.2 절리특성 분석

기본방향
- 깎기 및 터널구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악
- 대표 노두지점에서 절리군별 간격, 거칠기(JRC), 벽면강도(JCS) 등 절리면의 공학적 특성 파악

조사위치도

결과분석

구 분	지형적 특성	지질분포 특성	절리군 특성
1지역 (사업시점~5+600)	• 독립적 산능 발달 • 저산능의 구릉지성산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 고각 및 저각절리 발달 • EW주향 절리 발달
2지역 (5+600~15+500)	• 공통천주변 구릉지성 산지 발달 • 산간 소계곡부 농경지대 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 호상구조	• 절리의 방향성 다양 • NE내지NW주향 절리 발달
3지역 (15+500~27+200)	• 독립적 산능 발달 • 공통천주변 구릉지성 산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 35~60 저각절리 우세 • NW주향 절리 발달
4지역 (27+200~사업종점)	• 월봉산 측면부 통과 • 비교적 높은 산능지대 형성	• 흑운모편마암 분포 및 편리 발달 • 주변부 석회규산염암 분포	• 고각절리 우세 • NEE주향 절리 발달

분석결과
- 사업노선 인근 45개의 노두에서 측정한 절리 방향 분석결과, 지역별로 절리군이 상이하게 나타나며, 전반적으로 절리군은 고각의 2개 절리군과 저각의 1개 절리군 등 3개 절리군 발달 우세
- 1, 4지역은 절리군이 유사하게 나타나며, 2, 3지역은 다소 불규칙하게 분산되어 분포

69 서울문산고속도로주식회사

제4편 상세 및 보완조사

제 2 장 공구별 지층현황

2.1 시추조사 현황

2.1.1 시추조사 위치

터널구간

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
문봉터널	BH-179	566,046.5	184,306.2	65.5	문봉터널	BH-180	566,008.2	184,289.1	73.8

교량구간

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
원당4교	BH-146	564,069.00	187,073.20	34	사리현C교	BH-162	565,480.80	185,916.60	36.3
	BH-147	564,094.00	187,076.30	30.5	사리현IC R-A교	BH-163-3	565,665.97	185909.88	33.3
	BH-150-1	564,477.00	186,970.10	25.8	사리현 1교	BH-163	565,494.97	185,884.39	36.3
	BH-150-2	564,500.60	186,976.80	25.7	사리현교	BH-169	565,692.60	185,274.40	54.2
	BH-151-1	564,581.50	186,906.80	26.0		BH-181	566,106.50	184,188.90	43.5
	BH-151-2	564,603.40	186,909.50	26.0	문봉교	BH-183	566,077.00	184,135.00	50.0
	BH-151-3	564,643.80	186,901.90	26.0		BH-184	566,119.40	184,151.40	47.4
원당5교	BH-152	564,605.70	186,871.90	25.9	문봉1교	BH-185-1	566,283.80	183,850.80	41.5
	BH-152-1	564,718.70	186,804.10	26.2	문봉육교	BH-186	566,494.00	183,562.00	57.9
	BH-153	564,759.40	186,791.80	26.3		BH-187	566,461.00	183,539.00	53.9
	BH-154	564,772.60	186,761.10	26.3	장진천교	BH-189-1	566,924.50	183,010.30	22.5
	BH-154-1	564,799.80	186,757.70	26.3	성석1교	BH-191	567,081.50	182,860.10	22.3
	BH-154-2	564,827.50	186,720.00	27.3		BH-191-1	567,100.20	182,852.70	26.8
	BH-155	564,851.00	186,692.20	27.2	성석2교	BH-192-2	567,454.80	182,597.30	28.7
원당6교	BH-156-1	564,986.00	186,597.80	27.8	성석육교	BH-192-1	567,665.20	182,489.30	48.9
	BH-157	565,010.10	186,575.90	29.9	성석3교	BH-195	568,214.20	182,256.10	36.4

제4편 상세 및 보완조사

원당5교(BH-150-1~2, 150-4, 151-1~3, 152-1, 154-1~2, 152~155 제3자 공고 : BB-21, 22)

조사위치 및 지층단면도

77 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	0.8~5.4	실트질 모래	3/30~50/3
퇴적층	점토	0.8~4.6	0.5~3.7	모래질 실트, 실트~모래질 점토	4/30~7/30
	모래	1.0~4.8	1.5~4.3	자갈질모래, 실트질 모래, 모래	2/30~33/30
	자갈	4.5	1.3	모래질 자갈	21/30
풍화토		2.9~6.3	1.1~5.4	실트질 모래	7/30~50/12
풍화암		5.0~11.0	0.7~3.8	실트질 모래	50/10~50/2
연 암		5.8~13.3	3.0~5.0	편마암	50~100%/0~54%
보통암		4.6~14.0	1.0~3.0	편마암	93~100%/60~65%
경 암		4.6	3.1	편마암	100%/72%

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 0.8~5.4m 층후로 분포하며, 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
퇴적층	점토	• 지표하 0.8~4.6m에서 0.5~3.7m 층후로 분포하며, 실트질 점토와 모래질 실트로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보이며 BH-152-1, BB-22에서 국지적으로 확인
	모래	• 지표하 1.0~4.8m에서 1.5~4.3m 층후로 분포하며, 실트질 모래~입도분포 불량한 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~조밀한 상대밀도
	자갈	• 지표하 4.5m에서 1.3m 층후로 BH-152-1에서 부분적 분포 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 2.9~6.3m에서 1.1~5.4m 층후로 분포 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 5.0~11.0m에서 0.7~3.8m 층후로 분포 • 굴진시 암갈색~암회색의 일반석인 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 5.8~13.3m에서 3.0~5.0m 이상 층후로 분포하며 암회색~담회색의 편마암으로 구성 • RQD=0~54%로 매우불량~보통양호한 암질상태
보통암		• 지표하 4.6~14.0m에서 1.0~3.0m이상 층후로 분포하며 암회색~담회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 93~100%/60~65%로 양호한 암질 상태
경 암		• 지표하 4.6m에서 3.1m이상 층후로 분포 암회색~담회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 100%/72%로 양호한 암질 상태

원당6교(BH-156-1, 157, 제3자 공고 : BB-23)

조사위치 및 지층단면도

국토교통부 78

제4편 상세 및 보완조사

지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층	모래	0.0	2.0~5.0	실트질 모래	4/30~21/30
	점토	2.0~5.0	1.0~2.5	모래질 실트	2/30~5/30
퇴적층		4.5~6.0	0.5~1.3	실트질 모래	7/30~13/30
풍화토		2.8~6.5	2.2~4.0	실트질 모래	12/30~50/11
풍화암		6.8~9.0	1.5~7.2	실트질 모래	50/9~50/2
연 암		9.5	3.0	편마암	88%/16%
보통암		13.0	3.0	편마암	95%/66%

구 분		지 층 개 요
매립층	모래	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 2.0~5.0m 층후로 분포하며 암갈색의 자갈석인 실트질 모래, 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~보통조밀한 상대밀도
	점토	• 지표하 2.0~5.0m에서 1.0~2.5m 층후로 분포하며 암갈색의 자갈석인 모래질 실트로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우연약~보통견고한 연경도
퇴적층		• 지표하 4.5~6.0m에서 0.5~1.3m 층후로 분포 • 암갈색의 자갈석인 실트질 모래, 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 지표하 2.8~6.5m에서 2.2~4.0m 층후로 분포 • 암갈색~담갈색을 띄는 편마암의 상부풍화대로 암편석인 실트질 모래 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 6.8~9.0m에서 1.5~7.2m 이상 층후로 분포 • 암갈색~담갈색을 띄는 편마암의 하부풍화대로 암편이 혐재된 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 9.5m에서 3.0m이상 층후로 분포하며 암갈색~암회색의 편마암 • TCR/RQD는 88/16%로 매우불량한 암질 상태
보통암		• 지표하 13.0m에서 3.0m이상 층후로 분포하며 암회색의 편마암 • TCR/RQD는 95/66%로 양호한 암질 상태

79 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

2.2 시험굴조사 및 핸드오거보링

2.2.1 시험굴조사

개 요
- 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

조사위치

기존조사 자료

구 분		심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
1공구	TP-1	1.8	풍화암	18.70	19.70	17.02	17.97	0.912
3공구	TP-2	1.5	풍화암	18.42	19.54	16.04	17.02	0.871
	TP-3	2.0	풍화토	15.51	17.97	12.77	14.80	0.824
	TP-4	2.0	풍화토	14.41	16.47	12.08	13.80	0.838
4공구	TP-5	1.8	풍화암	17.00	20.66	14.57	17.70	0.857
	TP-6	1.5	풍화암	17.21	19.78	16.58	19.05	0.963
1공구	TP-7	2.0	풍화토	16.54	17.69	13.06	13.97	0.790
2공구	TP-8	1.9	풍화토	15.30	17.98	12.84	15.08	0.839
4공구	TP-9	1.8	풍화토	14.13	16.31	12.66	14.61	0.896

실시설계조사 자료

구 분		심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
	NTP-1	1.0	SM	18.09	14.90	14.36	11.83	1.260
1공구	NTP-2	1.0	SM	17.68	15.49	14.22	12.46	1.244
	NTP-3	1.0	SM	18.51	16.60	13.82	12.39	1.340
2공구	NTP-4	1.0	SM	17.62	14.93	13.38	11.34	1.317
	NTP-5	1.0	SM	17.84	16.74	14.50	13.60	1.231
3공구	NTP-6	1.0	SM	18.25	15.72	13.91	11.98	1.312
	NTP-7	1.0	SM	18.01	15.00	13.93	11.60	1.293
4공구	NTP-8	1.0	SM	18.57	15.21	14.89	12.20	1.247
	NTP-9	1.0	SM	18.27	14.99	12.66	10.39	1.443

분석결과
- 불교란시료의 습윤단위중량 : 14.13~18.70kN/m³, 건조단위중량 : 14.90~20.66kN/m³
- 교란시료의 습윤단위중량 : 12.08~17.02kN/m³, 건조단위중량 : 10.39~19.05kN/m³
- L값 : 0.79~1.443의 범위로 나타남

국토교통부 134

제4편 상세 및 보완조사

2.2.2 핸드오거보링

개 요
- 쌀가구간의 지층 구성 상태 파악, 토질시료 채취 및 실내시험 실시
- 연약지반 분포현황 파악 및 쌀가부 시추조사 시행여부 결정

조사위치

구 분		전답층 심도(m)	전답층 구성성분	충적층 심도(m)	충적층 구성성분
기존조사	1공구	HAB-1	0.0~1.1	암회색, 자갈석인 실트질 모래	1.1~2.0 암회색, 모래질 실트
	3공구	HAB-2	0.0~0.4	회색, 모래질 실트	0.4~2.0 암회색, 실트질 모래
		HAB-3	0.0~0.9	암회색, 실트질 모래	0.9~1.8 암회색, 점토질모래
	4공구	HAB-4	0.0~0.6	암회색, 자갈석인 실트질 모래	0.6~1.5 암회색, 자갈석인 실트질 모래
		HAB-5	0.0~1.0	갈색, 실트질 모래	1.0~1.5 갈색~담갈색, 실트질 모래
		HAB-6	0.0~0.4	암회색, 자갈석인 실트질 모래	0.4~1.7 암회색, 실트질 모래
		HAB-7	0.0~1.2	갈색, 습윤, 실트질 모래	1.2~1.8 암회색, 실트질 모래
실시설계	1공구	NHAB-1	0.0~0.7	암회색, 실트질 점토	0.7~1.0 암갈색, 실트질 모래
	3공구	NHAB-2	0.0~1.5	암갈색, 실트질 모래	1.5~2.0 암회색, 모래질 실트
		NHAB-3	0.0~1.0	암회색, 자갈석인 실트질 모래	1.0~2.0 암갈색, 모래질 점토
	4공구	NHAB-4	0.0~2.0	암갈색, 모래석인 실트질 점토	–
		NHAB-5	0.0~1.2	암갈색, 실트질 모래	1.2~1.6 암갈색~갈색, 실트질 모래
		NHAB-6	0.0~0.5	암회색, 실트질 점토	0.5~1.5 갈색, 실트질 모래
		NHAB-7	0.0~0.6	암회색, 실트질 점토	0.6~1.2 암회색~갈색, 점토질 모래

현 장 사 진(HAB-2)

핸드오거보링 지층분포

135 서울문산고속도로주식회사

제4편 상세 및 보완조사

사리현IC Ramp구간

탐사위치도

- 사리현IC 선형변경으로 인하여 SL-27 탐사라인이 선형과 불일치하나 유사지형이므로 지층 분석에 활용

종단 탐사결과

구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	7.3~9.8	7.3~9.8	8.9
리팅암(풍화암)		700~1,200	9.4~13.6	1.0~4.7	2.5
발파암	연 암	1,200~1,900	27.0~31.1	17.4~19.3	17.8
	보통암	1,900~2,900	31.8~37.0	4.7~8.0	5.2
	경 암	2,900 이상	31.8~37.0 이상	–	–

분석결과
- 전반적으로 토사, 풍화암, 연암의 순으로 지층이 분포하여 속도층과 지형이 유사한 형태로 분포
- 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 7.3~9.8m(평균 8.9m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 1.0~4.7m(평균 2.5m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 27.0m이상에서 나타날 것으로 예상됨

132 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

설문IC Ramp구간

탐사위치도

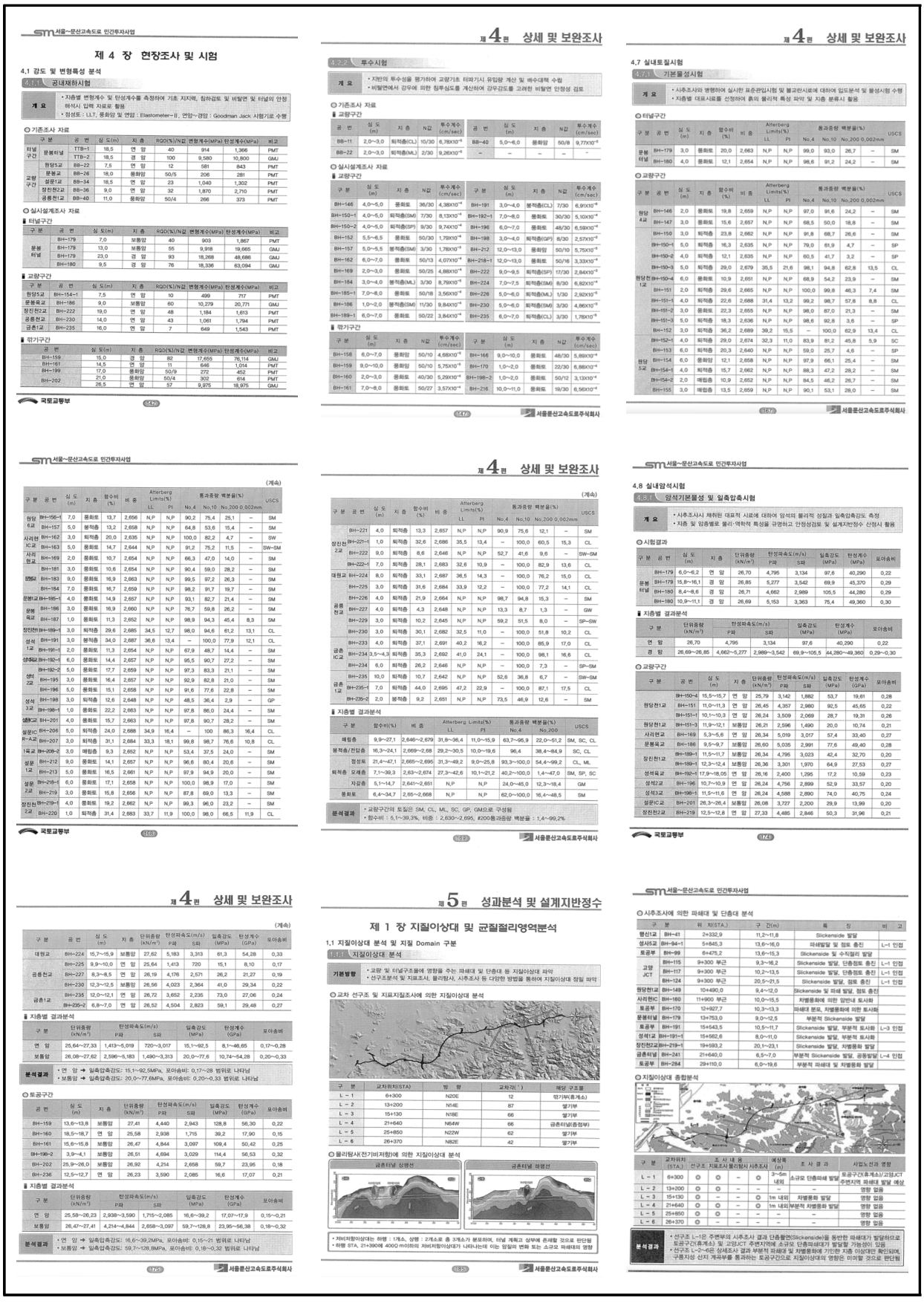
종단 탐사결과

구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
SL-34	토 사	700 이하	2.6~15.7	2.6~15.7	7.1
	리팅암(풍화암)	700~1,200	3.8~18.9	0.06~6.8	1.5
	연 암	1,200~1,900	7.5~22.4	2.2~6.1	3.6
	보통암	1,900~2,900	9.5~26.1	1.9~6.2	2.5
	경 암	2,900 이상	9.5~26.1 이상	–	–
SL-35-1	토 사	700 이하	0.0	6.2~8.0	7.4
	리팅암(풍화암)	700~1,200	6.2~8.0	0.5~1.4	0.8
	연 암	1,200~1,900	7.5~8.6	–	–

분석결과
- 전반적으로 토사, 풍화암, 연암의 순으로 지층이 분포하여, 토사층이 우세하게 발달
- 토사를 포함하는 풍화토층(제1속도층)의 층후는 2.6~15.7m(평균 7.1m), 풍화암층(제2속도층)의 층후는 0.06~6.8m(평균 1.5m), 연암이상의 기반암층(제3속도층)의 출현심도는 지표하 7.5m이상에서 나타날 것으로 예상됨

국토교통부 140

나. 지반 및 지질 조사보고서



제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공대재하시험

개 요
- 지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용
- 정성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 기존조사 자료

구분		공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
터널구간	문봉터널	TTB-1	18,5	연 암	40	914	1,366	PMT
		TTB-2	18,5	경 암	100	9,580	10,800	GMJ
교량구간	한당5교	BB-22	7,5	연 암	12	581	843	PMT
	분봉교	BB-26	18,0	풍화암	50/5	206	281	PMT
	설문1교	BB-34	18,5	연 암	23	1,040	1,302	PMT
	장진천2교	BB-36	9,0	연 암	32	1,870	2,710	PMT
	공룡천1교	BB-40	11,0	풍화암	50/4	266	373	PMT

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
문봉터널	BH-179	7,0	보통암	40	903	1,867	PMT
	BH-179	13,0	보통암	55	9,918	19,665	GMJ
	BH-179	23,0	경 암	93	18,268	48,686	GMJ
	BH-180	9,5	경 암	76	18,336	63,094	GMJ

▮ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
한당5교	BH-154-1	7,5	연 암	10	499	717	PMT
분봉육교	BH-186	9,0	보통암	60	10,279	20,771	GMJ
장진천2교	BH-222	19,0	연 암	48	1,184	1,613	PMT
공룡천2교	BH-230	14,0	연 암	43	1,061	1,794	PMT
금촌1교	BH-235	16,0	연 암	7	649	1,543	PMT

▮ 암가구간

공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-159	15,0	경 암	82	17,655	76,114	GMJ
BH-161	14,5	연 암	11	646	1,014	PMT
BH-199	17,0	풍화암	50/9	272	452	PMT
BH-202	21,0	풍화암	50/4	302	614	PMT
	26,5	연 암	57	9,975	18,975	GMJ

국토교통부 142

제 4 편 상세 및 보완조사

4.2.2 투수시험

개 요
- 지반의 투수성을 평가하여 교량기초 터파기시 유입량 계산 및 배수대책 수립
- 비탈면에서 강우에 의한 침투심도를 계산하여 강우강도를 고려한 비탈면 안정성 검토

○ 기존조사 자료

▮ 교량구간

공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BB-11	2,0~3,0	퇴적층(CL)	10/30	$6.78X10^{-6}$	BB-40	5,0~6,0	풍화암	50/8	$9.77X10^{-5}$
BB-22	2,0~3,0	퇴적층(ML)	2/30	$9.26X10^{-6}$	-	-	-	-	-

○ 실시설계조사 자료

▮ 교량구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-146	4,0~5,0	풍화토	36/30	$4.38X10^{-6}$	BH-191	3,0~4,0	붕적층(CL)	7/30	$6.91X10^{-6}$
BH-150-1	4,0~5,0	퇴적층(SM)	7/30	$8.13X10^{-6}$	BH-192-1	7,0~8,0	풍화토	30/30	$5.10X10^{-6}$
BH-150-2	4,0~5,0	퇴적층(SP)	9/30	$9.74X10^{-6}$	BH-196	6,0~7,0	풍화토	48/30	$6.59X10^{-6}$
BH-152	5,5~6,5	풍화토	50/30	$1.79X10^{-4}$	BH-198	3,0~4,0	퇴적층(GP)	8/30	$2.57X10^{-6}$
BH-157	5,0~5,5	붕적층(SM)	3/30	$1.78X10^{-3}$	BH-212	12,0~13,0	풍화암	50/10	$5.75X10^{-6}$
BH-162	6,0~7,0	풍화토	50/13	$4.07X10^{-6}$	BH-218-1	12,0~13,0	풍화토	50/16	$3.33X10^{-6}$
BH-169	2,0~3,0	풍화토	50/25	$4.88X10^{-6}$	BH-222	9,0~9,5	퇴적층(SP)	17/30	$2.84X10^{-6}$
BH-184	3,0~4,0	붕적층(ML)	3/30	$8.79X10^{-6}$	BH-224	7,0~7,5	퇴적층(SM)	8/30	$6.82X10^{-6}$
BH-185-1	7,0~8,0	풍화토	50/18	$3.56X10^{-6}$	BH-226	5,0~6,0	퇴적층(ML)	1/30	$2.92X10^{-5}$
BH-186	1,0~2,0	붕적층(SM)	11/30	$9.84X10^{-6}$	BH-230	5,0~6,0	퇴적층(SM)	3/30	$4.86X10^{-5}$
BH-189-1	6,0~7,0	풍화토	50/22	$3.84X10^{-6}$	BH-235	6,0~7,0	퇴적층(CL)	3/30	$1.78X10^{-5}$

▮ 암가구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-158	6,0~7,0	풍화암	50/10	$4.68X10^{-6}$	BH-166	9,0~10,0	풍화토	48/30	$5.89X10^{-6}$
BH-159	9,0~10,0	풍화암	50/10	$5.75X10^{-6}$	BH-170	1,0~2,0	풍화토	22/30	$6.88X10^{-6}$
BH-160	2,0~3,0	풍화토	40/30	$5.29X10^{-6}$	BH-198-2	1,0~2,0	풍화토	50/12	$3.13X10^{-6}$
BH-161	7,0~8,0	풍화토	50/27	$3.57X10^{-6}$	BH-216	10,0~11,0	풍화토	19/30	$6.56X10^{-6}$

147 서울문산고속도로주식회사

제 4 편 상세 및 보완조사

4.7 실내토질시험

4.7.1 기본물성시험

개 요
- 시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
- 지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
문봉터널	BH-179	3,0	풍화토	20,0	2,663	N.P	N.P	99,0	93,0	26,7	-	SM
	BH-180	4,0	풍화토	12,1	2,654	N.P	N.P	98,6	91,2	24,2	-	SM

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
한당4교	BH-146	2,0	풍화토	19,8	2,659	N.P	N.P	97,0	91,6	24,2	-	SM
	BH-147	3,0	퇴적층	15,6	2,657	N.P	N.P	68,5	50,0	18,8	-	SM
한당천1교	BH-150	3,0	퇴적층	23,8	2,662	N.P	N.P	91,8	68,7	26,6	-	SM
	BH-150-1	5,0	퇴적층	16,3	2,635	N.P	N.P	79,0	61,9	4,7	-	SP
	BH-150-2	4,0	퇴적층	12,1	2,635	N.P	N.P	60,5	41,7	3,2	-	SP
	BH-150-3	5,0	퇴적층	29,0	2,679	35,5	21,6	98,1	94,8	62,8	13,5	CL
	BH-150-4	6,0	풍화토	10,9	2,651	N.P	N.P	68,9	54,2	23,9	-	SM
	BH-151	2,0	퇴적층	29,6	2,665	N.P	N.P	100,0	99,8	46,3	7,4	SM
	BH-151-1	4,0	퇴적층	22,6	2,688	31,4	13,2	99,2	98,7	57,8	8,8	CL
	BH-151-2	3,0	풍화토	22,3	2,655	N.P	N.P	98,0	87,0	21,3	-	SM
	BH-151-3	5,0	퇴적층	18,3	2,636	N.P	N.P	98,6	92,8	3,6	-	SP
	BH-152	3,0	퇴적층	36,2	2,689	39,2	15,5	-	100,0	62,9	13,4	CL
	BH-152-1	4,0	퇴적층	29,0	2,674	32,3	11,0	83,9	81,2	45,8	5,9	SC
	BH-153	6,0	퇴적층	20,3	2,640	N.P	N.P	59,0	25,7	4,6	-	SP
한당5교	BH-154	6,0	풍화암	12,1	2,658	N.P	N.P	97,9	66,1	25,4	-	SM
	BH-154-1	4,0	퇴적층	15,7	2,662	N.P	N.P	88,3	47,2	28,2	-	SM
	BH-154-2	2,0	매립층	10,9	2,652	N.P	N.P	84,5	46,2	26,7	-	SM
	BH-155	3,0	매립층	13,5	2,659	N.P	N.P	90,1	53,1	28,0	-	SM

167 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
한당5교	BH-156-1	7,0	풍화토	13,7	2,656	N.P	N.P	90,2	75,4	25,1	-	SM
	BH-157	5,0	붕적층	13,2	2,658	N.P	N.P	64,8	53,6	15,4	-	SM
사리현IC-2교	BH-162	3,0	퇴적층	20,0	2,635	N.P	N.P	100,0	82,2	4,7	-	SW
	BH-163	5,0	풍화토	14,7	2,644	N.P	N.P	91,2	75,2	11,5	-	SW-SM
사리현교	BH-169	2,0	풍화토	10,7	2,654	N.P	N.P	66,3	47,0	14,0	-	SM
	BH-181	3,0	풍화토	10,6	2,654	N.P	N.P	90,4	59,0	28,2	-	SM
분봉2교	BH-183	9,0	풍화토	16,9	2,663	N.P	N.P	99,5	97,2	26,3	-	SM
	BH-184	7,0	풍화토	16,7	2,659	N.P	N.P	98,2	91,7	19,7	-	SM
문봉1교	BH-185-1	4,0	풍화토	14,9	2,657	N.P	N.P	93,1	82,7	21,4	-	SM
문봉육교	BH-186	3,0	풍화토	16,9	2,660	N.P	N.P	76,7	59,8	26,2	-	SM
	BH-187	1,0	풍화토	11,3	2,652	N.P	N.P	98,9	94,3	45,4	8,3	SM
장진천1교	BH-189-1	3,0	퇴적층	29,6	2,685	34,5	12,7	98,0	94,6	61,2	13,1	CL
설문1교	BH-191	3,0	붕적층	34,0	2,687	38,6	13,4	-	100,0	77,9	12,1	CL
	BH-191-1	2,0	풍화토	11,3	2,654	N.P	N.P	67,9	48,7	14,4	-	SM
설문IC교	BH-192-1	6,0	풍화토	14,4	2,657	N.P	N.P	95,5	90,7	27,2	-	SM
설문2교	BH-192-2	5,0	풍화토	17,7	2,659	N.P	N.P	97,3	83,3	21,1	-	SM
	BH-195	3,0	풍화토	16,4	2,657	N.P	N.P	92,9	82,8	21,0	-	SM
	BH-196	5,0	풍화토	15,1	2,658	N.P	N.P	91,6	77,6	22,8	-	SM
설문3교	BH-198	3,0	퇴적층	12,6	2,648	N.P	N.P	48,5	36,4	2,9	-	GP
	BH-198-1	1,0	풍화토	22,2	2,663	N.P	N.P	97,8	86,0	24,4	-	SM
설문IC교	BH-201	4,0	풍화토	15,7	2,663	N.P	N.P	97,8	90,7	28,2	-	SM
설문IC-R-A교	BH-206	5,0	퇴적층	24,0	2,688	34,9	16,4	-	100	86,3	16,4	CL
	BH-207	3,0	퇴적층	31,1	2,684	33,3	18,1	99,8	98,7	76,6	10,8	CL
1육교	BH-208-2	3,0	매립층	9,3	2,652	N.P	N.P	53,4	37,5	24,0	-	SM
설문1교	BH-212	9,0	풍화토	14,1	2,657	N.P	N.P	96,6	80,4	20,6	-	SM
	BH-213	5,0	풍화토	16,5	2,661	N.P	N.P	97,9	94,9	20,0	-	SM
설문2교	BH-218-1	6,0	풍화토	17,1	2,658	N.P	N.P	100,0	98,9	17,0	-	SM
	BH-219	3,0	풍화토	15,8	2,656	N.P	N.P	87,8	69,0	13,3	-	SM
장진천2교	BH-219-1	4,0	풍화토	19,2	2,662	N.P	N.P	99,3	96,0	23,2	-	SM
	BH-220	1,0	퇴적층	31,4	2,683	33,7	11,9	100,0	98,0	66,5	11,9	CL

국토교통부 168

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
장진천2교	BH-221	4,0	퇴적층	13,3	2,657	N.P	N.P	90,9	75,6	12,1	-	SM
	BH-221-1	1,0	퇴적층	32,6	2,686	35,5	13,4	-	100,0	60,5	15,3	CL
	BH-222	9,0	퇴적층	8,6	2,646	N.P	N.P	52,7	41,6	9,6	-	SW-SM
	BH-222-1	7,0	퇴적층	28,1	2,683	32,6	10,9	-	100,0	82,9	13,6	CL
대정교	BH-224	8,0	퇴적층	33,1	2,687	36,5	14,3	-	100,0	76,2	15,0	CL
공룡천2교	BH-225	3,0	퇴적층	31,6	2,684	33,9	12,2	-	100,0	77,2	14,1	CL
	BH-226	4,0	퇴적층	21,9	2,664	N.P	N.P	98,7	94,8	15,3	-	SM
	BH-227	4,0	퇴적층	4,3	2,648	N.P	N.P	13,3	8,7	1,3	-	GW
	BH-229	3,0	퇴적층	10,2	2,645	N.P	N.P	59,2	51,5	8,0	-	SP-SW
	BH-230	3,0	퇴적층	30,1	2,682	32,5	11,0	-	100,0	51,8	10,2	CL
금촌IC교	BH-233	4,0	퇴적층	37,1	2,691	40,2	16,2	-	100,0	85,9	17,0	CL
	BH-234	3,5~4,3	퇴적층	35,3	2,692	41,0	24,1	-	100,0	98,1	16,6	CL
	BH-234	6,0	퇴적층	26,2	2,646	N.P	N.P	-	100,0	7,3	-	SP-SM
금촌1교	BH-235	10,0	퇴적층	10,7	2,642	N.P	N.P	52,6	36,8	6,7	-	SW-SM
	BH-235-1	7,0	퇴적층	44,0	2,695	47,2	22,9	-	100,0	87,1	17,5	CL
	BH-235-2	2,0	붕적층	9,2	2,651	N.P	N.P	73,5	46,9	12,6	-	SM

▮ 지층별 결과분석

구분	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.200	USCS
매립층	9,9~27,1	2,646~2,679	31,8~36,4	11,0~15,9	63,7~95,9	22,0~51,2	SM, SC, CL
붕적층/한당층	16,3~24,1	2,669~2,68	29,2~30,5	10,0~19,6	98,4	38,4~84,9	SC, CL
퇴적층	점성토 21,4~47,1	2,665~2,695	31,3~49,2	9,0~25,8	93,3~100,0	54,4~99,2	CL, ML
	모래층 7,1~39,3	2,63~2,674	27,3~42,6	10,1~21,2	40,2~100,0	1,4~47,0	SM, SP, SC
	자갈층 5,1~14,7	2,641~2,651	N.P	N.P	24,0~45,0	12,3~18,4	GM
풍화토	6,4~34,7	2,65~2,668	N.P	N.P	62,0~100,0	16,4~48,5	SM

분석결과
- 교량구간의 토질은 SM, CL, ML, SC, GP, GM으로 구성됨
- 함수비 : 5,1~39,3%, 비중 : 2,630~2,695, #200통과중량 백분율 : 1,4~99,2%

169 서울문산고속도로주식회사

제 4 편 상세 및 보완조사

4.8 실내압석시험

4.8.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요
- 시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정
- 지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 시험결과

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
문봉터널	BH-179	6,0~6,2	연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
	BH-179	15,8~16,1	경 암	26,85	5,277	3,542	69,9	45,370	0,29
	BH-180	8,4~8,6	경 암	26,71	4,662	2,989	105,5	44,280	0,29
	BH-180	10,9~11,1	경 암	26,69	5,153	3,363	75,4	49,360	0,30

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
경 암	26,69~26,85	4,662~5,277	2,989~3,542	69,9~105,5	44,280~49,360	0,29~0,30

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
한당천1교	BH-150-4	15,5~15,7	연 암	25,79	3,142	1,882	53,7	19,61	0,28
	BH-151	11,0~11,3	연 암	26,45	4,357	2,980	92,5	45,65	0,22
	BH-151-1	10,1~10,3	연 암	26,24	3,509	2,069	28,7	19,31	0,26
한당천1교	BH-151-3	11,9~12,1	보통암	26,21	2,596	1,490	20,0	10,74	0,21
사리현교	BH-169	5,3~5,6	연 암	26,34	5,019	3,017	57,4	33,40	0,27
분봉육교	BH-186	9,5~9,7	보통암	26,60	5,035	2,991	77,6	49,40	0,28
장진천1교	BH-189-1	11,5~11,7	보통암	26,34	4,795	3,023	42,4	32,70	0,20
	BH-189-1	12,3~12,4	보통암	26,36	3,301	1,970	64,9	27,53	0,27
설문육교	BH-192-1	17,9~18,05	연 암	26,16	2,400	1,295	17,2	10,59	0,23
설문2교	BH-196	10,7~10,9	연 암	26,24	4,756	2,899	52,9	33,57	0,20
설문3교	BH-198-1	11,5~11,6	연 암	26,24	4,588	2,890	74,0	40,75	0,24
설문IC교	BH-201	26,3~26,4	보통암	26,08	3,727	2,200	29,9	13,99	0,20
장진천2교	BH-219	12,5~12,8	연 암	27,33	4,485	2,846	50,3	31,96	0,21

174 국토교통부

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
대정교	BH-224	15,7~15,9	보통암	27,62	5,183	3,313	61,3	54,28	0,33
공룡천2교	BH-225	9,9~10,0	연 암	25,64	1,413	720	15,1	8,10	0,17
	BH-227	8,3~8,5	연 암	26,19	4,176	2,571	26,2	21,27	0,19
	BH-230	12,3~12,5	보통암	26,56	4,023	2,364	41,0	29,34	0,22
금촌1교	BH-235	12,0~12,1	연 암	26,72	3,652	2,235	73,0	27,06	0,24
	BH-235-2	6,8~7,0	연 암	26,52	4,504	2,823	59,1	29,48	0,27

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,64~27,33	1,413~5,019	720~3,017	15,1~92,5	8,1~46,65	0,17~0,28
보통암	26,08~27,62	2,596~5,183	1,490~3,313	20,0~77,6	10,74~54,28	0,20~0,33

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 15,1~92,5MPa, 포아송비: 0,17~.28 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 20,0~77,6MPa, 포아송비: 0,20~0,33 범위로 나타남

○ 토공구간

공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
BH-159	13,6~13,8	보통암	27,41	4,440	2,943	128,8	56,30	0,22
BH-160	18,5~18,7	연 암	25,58	2,938	1,715	39,2	17,90	0,15
BH-161	15,6~15,8	보통암	26,47	4,844	3,097	109,4	50,42	0,25
BH-196-2	3,9~4,1	보통암	26,51	4,694	3,029	114,4	56,53	0,32
BH-202	25,9~26,0	보통암	26,92	4,214	2,658	59,7	23,95	0,18
BH-236	12,5~12,7	연 암	26,23	3,590	2,085	16,6	17,07	0,21

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,58~26,23	2,938~3,590	1,715~2,085	16,6~39,2	17,07~17,9	0,15~0,21
보통암	26,47~27,41	4,214~4,844	2,658~3,097	59,7~128,8	23,95~56,38	0,18~0,32

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 16,6~39,2MPa, 포아송비: 0,15~21 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 59,7~128,8MPa, 포아송비: 0,18~0,32 범위로 나타남

175 서울문산고속도로주식회사

제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

기본방향
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

○ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석

구분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	예상 구조물
L-1	6+300	N20E	12	암가부(흐계소)
L-2	13+200	N14E	87	쌀기부
L-3	15+130	N18E	66	쌀기부
L-4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)
L-5	25+850	N22W	62	쌀기부
L-6	26+370	N82E	42	쌀기부

○ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석

- 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 하행 STA. 21+390에 400Ω m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

185 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구분	위치(STA.)	구간(m)	특징	비고
행신교	BH-41	2+332,9	11,2~11,8	Slickenside 발달	
설사5교	BH-94-1	5+845,3	13,6~16,0	파쇄발달 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	14+475,2	13,6~15,3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양JCT	BH-115	9+300 부근	9,3~16,2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10,2~13,5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20,5~21,5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
한당천2교	BH-149	10+490,0	9,4~12,0	Slickenside 및 파쇄 발달, 점토 충진	
사리현IC	BH-160	11+900 부근	10,0~15,5	차별풍화에 의한 암반내 토사화	
토공부	BH-170	12+927,7	10,3~13,3	파쇄대 분포, 차별풍화에 의한 토사화	
분봉터널	BH-179	13+753,0	9,0~12,5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543,5	10,5~11,7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
설석교	BH-191-1	15+562,6	8,0~11,0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천2교	BH-219-1	19+993,2	20,1~23,1	Slickenside 발달, 차별풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640,0	6,5~7,0	부분적 Slickenside 발달, 공동발달	L-4 인접
토공부	BH-284	29+110,0	6,0~19,6	부분적 파쇄대 및 차별풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석

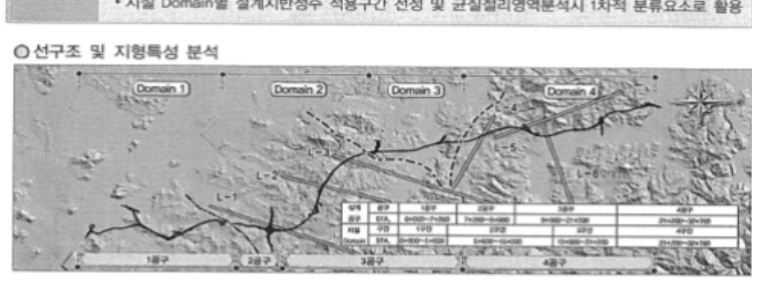
구분	교차위치(STA.)	조사내용 선구조	지표조사	물리탐사	시추조사	예상폭(m)	조사결과	사업노선과 영향
L-1	6+300	○	○	-	○	3~5m 내외	소규모 단층파쇄 발달	토공구간(흐계소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L-2	13+200	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-3	15+130	○	○	-	○	1m 내외	차별풍화 발달	영향 없음
L-4	21+640	○	○	-	○	1m 내외	부분적 차별풍화 발달	영향 없음
L-5	25+850	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-6	26+370	○	○	-	-	-	-	영향 없음

분석결과
- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층면(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(흐계소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 차별풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구릉지성 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

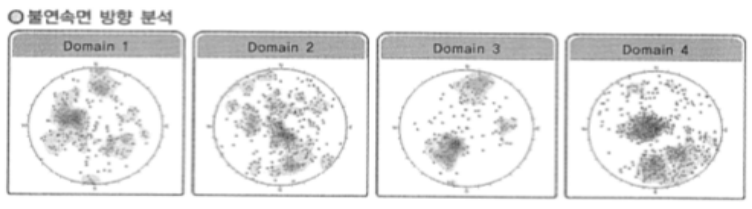
1.1.2 지질 Domain 구분

기본방향	• 사업구간의 지형과 지질특성을 비교·분석하여 동일한 지질특성을 보이는 지질 Domain 구분 • 지질 Domain별 설계지반정수 적용구간 선정 및 균질절리영역분석시 1차적 분류요소로 활용

○ 선구조 및 지형특성 분석



○ 불연속면 방향 분석



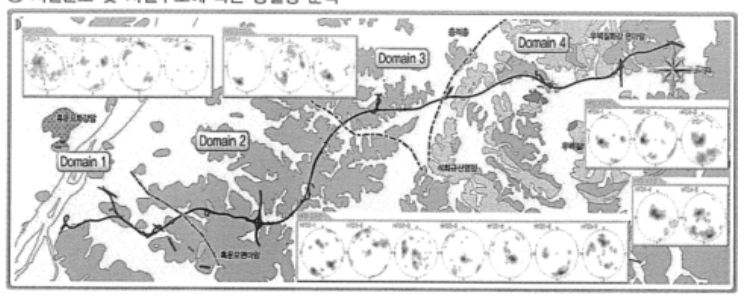
○ 지질 Domain 구분

구 분	Domain 1	Domain 2	Domain 3	Domain 4
STA.(km+m)	• 사업시점~5+600	• 5+600~15+500	• 15+500~21+200	• 21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마 타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
선구조 특성	• 한강/창릉천 수계 방향 NE~NW 선구조 발달	• 공릉천주변 NNE방향 선구조 발달 • 선구조 L-1~3 발달	• 공릉천주변 NW방향 선구조 발달	• 월롱산 주변 NE~NW 방향 선구조 발달 • 선구조 L-4~6 발달
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약
지형적 요소	• 한강 및 창릉천 주변 퇴적지대 발달	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 공릉천주변 퇴적지대 및 구릉산지 발달	• 월롱산 측면부 통과
사업공구	1공구	2공구	3공구	4공구

분석결과	• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분 • 지질 Domain과 사업공구 구간의 차이는 있으나 지질 Domain을 기준으로 각 구간별 설계정수

1.2.2 동질성 검토결과

○ 지질분포 및 지질구조에 따른 동질성 분석



○ 절리방향에 따른 동질성 분석

▮ Miller Patch 방법(공내영상촬영)

구 분		0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	170°	X^2합 평균	우측 p값	검 증
BH-29 vs BH-34	BH-29	18.4	17.8	18.9	22.2	20.5	19.8	20.0	17.9	16.2	21.4	45.4	0.074	동 질
	BH-34	25.2	24.4	25.9	30.4	28.1	27.2	27.4	24.5	22.1	29.4			
BH-34 vs BH-37	BH-34	45.3	51.4	41.4	48.5	55.2	39.3	48.1	50.3	37.4	53.7	62.6	0.001	비동질
	BH-37	15.7	17.8	14.3	16.8	19.1	13.6	16.6	17.4	12.9	18.6			
BH-37 vs BH-109	BH-37	14.1	13.9	14.4	14.2	14.2	15.0	15.3	13.4	14.2	14.3	45.1	0.079	동 질
	BH-109	30.1	29.6	30.9	30.3	30.4	32.1	32.6	28.6	30.3	30.5			
BH-109 vs BH-159	BH-109	44.0	38.1	38.8	43.5	39.5	39.6	43.3	37.9	38.8	40.7	68.9	0.000	비동질
	BH-159	31.2	27.0	27.5	30.8	28.0	28.0	30.7	26.8	27.5	28.8			
BH-159 vs BH-180	BH-159	54.4	50.9	51.9	54.3	50.7	51.6	53.5	51.0	51.9	50.8	124.0	0.000	비동질
	BH-180	74.7	69.9	71.2	74.5	69.6	70.9	73.5	70.0	71.3	69.8			
BH-180 vs CCB-2	BH-180	38.7	41.2	39.9	38.1	41.3	40.0	38.2	41.3	40.2	40.2	91.1	0.000	비동질
	CCB-2	50.1	53.2	51.6	49.3	53.5	51.7	49.4	53.5	52.0	51.9			
CCB-2 vs TTB-4	CCB-2	20.4	19.5	18.6	19.2	18.6	18.9	20.4	19.5	19.8	21.7	45.3	0.075	동 질
	TTB-4	26.9	25.7	24.5	25.3	24.6	24.9	26.9	25.7	26.1	28.5			
TTB-4 vs BH-241	TTB-4	44.2	44.8	50.2	44.6	37.9	41.3	38.2	36.9	43.6	44.5	58.4	0.004	비동질
	BH-241	15.1	15.3	17.1	15.2	12.9	14.1	13.0	12.6	14.9	15.2			
BH-241 vs TTB-6	BH-241	12.1	11.7	10.5	10.4	10.5	9.8	10.9	11.0	10.6	10.5	62.1	0.002	비동질
	TTB-6	55.8	53.9	48.5	48.1	48.6	45.0	50.1	50.8	48.8	48.6			
TTB-6 vs TTB-13	TTB-6	96.3	113.3	111.7	97.9	118.9	128.9	109.3	116.3	117.9	125.4	127.8	0.000	비동질
	TTB-13	8.8	10.3	10.2	8.9	10.8	11.7	9.9	10.6	10.7	11.4			
TTB-13 vs BH-282	TTB-13	90.1	94.1	93.4	90.8	93.8	93.2	90.7	93.8	92.7	92.1	236.0	0.000	비동질
	BH-282	137.4	143.4	142.4	138.4	143.0	142.1	138.3	143.1	141.4	140.5			

2.2 교량구간 성과분석

2.2.1 교량별 지층현황

○ 지층현황

교량명	위치		해당 공번	풍화암		연암		보통암		경암	
				출현심도	N치	출현심도	RQD(%)	출현심도	RQD(%)	출현심도	RQD(%)
원당3교	A2		*BB-20	–	–	–	–	1.9	37	–	–
원당4교	A1		BH-146	7.0	50/12~5	12.5	20	–	–	–	–
	A2		BH-147	–	–	6.0	0	–	–	–	–
원당천 1교	문산	A1	BH-150-2	11.0	50/10	13.0	13~23	–	–	–	–
	서울	A1	BH-150-1	–	–	9.0	5	–	–	–	–
	문산	P1	BH-150-4	10.0	50/10~4	13.0	22	–	–	–	–
	서울	P1	BH-150-3	10.0	50/7	11.0	0	–	–	14.0	65
	문산	P2	BH-150-2	11.0	50/10~5	13.0	13~23	–	–	–	–
	서울	P2	BH-150-1	–	–	9.0	5	–	–	–	–
	문산	A2	BH-151-3	9.0	50/7~3	–	–	11.5	54	–	–
원당5교	문산	P1	BH-153	11.0	50/7~2	13.3	12	–	–	–	–
	서울	P1	BH-152-1	10.3	50/8	11.5	7	–	–	–	–
	문산	P2	BH-154-1	5.0	50/7	5.8	10~20	–	–	–	–
	서울	P2	BH-154	5.4	50/2	6.5	18	–	–	–	–
	문산	P3	*BB-22	5.0	50/6~5	6.1	12	–	–	–	–
	서울	P3	BH-154-2	5.0	50/7	5.7	60	–	–	–	–
	서울	P4	BH-155	–	–	–	–	–	–	41.6	72
원당6교	A1		BH-156-1	9.0	50/5	–	–	13.0	66	–	–
	A2		BH-157	8.0	50/7~2	9.5	16	–	–	–	–
사리현 IC교	A1		BH-162	8.0	50/7~4	12.0	31	–	–	13.7	83
	A2		BH-163	9.0	50/10~8	11.0	37	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

(계속)

교량명	위치		해당 공번	풍화암		연암		보통암		경암	
				출현심도	N값	출현심도	RQD(%)	출현심도	RQD(%)	출현심도	RQD(%)
사리현교	A1		*BB-25	2.0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
	A2		BH-169	–	–	5.0	9	–	–	6.8	96
문봉교	문산	A1	BH-181	15.0	50/4~2	17.0	10	–	–	–	–
	문산	A2	BH-184	8.0	50/10~3	–	–	–	–	–	–
	서울	A2	BH-183	17.0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
문봉 1교	A1		*BB-27	3.0	50/9~4	6.5	24	–	–	–	–
	A2		BH-185-1	11.0	50/3	12.0	17	–	–	–	–
문봉 육교	A1		BH-186	6.0	50/3	7.8	0	8.1	60	–	–
	A2		BH-187	3.0	50/8	3.5	0~10	–	–	–	–
장진천 1교	A1		BH-189-1	8.0	50/4	8.9	7	10.3	43	–	–
	P1		*BB-28	7.0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
성석1교	A1		BH-191	8.0	50/7	10.5	20	–	–	–	–
	A2		BH-191-1	6.0	50/9	8.0	7	–	–	–	–
성석 육교	A1		BH-192-1	13.0	50/9~6	15.5	39	–	–	–	–
	A2		*BB-30	8.0	50/10~6			–	–	–	–
성석2교	A1		BH-195	6.0	50/10~7	9.7	8	–	–	–	–
	A2		BH-196	9.0	50/6	9.5	26	–	–	–	–
성석3교	A1		BH-198	8.0	50/4	9.0	0	–	–	9.4	83
	A2		BH-198-1	3.0	50/5	10.0	28	–	–	–	–
설문 IC교	A1		BH-201	20.0	50/10~5	24.6	0	26.2	46	–	–
	A2		*BB-32	–	–	4.0	31	–	–	–	–
설문 1육교	A1		BH-208-1	9.8	50/2	–	–	11.3	58	–	–
	A2		*BB-33	–	–	7.5	12	–	–	8.5	84
설문 R-A교	A1		BH-207	12.6	50/7~1	–	–	–	–	–	–
	A2		BH-206	10.8	50/5~1	–	–	–	–	–	–
설문1교	A1		BH-212	10.0	50/10~3	–	–	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

(계속)

교량명	위치		해당 공번	풍화암		연암		보통암		경암	
				출현심도	N값	출현심도	RQD(%)	출현심도	RQD(%)	출현심도	RQD(%)
설문1교	A2		BH-213	12.0	50/9~4	16.0	36	–	–	–	–
설문2교	A1		BH-218-1	14.0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
장진천 2교	문산	A1	BH-219	11.0	50/8~6	12.2	40~60	–	–	–	–
	서울	A1	BH-219-1	14.0	50/10~8	20.1	35	–	–	–	–
	서울	P1	BH-220	6.0	50/10~5	11.8	46~76	–	–	–	–
장진천 2교	서울	P2	BH-222-1	6.0	50/10~7	12.0	38	–	–	–	–
	문산	A2	BH-222	15.0	50/10	–	–	18.4	48	–	–
	서울	A2	BH-222-1	13.0	50/10~8	14.8	0~29	–	–	–	–
대원교	A1		*BB-40	4.3	50/9~4	–	–	–	–	–	–
	P1		BH-225	–	–	9.8	11	–	–	–	–
공릉 천교	P2		BH-226	10.0	50/10~5	12.0	25	–	–	–	–
	P3		BH-227	7.0	50/6	7.3	39	–	–	–	–
	P5		*BB-41	4.6	50/5	5.8	0	–	–	–	–
	P6		BH-229	4.0	50/10~4	5.1	17	–	–	–	–
	P7		BH-230	10.0	50/5	10.3	10	12.3	43	15.0	78~95
	A2		*BB-42	7.7	50/6~5	9.9	0	10.9	37	–	–
	P7		BH-230	10.0	50/5	10.3	10	12.3	43	15.0	78~95
	A2		BB-42	7.7	50/6~5	9.9	0	10.9	37	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

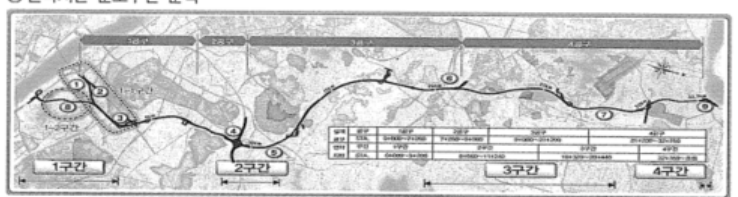
○ 지층 분포 현황

구분	풍화암	연 암	보통암	경 암
출현심도(m)	2.0~20.0	3.5~24.6	1.9~26.2	6.8~41.6

분석결과	• 지지층인 풍화암:GL.(-)2.0~20.0m, 연암:GL.(-)3.5~24.6m, 보통암:GL.(-)1.9~26.2m, 경암:GL.(-)6.8~41.6m로 분포 • 구조물, 위치별 및 지층별로 출현심도의 편차가 큼

2.4.2 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 분포구간 분석



위 치(STA.)	구성 토질	출현심도 (G.L(-)m)	층후(m)	N 값	대상 지층	연약층 하부지층	비 고
① 사업시점~0+300	CL	1.8~14.5	0.9~1.5	1/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP)	
	ML	1.0~12.0	0.5~6.5	2/30~4/30			
② 1+000~1+318	ML	1.9~9.0	1.0~1.1	4/30	퇴적층	퇴적층(SM), 풍화토	
③ 3+000~3+200	CL	0.0	8.0	1/30~2/30	퇴적층	퇴적층(SM, SC)	
	ML	4.0	2.5	3/30~4/30			
④ 8+660~9+540	CL	0.0~4.0	0.7~2.2	1/30~4/30	매립, 붕적, 퇴적층	퇴적층(SM, SC, SP, GP) 풍화토	부분적 분 포
	ML	3.5	3.5	2/30~3/30			
⑤ 10+640~11+240	CL	0.0~0.8	1.2~2.2	3/30~4/30	매립, 붕적, 퇴적층	퇴적층(SM, GP) 붕적층(SM)	부분적 분 포
	ML	1.4~5.0	1.0~2.0	2/30~3/30			
⑥ 19+320~21+160	CL	0.0~8.0	1.0~6.4	2/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, SW) 풍화토	
	ML	1.0~4.7	0.7~2.9	1/30~4/30			
⑦ 27+900~28+440	CL	1.5~9.0	1.0~3.5	3/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SP, SW)	
⑧ (지선) 0+060~1+760	CL	0.8~5.4	1.0~11.9	3/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP) 풍화토	
	ML	2.6~9.0	1.0~4.0	2/30~6/30			
⑨ 32+760~종점, 내포IC Ramp-B	CL	3.0~4.5	2.0~6.1	2/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, SP), 풍화토	
	ML	4.0~7.5	2.0~10.0	2/30~6/30			

○ 점토(CL) 연약지반구간 선정

구 분		지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간	1-1구간 (①~③지역)	• 창릉천 하류 농경지구간 통과	• 출현심도 : 1.8~14.5m • 층후 : 0.9~8.0m(평균 2.4m)	사업시점~3+200
	1-2구간 (⑧지역)	• 한강 주변 및 창릉천 하류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0.8~5.4m • 층후 : 1.0~11.9m(평균 4.4m)	지선0+0~1+381
2구간 (④~⑤지역)		• 공릉천 지류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0.0~4.0m • 층후 : 0.7~2.2m(평균 1.6m)	8+660~9+540
3구간 (⑥~⑦지역)		• 공릉천 및 문산천 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 0.0~8.0m • 층후 : 1.0~6.4m(평균 3.3m)	19+320~28+600
4구간(⑨지역)		• 임진강 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 3.0~4.5m • 층후 : 2.0~6.1m(평균 4.0m)	32+760~내포IC Ramp

• 사업 3공구(본선 STA.9+980~21+200)는 연약지반 3구간(본선 STA.19+600~28+600)에 해당

제 3 장 설계지반정수 산정

3.1 개요

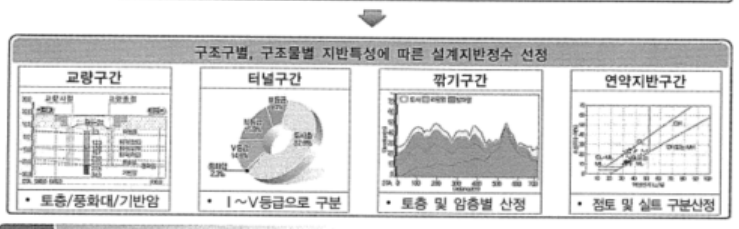
개 요	• 지표지질조사 성과분석에 의한 사업구간내 구조구 특성을 고려한 구간별 설계지반정수 산정 • 문헌자료, 인근지역 분석 자료 및 기존자료(제3자공고안, 보완설계)에 대한 분석을 수행하고, 각종 경험식 및 현장시험 값을 고려한 설계지반정수 유도

3.1.1 기본방향

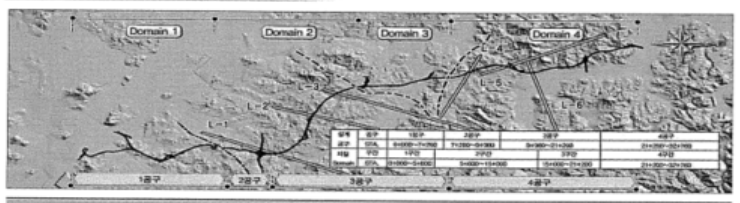
기존자료 및 현장시험에 따른 결과분석에 의한 구조구별 설계지반정수 선정

문헌자료 분석 / 인근조사자료 분석 / 기존자료 분석 → 경험식 적용 설계지반정수 도출 / 현장시험 결과 적용 → 지질 구조구별 설계지반정수 산정

구조구별, 구조물별 지반특성에 따른 설계지반정수 선정



3.1.2 분석구간 설정



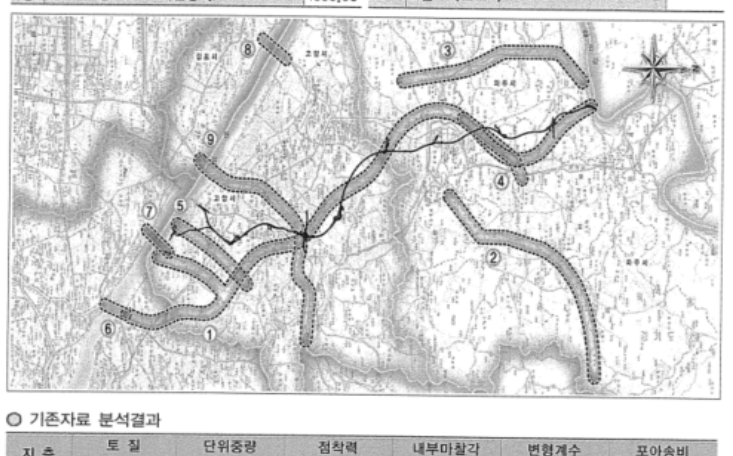
구 분	1구간(Domain 1)	2구간(Domain 2)	3구간(Domain 3)	4구간(Domain 4)
STA.(km+m)	사업시점~5+600	5+600~15+500	15+500~21+200	21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약

• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분
• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain-II~III)에 해당

3.3.2 인근지역 적용사례 분석

○ 기존자료 현황

구분	사 업 명	사업년도	구분	사업명	사업년도
①	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업(보완분)	2005.01	⑥	월드컵대교 건설공사	2006.10
②	조리~법원 도로개설공사	2005.12	⑦	인천국제공항 철도 2단계	2002.10
③	문발~낙하간 도로 확포장공사	2004.09	⑧	일산대교 건설 민간투자사업	1999.12
④	금촌~월롱간 도로 확포장공사	2004.02	⑨	서울외곽순환도로 건설공사(1,2공구) 토질조사보고서	1997.12
⑤	강매~원흥간 도로개설공사	1999.05			



○ 기존자료 분석결과

지 층	토 질 구 성	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)
매립층	사질토	18~20	0~5	28~33	10~80	0.33~0.35
	자갈층	19~20	0~17	25~39	15~35	0.3
붕적층	사질토	17~19	0~30	25~32	10~32	0.35
	점성토	18	0~20	–	–	–
	자갈층	20	0~50	39	35	0.30
충적층	사질토	17~20	0~10	25~33	15~80	0.35
	점성토	17~18	10~30	–	5~10	0.50
	자갈층	18~20	0~20	35~39	35	0.30
풍화토		18~19	15~200	25~30	35~50	0.30~0.33

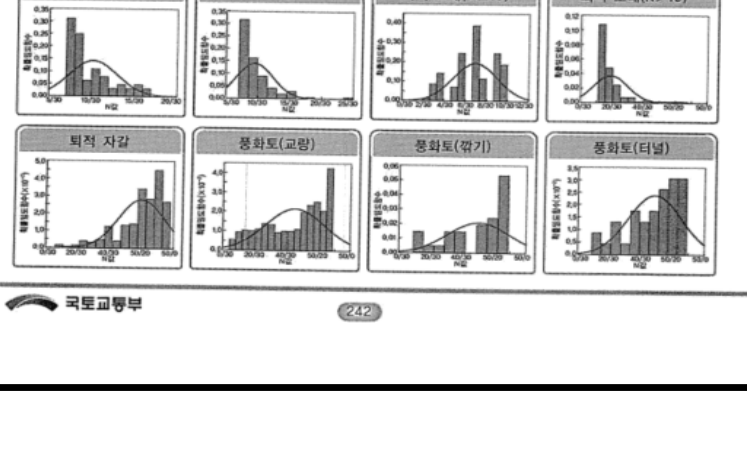
3.3.3 지층별 대표 N값 산정

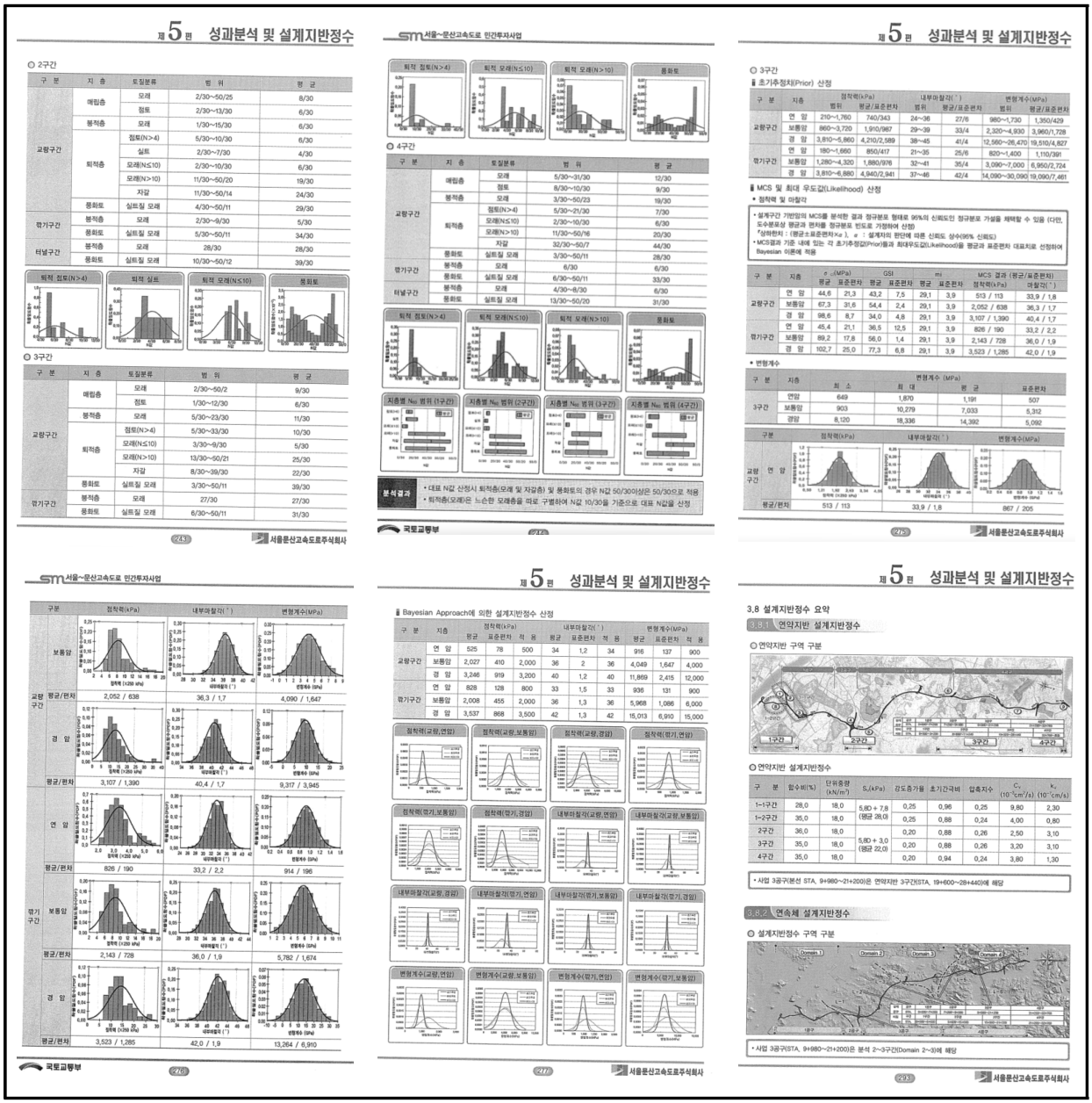
기본방향	• 사업구간내 토사층이 광역적으로 분포함에 따라 지형적 · 지질적 요인에 따른 토질 특성을 고려 • 선행된 지표지질조사 결과에 의한 지질 구조구 및 구조물 특성, 토질입자의 특성 등을 고려하여 분류 • 각종 물성값의 기초 자료가 되는 구간별, 구조물별, 지층별, 토성별 N값을 선정

구간별	구조물별	지층별	토성별
• 제1구간, 제2구간, 제3구간, 제4구간으로 구분	• 구조물의 특성에 따라 교량구간, 터널구간, 깎기구간으로 구분	• 분포하는 지층에 따라 매립층, 붕적층, 퇴적층, 풍화토층 등으로 분류	• 사업구간내 분포하는 토성에 따라 점토, 실트, 모래, 자갈 등으로 분류

○ 1구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	1/30~50/1	10/30
		점토	10/30~11/30	11/30
	붕적층	모래	4/30~18/30	9/30
	퇴적층	점토(N>6)	7/30~17/30	11/30
		실트	7/30~25/30	8/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	7/30
		모래(N>10)	11/30~50/12	22/30
		자갈	5/30~50/3	47/30
	풍화토	실트질 모래	7/30~50/11	41/30
깎기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	38/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	43/30





제5편 성과분석 및 설계지반정수

○ 2구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/25	8/30
		점토	2/30~13/30	6/30
	붕적층	모래	1/30~15/30	6/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~10/30	6/30
		실트	2/30~7/30	4/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/20	19/30
		자갈	11/30~50/14	24/30
	풍화토	실트질 모래	4/30~50/11	29/30
암기구간	붕적층	모래	2/30~9/30	5/30
	풍화토	실트질 모래	5/30~50/11	34/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	10/30~50/12	39/30

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 실트 | 퇴적 모래(N≤10) | 풍화토

○ 3구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/2	9/30
		점토	1/30~12/30	6/30
	붕적층	모래	5/30~23/30	11/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~33/30	10/30
		모래(N≤10)	3/30~9/30	5/30
		모래(N>10)	13/30~50/21	25/30
		자갈	8/30~39/30	22/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	39/30
암기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	31/30

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 모래(N≤10) | 퇴적 모래(N>10) | 풍화토

○ 4구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	5/30~31/30	12/30
		점토	8/30~10/30	9/30
	붕적층	모래	3/30~50/23	19/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~21/30	7/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/16	20/30
		자갈	32/30~50/7	44/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	28/30
암기구간	붕적층	모래	6/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	33/30
터널구간	붕적층	모래	4/30~8/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	13/30~50/20	31/30

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 모래(N≤10) | 퇴적 모래(N>10) | 풍화토

지층별 N_{60} 범위 (1구간) | 지층별 N_{60} 범위 (2구간) | 지층별 N_{60} 범위 (3구간) | 지층별 N_{60} 범위 (4구간)

분석결과
- 대표 N값 산정시 퇴적층(모래 및 자갈층) 및 풍화토의 경우 N값 50/30이상은 50/30으로 적용
- 퇴적층(모래)은 느슨한 모래층을 따로 구별하여 N값 10/30을 기준으로 대표 N값을 산정

제5편 성과분석 및 설계지반정수

○ 3구간

초기추정치(Prior) 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 범위	점착력(kPa) 평균/표준편차	내부마찰각(°) 범위	내부마찰각(°) 평균/표준편차	변형계수(MPa) 범위	변형계수(MPa) 평균/표준편차
교량구간	연 암	210~1,760	740/343	24~36	27/6	980~1,730	1,350/429
	보통암	860~3,720	1,910/987	29~39	33/4	2,320~4,930	3,960/1,728
	경 암	3,810~5,860	4,210/2,589	38~45	41/4	12,560~26,470	19,510/4,827
암기구간	연 암	180~1,660	850/417	21~35	25/6	820~1,400	1,110/391
	보통암	1,280~4,320	1,880/976	32~41	35/4	3,090~7,000	6,950/2,724
	경 암	3,810~6,880	4,940/2,941	37~46	42/4	14,090~30,090	19,090/7,461

MCS 및 최대 우도값(Likelihood) 산정

• 점착력 및 마찰각

• 설계구간 기반암의 MCS를 분석한 결과 정규분포 형태로 95%의 신뢰도인 정규분포 가설을 채택할 수 있음 (다만, 도수분포상 평균과 편차를 정규분포 빈도로 가정하여 산정)
*정하한치 : (평균±표준편차×α), α : 설계자의 판단에 따른 신뢰도 상수(95% 신뢰도)
• MCS결과 기존 내재 있는 각 초기추정값(Prior)들과 최대우도값(Likelihood)을 평균과 표준편차 대표치로 선정하여 Bayesian 이론에 적용

구 분	지층	σ_ci(MPa) 평균	σ_ci(MPa) 표준편차	GSI 평균	GSI 표준편차	mi 평균	mi 표준편차	MCS 결과 (평균/표준편차) 점착력(kPa)	MCS 결과 (평균/표준편차) 마찰각(°)
교량구간	연 암	44.6	21.3	43.2	7.5	29.1	3.9	513 / 113	33.9 / 1.8
	보통암	67.3	31.6	54.4	2.4	29.1	3.9	2,052 / 638	36.3 / 1.7
	경 암	98.6	8.7	34.0	4.8	29.1	3.9	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7
암기구간	연 암	45.4	21.1	36.5	12.5	29.1	3.9	826 / 190	33.2 / 2.2
	보통암	89.2	17.8	56.0	1.4	29.1	3.9	2,143 / 728	36.0 / 1.9
	경 암	102.7	25.0	77.3	6.8	29.1	3.9	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9

• 변형계수

구 분	지층	변형계수 (MPa) 최 소	변형계수 (MPa) 최 대	변형계수 (MPa) 평 균	변형계수 (MPa) 표준편차
3구간	연암	649	1,870	1,191	507
	보통암	903	10,279	7,033	5,312
	경암	8,120	18,336	14,392	5,092

구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간	연 암			
평균/편차		513 / 113	33.9 / 1.8	867 / 205

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간	보통암			
	평균/편차	2,052 / 638	36.3 / 1.7	4,090 / 1,647
	경 암			
	평균/편차	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7	9,317 / 3,945
암기구간	연 암			
	평균/편차	826 / 190	33.2 / 2.2	914 / 196
	보통암			
	평균/편차	2,143 / 728	36.0 / 1.9	5,782 / 1,674
	경 암			
	평균/편차	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9	13,264 / 6,910

국토교통부

제5편 성과분석 및 설계지반정수

Bayesian Approach에 의한 설계지반정수 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 평균	점착력(kPa) 표준편차	점착력(kPa) 적 용	내부마찰각(°) 평균	내부마찰각(°) 표준편차	내부마찰각(°) 적 용	변형계수(MPa) 평균	변형계수(MPa) 표준편차	변형계수(MPa) 적 용
교량구간	연 암	525	78	500	34	1.2	34	916	137	900
	보통암	2,027	410	2,000	36	2	36	4,049	1,647	4,000
	경 암	3,246	919	3,200	40	1.2	40	11,869	2,415	12,000
암기구간	연 암	828	128	800	33	1.5	33	936	131	900
	보통암	2,008	455	2,000	36	1.3	36	5,968	1,086	6,000
	경 암	3,537	868	3,500	42	1.3	42	15,013	6,910	15,000

점착력(교량,연암) | 점착력(교량,보통암) | 점착력(교량,경암) | 점착력(암기,연암)

점착력(암기,보통암) | 점착력(암기,경암) | 내부마찰각(교량,연암) | 내부마찰각(교량,보통암)

내부마찰각(교량,경암) | 내부마찰각(암기,연암) | 내부마찰각(암기,보통암) | 내부마찰각(암기,경암)

변형계수(교량,연암) | 변형계수(교량,보통암) | 변형계수(암기,연암) | 변형계수(암기,보통암)

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.8 설계지반정수 요약

3.8.1 연약지반 설계지반정수

○ 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 설계지반정수

구 분	함수비(%)	단위중량 (kN/m³)	S_u(kPa)	강도증가율	초기간극비	압축지수	C_v (10^{-3}cm²/s)	k_v (10^{-7}cm/s)
1-1구간	28,0	18,0	5.8D + 7.8 (평균 28.0)	0,25	0,96	0,25	9,80	2,30
1-2구간	35,0	18,0		0,25	0,88	0,24	4,00	0,80
2구간	36,0	18,0	5.8D + 3.0 (평균 22.0)	0,20	0,88	0,26	2,50	3,10
3구간	35,0	18,0		0,20	0,88	0,26	3,20	3,10
4구간	35,0	18,0		0,20	0,94	0,24	3,80	1,30

• 사업 3공구(본선 STA. 9+980~21+200)은 연약지반 3구간(STA. 19+600~28+440)에 해당

3.8.2 연속체 설계지반정수

○ 설계지반정수 구역 구분

• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain 2~3)에 해당

다. 구조계산서 및 내진설계

2. 설 계 조 건

- 교 량 명 : 운봉교(운산방향)
- 교량형식 : Bicon 교
- 교량등급 : 1등급 적용

2.1 기본제원

(1) 슬래브 전장 : 100.000 m
(2) 거 더 전 장 : 49.900 m
(3) 설 계 지 간 : 49.000 m
(4) 교 량 폭 원 : 15.900 m
(5) 횡 단 면 도 : 슬래브 일반도 참조
(6) 종 단 면 도 : 슬래브 일반도 참조

2.2 주요재료

2.2.1 바닥판

(1) 콘 크 리 트 Fcks = 27 MPa
Ecks = 8,500 × (fck+Δf)^1/3 = 26702 MPa (※Δf= 4)
(2) 철근(SD400) Fyb = 400 MPa
Esb = 2.0 × 10^5 MPa

2.2.2 Bicon 거더

(1) 콘크리트(사용 하중 시)
- 설계기준강도 : Fck = 40 MPa
- 탄 성 계 수 : Ecks = 8,500 × (fck+Δf)^1/3 = 30008 MPa (※Δf= 4)
(2) 콘크리트(PS강재 긴장 시)
- 설계기준강도 : Fci = 0.8 × fck = 32 MPa
- 탄 성 계 수 : Eci = 8,500 × (fck+Δf)^1/3 = 28066 MPa (※Δf= 4)
(3) 철근(SD300)
- 항 복 강 도 : Fby = 300 MPa
- 탄 성 계 수 : Ebs = 2.0 × 10^5 MPa
(4) PS 강연선(KS D 7002 SWPC 7B, 저릴렉세이션 강재)
- 직 경 : Dpt = 15.2 mm
- 단 면 적 : Apt = 138.7 mm^2
- 극 한 강 도 : Fput = 1900 MPa
- 항 복 강 도 : Fpyt = 1600 MPa
- 탄 성 계 수 : Ept = 2.0 × 10^5 MPa
(5) PS 강봉(KS D 3505, 저릴렉세이션 강재)
- 직 경 : Dpc = 36 mm
- 단 면 적 : Apc = 1017.4 mm^2
- 극 한 강 도 : Fpuc = 1050 MPa
- 항 복 강 도 : Fpyc = 950 MPa
- 탄 성 계 수 : Epc = 2.00 × 10^5 MPa
(6) 쉬스규격

구 분	단위	강연선						강 봉
PS강재 개수	개,mm	7	10	11	13	16	19	40
쉬스관 내경	mm	65	75	75	85	85	100	50
쉬스관 외경	mm	70	80	80	90	90	105	55
곡률마찰계수(μ)	/rad	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-
파상마찰계수(κ)	/m	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.008

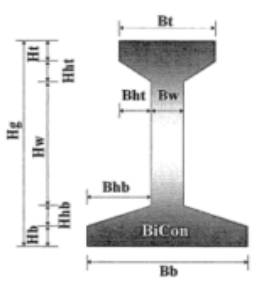
2.2.3 탄성계수비

(1) 거더콘크리트와 PS 강봉의 탄성계수비(nc) = Epc / Eck = 200000 / 30008 = 6.665
(2) 거더콘크리트와 PS 강연선의 탄성계수비(nt) = Ept / Eck = 200000 / 30008 = 6.665
(3) 거더콘크리트와 바닥판콘크리트의 탄성계수비(ns) = Ecks / Eck = 26702 / 30008 0.890

3. 단 면 가 정

3.1 단면제원

(1) 바닥판 두께(sh) : 240 mm
(2) 거더 단면



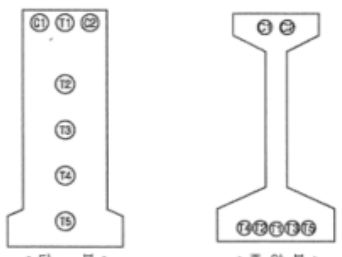
Bicon 단면제원

Hg	2600 mm
Ht	200 mm
Hb	300 mm
Hht	150 mm
Hhb	200 mm
Hw	1750 mm
Bt	800 mm
Bb	1100 mm
Bw	200 mm
Bht	300 mm
Bhb	450 mm

(3) 중간가로보수 : 1 EA
(4) 단부블록크기 : 700 mm

3.2 PS 강연선 및 PS강봉 배치

(1) 단면 배치



단위 : mm

		PS 강봉		PS 강연선				
		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
직경,가닥수		36mm	36mm	7EA	17EA	17EA	17EA	17EA
쉬스관외경		50mm	50mm	70mm	105mm	105mm	105mm	105mm
초기긴장력		-575kN	-575kN	1150kN	3300kN	3300kN	3300kN	3300kN
단부 좌표	Y	-105mm	105mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
	Z	2475mm	2475mm	2475mm	1750mm	1250mm	750mm	250mm
중앙부 좌 표	Y	-105mm	105mm	0mm	-150mm	150mm	-300mm	300mm
	Z	2475mm	2475mm	115mm	125mm	125mm	125mm	125mm

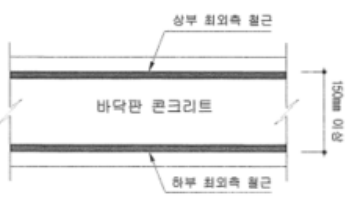
※ 좌표의 기준 원점은 거더의 하단 중심점.

4. 바닥판의 설계

4.1 경험적 설계법에 의한 바닥판 슬래브계산

4.1.1 설계조건

(1) 지지부재들이 3개이상의 강재 주거더 또는 콘크리트 지지보와 완전합성으로 거동하고 바닥판의 지간방향이 차량진행방향에 직각인 경우의 철근콘크리트 바닥판에만 적용할 수 있다.
(2) 캔틸레버 바닥판에 적용할 수 없다.
(3) 콘크리트가 현장타설되고 습윤양생되어야 한다.
(4) 거더 플랜지부의 헌치와 같이 국부적으로 두껍게한 곳을 제외한 상태에서 전체적으로 바닥판의 두께가 일정해야 한다.
(5) 바닥판 두께에 대한 유효지간의 비가 6이상 15이하인 경우 적용한다.
6 ≤ 1.930 m / 0.240 m = 8.042 ≤ 15 -------------- O.K
(6) 바닥판의 상부와 하부에 배근된 철근의 외측면 사이의 두께가 150mm이상인 경우 적용한다.



240 - (60 + 40) + (16/2 + 16/2) = 156 mm ≥ 150 mm -------------- O.K
(7) 유효지간이 표준차선폭(3.6m) 이하인 경우 적용한다.
1.930 m ≤ 3.600 m -------------- O.K
(8) 바닥판의 홈집, 마모면, 보호피복 두께층을 제외한 바닥판의 최소두께가 240mm이상인 경우 적용한다.
(9) 콘크리트의 28일 압축강도가 27MPa 이상인 경우 적용한다.
(10) 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 5배 이상이거나, 캔틸레버부의 길이가 내측 바닥판 두께의 3배 이상이고 구조적으로 연속적인 콘크리트 방호책과 합성된 경우 적용한다
▶ 중분대 또는 방호벽, 보도 등이 있을 경우
0.710 m (좌측캔틸레버 길이) ≥ 0.24 × 3 = 0.720 -------------- O.K
0.740 m (우측캔틸레버 길이) ≥ 0.24 × 3 = 0.720 -------------- O.K
▶ 중분대 또는 방호벽, 보도 등이 없을 경우
0.710 m (좌측캔틸레버 길이) < 0.24 × 5 = 1.200 -------------- 적용 불가
0.740 m (우측캔틸레버 길이) < 0.24 × 5 = 1.200 -------------- 적용 불가

※ 경험적 설계법 적용구간

	캔틸레버구간	캔틸레버 인접 내측바닥판	중앙부 내측바닥판	비고
좌측	강도설계법	경험적 설계법 적용	경험적 설계법 적용	
우측	강도설계법	경험적 설계법 적용	경험적 설계법 적용	

4.1.2 철근 배근

(1) 지간방향 (주철근)
상부 최소철근량 : 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상
하부 최소철근량 : 콘크리트 바닥판 단면의 0.4%이상

(2) 지간의 직각방향 (배력철근)
상부 최소철근량 : 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상
하부 최소철근량 : 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

(3) 현장타설 되는 콘크리트 바닥판에는 4개층의 철근을 배근하되 콘크리트 피복두께 요구조건에 의해 허용되는 한도에서 바깥 표면에 가까이 배근하여, 유효지간방향으로 배근되는 철근을 가장 바깥쪽 층에 배근한다.

4.1.3 사용철근량

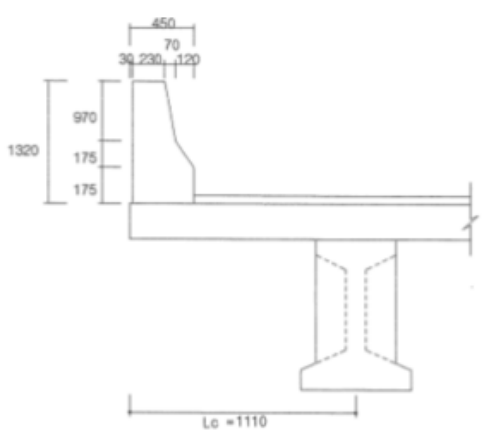
(1) 바닥판 슬래브 단면 : 1000 × 240 = 240000 mm^2

(2) 주철근
상부 철근량
As_{req} = 240000 × 0.300% = 720.000 mm^2
As_{use} = H 16 @ 200 = 993.000 mm^2
Σ = 993.000 mm^2 (N = 5) -------------- O.K
하부 철근량
As_{req} = 240000 × 0.400% = 960.000 mm^2
As_{use} = H 16 @ 200 = 993.000 mm^2
Σ = 993.000 mm^2 (N = 5) -------------- O.K

(3) 배력철근
상부 철근량
As_{req} = 240000 × 0.300% = 720.000 mm^2
As_{use} = H 16 @ 250 = 794.400 mm^2
Σ = 794.400 mm^2 (N = 4) -------------- O.K
하부 철근량
As_{req} = 240000 × 0.300% = 720.000 mm^2
As_{use} = H 16 @ 250 = 794.400 mm^2
Σ = 794.400 mm^2 (N = 4) -------------- O.K

4.2 G1측 캔틸레버 부

4.2.1 단면치수



4.2.2 바닥판의 두께 검토

(1) 활하중에 대한 지간 (도로교설계기준, 2010, P.4-153)
L = 0.000 m (캔틸레버 구간에 활하중이 작용하지 않음)

4.2.3 설계하중에 의한 단면력

(1) 고정하중에 의한 휨모멘트

구 분	면적 (m^2)	단위중량 (kN/m^3)	하중 (kN)	작용거리 (m)	휨모멘트 (kN·m)
방호벽	0.394	25.000	9.850	0.525	5.171
바닥판	0.170	25.000	4.250	0.355	1.509
포 장	0.013	23.500	0.306	0.130	0.040
난 간			0.000	0.525	0.000
합 계			14.406		6.720

(8) 하중조합

① 계수하중 - 단면 검토시

Load Case	고정하중	활 하 중	풍하중	원심하중	충돌하중	비 고
Case 1	1.30	2.15		1.30		
Case 2	1.30		1.30			
Case 3	1.30	1.30	0.65	1.30		
Case 4	1.30	1.30		1.30		
Case 5	1.25	1.25	0.625	1.25		
Case 6	1.30	1.30		1.30	1.30	
Case 7	1.20		1.20		1.20	

② 사용하중 - 사용성 검토시

Load Case	고정하중	활 하 중	풍하중	원심하중	충돌하중	비 고
Case 1	1.00	1.00		1.00		
Case 2	1.00		1.00			
Case 3	1.00	1.00	1.00	1.00		
Case 4	1.00	1.00		1.00		
Case 5	1.00	1.00	1.000	1.00		
Case 6	1.00	1.00		1.00	1.00	
Case 7	1.00		1.00		1.00	

③ 하중조합 결과

Load Case	계 수 하 중 M (kN·m)	사 용 하 중 M (kN·m)	비 고
Case 1	8.736	6.720	
Case 2	12.134	9.334	
Case 3	13.124	13.470	
Case 4	8.736	6.720	
Case 5	12.619	13.470	
Case 6	39.069	30.053	
Case 7	39.200	32.667	

④ 적용하중

구 분	M (kN·m)	비 고
계 수 하 중	39.200	
사 용 하 중	32.667	

4.2.4 철근량 산정

(1) 설계조건
1) 설계휨모멘트 : Mu = 39199920.0 (N·mm)
2) 단 면 치 수 : H = 240.00 (mm) , b = 1000.0 (mm)
: d = 180.00 (mm) , d' = 60.0 (mm)
3) 재료의 성질 : f_{ck} = 27 MPa , f_y = 400 MPa
4) 강도감소계수 : ϕ_f = 0.85 , k_1 = 0.85

* 강도감소계수(Φ) 산정
T = As × fy = 993.000 × 400.000 = 397200.000
C = 0.85 × fck × a × b = 0.85 × 27 × a × 1000.000 = 22950.000 × a
T = C 이므로, a = 17.307 mm , c = 17.307 / β1
= 17.307 / 0.85 = 14.711 mm
εy = fy / Es = 400.000 / 200000.000 = 0.002
εt = 0.0030 × (dt - c) / c = 0.003 × (180.000 - 14.711) / 14.711
= 0.0337
εt ≥ 0.005 이므로 인장지배단면이며, ϕ_f = 0.85 를 적용한다.

(2) 필요 철근량
a = As·fy / 0.85·fck·b = 0.0174 As (mm^2)
Mu = Φ·As·fy·(d - a / 2)
-2.963 As^2 + 61200 As - 39199920.0 = 0 에서
As(req) = 661.721 (mm^2)
단면철근비 : P = As / (b × d) = 0.0037
최대철근비 : Pmax = 0.75×0.85× k1 ×(fck / fy)×(600 / (600 + fy)) = 0.0219
최소철근비 : Pmin = 1.4 / fy = 0.0035
① As(req) = 661.721
② As(min) = 630.000
③ 4/3×As = 882.295
∴ As = 661.721 mm^2 이상 사용

(3) 사용 철근량
① H 16 @ 200 = 993.000
Σ = 993.000 mm^2 (N = 5) ------------------ O.K

(4) 설계휨강도
Φf·Mn = 0.85×As×fy×(d - a/2) = 57.850 kN·m
a = As·fy / (0.85·fck·b) = 17.307 mm
∴ Φf·Mn = 57.850 kN·m > Mu = 39.200 kN·m ------------------ O.K

4.2.5 사용성 검토

(1) 처짐 검토 (콘크리트구조설계기준·해설, 2007, p.75)
1) 처짐검토를 필요로 하지 않는 최소두께 (캔틸레버)
Tmin = L / 10 = 0.71 × 1000 / 10 = 71 mm
Tcan (240mm) > Tmin (71mm) ------------------ 처짐검토 불필요

(2) 균열 검토 (콘크리트구조설계기준·해설, 2007, p.495)
1) 사용하중에 대한 철근의 인장응력 최대값
Mmax : 사용하중하에서 최대하중을 유발하는 하중조합 사용
Mmax = Mnet = 32.667 kN·m
n = Es / Ec = 8
puse = As_use / b·d = 0.00552
k = -n·p + √((n·p)² + 2·n·p) = 0.256
j = 1 - (k / 3) = 0.915
Fsmax = Mmax / (p·j·b·d²) = 199.618 MPa
Fsmax (=199.618 MPa) < 0.6Fy (=240 MPa) ------------------ O.K

2) 철근의 최대 중심간격
Cc = d' - Hn / 2 = 60.00 - H 16 / 2 = 52.00 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 × (210 / Fsmax) - 2.5 Cc
= 375 × (210 / 199.62) - 3 × 52.00 = 264.504 mm
300 × (210 / Fsmax) = 300 × (210 / 199.62) = 315.603 mm
Sa는 작은 값인 264.504 mm 를 적용
S = 200 mm ≤ Sa (= 264.504 mm) ------------------ O.K

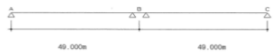
(3) 피로 검토 (콘크리트구조설계기준·해설, 2007, p.82)
▶ SD40 이형철근의 경우 피로를 고려하지 않아도 되는 응력 범위 : 150 MPa
Ml = 0.000 kN·m
fy = Ml / (p·j·b·d²) = 0 MPa < 150 MPa ------------ 검토 불필요

4.7 2경간 연속부 검토

1차 사하중 : BEAM 가설시 단순 BEAM 에서 출수
2차 사하중 : 활하중 및 포장, 난간 기타
본 계산에서는 2차 사하중에 의해 발생하는 부모멘트에 의하여 설계한다.

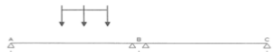
4.7.1 연속부 부모멘트 산정

(1) 2차 사하중 (49.000 + 49.000 = 98.000)



(2) 활하중

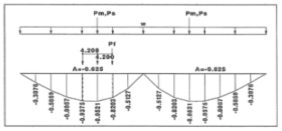
- DB24 (Pf = 24 kN , Pr = 96 kN)



- DL24 (w = 12.7 kN/m , Pa = 108 kN)



(3) 영향선 (2경간 연속)



4.7.4 사용성 검토

(1) 균열 검토

Mmax = 1234.89 kN·m/m (사용하중에 의한 단면력)
fck = 27 MPa H = 2473.00mm d = 2343.00mm
fy = 400 MPa B = 1000.00mm 피복두께= 130.00mm
P = As / (b×d) = 0.0020
np = 0.01619
k = -np + √((np)²+2np) = 0.16448
j = 1 - k / 3 = 0.9452
fs = Mmax / (p×j×b×d²) = 121.646 MPa

As-use : H 19 @ 125 = 2292.00 철근간격= 125.00mm (2 단 배근)
H 19 @ 125 = 2292.00 N = 16
Cc = 60.00mm (슬래브 상면피복) n = 8
R = 1.35 (슬래브)

- 철근의 최대 중심간격

Cc = z - Rh / 2
= 51 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (210 / Fmax) -2.5 Cc
= 521.118 mm
300 x (210 / Fmax)
= 517.894 mm
Sab 작은 값인 517.894 mm 을 적용
S = 125.000 mm ≤ (= 517.894 mm) O.K

(2) 처짐 검토

fy = 400 MPa (콘크리트구조설계기준 - 해설, 2007, p.82)
Tmin = L/28 지간 = 1.93m
= 0.069
= 68.93mm < Tuse = 2473.00㎜

∴ 처짐 검토 생략

(3) 피로 검토

Ms = 296.889 kN·m/m (SD40 일때 철근응력 범위 = 150MPa)
fy = Ms / (p × j × b × d²) = 29.245 MPa < 150 MPa
O.K

5.5 단면성질 요약

5.5.1 G1 거더

< 단위 : m >

구 분	A	Iyy	zst	zgt	zgb	zcc	zlc
총 단 면	1.04500	0.913970	-	1.494	-1.106	-	-
순 단 면	1.00259	0.869459	-	1.462	-1.138	1.337	-1.014
PS강재 환산단면	1.08548	0.961468	-	1.510	-1.090	1.385	-0.966
바닥판 합성단면	1.61414	1.908840	1.218	0.976	-1.624	0.851	-1.500

5.5.2 G2~G5 거더

< 단위 : m >

구 분	A	Iyy	zst	zgt	zgb	zcc	zlc
총 단 면	1.04500	0.913970	-	1.494	-1.106	-	-
순 단 면	1.00259	0.869459	-	1.462	-1.138	1.337	-1.014
PS강재 환산단면	1.08548	0.961468	-	1.510	-1.090	1.385	-0.966
바닥판 합성단면	1.66861	1.972428	1.181	0.941	-1.659	0.816	-1.535

5.5.3 G6 거더

< 단위 : m >

구 분	A	Iyy	zst	zgt	zgb	zcc	zlc
총 단 면	1.04500	0.913970	-	1.494	-1.106	-	-
순 단 면	1.00259	0.869459	-	1.462	-1.138	1.337	-1.014
PS강재 환산단면	1.08548	0.961468	-	1.510	-1.090	1.385	-0.966
바닥판 합성단면	1.62055	1.916542	1.212	0.972	-1.628	0.847	-1.504

8. 설계 단면력 집계

8.1 지간중앙부의 휨모멘트 집계(kN·m)

구 분	G1	G2~G5	G6	저 항 단 면	비 고
거더 자중	8208.9	8208.9	8208.9	순 단 면	
합성전 고정하중	4735.4	5474.6	4789.4	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	1839.0	1919.5	1851.0	바닥판 합성단면	
DB 활하중	4100.3	3532.0	3432.2		
DL 활하중	4432.8	3769.7	3763.7		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	4432.8	3769.7	3763.7		
합 계	19216.1	19372.7	18613.0		

8.2 지간지점부의 전단력 집계(kN)

구 분	G1	G2~G5	G6	저 항 단 면	비 고
거더 자중	725.3	725.3	725.3	순 단 면	
합성전 고정하중	375.3	424.2	379.7	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	189.2	145.7	190.2	바닥판 합성단면	
DB 활하중	399.3	396.3	306.2		
DL 활하중	409.0	389.8	317.9		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	409.0	396.3	317.9		
합 계	1698.7	1691.4	1613.2		

15.3 파열력에 대한 검토

(1) 정착구 Bursting 철근 검토

a(정착판 일변 길이) = 315 ㎜
h(정착단면의 높이) = 2600 ㎜
α(radian) = ave(Tn-1~ Tn) = 0.134353979
∑Po (도입긴장력) = 13200000 N

1) 파열력 산정

Thurst = 0.25 × ∑Po × { 1 - (a/h)} + (0.5 × ∑Po × sinα)
= 0.25 × 13200000 × { 1 - (945 / 2600) }
+ 0.5 × 13200000 × sin 0.13435
= 2987313.2 N

2) 보강철근량 산정

1.2 Thurst = Φ Tn = Φ As fy
Req'd As = 1.2 × 2987313.19 / (0.8 × 300.0) = 14936.6 ㎟
e = 2600 / 2 - (250 x 4 + 500 x 2 + 500 x 1) / 4
= 675 ㎜
dburst = 0.5 × (h - 2e) + 5e x sin 0.13435
= 0.5 × (2600 - 2 × 67.50) + 5 × 67.50 × sin 0.13435
= 1233.3 ㎜

* 파열 보강 철근은 고려하는 면에 대해 2.5dburst의 거리에 걸쳐 단면의 해당 측방향 치수의 1.5배를 넘지 않게 긴장재 양측을 따라 계획한 절에 분포되어야 한다. 파열 보강 철근의 도심은 설계에 적용된 거리 dburst의 일치해야 한다. 간격은 보강 철근 지름의 2배 또는 300㎜를 넘어서는 안된다.
(도로교설계기준, P323)

배치 범위 = 2.5 × 1233.3 = 3083.25 ㎜
spacing = 150 ㎜
Used bar = D 16 (As= 198.6 ㎟) - 6 ea × 14 layer = 16692.4 ㎟
O.K

15.4 할렬력에 대한 검토

1) 할렬력 산정

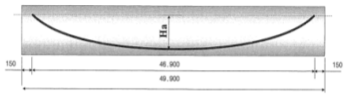
Tspall = 0.02 × ∑Po = 0.02 × 2987313.190 = 59746.264 N

2) 보강철근량 산정

fs = 0.6 × fy = 0.6 × 300 = 180 MPa
As = Tspall / fs = 59746.264 / 180 = 331.924 ㎟

16. PS 강재의 신장량 검토

16.1 강봉 및 강선의 제원 (8. 프리스트레스 참조)



강선번호	Ap(㎡)	Ep(MPa)	He(m)	L(m)	α(radian)
C1	0.001017	200000	0.000	48.950	0.00000
C2	0.001017	200000	0.000	48.950	0.00000
T1	0.000971	200000	2.360	49.241	0.38684
T2	0.002358	200000	1.625	49.093	0.13202
T3	0.002358	200000	1.125	49.019	0.09167
T4	0.002358	200000	0.625	48.971	0.05103
T5	0.002358	200000	0.125	48.951	0.01021

16.2 PS 강재의 신장률

(1) 신장률 (11. 정착부 설계 참조)

△L = (Po + Pmet) / 2 × Lps / (Ap×Ep)

강선번호	긴장순서	도입긴장력(Po)	순긴장력(Pmet)	Lps(m)	△L(㎜)
C1	5	-575.00	-472.75	48.950	-126.031
C2	5	-575.00	-472.75	48.950	-126.031
T1	5	1150.00	923.07	49.241	262.850
T2	4	3300.00	2864.30	49.093	320.865
T3	1	3300.00	2577.95	49.019	305.495
T4	2	3300.00	2712.96	48.971	312.208
T5	3	3300.00	2849.29	48.951	319.154

1.3 내진등급과 지반가속도계수

○ 지진구역의 구분

지진구역		행 정 구 역
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시,울산광역시, 광주광역시
	도	경기도, 강원도남부, 충청도, 경상도, 전라북도, 전라남도 북동부
II	도	강원도북부, 전라남도 남서부, 제주도

○ 지진구역 계수

지진구역	I	II
구역계수	0.11	0.07

○ 위험도 계수

재현주기(년)	500	1000
위험도계수	1	1.4

○ 내진등급

- 도로교의 내진등급과 설계지진

내진등급	교 량	재현주기
내진특등급	- 고속도로, 자동차전용도로, 특별시도, 광역시도 또는 일반국도상의 교량 - 지방도, 시도 및 군도 중 지역의 방재 계획상 필요한 도로에 건설된 고량. 해당도로의 일일계획 교통량을 기준으로 판단했을 때 중요한 교량 - 내진등급교가 건설되는 도로 위를 넘어가는 고가교량	1000년
내진1등급	내진등급교에 속하지 않는 교량	500년

○ 지반계수

지반계수		지 반 종 류			
		I	II	III	IV
S	내진	1.0	1.2	1.5	2.0
	지진격리	1.0	1.5	2.0	2.7

2. 설계대상 교량

2.1 설계조건

○ 교량 제원

(1) 구조형식

구 조 형 식					
상부형식	구조형식	PSC BEAM	하부형식	교각형식	H형교각(Φ=1.6m)
	지간구성	2@50.0 = 100.0m		사용재료	콘크리트 f_{ck}=40 MPa
	사용재료	콘크리트		기초형식	직접기초
				사용재료	콘크리트 f_{ck}=27 MPa

(2) 내진등급과 설계지진 수준

내진등급	위험도계수	가속도계수	지반계수
I 0.11	1.4	구역계수 x 위험도계수 = 0.154g	II (내진1,2,연진1,5)

(3) 해석 방법

구 분	내진설계	면진설계
입력지진	지반계수에 맞는 응답스펙트럼	4개의 인공지진파
해석방법	다중모드 응답 스펙트럼 해석	시간이력 해석
	5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz Vector 해석법 사용	5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz Vector 해석법 사용
	질량참여율 90% 이상	질량참여율 90% 이상

(4) 적용 방침

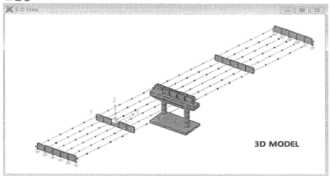
구 분	내진설계
적용 방침	탄성받침(PAD)

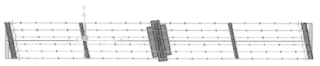
2.2 참고문헌

① 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2010년)
② 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2007년)
③ 도로설계요령 (한국도로공사. 2002년)
④ 설계 실무 자료집 (한국도로공사. 1996년)

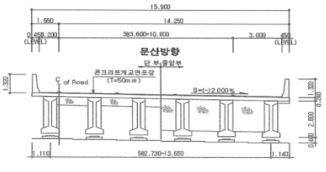
3. 해석 모델

3.1 모델링



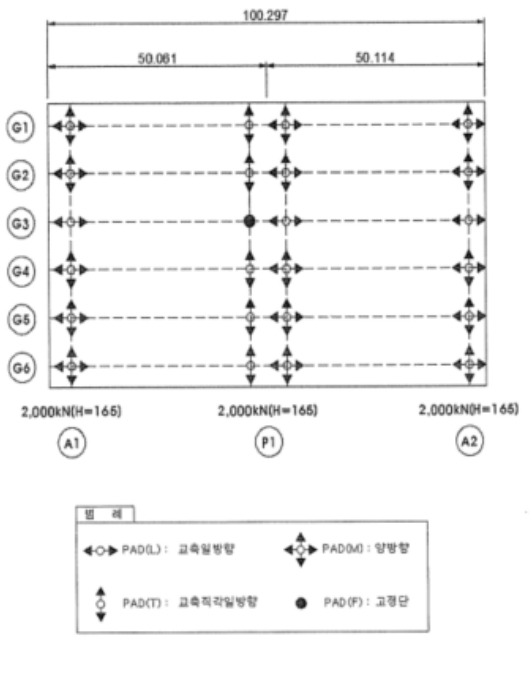


3.2 단면 특성


15.900
1.650
14.250
3.000
문산방향
콘크리트계고면포장
(T=50cm)
C of Road
2.000%
2.000%
180
180
180

4. 받침특성치 검토

4.1 받침배치도



4.2 받침특성치

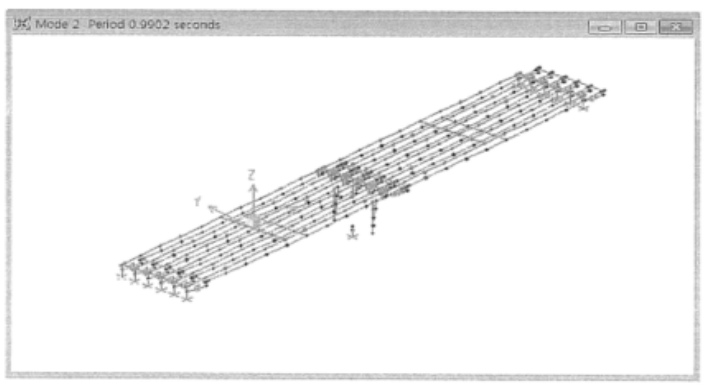
받침규격			압축강성	전단강성	고무층수	위치
받침	용량	받침높이	Kv,(kN/m)	Kh,(kN/m)		
PAD	2,000 kN	H=165mm	818,200	3,451	5층	A1~A2

5. 고유치 해석결과

5.1 Mode Shape

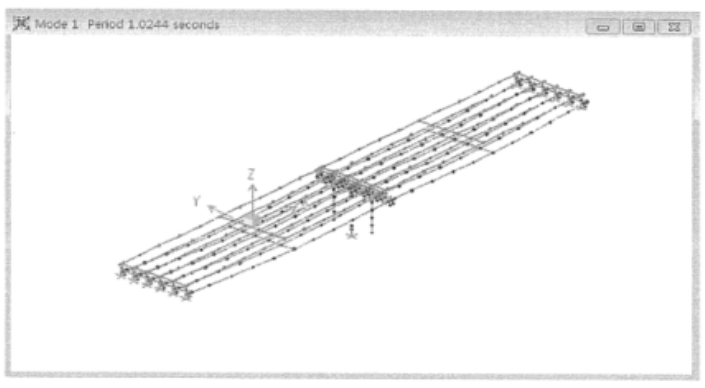
(1) 교축방향 모드형상 (2차모드)

- 고유주기 : 0.9902초



(2) 교축직각방향 모드형상 (1차모드)

- 고유주기 : 1.0244초



6. 내진해석 결과

6.1 받침 부재력 해석결과

(단위 : kN)

교각	받침		용량	교축방향 해석시		교축직각방향 해석시	
				교축	교직	교축	교직
A1	1	PAD	2,000	192	22	31	133
	2	PAD	2,000	192	22	31	133
	3	PAD	2,000	192	22	31	133
	4	PAD	2,000	192	22	31	133
	5	PAD	2,000	192	22	31	133
	6	PAD	2,000	192	22	31	133
P1전	7	PAD	2,000	128	30	20	172
	8	PAD	2,000	128	30	20	172
	9	PAD	2,000	129	30	20	172
	10	PAD	2,000	129	30	20	173
	11	PAD	2,000	129	29	20	172
	12	PAD	2,000	130	29	20	172
P1후	13	PAD	2,000	128	29	20	172
	14	PAD	2,000	128	30	20	172
	15	PAD	2,000	129	30	20	173
	16	PAD	2,000	129	29	20	173
	17	PAD	2,000	129	29	20	172
	18	PAD	2,000	130	29	20	172
A2	19	PAD	2,000	192	22	31	133
	20	PAD	2,000	192	22	31	133
	21	PAD	2,000	192	22	31	133
	22	PAD	2,000	192	22	31	133
	23	PAD	2,000	192	22	31	133
	24	PAD	2,000	192	22	31	133

7. 하부구조 내진해석 결과

7.1 교각하단 부재력

구 분			교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	8.00	6,773	924	932	198	1,271	4,760	163	1,152	
	우		6,472	899	857	198	1,197	4,749	153	1,149	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.2 교각하단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진

2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

구 분			하중경우 1				하중경우 2				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	8.00	7,154	2,352	981	543	3,303	5,037	443	1,211	
	우		6,831	2,324	903	543	3,139	5,018	410	1,209	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.3 교각상단 부재력

구 분			교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	8.00	673	937	918	193	639	4,382	157	1,130	
	우		407	966	843	194	700	4,371	147	1,127	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.4 교각상단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진

2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

구 분			하중경우 1				하중경우 2				비고
			모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각		높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	좌	8.00	865	2,252	965	532	841	4,664	433	1,188	
	우		617	2,277	887	532	822	4,661	400	1,185	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1231.410	733.291	O.K
	허용인발력(kN/EA)	524.071	-	O.K
	휨응력(MPa)	133.000	120.425	O.K
	전단응력(MPa)	76.000	14.018	O.K
	수평변위(mm)	15.000	12.356	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1847.110	1000.330	O.K
	허용인발력(kN/EA)	786.107	-71.810	O.K
	휨응력(MPa)	199.500	135.451	O.K
	전단응력(MPa)	114.000	20.981	O.K
	수평변위(mm)	15.000	10.420	O.K

■ 단면 및 설계

단면위치		길이	dc	Req. As	사용철근량	Mu	ΦMn	안전도	비고
		H(mm)	(mm)	(mm²)	(mm²)	(kN.m)	(kN.m)		
전면저판		1800	150	2203.44	4053.6	917.994	1674.743	1.824	O.K
후면저판		1800	100	3047.03	5139.2	1303.48	2178.322	1.671	O.K
벽체 (H=9.730)		2300	100	3811.41	6353.6	2110.962	3488.679	1.653	O.K
흉벽		800	100	918.563	1588.8	162.382	278.868	1.717	O.K
좌측날개벽	A(T=600 mm)	600	80	2496.48	4053.6	319.348	506.698	1.587	O.K
	화부(T=450	450	80	1301.09	4053.6	119.584	351.648	2.941	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	2308.09	3096.8	296.064	392.654	1.326	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	3163.16	4053.6	400.675	506.698	1.265	O.K
우측날개벽	A(T=600 mm)	600	80	2546.23	3096.8	325.474	392.654	1.206	O.K
	화부(T=450	450	80	1244.37	3096.8	114.503	274.202	2.395	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	2361.04	3096.8	302.621	392.654	1.298	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	3157.64	4053.6	400.008	506.698	1.267	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		95.072	150	125	484.572	O.K
후면저판		97.886	150	125	590.759	O.K
벽체 (H=9.730)		73.001	150	125	862.998	O.K
흉벽		109.927	150	125	486.385	O.K
좌측날개벽	A(T=600 mm)	95.689	150	125	654.231	O.K
	화부(T=450	49.6	150	125	1270.165	O.K
	B(T=600 mm)	115.294	150	125	510.536	O.K
	C(T=600 mm)	120.767	150	125	483.335	O.K
우측날개벽	A(T=600 mm)	126.496	150	125	450.047	O.K
	화부(T=450	61.311	150	125	1027.552	O.K
	B(T=600 mm)	118.024	150	125	494.738	O.K
	C(T=600 mm)	120.731	150	125	483.528	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
- (1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
- (2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
- (3) 교 량 등 급 : 1 등교
- (4) 교 대 총 폭 : B = 16.145 m
- (5) 교 대 총높이 : H = 11.530 m
- (6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
- (7) SKEW : 100.000 °

2) 하 중
- (1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
- (4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m
- (5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 505.010 kN/m
- (6) 상부 활하중 반력 : Rl = 146.396 kN/m
- (7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

3) 지 반 조 건
- (1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
- (2) 기초지반의 N치 : N = 15.000
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 30.000 ° {Φ2 = 15 + √15N}
- (4) 기초지반의 점착력 : C = 17.000 kN/m²
- (5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.364 : TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
- (6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
  - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
  - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
  - 탄성계수 : Ec = 26986.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
  - 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
- (1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
- (2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
- (1) 도로교 설계기준 (2010)
- (2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
- (3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
- (4) 도로설계 편람 (2008)
- (5) 도로설계 요령 (2009)
- (6) 강구조 편람 (1995)
- (7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	929.980	702.243	O.K
	허용인발력(kN/EA)	301.235	-	O.K
	휨응력(MPa)	140.000	115.001	O.K
	전단응력(MPa)	80.000	12.912	O.K
	수평변위(mm)	15.000	11.381	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1394.970	944.873	O.K
	허용인발력(kN/EA)	451.853	-36.245	O.K
	휨응력(MPa)	210.000	135.524	O.K
	전단응력(MPa)	120.000	19.610	O.K
	수평변위(mm)	15.000	9.740	O.K

■ 단면 및 설계

단면위치		길이	dc	Req. As	사용철근량	Mu	ΦMn	안전도	비고
		H(mm)	(mm)	(mm²)	(mm²)	(kN.m)	(kN.m)		
전면저판		1800	150	2007.4	4053.6	837.057	1674.743	2.001	O.K
후면저판		1800	100	2717.51	5139.2	1164.193	2178.322	1.871	O.K
벽체 (H=9.230)		2350	100	3255.71	6353.6	1848.088	3569.688	1.932	O.K
흉벽		800	100	905.773	1588.8	160.142	278.868	1.741	O.K
좌측날개벽	A(T=600 mm)	600	80	2398.5	3096.8	307.254	392.654	1.278	O.K
	화부(T=450	450	80	1493.34	3096.8	136.716	274.202	2.006	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	2206.9	3096.8	283.503	392.654	1.385	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	3064.02	4053.6	388.686	506.698	1.304	O.K
우측날개벽	A(T=600 mm)	600	80	2157.02	3096.8	277.297	392.654	1.416	O.K
	화부(T=450	450	80	1154.8	3096.8	106.455	274.202	2.576	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	2020.57	3096.8	260.272	392.654	1.509	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	2743.89	4053.6	349.723	506.698	1.449	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		87.035	150	125	561.061	O.K
후면저판		86.884	150	125	692.636	O.K
벽체 (H=9.230)		61.798	150	125	1019.451	O.K
흉벽		108.501	150	125	495.796	O.K
좌측날개벽	A(T=600 mm)	119.101	150	125	488.706	O.K
	화부(T=450	73.291	150	125	859.585	O.K
	B(T=600 mm)	110.331	150	125	541.259	O.K
	C(T=600 mm)	117.075	150	125	503.895	O.K
우측날개벽	A(T=600 mm)	107.287	150	125	561.516	O.K
	화부(T=450	56.923	150	125	1106.758	O.K
	B(T=600 mm)	101.152	150	125	606.03	O.K
	C(T=600 mm)	105.245	150	125	579.503	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
- (1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
- (2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
- (3) 교 량 등 급 : 1 등교
- (4) 교 대 총 폭 : B = 16.145 m
- (5) 교 대 총높이 : H = 11.030 m
- (6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
- (7) SKEW : 100.000 °

2) 하 중
- (1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
- (4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m
- (5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 505.010 kN/m
- (6) 상부 활하중 반력 : Rl = 146.824 kN/m
- (7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

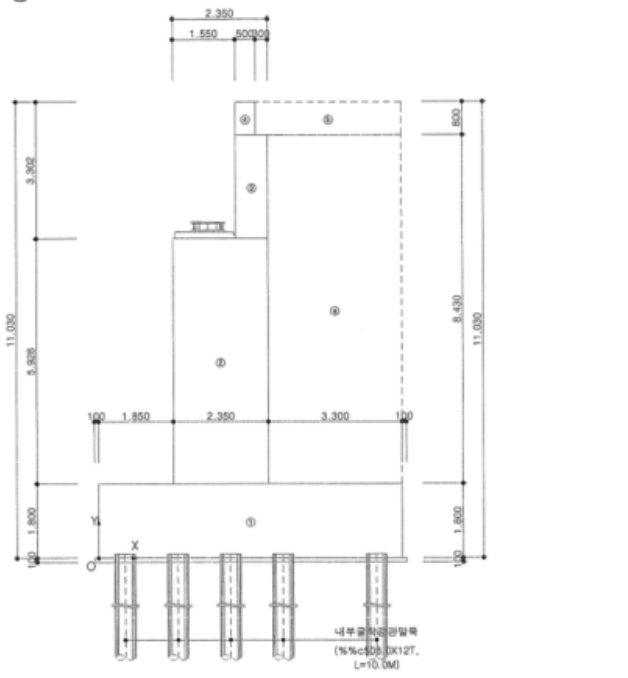
3) 지 반 조 건
- (1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
- (2) 기초지반의 N치 : N = 27.000
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 35.125 ° {Φ2 = 15 + √15N}
- (4) 기초지반의 점착력 : C = 17.000 kN/m²
- (5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.433 : TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
- (6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
  - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
  - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
  - 탄성계수 : Ec = 26986.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
  - 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
- (1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
- (2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
- (1) 도로교 설계기준 (2010)
- (2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
- (3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
- (4) 도로설계 편람 (2008)
- (5) 도로설계 요령 (2009)
- (6) 강구조 편람 (1995)
- (7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
고정하중	1351.161	1373.273	1350.000	1348.966	1375.518	1354.604	8153.522
활하중	427.158	399.883	369.333	368.459	402.845	402.845	2370.523

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
교축방향	192.31	192.33	192.3	192.29	192.32	192.29	1153.84
직각방향	133.31	133.27	133.32	133.29	133.18	132.85	799.22

2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1250.500	846.846	O.K
		허용인발력(kN/EA)	416.962	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	79.397	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	0.689	O.K
		수평변위(mm)	15.000	0.144	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1875.800	1079.151	O.K
		허용인발력(kN/EA)	625.443	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	122.114	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	13.366	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.573	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	1250.500	901.372	O.K
		허용인발력(kN/EA)	416.962	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	89.401	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	3.763	O.K
		수평변위(mm)	15.000	0.786	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1875.800	886.450	O.K
		허용인발력(kN/EA)	625.443	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	124.535	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	16.150	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.901	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

① 기둥 상단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.011	17445.217	48526.477	2.782	O.K
	모멘트최대	0.011	12191.488	48526.477	3.980	O.K
	탄성설계	0.011	9378.068	11642.745	1.241	O.K
	편심최대	0.011	8440.261	48526.477	5.749	O.K
교축직각방향	축력최대	0.011	17445.217	47579.069	2.727	O.K
	모멘트최대	0.011	10828.563	32997.068	3.047	O.K
	탄성설계	0.011	9378.068	23458.122	2.395	O.K
	편심최대	0.011	8015.143	30978.714	3.865	O.K
합성부재력	축력최대	0.011	17445.217	47577.512	2.727	O.K
	모멘트최대	0.011	11262.044	33917.383	3.012	O.K
	탄성설계	0.011	9378.098	10844.110	1.156	O.K
	편심최대	0.011	7582.312	32592.202	4.298	O.K
	모멘트최대	0.011	10828.563	32078.002	2.962	O.K
	편심최대	0.011	8015.143	30309.627	3.782	O.K

② 기둥 하단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.011	17967.982	48526.477	2.701	O.K
	모멘트최대	0.011	12714.252	48526.477	3.817	O.K
	탄성설계	0.011	9780.194	12269.509	1.255	O.K
	편심최대	0.011	8802.175	48526.477	5.513	O.K
교축직각방향	축력최대	0.011	17967.982	47853.375	2.663	O.K
	모멘트최대	0.011	11331.221	33973.143	2.998	O.K
	탄성설계	0.011	9780.194	23729.117	2.426	O.K
	편심최대	0.011	8397.163	29536.720	3.517	O.K
합성부재력	축력최대	0.011	17967.982	47853.375	2.663	O.K
	모멘트최대	0.011	11784.808	34754.350	2.949	O.K
	탄성설계	0.011	9780.194	11596.055	1.186	O.K
	편심최대	0.011	7944.226	33977.363	4.239	O.K
	모멘트최대	0.011	11331.221	32975.962	2.910	O.K
	편심최대	0.011	8397.163	28992.184	3.437	O.K

③ 기둥 상단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.011	17185.607	48526.477	2.824	O.K
	모멘트최대	0.011	12023.640	48526.477	4.036	O.K
	탄성설계	0.011	9248.954	12326.653	1.333	O.K
	편심최대	0.011	8324.059	48526.477	5.830	O.K
교축직각방향	축력최대	0.011	17185.607	47460.535	2.762	O.K
	모멘트최대	0.011	15049.636	45455.237	3.020	O.K
	탄성설계	0.011	9248.954	21697.836	2.346	O.K
	편심최대	0.011	12274.949	44868.390	3.655	O.K
합성부재력	축력최대	0.011	17185.607	45955.504	2.602	O.K
	모멘트최대	0.011	12953.085	47326.122	3.654	O.K
	탄성설계	0.011	9248.954	12723.533	1.376	O.K
	편심최대	0.011	9182.007	44032.855	4.796	O.K
	모멘트최대	0.011	15049.636	43505.072	2.891	O.K
	편심최대	0.011	12274.949	43317.700	3.529	O.K

④ 기둥 하단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.011	17708.371	48526.477	2.740	O.K
	모멘트최대	0.011	12546.405	48526.477	3.868	O.K
	탄성설계	0.011	9651.080	12591.179	1.346	O.K
	편심최대	0.011	8685.972	48526.477	5.587	O.K
교축직각방향	축력최대	0.011	17708.371	47742.091	2.696	O.K
	모멘트최대	0.011	15572.400	45944.530	2.949	O.K
	탄성설계	0.011	9651.080	22974.470	2.381	O.K
	편심최대	0.011	10061.898	43558.724	4.329	O.K
합성부재력	축력최대	0.011	17708.371	45217.527	2.553	O.K
	모멘트최대	0.011	13475.849	47480.842	3.523	O.K
	탄성설계	0.011	9651.080	13615.417	1.411	O.K
	편심최대	0.011	9543.921	44501.365	4.663	O.K
	모멘트최대	0.011	15572.400	43782.198	2.812	O.K
	편심최대	0.011	10061.898	42175.536	4.192	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		길이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	φMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	1977.9	100.0	21658.837	24305.600	13260.239	14834.722	1.119	O.K
	우측내민보	1977.9	100.0	21070.191	24305.600	12908.710	14834.722	1.149	O.K
	좌측내민보수	2800.0	100.0	902.830	3948.800	827.974	3609.231	4.359	O.K
	우측내민보수	2800.0	100.0	911.435	3948.800	835.857	3609.231	4.318	O.K
	내부지간1좌	2235.6	357.7	19712.510	24305.600	12096.040	14834.722	1.226	O.K
	내부지간1좌	2106.7	228.8	2785.533	17239.200	1730.632	10532.616	6.086	O.K
	내부지간1우	2042.3	164.4	19040.122	24305.600	11692.592	14834.722	1.269	O.K
	교량받침1	1720.8	100.0	103.346	24305.600	55.827	12709.650	227.661	O.K
	교량받침7	1764.3	100.0	985.225	24305.600	546.167	13089.130	23.959	O.K
	교량받침3	2171.2	100.0	3352.236	24305.600	2316.450	16431.796	7.094	O.K
	교량받침9	2171.2	100.0	2605.432	24305.600	1801.796	16431.796	9.120	O.K
	교량받침4	2106.7	100.0	2673.516	24305.600	1790.182	15899.435	8.881	O.K
	교량받침10	2106.7	100.0	3000.727	24305.600	2008.581	15899.435	7.916	O.K
	교량받침6	1442.2	100.0	1172.147	24305.600	521.266	10407.335	19.955	O.K
	교량받침12	1398.7	100.0	103.101	24305.600	44.404	10047.856	226.283	O.K
기초	교축방향	1800.0	150.0	37782.189	66167.200	20870.453	36121.942	1.731	O.K
	교직-지점부	1800.0	150.0	11935.192	21290.500	6636.196	11754.806	1.771	O.K
	교직-중앙부	1800.0	100.0	18148.231	21290.500	10352.230	12116.745	1.170	O.K

▣ 사용성 검토

	단면위치	인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(So)	비 고
두부보	좌측내민보	213.607	180.000	121.739	158.668	O.K
	우측내민보	212.859	180.000	121.739	159.963	O.K
	좌측내민보수평	80.056	180.000	247.238	773.682	O.K
	우측내민보수평	80.819	180.000	247.238	764.404	O.K
	내부지간1좌측지점부	183.294	180.000	121.739	219.636	O.K
	내부지간1중앙부	41.814	180.000	233.333	1506.688	O.K
	내부지간1우측지점부	215.855	180.000	121.739	154.828	O.K
	교량받침1	1.202	180.000	121.739	52404.100	O.K
	교량받침7	10.114	180.000	121.739	6228.953	O.K
	교량받침3	36.856	180.000	121.739	1621.278	O.K
	교량받침9	31.338	180.000	121.739	2010.352	O.K
	교량받침4	23.696	180.000	121.739	2859.827	O.K
	교량받침10	32.606	180.000	121.739	1932.158	O.K
	교량받침6	12.369	180.000	121.739	5093.333	O.K
	교량받침12	1.209	180.000	121.739	52090.866	O.K
기초	교축방향	140.601	180.000	126.214	221.348	O.K
	교직-지점부	146.284	180.000	129.091	190.835	O.K
	교직-중앙부	205.407	180.000	129.091	160.886	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : 다주식 교각
2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
3) 교 장 등 급 : 1 등급
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γsoil = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2판 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 50
2) 기초지반의 내부마찰각 : Φ-2 = 42.366 ° : 15 + √ 15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 17 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : u = 0.537 : TAN(3/5 · Φ-2) : 흙과 콘크리트
5) 지반 거속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
거등: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 30891 MPa
거등: 30891 MPa
기초: 27804 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]

2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
거등: 400 MPa
기초: 400 MPa
기둥(전단철근) 400 MPa
기초(전단철근) 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

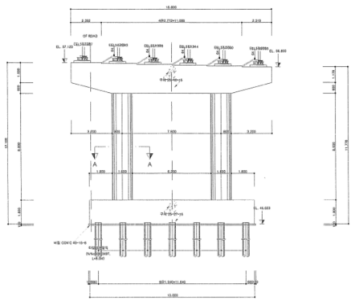
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)
(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
(4) 도로설계 편람 (2008)
(5) 도로설계 요령 (2009)
(6) 강구조 편람 (1995)
(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

4. 단 면 가 정



10.3.3 기둥 하단 지점 검토

1) 기둥부재력 집계 : 하단

구 분	Pu(kN)	Mx(kN.m)	My(kN.m)	M2(kN.m)	비 고
UL03	-17708.371	1572.331	2004.670	2547.730	축력최대
UL04	-13475.849	1040.981	1173.431	1568.624	모멘트최대
UL22	-9651.080	6830.460	4426.992	8139.621	탄성설계
UL22	-9651.080	2276.460	412.592	2313.547	소성설계
UE26	-9543.921	-728.911	1260.470	1456.055	편심최대
UL09	-15572.400	1344.551	2121.851	2511.985	모멘트최대
UE14	-10061.898	-767.820	1650.487	1820.345	편심최대

註) Pu : 축력, Mx : 교축방향 모멘트, My : 교축직각방향 모멘트
Mx,My는 확대 모멘트 값을 사용한다, M2 = √ (Mx² + My²)

2) 기둥검토 요약

구 분	철 근 비				축방향력, 휨				
	Pe/n	Puse	Pmax	비고	ΦPn	Pu	Mu	안전도	비 고
축력최대	0.010	0.011	0.060	O.K	45217.527	17708.371	2547.730	2.553	O.K
모멘트최대	0.010	0.011	0.060	O.K	47480.842	13475.849	1569.624	3.523	O.K
탄성설계	0.010	0.011	0.060	O.K	13615.417	9651.080	8139.621	1.411	O.K
편심최대	0.010	0.011	0.060	O.K	44501.365	9543.921	1456.055	4.663	O.K
모멘트최대	0.010	0.011	0.060	O.K	43782.198	15572.400	2511.985	2.812	O.K
편심최대	0.010	0.011	0.060	O.K	42175.536	10061.898	1820.345	4.192	O.K

3) 기둥단면 검토

① 축력최대 : (부재 30, UL003)
【 편향기둥 : 하부 , 1/7 】

◎ 설계조건 및 단면가정

fck=40MPa, fy=400MPa, k1=0.77, Φ=0.75, θ=51.892도(휨축력각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
1800	125	1,675	17708.371	2547.73	143.9

◎ 철근비 검토

Ag = 2010619.30 ㎟ , Ast = 21199.20 ㎟ , Puse = 0.01054
= 1단 : HD9 - 33EA (Ast=21199.200 ㎟), d1 = 125.000 mm
ρmin (= 0.0100) ≤ ρuse (= 0.0105) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

◎ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 885.00 mm, ab = k1 x cb = 677.91 mm
Cc = 0.85 x 40.0 x 1620808.445 = 55304.697 kN
∑Csi = 4985.348 kN, ∑Tsi = 0.000 kN
Pb = 55304.697 + 4985.348 - 0.000 = 60290.036 kN
Mb = Cc x 436.414 + ∑(Csi+di) + ∑(Tsi+di) = 140365.471 kN.m
eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 501.486 mm, e = Mu/Pu = 143.871 mm)

◎ 공칭강도 산정

- 반력시산법을 이용하여 c = 1575.08 mm, a = k1 x c = 1206.51 mm 를 사용.
Cc = 0.85 x 40.0 x 1620808.445 = 55304.697 kN
∑Csi = 4985.348 kN, ∑Tsi = 0.000 kN
Pn = 55304.697 + 4985.348 - 0.000 = 60290.036 kN
Mn = Cc x 134.104 + ∑(Csi+di) + ∑(Tsi+di) = 8673.544 kN.m
- 편심오차 : | e - Mn/Pn(=143.865) | = 0.0062 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

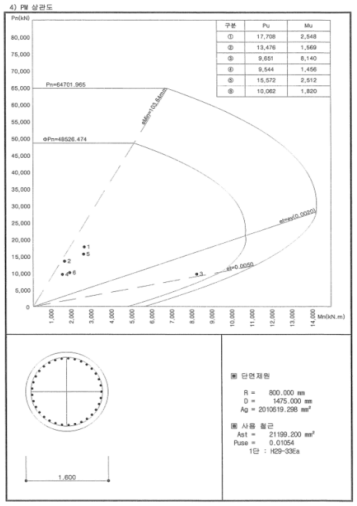
◎ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 1600.00 - 125.00 = 1475.000 mm
c = 1575.076 mm, a = k1 x c = 1206.508 mm
εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020
εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (1475.00-1575.08) / 1575.08 = -0.00019
εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.75 를 적용한다.

◎ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.85 x {0.85 fck×(Ag-Ast) + fy×Ast} = 64701.969 kN ≥ Pn = 60290.036 kN
ΦPn = 0.75 x 60290.036 = 45217.527 kN ≥ Pu = 17708.371 kN ∴ O.K
ΦMn = ΦPn x 0.144 = 6505.513 kN.m ≥ Mu = 2547.730 kN.m ∴ O.K

4) PM 상관도



구분	Pu	Mu
①	17,708	2,548
②	13,476	1,569
③	9,651	8,140
④	9,544	1,456
⑤	15,572	2,512
⑥	10,062	1,820

▣ 단면제원

R = 800.000 mm
D = 1475.000 mm
Ag = 2010619.298 ㎟

▣ 사용 철근

Ast = 21199.200 ㎟
Puse = 0.01054
1단 : HD9-33EA

30.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 30.2.1】 서문27교(문산) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	서문27교(문산)의 현장조사 및 분석 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 시설물의 전반적인 안정성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로 판단된다. 해당 구조물의 경우 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	서문27교(문산)의 주요 손상현황으로는 교면포장 접속도로 파손, 신축이음 후타재 균열, 차수판볼트탈락, 교대 신축이음 하부 누수, 균열부백태가 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교면포장 접속도로 파손 신축이음 후타재 균열(cw=0.3㎜미만), 차수판 볼트탈락, 신축이음 하부 누수 교대 균열부백태	양호

30.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

30.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 기 손상인 신축이음 후타재 균열, 하부 누수, 교대 균열부 백태 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

30.2.5 시설물 보수 이력

【표 30.2.2】 서문27교(문산) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

30.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 30.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

30.3 현장조사

30.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



제원조사



비파괴시험

【사진 30.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

30.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 서문27교(문산)의 바닥판하면은 차량하중을 직접적으로 지지하는 동시에 거더에 하중을 분산시키는 역할을 하는 주요 부재로 총 2경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=100.0m 폭 15.9m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 30.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 백태가 조사되었다.

【표 30.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	백태 (㎡/개소)	
S1	0.05	1
S2	-	-
합계	0.05	1

	
S1 백태(0.1×0.5)	바닥판 하면 상태양호

【사진 30.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 백태는 초기건조수축, 온도변화, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 교량의 내구성 확보를 위해 표면보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.

나. BICON Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 BH거더는 2경간 6열로 시공되었다.
- 거더에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
거더 전경	거더 전경

【사진 30.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 S1과 S2 거더 연결부에 균열이 조사되었다.

【표 30.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		균열(0.3㎜이상) (m/개소)	
거더	S1	-	-
	S2	2.00	1
합계		2.00	1

	
S2-G6 균열(Cw=0.3㎜이상)	거더 상태양호

【사진 30.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더에 발생한 균열은 거더와 거더 연결부에 발생한 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 주입보수 등의 조치가 필요하다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있다.
- 가로보에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
가로보 전경	가로보 전경

【사진 30.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 30.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 30.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 서문27교(문산) 교대는 상부 구조물로부터의 하중을 기초로 전달하는 부재로써, 역T형으로 A1, A2 강관말뚝기초로 시공되어있다.
- 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
교대 전경(A1)	교대 전경(A2)

【사진 30.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 균열부 백태가 발생한 것으로 조사되었다.

【표 30.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	균열부 백태 (㎡/개소)	
A1	-	-
A2	0.12	2
합계	0.12	2

	
A2 균열부 백태(0.2×0.3×2EA)	교대 구체 상태양호

【사진 30.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 국부적인 누수흔적이 확인되었고, 그 외의 손상인 균열부 백태의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 백태로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하다.
- 신축이음 하부를 통한 누수에 대해 지속적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 서문27교(문산)의 교각은 π형 1기로, 기초는 강관말뚝기초로 시공되었다.
- 교각에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
교각 전경	교각 전경

【사진 30.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

【표 30.3.5】 교각 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
합계	-	-

	
코핑부 상태양호	기둥부 상태양호

【사진 30.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

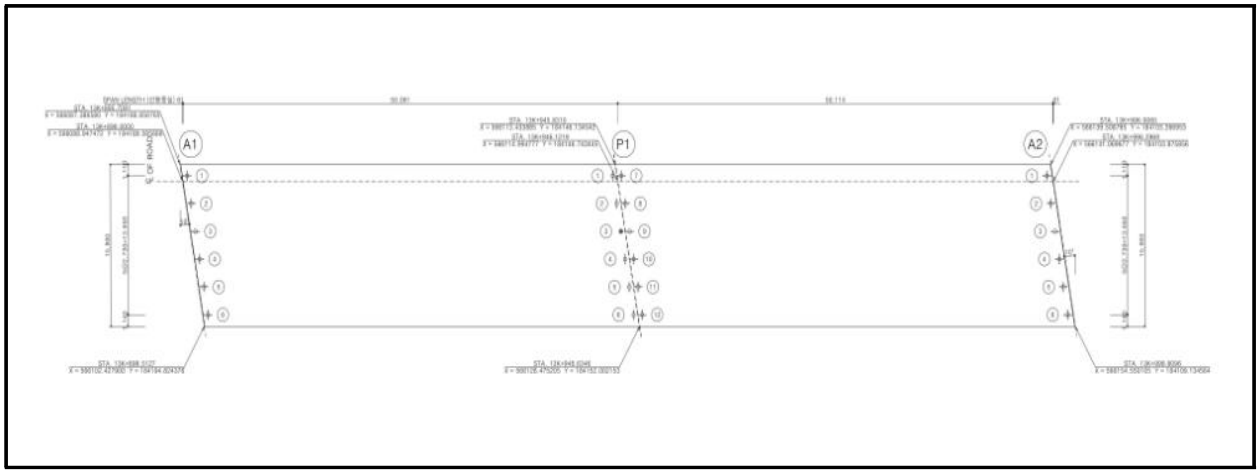
4) 검토의견

- 교각은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었고, 기존보수부의 재손상 발생여부, 코핑부의 단면변화부의 균열발생 유무 등 취약부위에 대해 주의관찰을 실시하는 유지관리가 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 서문27교(문산)의 받침은 탄성받침으로 총 24기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 30.3.1】 교량받침 배치도



탄성받침(일방향) 전경	탄성받침(양방향) 전경	탄성받침(고정) 전경

【사진 30.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 30.3.6】 교량받침 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
P1	-	-
A2	-	-
합계	-	-



교량받침 상태양호



교량받침 상태양호

【사진 30.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

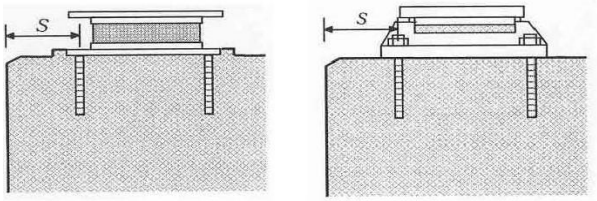
■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 받침본체 및 몰탈, 콘크리트 모두 양호한 상태로 조사되었으나, 플레이트 도장 및 콘크리트 균열 등에 대하여 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 30.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 30.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450(㎜)

【표 30.3.7】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)						검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	
A1		450	510	510	510	500	500	500	O.K
P1	A1측	450	640	640	630	630	630	630	O.K
	A2측	450	540	560	550	540	550	550	O.K
A2		450	520	520	520	520	510	520	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 30.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 30.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	26.2	23.8	0.00001	50.0	13.1	11.9	
P1	고정단						
A2	26.2	23.8	0.00001	50.0	13.1	11.9	

1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)

【표 30.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	+15	64.5	34.5	13.1	11.9	±49.5	O.K
	SH2	+15	64.5	34.5			±49.5	O.K
	SH3	+15	64.5	34.5			±49.5	O.K
	SH4	+15	64.5	34.5			±49.5	O.K
	SH5	+15	64.5	34.5			±49.5	O.K
	SH6	+15	64.5	34.5			±49.5	O.K
P1	고정단							
A2	SH1	+25	74.5	24.5	13.1	11.9	±49.5	O.K
	SH2	+25	74.5	24.5			±49.5	O.K
	SH3	+25	74.5	24.5			±49.5	O.K
	SH4	+25	74.5	24.5			±49.5	O.K
	SH5	+25	74.5	24.5			±49.5	O.K
	SH6	+25	74.5	24.5			±49.5	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K 허용변위 = 받침높이 × 0.3								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 교량받침 이동량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 신축이음장치는 직접 차량하중을 받는 부재로써, 설계 및 시공의 결함은 차량통행자에게 불쾌감 및 위협감을 줄 뿐만 아니라 경우에 따라서는 교량구조에도 악영향을 미칠 수 있는 장치이다.
- 본 교량의 신축이음장치는 A1(NO.60), A2(NO.60) 뉴모노셀로 시공된 상태이다.
- 신축이음의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사 및 측정을 실시하였다.



EXP.J1(A1) 전경



EXP.J2(A2) 전경

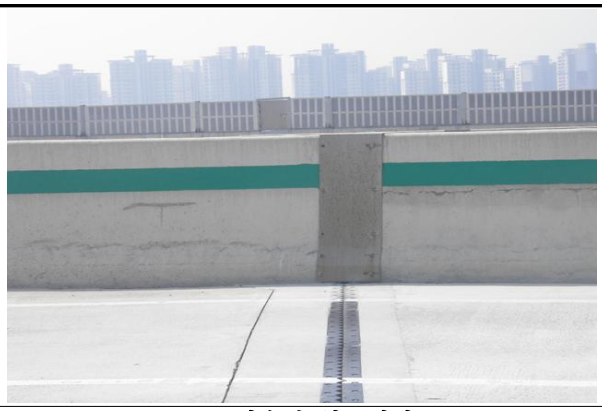
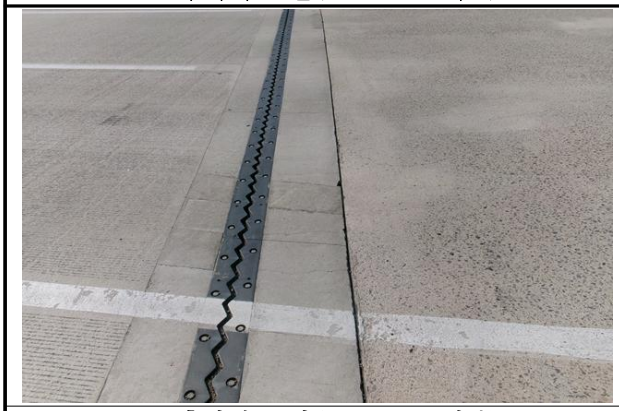
【사진 30.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 폭 0.3㎜미만의 후타재 균열, 차수판 앵커, 볼트 탈락, 하부 누수가 조사되었다.

【표 30.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		차수판 앵커,볼트 탈락 (개소/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	30.00	60	1.00	1	0.50	1
A2 (EXP J2)	12.00	30	3.00	1	2.00	2
합계	42.00	90	4.00	2	2.50	3

	
A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	A1 차수판 볼트탈락
	
A2 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	A2 차수판 볼트탈락
	
A1 하부 누수	A2 하부 누수

【사진 30.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 하부 누수의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 균열 보수 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 17. 기온 적용: 11.2℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃−11.2℃ = 23.8℃
△T(수축시) : −15.0℃−(11.2℃) = 26.2℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 30.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 30.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	26.2	23.8	0.00001	50.0	13.1	11.9	35	60	110	
A2	26.2	23.8	0.00001	50.0	13.1	11.9	30	45	140	
1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 30.3.12】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	13.1	11.9	35	60	48.1	23.1	O.K
	바닥판			60	-	-	48.1	O.K
	거더			110	-	-	98.1	O.K
A2	신축이음	13.1	11.9	30	60	43.1	18.1	O.K
	바닥판			45	-	-	33.1	O.K
	거더			140	-	-	128.1	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 서문27교(문산)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.
- 교면포장의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사를 실시하였다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

【사진 30.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 교량부의 포장은 양호한 상태이나, 접속도로 박리 및 망상균열이 확인되었다.

【표 30.3.13】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 망상균열 (㎡/개소)		접속도로 파손 (㎡/개소)	
S1	72.00	1	-	-
S2	-	-	0.50	1
합계	72.00	1	0.50	1

	
S1 접속도로 망상균열(9.0×8.0)	S1 접속도로 망상균열(9.0×8.0)
	
S2 접속도로 파손(0.2×2.5)	S2 접속도로 파손(0.2×2.5)

【사진 30.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장은 구배불량에 의한 물고임 현상은 없는 상태이며, 접속도로 포장부 콘크리트 망상균열 및 파손이 조사되었다. 상기 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 서문27교(문산)의 상부는 그레이팅 덮개로 마감된 배수구가 하부는 육교형 배수관이 시공되어있고, 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.
- 배수시설에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 30.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 30.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 30.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.
- 방호벽에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
방호벽 전경	중분대 전경

【사진 30.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 기 손상인 균열부 백태가 확인되었다.

【표 30.3.15】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	접속부 실란트 파손 (m/개소)	
S1	3.00	2
S2	-	-
합계	3.00	2

	
S1 접속부 실란트 파손	방호벽 상태양호

【사진 30.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 실란트 파손은 공용기간 증가, 우수유입 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성확보를 위한 실란트 충전 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 서문27교(문산)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1, P1, A2에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.
- 교량 점검시설에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



점검통로 전경



점검통로 전경

【사진 30.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 및 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 지지대 파손이 1개소 조사되었다.

【표 30.3.16】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	지지대 파손 (개소/개소)	
A1	-	-
P1	1.00	1
A2	-	-
합계	1.00	1

	
P1 지지대 파손	점검로 상태양호

【사진 30.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 교각 P1에 지지대 파손 1개소가 조사되었고, 이는 외부충격에 의한 손상으로 판단된다. 파손부는 점검자의 안전을 위해 정비가 필요한 상태이다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

30.3.3 외관조사 총괄표

【표 30.3.17】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	백태	㎡	0.05	1	
거더	균열(0.3㎜이상)	m	2.00	1	
가로보	상태양호	-	-	-	
교대	균열부 백태	㎡	0.12	2	
교각	상태양호	-	-	-	
교량받침	상태양호	-	-	-	
신축이음	후타재 균열	m	42.00	90	
	차수판 앵커볼트 탈락	EA	4.00	2	
	하부 누수	m	2.50	3	
교면포장	접속도로 망상균열	㎡	72.00	1	
	접속도로 파손	㎡	0.50	1	
배수시설	상태양호	-	-	-	
방호벽	접속부 실란트파손	m	3.00	2	
점검시설	지지대 파손	EA	1.00	1	

30.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

30.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

30.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 30.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	3	3	3	3	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



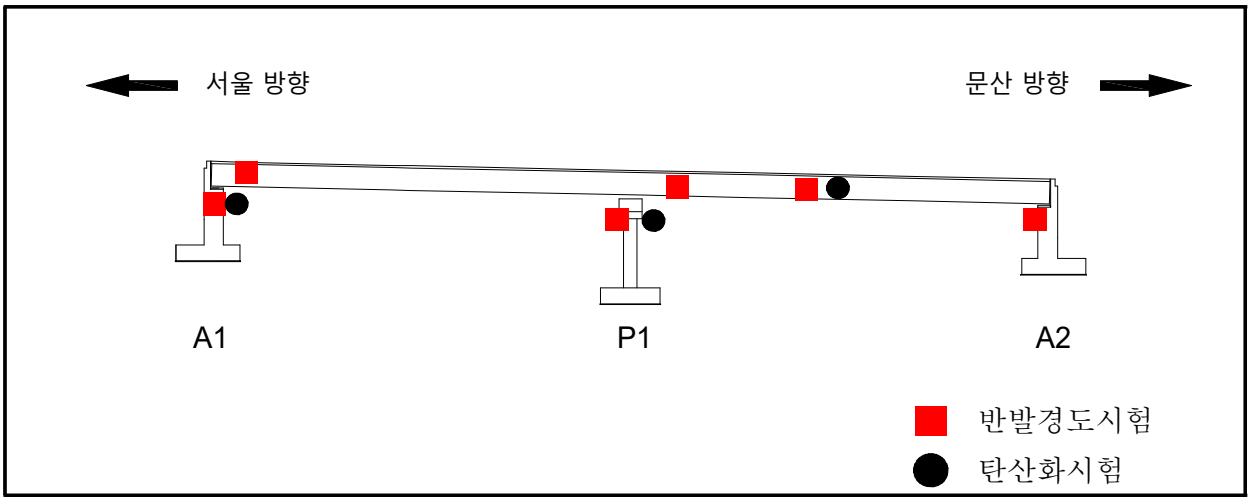
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 30.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 30.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

30.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(각 3개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 30.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S2	바닥판	46.3	27.3	28.7	0.67	27.0	
	S2	바닥판	46.1	27.2	28.7			

【표 30.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
상부구조	S1	거더	53.3	45.7	56.2	0.67	40.0	

【표 30.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	흉벽	46.4	27.4	28.8	0.67	24.0	
	A2	흉벽	46.4	27.4	28.8			

【표 30.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
하부구조	P1	코핑부	50.6	43.1	52.1	0.67	40.0	

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.2~27.3㎫, 거더 45.7㎫, 하부구조 교대 27.4㎫, 교각 43.1㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 30.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.2~27.3	27.0	100.8~101.1
	거더	45.7	40.0	114.3
하부구조	교대	27.4	24.0	114.3
	교각	43.1	40.0	107.7

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 30.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S2 바닥판하면	4.0	40.0	36.0	2.83	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	4.5	100.0	95.5	3.18	100년이상	a
	P1 코핑부	4.5	100.0	95.5	3.18	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 4.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 4.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 30.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	4.0	36.0	
하부구조	4.5	95.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 30.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~27.3	27.0	■설계강도 이상(양호)
		거더	45.7	40.0	
	하부구조	교대	27.4	24.0	
		교각	43.1	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

30.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

30.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 30.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	BICON	b	a	a	a	a	b	c	a	a	q	-	a
S2	P1	BICON	a	c	a	a	a	a	-	a	a	q	a	a
	A2								c	a	b	q	-	-
평균			0.150	0.250	0.100	0.100	0.100	0.150	0.400	0.100	0.133	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.027	0.050	0.005	0.007	0.003	0.003	0.036	0.009	0.027	-	0.004	0.003
													0.174	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.174) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 30.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
서문27교(문산)	0.174	B	100.0	3	300	1.000	0.174
합계(∑)			100.0	3	300	1.000	0.174
1. 평가지수 =							0.174
2. 상태평가결과 =							B

30.5.2 기 점검 결과와의 비교

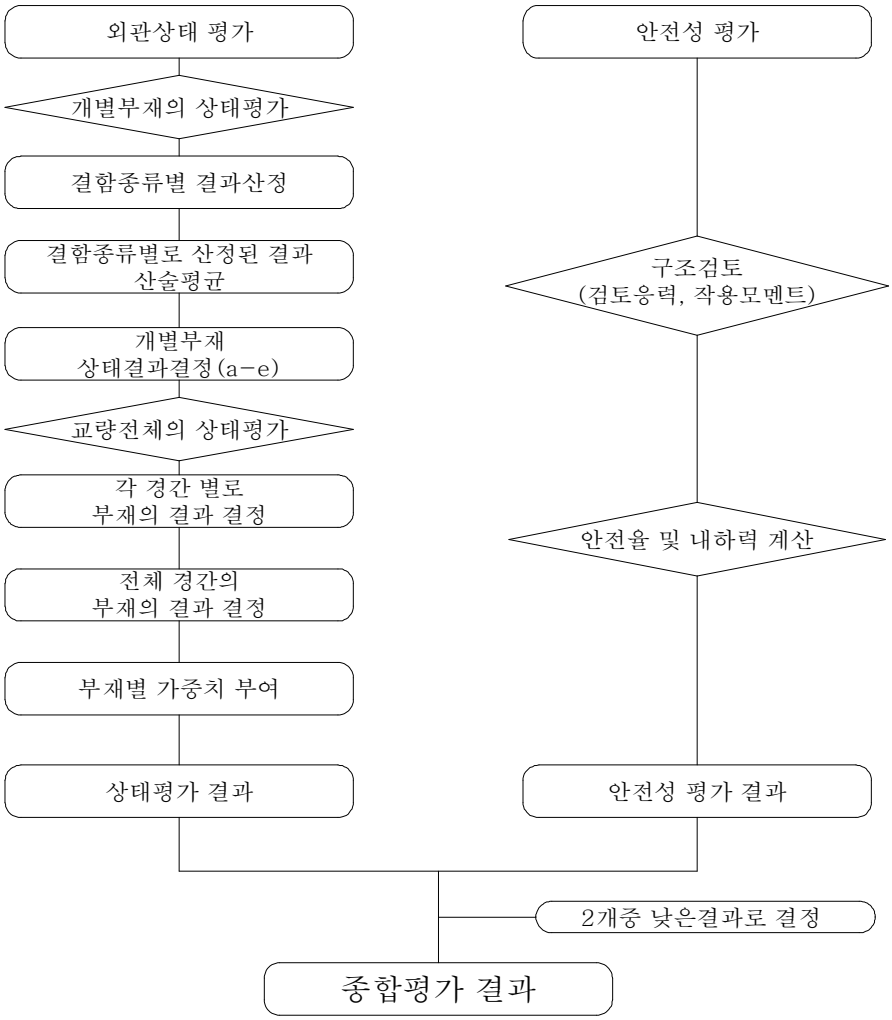
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

30.6 종합평가 및 안전등급 지정

30.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 30.6.1】 종합평가 결과 산정절차

30.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 30.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
서문27교(문산)	0.174	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

30.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 30.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

30.7 보수·보강 및 유지관리방안

30.7.1 보수·보강 방안

【표 30.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	백태	㎡	0.05	1	표면처리	하자
거더	균열(0.3㎜이상)	m	2.00	1	주입보수	하자
가로보	상태양호	-	-	-	-	-
교대	균열부 백태	㎡	0.12	2	표면처리	하자
교각	상태양호	-	-	-	-	-
교량받침	상태양호	-	-	-	-	-
신축이음	후타재 균열	m	42.00	90	표면처리	하자
	차수판 앵커볼트 탈락	EA	4.00	2	정비	하자
	하부 누수	m	2.50	3	재설치	하자
교면포장	접속도로 망상균열	㎡	72.00	1	표면처리	하자
	접속도로 파손	㎡	0.50	1	단면보수	하자
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
방호벽	접속부 실란트파손	m	3.00	2	실란트충전	하자
점검시설	지지대 파손	EA	1.00	1	정비	하자

30.7.2 개략공사비

【표 30.7.2】 개략공사비

구분	손상 내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	백태	표면처리	0.05	0.08	㎡	-	-	하자
거더	균열(0.3㎜이상)	주입보수	2.00	3.00	m	-	-	하자
교대	균열부 백태	표면처리	0.12	0.18	㎡	-	-	하자
신축이음	후타재 균열	표면처리	42.00	63.00	m	-	-	하자
	차수판 앵커볼트 탈락	정비	4.00	6.00	EA	-	-	하자
	하부 누수	재설치	2.50	3.75	m	-	-	하자
교면포장	접속도로 망상균열	표면처리	72.00	108.00	㎡	-	-	하자
	접속도로 파손	단면보수	0.50	0.75	㎡	-	-	하자
방호벽	접속부 실란트파손	실란트충전	3.00	4.50	m	-	-	하자
점검시설	지지대 파손	정비	1.00	1.50	EA	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

30.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 30.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상





① 바닥판 하면 백태, 거더 균열 등 – 진전 여부확인



② 하부구조 백태 – 진전 여부확인

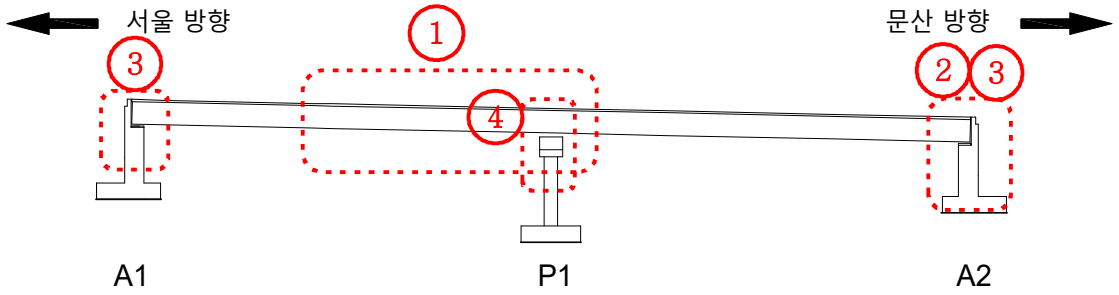




③ 신축이음 후타재 균열, 누수 – 진전 여부확인



④ 점검시설 지지대 파손 - 진전 여부확인



30.8 종합결론

본 시설물은 경기도 고양시 일산동구 문봉동 99-51에 위치한 교량으로 총 연장 100.0m, 폭 15.9m의 BICON Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

30.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면 현장조사 결과 백태가 조사되었다.
- 바닥판하면에 발생한 백태는 초기건조수축, 온도변화, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 교량의 내구성 확보를 위해 표면보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.

2) BICON Girder

- 거더에 대한 현장조사 결과 S1과 S2 거더 연결부에 균열이 조사되었다.
- 거더에 발생한 균열은 거더와 거더 연결부에 발샌한 균열로 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 주입보수 등의 조치가 필요하다.

3) 가로보

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 균열부 백태가 발생한 것으로 조사되었다.
- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 국부적인 누수흔적이 확인되었고, 그 외의 손상인 균열부 백태의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 백태로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하다.
- 신축이음 하부를 통한 누수에 대해 지속적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 요구된다.

5) 교각

- 교각에 대한 현장조사 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.
- 교각은 전반적으로 양호한 상태로 조사되었고, 기존보수부의 재손상 발생여부, 코핑부의 단면변화부의 균열발생 유무 등 취약부위에 대해 주의관찰을 실시하는 유지관리가 필요하다.

6) 교량받침

- 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 받침본체 및 몰탈, 콘크리트 모두 양호한 상태로 조사되었으나, 플레이트 도장 및 콘크리트 균열 등에 대하여 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 교량받침 이동량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음 현장조사 결과 폭 0.3㎜미만의 후타재 균열, 차수판 앵커, 볼트 탈락, 하부 누수가 조사되었다.
- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 하부 누수의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 균열 보수 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 현장조사 결과 교량부의 포장은 양호한 상태이나, 접속도로 박리 및 망상균열이 확인되었다.
- 교면포장은 구배불량에 의한 물고임 현상은 없는 상태이며, 접속도로 포장부 콘크리트 망상균열 및 파손이 조사되었다. 상기 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

9) 배수시설

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 기 손상인 균열부 백태가 확인되었다.
- 방호벽에 발생한 실란트 파손은 공용기간 증가, 우수유입 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성확보를 위한 실란트 충전 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

11) 교량 점검시설

- 교대 및 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 지지대 파손이 1개소 조사되었다.
- 점검시설은 교각 P1에 지지대 파손 1개소가 조사되었고, 이는 외부충격에 의한 손상으로 판단된다. 파손부는 점검자의 안전을 위해 정비가 필요한 상태이다.

12) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.2~27.3㎫, 거더 45.7㎫, 하부구조 교대 27.4㎫, 교각 43.1㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 4.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 4.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 서문27교(문산)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 서문27교(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

30.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

30.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

31. 장진천2교(서울)

31.1 시설물 개요
31.2 자료수집 및 분석
31.3 현장조사
31.4 콘크리트 내구성조사
31.5 상태평가
31.6 종합평가 및 안전등급 지정
31.7 보수·보강 및 유지관리 방안
31.8 종합결론

31. 장진천2교(서울)

31.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 능안리 95-8에 위치한 교량으로 총 연장 180.0m, 폭 12.3m로 시공되어 있다.

31.1.1 일반사항

【표 31.1.1】 장진천2교(서울) 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000120	관리번호	-	
시설물위치		경기도 파주시 조리읍 능안리 95-8	준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		본선구간 17.220km	노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=180.0m(3@60=180.0m)			
	폭	B=12.3m			
구조형식	상부	BH거더	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형 교각: T형		교 각	P1: 직접기초 P2: 강관말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음	핑거	
교차시설물		장진천	통과높이	5.0m	
부착시설내용		-	설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		지에스건설㈜	관리주체	㈜신성엔지니어링	
감 리 자		동남이엔씨㈜	관리주체	서울문산고속도로주식회사	

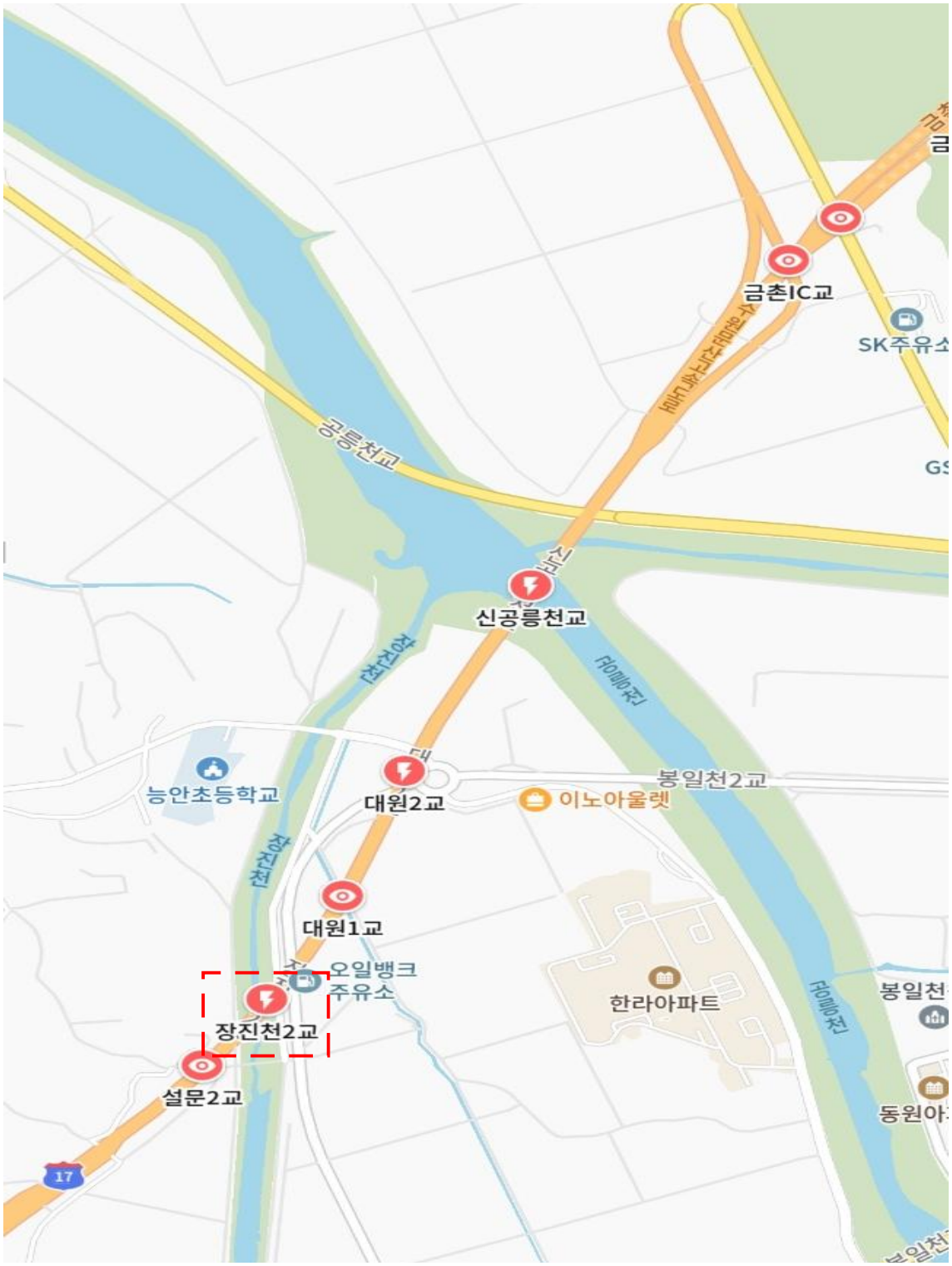


측면 전경



상부 전경

31.1.2 위치도 및 전경사진



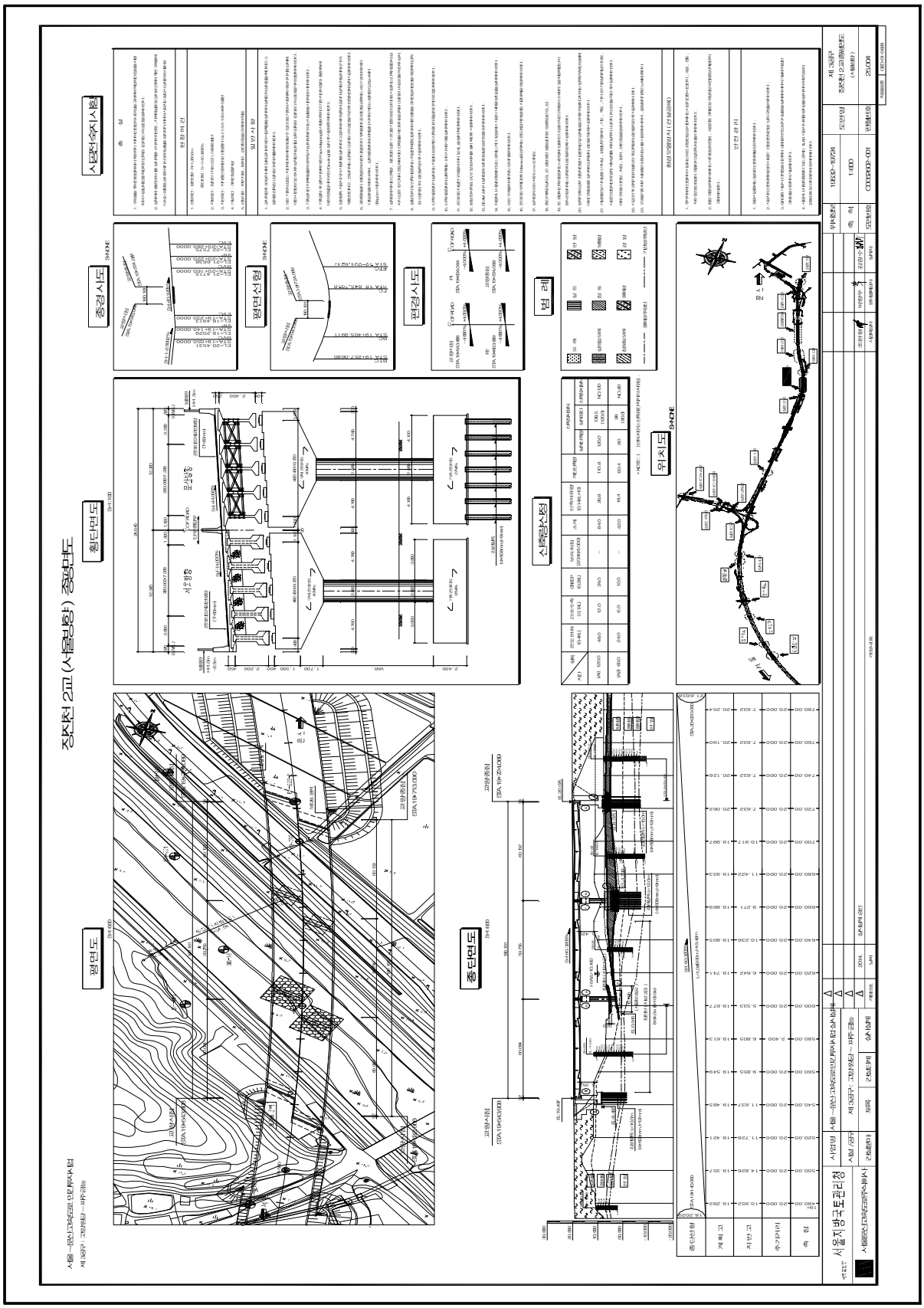
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S3	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 31.1.1】 위치도

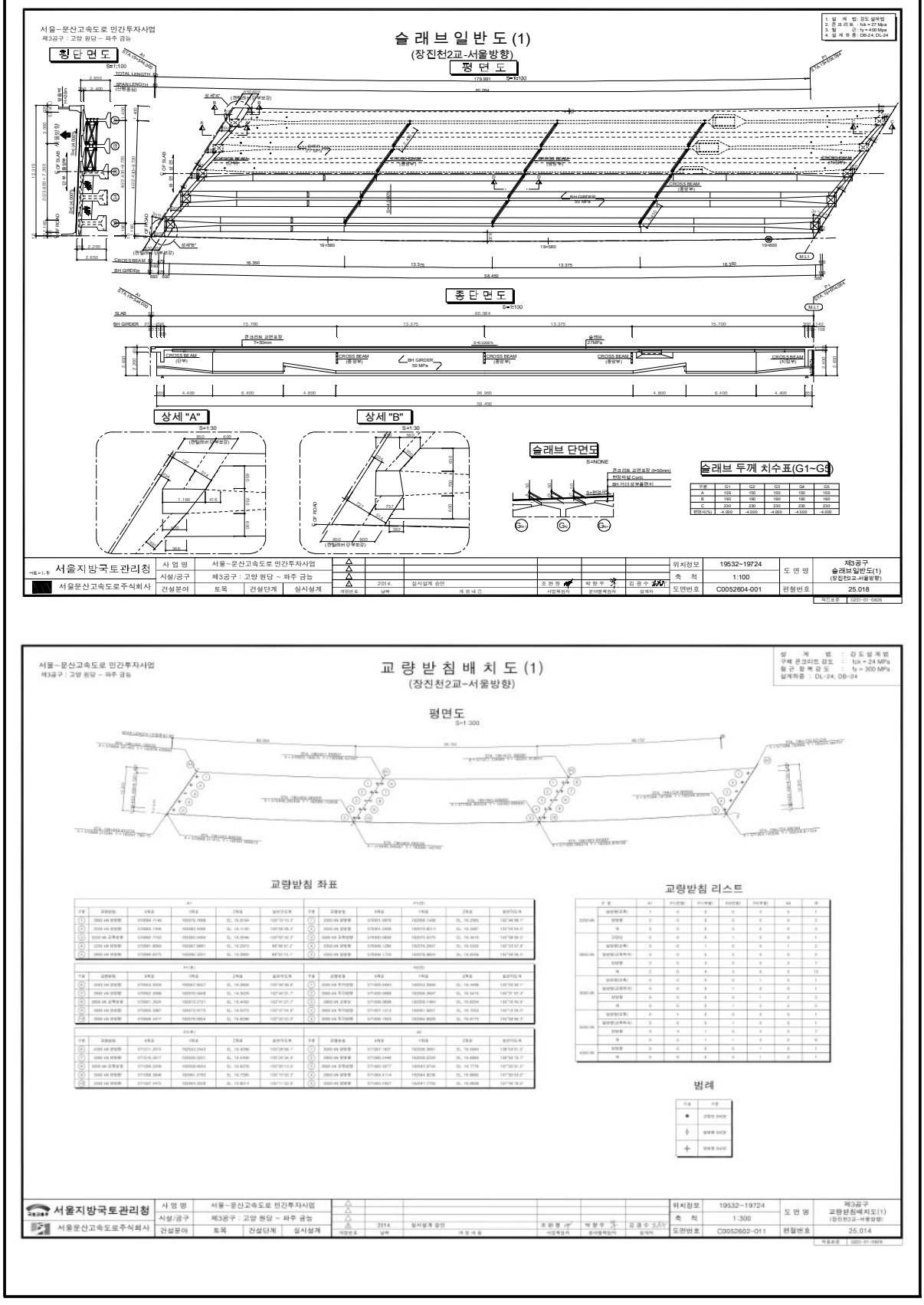
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
방호벽, 방음벽 전경	거더 전경
	
교대(A1) 전경	교대(A2) 전경
	
교각 전경	교량받침 전경

【그림 31.1.2】 부재별 전경 및 작업사진

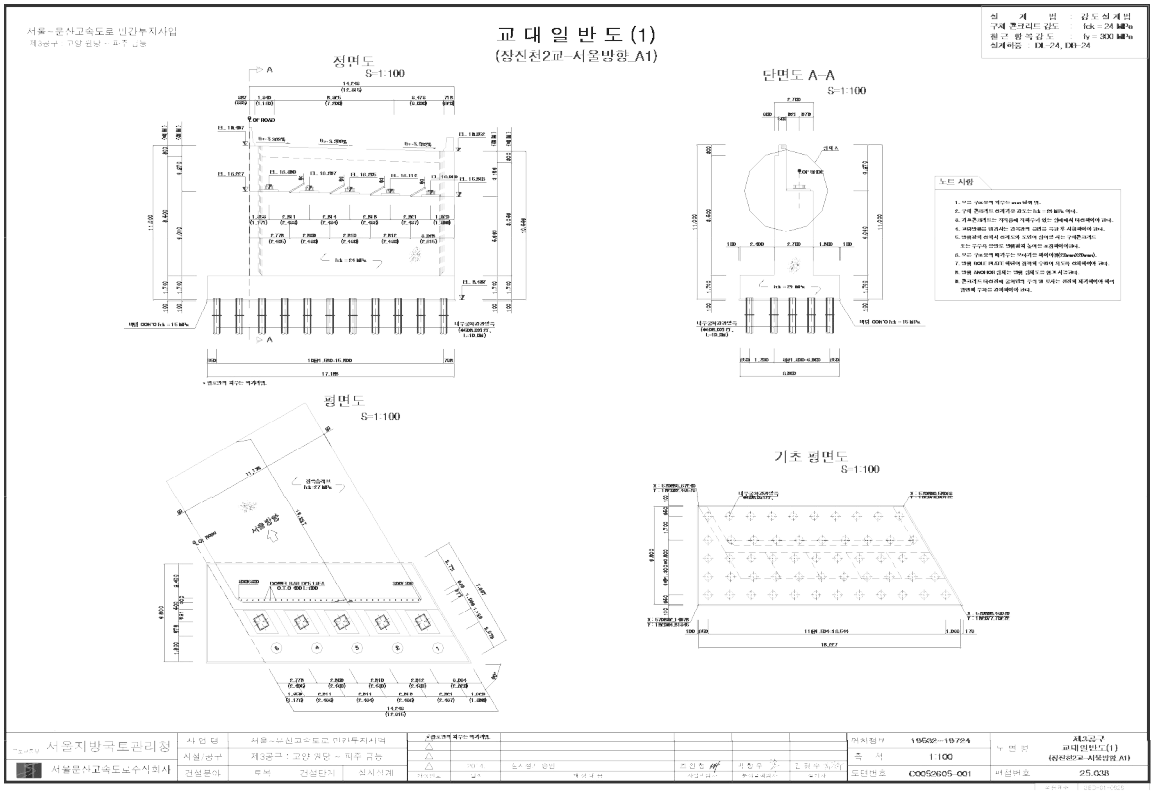
31.1.3 시설물 일반도

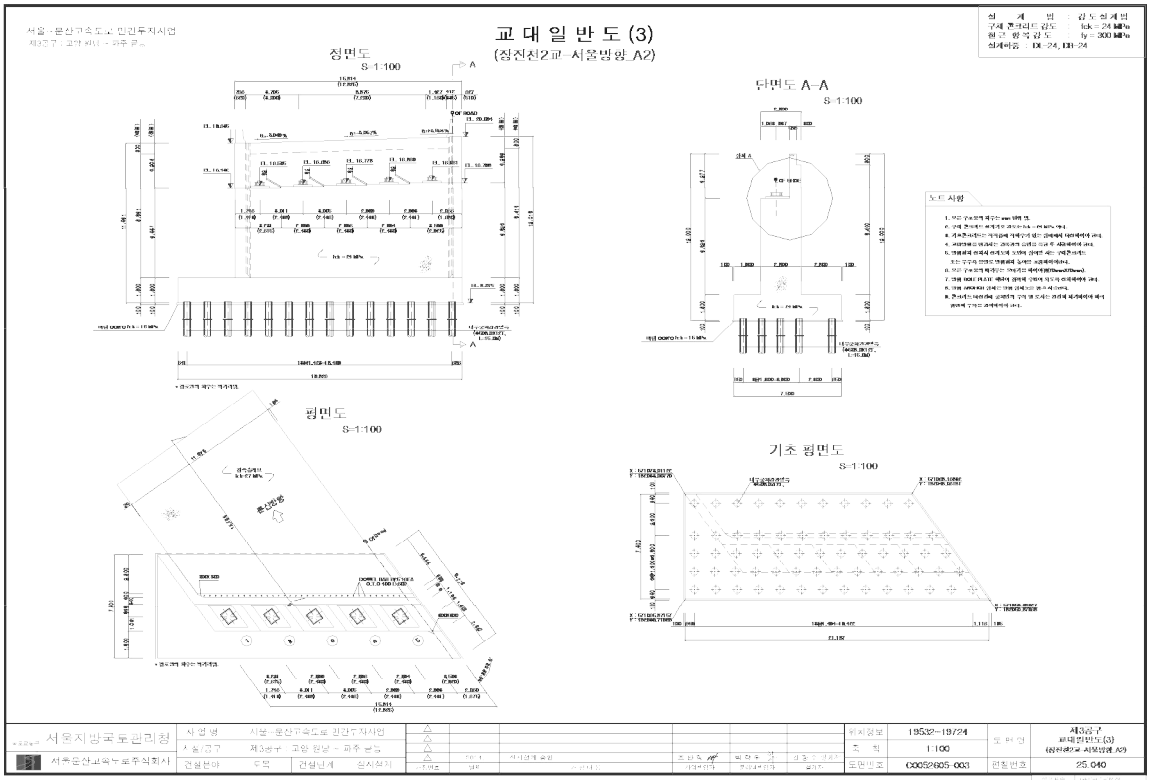


【그림 31.1.3】 평면 및 종단면도

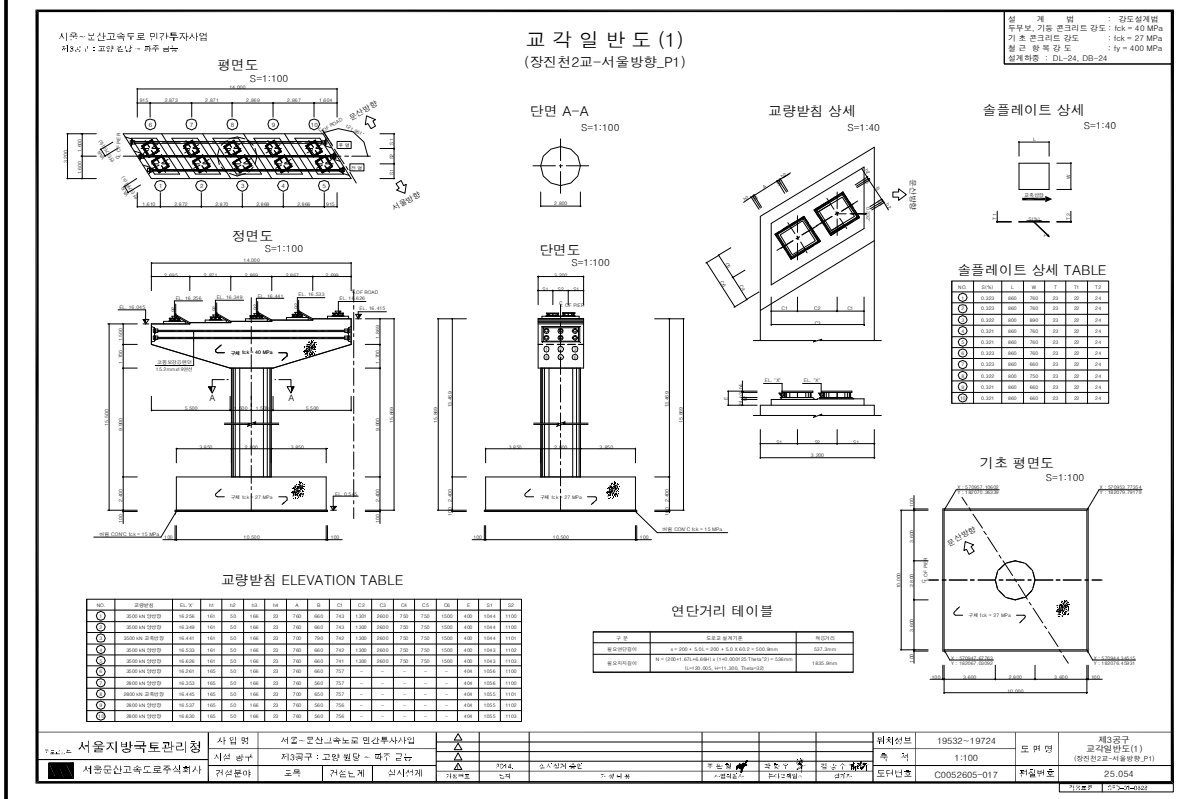


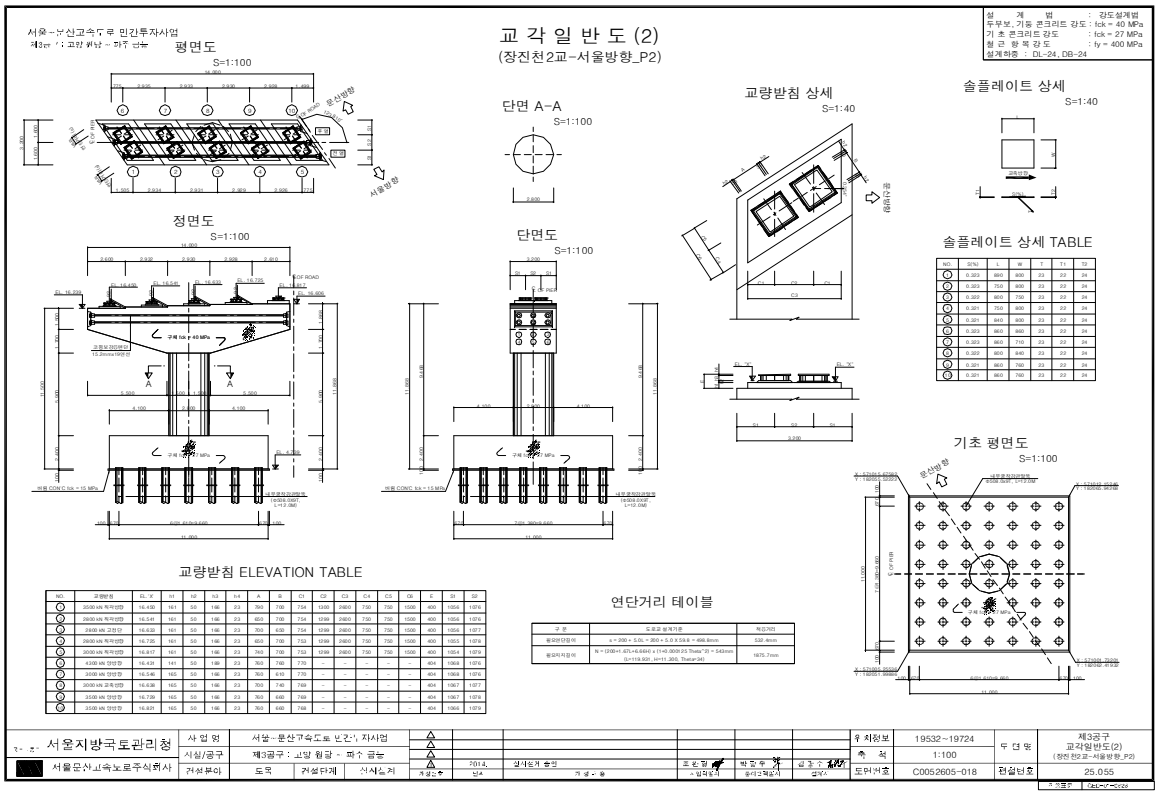
【그림 31.1.4】 바닥판하면 일반도, 교량받침 배치도



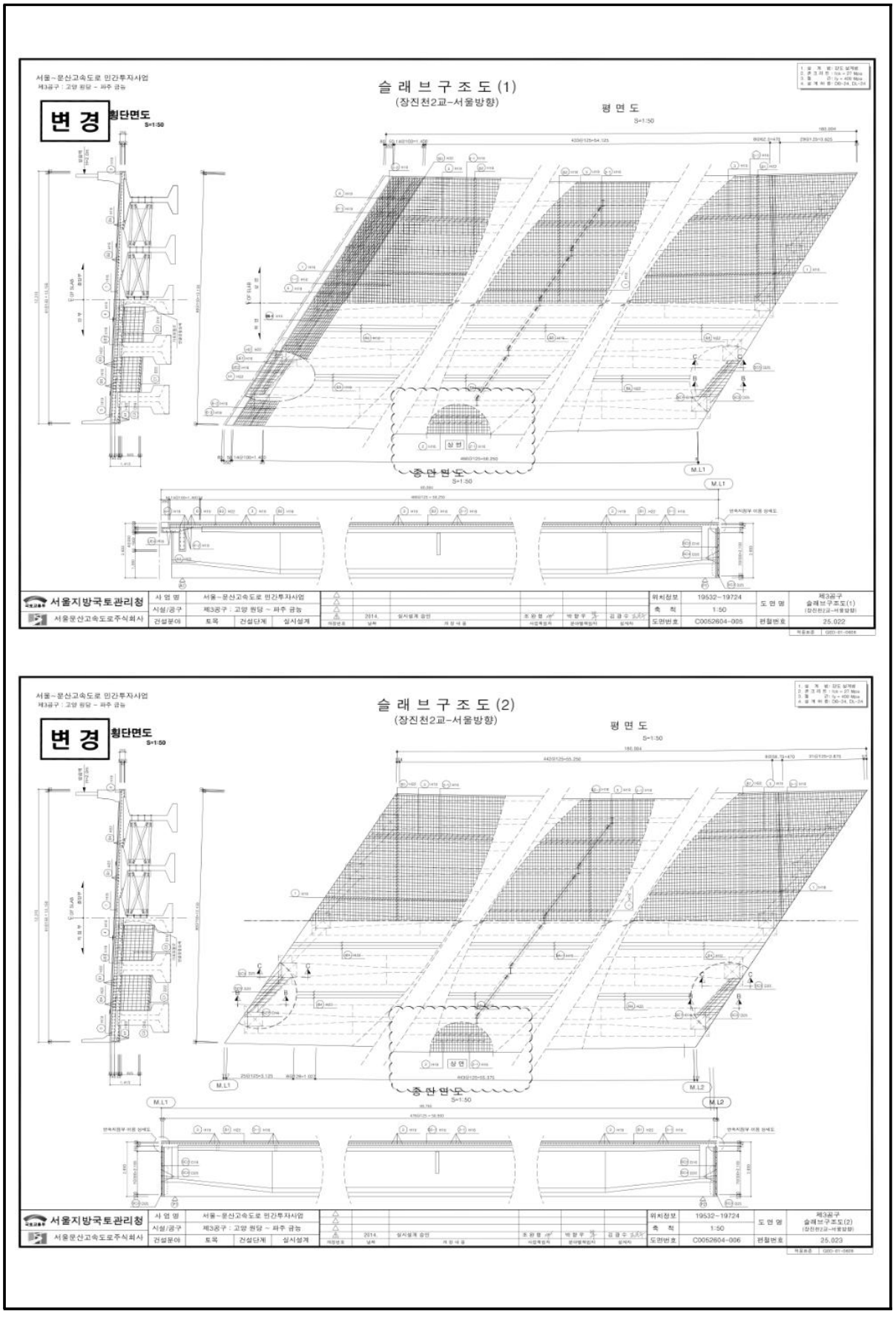


【그림 31.1.5】 교대 일반도

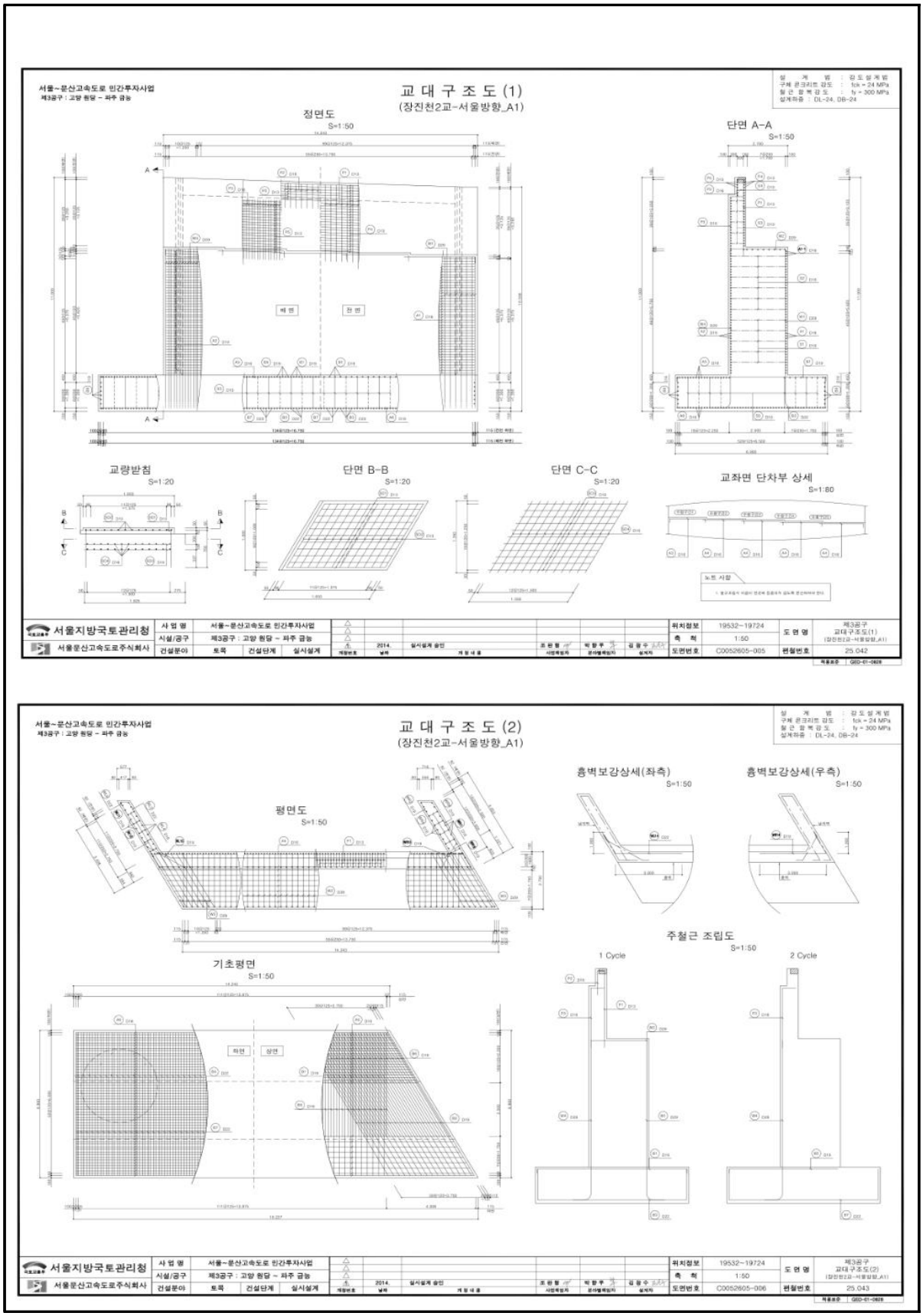




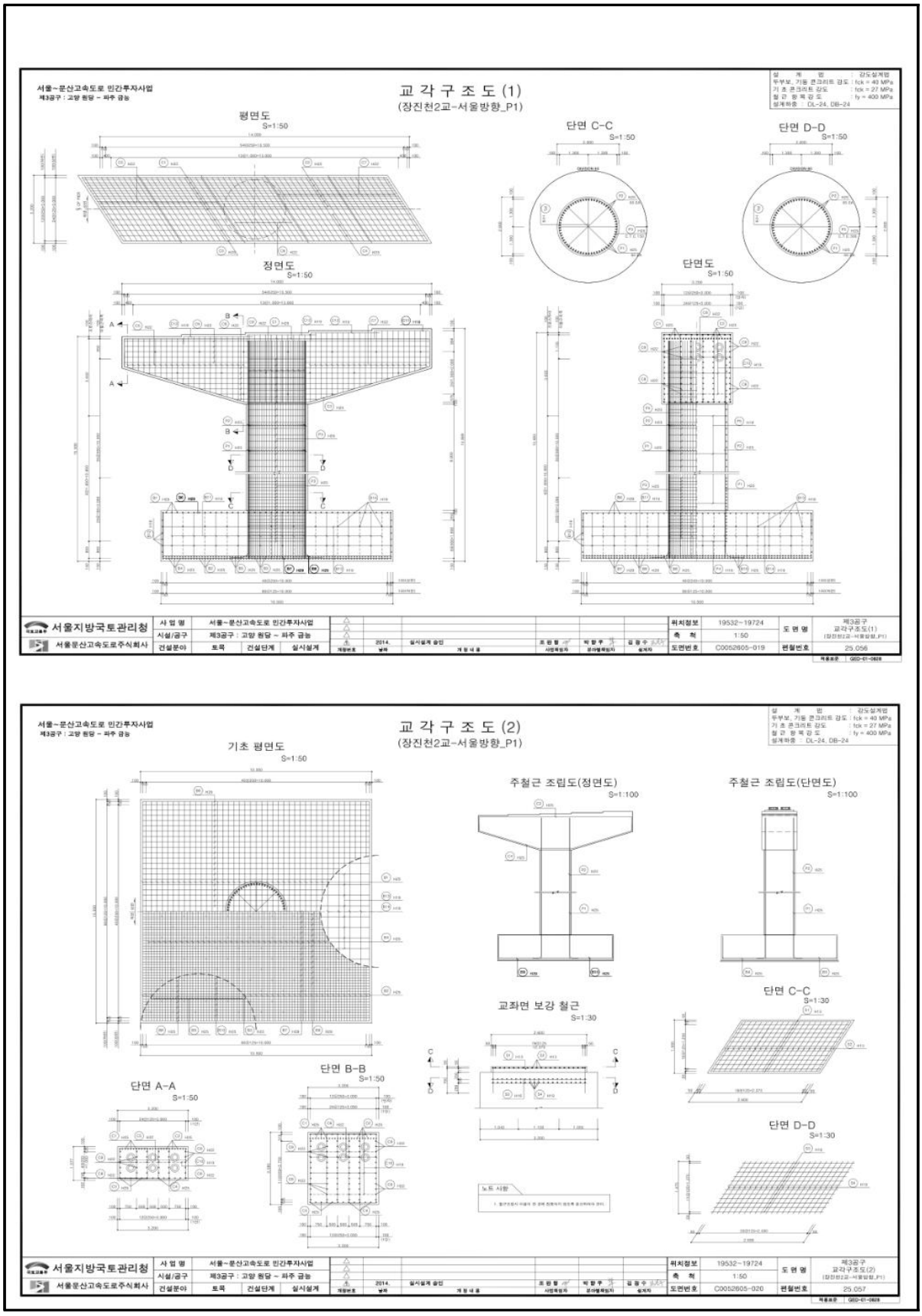
【그림 31.1.5】 교각 일반도



【그림 31.1.6】 바닥판하면 배근도



【그림 31.1.7】 교대 배근도



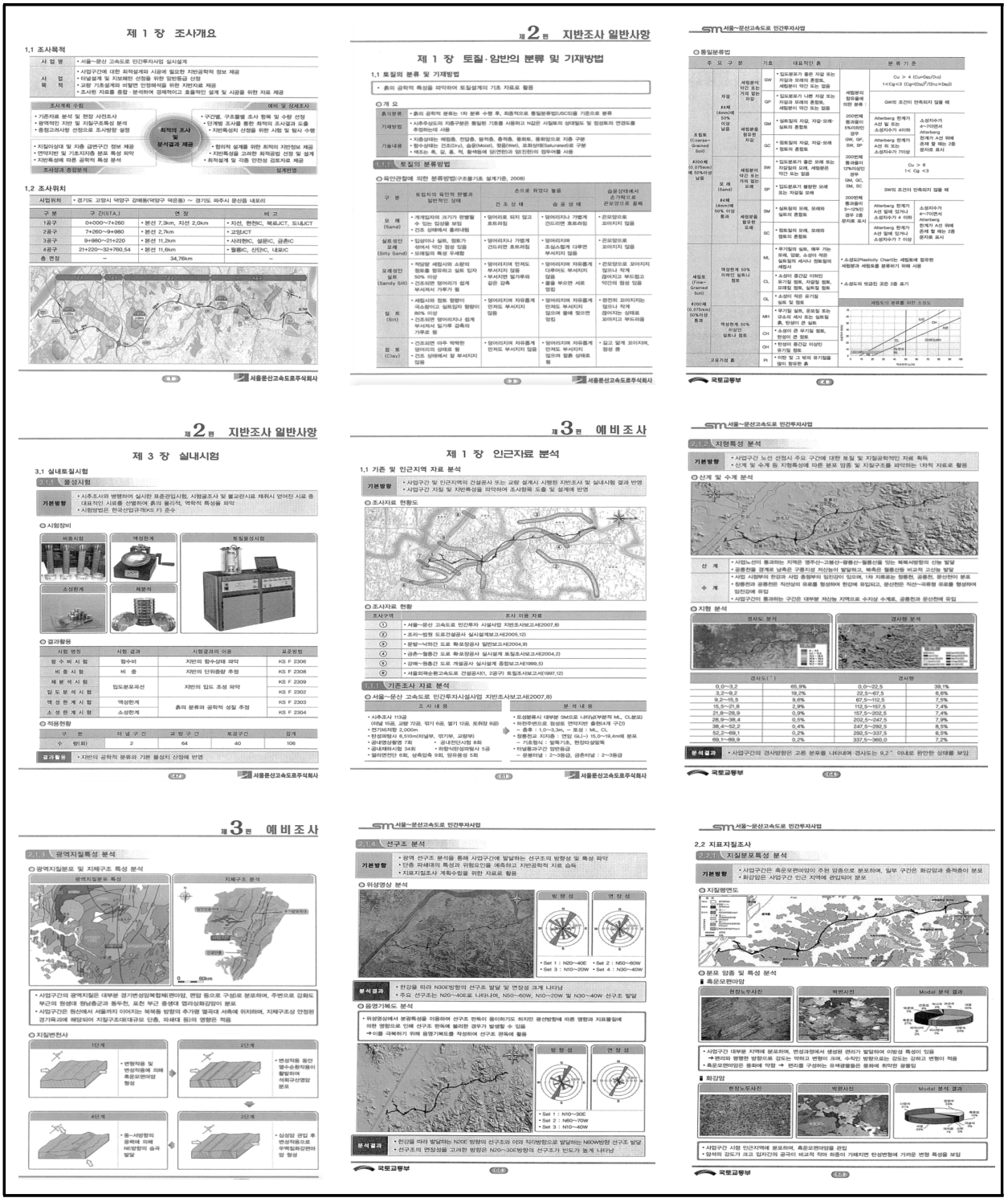
【그림 31.1.8】 교각 배근도

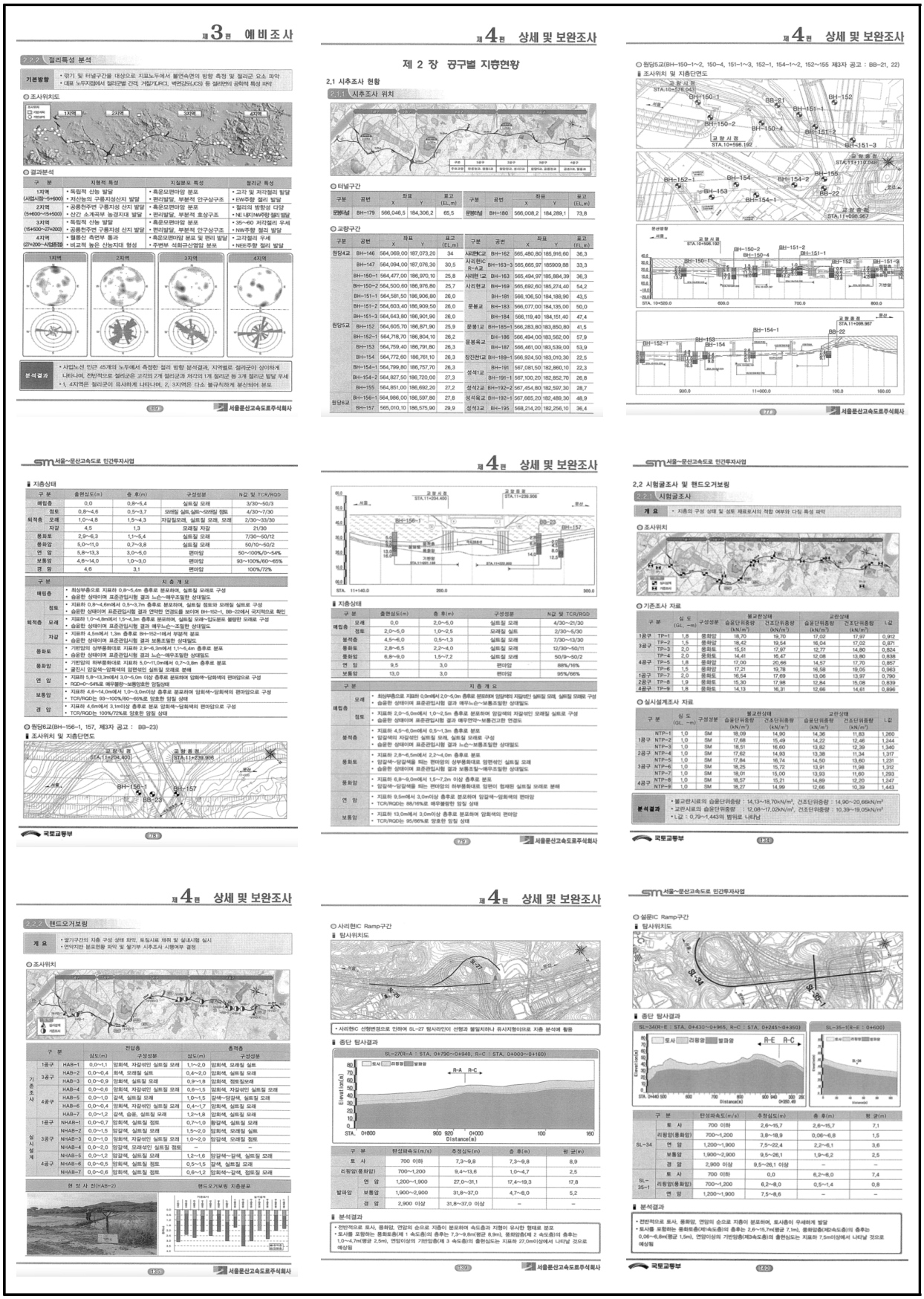
31.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

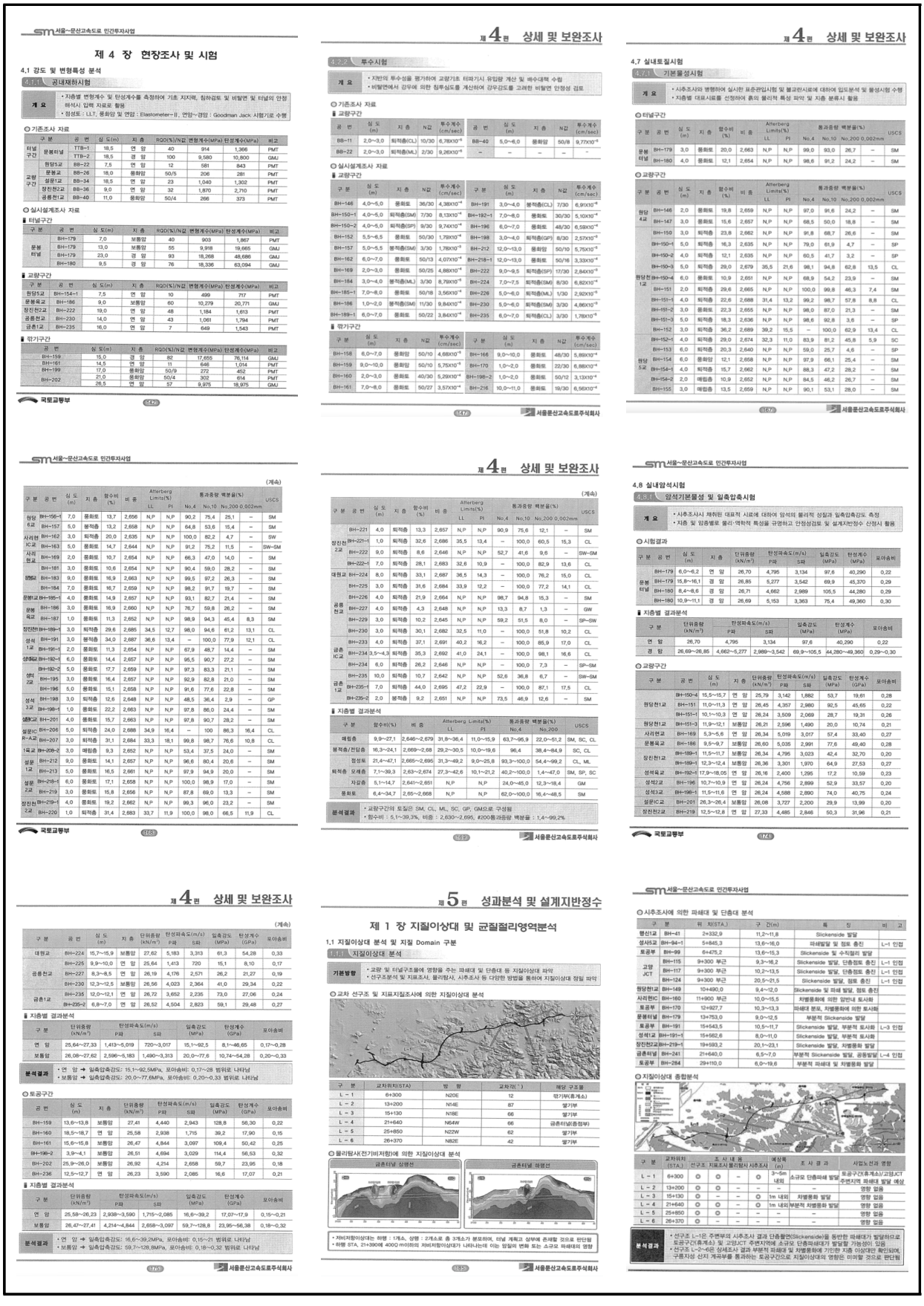
31.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질




제3편 예비조사
2.2.2 절리특성 분석
기본방향
조사위치도
결과분석
제4편 상세 및 보완조사
제 2 장 공구별 지층현황
2.1 시추조사 현황
2.1.1 시추조사 위치
타내구간
교량구간
제4편 상세 및 보완조사
조사위치 및 지층단면도
제4편 상세 및 보완조사
SM서울~문산고속도로 민간투자사업
지층상태
지층 개 요
원당5교(BH-156~1, 157, 제3자 공고 : BB-23)
조사위치 및 지층단면도
국토교통부
제4편 상세 및 보완조사
지층상태
제4편 상세 및 보완조사
SM서울~문산고속도로 민간투자사업
2.2 시험굴조사 및 핸드오거보링
2.2.1 시험굴조사
개 요
조사위치
기존조사 자료
실시설계조사 자료
분석결과
국토교통부
제4편 상세 및 보완조사
2.2.2 핸드오거보링
개 요
조사위치
현 장 사 진(HAB-2)
핸드오거보링 지층분포
제4편 상세 및 보완조사
사리현IC Ramp구간
탐사위치도
종단 탐사결과
분석결과
제4편 상세 및 보완조사
SM서울~문산고속도로 민간투자사업
설문IC Ramp구간
탐사위치도
종단 탐사결과
분석결과
국토교통부

나. 지반 및 지질 조사보고서



제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공대재하시험

개 요
- 지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용
- 장성조 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 기존조사 자료

구분		공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
터널구간	문봉터널	TTB-1	18,5	연 암	40	914	1,366	PMT
		TTB-2	18,5	경 암	100	9,580	10,800	GMJ
교량구간	한당5교	BB-22	7,5	연 암	12	581	843	PMT
	분봉교	BB-26	18,0	풍화암	50/5	206	281	PMT
	성문1교	BB-34	18,5	연 암	23	1,040	1,302	PMT
	장진천2교	BB-36	9,0	연 암	32	1,870	2,710	PMT
	공룡천1교	BB-40	11,0	풍화암	50/4	266	373	PMT

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
문봉터널	BH-179	7,0	보통암	40	903	1,867	PMT
	BH-179	13,0	보통암	55	9,918	19,665	GMJ
	BH-179	23,0	경 암	93	18,268	48,686	GMJ
	BH-180	9,5	경 암	76	18,336	63,094	GMJ

▮ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
한당5교	BH-154-1	7,5	연 암	10	499	717	PMT
분봉육교	BH-186	9,0	보통암	60	10,279	20,771	GMJ
장진천2교	BH-222	19,0	연 암	48	1,184	1,613	PMT
공룡천2교	BH-230	14,0	연 암	43	1,061	1,794	PMT
금촌1교	BH-235	16,0	연 암	7	649	1,543	PMT

▮ 암가구간

공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-159	15,0	경 암	82	17,655	76,114	GMJ
BH-161	14,5	연 암	11	646	1,014	PMT
BH-199	17,0	풍화암	50/9	272	452	PMT
BH-202	21,0	풍화암	50/4	302	614	PMT
	26,5	연 암	57	9,975	18,975	GMJ

국토교통부 142

제 4 편 상세 및 보완조사

4.2.2 투수시험

개 요
- 지반의 투수성을 평가하여 교량기초 터파기시 유입량 계산 및 배수대책 수립
- 비탈면에서 강우에 의한 침투심도를 계산하여 강우강도를 고려한 비탈면 안정성 검토

○ 기존조사 자료

▮ 교량구간

공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BB-11	2,0~3,0	퇴적층(CL)	10/30	$6.78X10^{-6}$	BB-40	5,0~6,0	풍화암	50/8	$9.77X10^{-5}$
BB-22	2,0~3,0	퇴적층(ML)	2/30	$9.26X10^{-6}$	-	-	-	-	-

○ 실시설계조사 자료

▮ 교량구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-146	4,0~5,0	풍화토	36/30	$4.38X10^{-6}$	BH-191	3,0~4,0	붕적층(CL)	7/30	$6.91X10^{-6}$
BH-150-1	4,0~5,0	퇴적층(SM)	7/30	$8.13X10^{-6}$	BH-192-1	7,0~8,0	풍화토	30/30	$5.10X10^{-6}$
BH-150-2	4,0~5,0	퇴적층(SP)	9/30	$9.74X10^{-6}$	BH-196	6,0~7,0	풍화토	48/30	$6.59X10^{-6}$
BH-152	5,5~6,5	풍화토	50/30	$1.79X10^{-6}$	BH-198	3,0~4,0	퇴적층(GP)	8/30	$2.57X10^{-6}$
BH-157	5,0~5,5	붕적층(SM)	3/30	$1.78X10^{-5}$	BH-212	12,0~13,0	풍화암	50/10	$5.75X10^{-6}$
BH-162	6,0~7,0	풍화토	50/13	$4.07X10^{-6}$	BH-218-1	12,0~13,0	풍화토	50/16	$3.33X10^{-6}$
BH-169	2,0~3,0	풍화토	50/25	$4.88X10^{-6}$	BH-222	9,0~9,5	퇴적층(SP)	17/30	$2.84X10^{-6}$
BH-184	3,0~4,0	붕적층(ML)	3/30	$8.79X10^{-6}$	BH-224	7,0~7,5	퇴적층(SM)	8/30	$6.82X10^{-6}$
BH-185-1	7,0~8,0	풍화토	50/18	$3.56X10^{-6}$	BH-226	5,0~6,0	퇴적층(ML)	1/30	$2.92X10^{-5}$
BH-186	1,0~2,0	붕적층(SM)	11/30	$9.84X10^{-6}$	BH-230	5,0~6,0	퇴적층(SM)	3/30	$4.86X10^{-5}$
BH-189-1	6,0~7,0	풍화토	50/22	$3.84X10^{-6}$	BH-235	6,0~7,0	퇴적층(CL)	3/30	$1.78X10^{-5}$

▮ 암가구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-158	6,0~7,0	풍화암	50/10	$4.68X10^{-6}$	BH-166	9,0~10,0	풍화토	48/30	$5.89X10^{-6}$
BH-159	9,0~10,0	풍화암	50/10	$5.75X10^{-6}$	BH-170	1,0~2,0	풍화토	22/30	$6.88X10^{-6}$
BH-160	2,0~3,0	풍화토	40/30	$5.29X10^{-6}$	BH-198-2	1,0~2,0	풍화토	50/12	$3.13X10^{-6}$
BH-161	7,0~8,0	풍화토	50/27	$3.57X10^{-6}$	BH-216	10,0~11,0	풍화토	19/30	$6.56X10^{-6}$

147 서울문산고속도로주식회사

제 4 편 상세 및 보완조사

4.7 실내토질시험

4.7.1 기본물성시험

개 요
- 시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
- 지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
문봉터널	BH-179	3,0	풍화토	20,0	2,663	N.P	N.P	99,0	93,0	26,7	-	SM
	BH-180	4,0	풍화토	12,1	2,654	N.P	N.P	98,6	91,2	24,2	-	SM

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
한당4교	BH-146	2,0	풍화토	19,8	2,659	N.P	N.P	97,0	91,6	24,2	-	SM
	BH-147	3,0	퇴적층	15,6	2,657	N.P	N.P	68,5	50,0	18,8	-	SM
한당천1교	BH-150	3,0	퇴적층	23,8	2,662	N.P	N.P	91,8	68,7	26,6	-	SM
	BH-150-1	5,0	퇴적층	16,3	2,635	N.P	N.P	79,0	61,9	4,7	-	SP
	BH-150-2	4,0	퇴적층	12,1	2,635	N.P	N.P	60,5	41,7	3,2	-	SP
	BH-150-3	5,0	퇴적층	29,0	2,679	35,5	21,6	98,1	94,8	62,8	13,5	CL
	BH-150-4	4,0	풍화토	10,9	2,651	N.P	N.P	68,9	54,2	23,9	-	SM
	BH-151	2,0	퇴적층	29,6	2,665	N.P	N.P	100,0	99,8	46,3	7,4	SM
	BH-151-1	4,0	퇴적층	22,6	2,688	31,4	13,2	99,2	98,7	57,8	8,8	CL
	BH-151-2	3,0	풍화토	22,3	2,655	N.P	N.P	98,0	87,0	21,3	-	SM
	BH-151-3	5,0	퇴적층	18,3	2,636	N.P	N.P	98,6	92,8	3,6	-	SP
	BH-152	3,0	퇴적층	36,2	2,689	39,2	15,5	-	100,0	62,9	13,4	CL
	BH-152-1	4,0	퇴적층	29,0	2,674	32,3	11,0	83,9	81,2	45,8	5,9	SC
한당5교	BH-153	6,0	퇴적층	20,3	2,640	N.P	N.P	59,0	25,7	4,6	-	SP
	BH-154	6,0	풍화암	12,1	2,658	N.P	N.P	97,9	66,1	25,4	-	SM
	BH-154-1	4,0	퇴적층	15,7	2,662	N.P	N.P	88,3	47,2	28,2	-	SM
	BH-154-2	2,0	매립층	10,9	2,652	N.P	N.P	84,5	46,2	26,7	-	SM
	BH-155	3,0	매립층	13,5	2,659	N.P	N.P	90,1	53,1	28,0	-	SM

167 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
한당4교	BH-156-1	7,0	풍화토	13,7	2,656	N.P	N.P	90,2	75,4	25,1	-	SM
	BH-157	5,0	붕적층	13,2	2,658	N.P	N.P	64,8	53,6	15,4	-	SM
사리현IC-2교	BH-162	3,0	퇴적층	20,0	2,635	N.P	N.P	100,0	82,2	4,7	-	SW
	BH-163	5,0	풍화토	14,7	2,644	N.P	N.P	91,2	75,2	11,5	-	SW-SM
사리현교	BH-169	2,0	풍화토	10,7	2,654	N.P	N.P	66,3	47,0	14,0	-	SM
	BH-181	3,0	풍화토	10,6	2,654	N.P	N.P	90,4	59,0	28,2	-	SM
분봉2교	BH-183	9,0	풍화토	16,9	2,663	N.P	N.P	99,5	97,2	26,3	-	SM
	BH-184	7,0	풍화토	16,7	2,659	N.P	N.P	98,2	91,7	19,7	-	SM
문봉1교	BH-185-1	4,0	풍화토	14,9	2,657	N.P	N.P	93,1	82,7	21,4	-	SM
문봉육교	BH-186	3,0	풍화토	16,9	2,660	N.P	N.P	76,7	59,8	26,2	-	SM
	BH-187	1,0	풍화토	11,3	2,652	N.P	N.P	98,9	94,3	45,4	8,3	SM
장진천한	BH-189-1	3,0	퇴적층	29,6	2,685	34,5	12,7	98,0	94,6	61,2	13,1	CL
성석1교	BH-191	3,0	붕적층	34,0	2,687	38,8	13,4	-	100,0	77,9	12,1	CL
	BH-191-1	2,0	풍화토	11,3	2,654	N.P	N.P	67,9	48,7	14,4	-	SM
성석2교	BH-192-1	6,0	풍화토	14,4	2,657	N.P	N.P	95,5	90,7	27,2	-	SM
	BH-192-2	5,0	풍화토	17,7	2,659	N.P	N.P	97,3	83,3	21,1	-	SM
성석2교	BH-195	3,0	풍화토	16,4	2,657	N.P	N.P	92,9	82,8	21,0	-	SM
	BH-196	5,0	풍화토	15,1	2,658	N.P	N.P	91,6	77,6	22,8	-	SM
성석3교	BH-198	3,0	퇴적층	12,6	2,648	N.P	N.P	48,5	36,4	2,9	-	GP
	BH-198-1	1,0	풍화토	22,2	2,663	N.P	N.P	97,8	86,0	24,4	-	SM
성석IC교	BH-201	4,0	풍화토	15,7	2,663	N.P	N.P	97,8	90,7	28,2	-	SM
설문IC R-A교	BH-206	5,0	퇴적층	24,0	2,688	34,9	16,4	-	100	86,3	16,4	CL
	BH-207	3,0	퇴적층	31,1	2,684	33,3	18,1	99,8	98,7	76,6	10,8	CL
1육교	BH-208-2	3,0	매립층	9,3	2,652	N.P	N.P	53,4	37,5	24,0	-	SM
성문1교	BH-212	9,0	풍화토	14,1	2,657	N.P	N.P	96,6	80,4	20,6	-	SM
	BH-213	5,0	풍화토	16,5	2,661	N.P	N.P	97,9	94,9	20,0	-	SM
성문2교	BH-218-1	6,0	풍화토	17,1	2,658	N.P	N.P	100,0	98,9	17,0	-	SM
	BH-219	3,0	풍화토	15,8	2,656	N.P	N.P	87,8	69,0	13,3	-	SM
장진천2교	BH-219-1	4,0	풍화토	19,2	2,662	N.P	N.P	99,3	96,0	23,2	-	SM
	BH-220	1,0	퇴적층	31,4	2,683	33,7	11,9	100,0	98,0	66,5	11,9	CL

국토교통부 168

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
장진천2교	BH-221	4,0	퇴적층	13,3	2,657	N.P	N.P	90,9	75,6	12,1	-	SM
	BH-221-1	1,0	퇴적층	32,6	2,686	35,5	13,4	-	100,0	60,5	15,3	CL
	BH-222	9,0	퇴적층	8,6	2,646	N.P	N.P	52,7	41,6	9,6	-	SW-SM
	BH-222-1	7,0	퇴적층	28,1	2,683	32,6	10,9	-	100,0	82,9	13,6	CL
대현교	BH-224	8,0	퇴적층	33,1	2,687	36,5	14,3	-	100,0	76,2	15,0	CL
공룡천교	BH-225	3,0	퇴적층	31,6	2,684	33,9	12,2	-	100,0	77,2	14,1	CL
	BH-226	4,0	퇴적층	21,9	2,664	N.P	N.P	98,7	94,8	15,3	-	SM
	BH-227	4,0	퇴적층	4,3	2,648	N.P	N.P	13,3	8,7	1,3	-	GW
	BH-229	3,0	퇴적층	10,2	2,645	N.P	N.P	59,2	51,5	8,0	-	SP-SW
	BH-230	3,0	퇴적층	30,1	2,682	32,5	11,0	-	100,0	51,8	10,2	CL
금촌IC교	BH-233	4,0	퇴적층	37,1	2,691	40,2	16,2	-	100,0	85,9	17,0	CL
	BH-234	3,5~4,3	퇴적층	35,3	2,692	41,0	24,1	-	100,0	98,1	16,6	CL
	BH-234	6,0	퇴적층	26,2	2,646	N.P	N.P	-	100,0	7,3	-	SP-SM
금촌1교	BH-235	10,0	퇴적층	10,7	2,642	N.P	N.P	52,6	36,8	6,7	-	SW-SM
	BH-235-1	7,0	퇴적층	44,0	2,695	47,2	22,9	-	100,0	87,1	17,5	CL
	BH-235-2	2,0	붕적층	9,2	2,651	N.P	N.P	73,5	46,9	12,6	-	SM

▮ 지층별 결과분석

구분	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.200	USCS
매립층	9,9~27,1	2,646~2,679	31,8~36,4	11,0~15,9	63,7~95,9	22,0~51,2	SM, SC, CL
붕적층/한당층	16,3~24,1	2,669~2,688	29,2~30,5	10,0~19,6	98,4	38,4~84,9	SC, CL
퇴적층	점성토 21,4~47,1	2,665~2,695	31,3~49,2	9,0~25,8	93,3~100,0	54,4~99,2	CL, ML
	모래층 7,1~39,3	2,63~2,674	27,3~42,6	10,1~21,2	40,2~100,0	1,4~47,0	SM, SP, SC
	자갈층 5,1~14,7	2,641~2,651	N.P	N.P	24,0~45,0	12,3~18,4	GM
풍화토	6,4~34,7	2,65~2,668	N.P	N.P	62,0~100,0	16,4~48,5	SM

분석결과
- 교량구간의 토질은 SM, CL, ML, SC, GP, GM으로 구성됨
- 함수비 : 5,1~39,3%, 비중 : 2,630~2,695, #200통과중량 백분율 : 1,4~99,2%

169 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.8 실내압석시험

4.8.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요
- 시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정
- 지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 시험결과

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
문봉터널	BH-179	6,0~6,2	연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
	BH-179	15,8~16,1	경 암	26,85	5,277	3,542	69,9	45,370	0,29
	BH-180	8,4~8,6	경 암	26,71	4,662	2,989	105,5	44,280	0,29
	BH-180	10,9~11,1	경 암	26,69	5,153	3,363	75,4	49,360	0,30

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
경 암	26,69~26,85	4,662~5,277	2,989~3,542	69,9~105,5	44,280~49,360	0,29~0,30

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
한당천1교	BH-150-4	15,5~15,7	연 암	25,79	3,142	1,882	53,7	19,61	0,28
	BH-151	11,0~11,3	연 암	26,45	4,357	2,980	92,5	45,65	0,22
	BH-151-1	10,1~10,3	연 암	26,24	3,509	2,069	28,7	19,31	0,26
한당천1교	BH-151-3	11,9~12,1	보통암	26,21	2,596	1,490	20,0	10,74	0,21
사리현교	BH-169	5,3~5,6	연 암	26,34	5,019	3,017	57,4	33,40	0,27
분봉육교	BH-186	9,5~9,7	보통암	26,60	5,035	2,991	77,6	49,40	0,28
장진천1교	BH-189-1	11,5~11,7	보통암	26,34	4,795	3,023	42,4	32,70	0,20
	BH-189-1	12,3~12,4	보통암	26,36	3,301	1,970	64,9	27,53	0,27
성석육교	BH-192-1	17,9~18,05	연 암	26,16	2,400	1,295	17,2	10,59	0,23
성석2교	BH-196	10,7~10,9	연 암	26,24	4,756	2,899	52,9	33,57	0,20
성석3교	BH-198-1	11,5~11,6	연 암	26,24	4,588	2,890	74,0	40,75	0,24
설문IC교	BH-201	26,3~26,4	보통암	26,08	3,727	2,200	29,9	13,99	0,20
장진천2교	BH-219	12,5~12,8	연 암	27,33	4,485	2,846	50,3	31,96	0,21

국토교통부 174

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
대현교	BH-224	15,7~15,9	보통암	27,62	5,183	3,313	61,3	54,28	0,33
공룡천교	BH-225	9,9~10,0	연 암	25,64	1,413	720	15,1	8,10	0,17
	BH-227	8,3~8,5	연 암	26,19	4,176	2,571	26,2	21,27	0,19
	BH-230	12,3~12,5	보통암	26,56	4,023	2,364	41,0	29,34	0,22
금촌1교	BH-235	12,0~12,1	연 암	26,72	3,652	2,235	73,0	27,06	0,24
	BH-235-2	6,8~7,0	연 암	26,52	4,504	2,823	59,1	29,48	0,27

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,64~27,33	1,413~5,019	720~3,017	15,1~92,5	8,1~46,65	0,17~0,28
보통암	26,08~27,62	2,596~5,183	1,490~3,313	20,0~77,6	10,74~54,28	0,20~0,33

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 15,1~92,5MPa, 포아송비: 0,17~.28 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 20,0~77,6MPa, 포아송비: 0,20~0,33 범위로 나타남

○ 토공구간

공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
BH-159	13,6~13,8	보통암	27,41	4,440	2,943	128,8	56,30	0,22
BH-160	18,5~18,7	연 암	25,58	2,938	1,715	39,2	17,90	0,15
BH-161	15,6~15,8	보통암	26,47	4,844	3,097	109,4	50,42	0,25
BH-196-2	3,9~4,1	보통암	26,51	4,694	3,029	114,4	56,53	0,32
BH-202	25,9~26,0	보통암	26,92	4,214	2,658	59,7	23,95	0,18
BH-236	12,5~12,7	연 암	26,23	3,590	2,085	16,6	17,07	0,21

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,58~26,23	2,938~3,590	1,715~2,085	16,6~39,2	17,07~17,9	0,15~0,21
보통암	26,47~27,41	4,214~4,844	2,658~3,097	59,7~128,8	23,95~56,38	0,18~0,32

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 16,6~39,2MPa, 포아송비: 0,15~21 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 59,7~128,8MPa, 포아송비: 0,18~0,32 범위로 나타남

175 서울문산고속도로주식회사

제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

기본방향
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

○ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석

구분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	예상 구조물
L-1	6+300	N20E	12	한기부(횡계소)
L-2	13+200	N14E	87	쌓기부
L-3	15+130	N18E	66	쌓기부
L-4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)
L-5	25+850	N22W	62	쌓기부
L-6	26+370	N82E	42	쌓기부

○ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석

- 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 하행 STA. 21+390에 400Ω m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

185 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구분	위치(STA.)	구간(m)	특징	비고
행신1교	BH-41	2+332,9	11,2~11,8	Slickenside 발달	
성서5교	BH-94-1	5+845,3	13,6~16,0	파쇄말달 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	15+475,2	13,6~15,3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양JCT	BH-115	9+300 부근	9,3~16,2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10,2~13,5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20,5~21,5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
한당천2교	BH-149	10+490,0	9,4~12,0	Slickenside 및 파쇄 발달, 점토 충진	
사리현IC	BH-160	11+900 부근	10,0~15,5	차별풍화에 의한 암반내 토사화	
토공부	BH-170	12+927,7	10,3~13,3	파쇄대 분포, 차별풍화에 의한 토사화	
문봉터널	BH-179	13+753,0	9,0~12,5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543,5	10,5~11,7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
성석2교	BH-191-1	15+562,6	8,0~11,0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천2교	BH-219-1	19+593,2	20,1~23,1	Slickenside 발달, 차별풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640,0	6,5~7,0	부분적 Slickenside 발달, 공동발달	L-2 인접
토공부	BH-284	29+110,0	6,0~19,6	부분적 파쇄대 및 차별풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석

구분	교차위치(STA.)	조사내용 선구조	지표조사	물리탐사	시추조사	예상폭(m)	조사결과	사업노선과 영향
L-1	6+300	○	○	-	○	3~5m 내외	소규모 단층파쇄대 발달	토공구간(횡계소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L-2	13+200	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-3	15+130	○	○	-	○	1m 내외	차별풍화 발달	영향 없음
L-4	21+640	○	○	-	○	1m 내외	부분적 차별풍화 발달	영향 없음
L-5	25+850	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-6	26+370	○	○	-	-	-	-	영향 없음

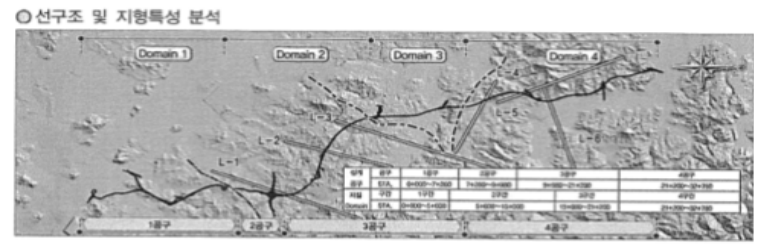
분석결과
- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층면(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(횡계소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 차별풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구릉지성 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

제5편 성과분석 및 설계지반정수

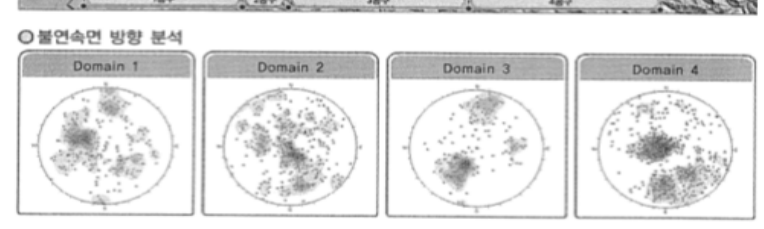
1.1.2 지질 Domain 구분

기본방향	• 사업구간의 지형과 지질특성을 비교·분석하여 동일한 지질특성을 보이는 지질 Domain 구분 • 지질 Domain별 설계지반정수 적용구간 선정 및 균질절리영역분석시 1차적 분류요소로 활용

○ 선구조 및 지형특성 분석



○ 불연속면 방향 분석



○ 지질 Domain 구분

구 분	Domain 1	Domain 2	Domain 3	Domain 4
STA.(km+m)	• 사업시점~5+600	• 5+600~15+500	• 15+500~21+200	• 21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마 타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
선구조 특성	• 한강/창릉천 수계 방향 NE~NW 선구조 발달	• 공릉천주변 NNE방향 선구조 발달 • 선구조 L-1~3 발달	• 공릉천주변 NW방향 선구조 발달	• 월롱산 주변 NE~NW 방향 선구조 발달 • 선구조 L-4~6 발달
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약
지형적 요소	• 한강 및 창릉천 주변 퇴적지대 발달	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 공릉천주변 퇴적지대 및 구릉산지 발달	• 월롱산 측면부 통과
사업공구	1공구	2공구	3공구	4공구

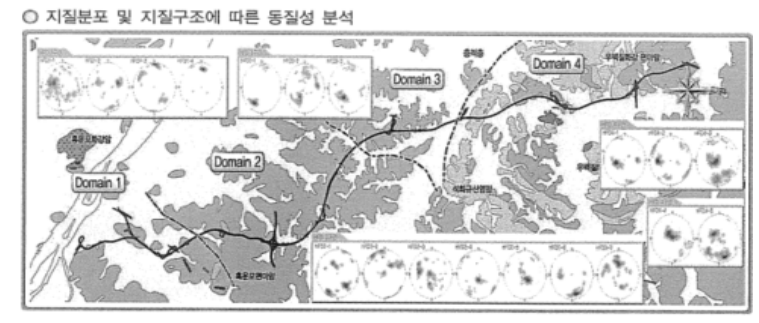
분석결과	• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분 • 지질 Domain과 사업공구 구간의 차이는 있으나 지질 Domain을 기준으로 각 구간별 설계정수

187 서울문산고속도로주식회사

제5편 성과분석 및 설계지반정수

1.2.2 동질성 검토결과

○ 지질분포 및 지질구조에 따른 동질성 분석



○ 절리방향에 따른 동질성 분석

▮ Miller Patch 방법(공내영상촬영)

구 분		0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	170°	X²합 평균	우측 p값	검 증
BH-29 vs BH-34	BH-29	18.4	17.8	18.9	22.2	20.5	19.8	20.0	17.9	16.2	21.4	45.4	0.074	동 질
	BH-34	25.2	24.4	25.9	30.4	28.1	27.2	27.4	24.5	22.1	29.4			
BH-34 vs BH-37	BH-34	45.3	51.4	41.4	48.5	55.2	39.3	48.1	50.3	37.4	53.7	62.6	0.001	비동질
	BH-37	15.7	17.8	14.3	16.8	19.1	13.6	16.6	17.4	12.9	18.6			
BH-37 vs BH-109	BH-37	14.1	13.9	14.4	14.2	14.2	15.0	15.3	13.4	14.2	14.3	45.1	0.079	동 질
	BH-109	30.1	29.6	30.9	30.3	30.4	32.1	32.6	28.6	30.3	30.5			
BH-109 vs BH-159	BH-109	44.0	38.1	38.8	43.5	39.5	39.6	43.3	37.9	38.8	40.7	68.9	0.000	비동질
	BH-159	31.2	27.0	27.5	30.8	28.0	28.0	30.7	26.8	27.5	28.8			
BH-159 vs BH-180	BH-159	54.4	50.9	51.9	54.3	50.7	51.6	53.5	51.0	51.9	50.8	124.0	0.000	비동질
	BH-180	74.7	69.9	71.2	74.5	69.6	70.9	73.5	70.0	71.3	69.8			
BH-180 vs CCB-2	BH-180	38.7	41.2	39.9	38.1	41.3	40.0	38.2	41.3	40.2	40.2	91.1	0.000	비동질
	CCB-2	50.1	53.2	51.6	49.3	53.5	51.7	49.4	53.5	52.0	51.9			
CCB-2 vs TTB-4	CCB-2	20.4	19.5	18.6	19.2	18.6	18.9	20.4	19.5	19.8	21.7	45.3	0.075	동 질
	TTB-4	26.9	25.7	24.5	25.3	24.6	24.9	26.9	25.7	26.1	28.5			
TTB-4 vs BH-241	TTB-4	44.2	44.8	50.2	44.6	37.9	41.3	38.2	36.9	43.6	44.5	58.4	0.004	비동질
	BH-241	15.1	15.3	17.1	15.2	12.9	14.1	13.0	12.6	14.9	15.2			
BH-241 vs TTB-6	BH-241	12.1	11.7	10.5	10.4	10.5	9.8	10.9	11.0	10.6	10.5	62.1	0.002	비동질
	TTB-6	55.8	53.9	48.5	48.1	48.6	45.0	50.1	50.8	48.8	48.6			
TTB-6 vs TTB-13	TTB-6	96.3	113.3	111.7	97.9	118.9	128.9	109.3	116.3	117.9	125.4	127.8	0.000	비동질
	TTB-13	8.8	10.3	10.2	8.9	10.8	11.7	9.9	10.6	10.7	11.4			
TTB-13 vs BH-282	TTB-13	90.1	94.1	93.4	90.8	93.8	93.2	90.7	93.8	92.7	92.1	236.0	0.000	비동질
	BH-282	137.4	143.4	142.4	138.4	143.0	142.1	138.3	143.1	141.4	140.5			

제5편 성과분석 및 설계지반정수

2.2 교량구간 성과분석

2.2.1 교량별 지층현황

○ 지층현황

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N치	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
원당3교	A2	*BB-20	–	–	–	–	1.9	37	–	–
원당4교	A1	BH-146	7.0	50/12~5	12.5	20	–	–	–	–
	A2	BH-147	–	–	6.0	0	–	–	–	–
원당천1교	문산 A1	BH-150-2	11.0	50/10	13.0	13~23	–	–	–	–
	서울 A1	BH-150-1	–	–	9.0	5	–	–	–	–
	문산 P1	BH-150-4	10.0	50/10~4	13.0	22	–	–	–	–
	서울 P1	BH-150-3	10.0	50/7	11.0	0	–	–	14.0	65
	문산 P2	BH-150-2	11.0	50/10~5	13.0	13~23	–	–	–	–
	서울 P2	BH-150-1	–	–	9.0	5	–	–	–	–
	문산 A2	BH-151-3	9.0	50/7~3	–	–	11.5	54	–	–
원당5교	문산 P1	BH-153	11.0	50/7~2	13.3	12	–	–	–	–
	서울 P1	BH-152-1	10.3	50/8	11.5	7	–	–	–	–
	문산 P2	BH-154-1	5.0	50/7	5.8	10~20	–	–	–	–
	서울 P2	BH-154	5.4	50/2	6.5	18	–	–	–	–
	문산 P3	*BB-22	5.0	50/6~5	6.1	12	–	–	–	–
	서울 P3	BH-154-2	5.0	50/7	5.7	60	–	–	–	–
	서울 P4	BH-155	–	–	–	–	–	–	41.6	72
원당6교	A1	BH-156-1	9.0	50/5	–	–	13.0	66	–	–
	A2	BH-157	8.0	50/7~2	9.5	16	–	–	–	–
사리현 IC교	A1	BH-162	8.0	50/7~4	12.0	31	–	–	13.7	83
	A2	BH-163	9.0	50/10~8	11.0	37	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

(계속)

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
사리현교	A1	*BB-25	2.0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
	A2	BH-169	–	–	5.0	9	–	–	6.8	96
문봉교	문산 A1	BH-181	15.0	50/4~2	17.0	10	–	–	–	–
	문산 A2	BH-184	8.0	50/10~3	–	–	–	–	–	–
	서울 A2	BH-183	17.0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
문봉1교	A1	*BB-27	3.0	50/9~4	6.5	24	–	–	–	–
	A2	BH-185-1	11.0	50/3	12.0	17	–	–	–	–
문봉육교	A1	BH-186	6.0	50/3	7.8	0	8.1	60	–	–
	A2	BH-187	3.0	50/8	3.5	0~10	–	–	–	–
장진천1교	A1	BH-189-1	8.0	50/4	8.9	7	10.3	43	–	–
	P1	*BB-28	7.0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
성석1교	A1	BH-191	8.0	50/7	10.5	20	–	–	–	–
	A2	BH-191-1	6.0	50/9	8.0	7	–	–	–	–
성석육교	A1	BH-192-1	13.0	50/9~6	15.5	39	–	–	–	–
	A2	*BB-30	8.0	50/10~6			–	–	–	–
성석2교	A1	BH-195	6.0	50/10~7	9.7	8	–	–	–	–
	A2	BH-196	9.0	50/6	9.5	26	–	–	–	–
성석3교	A1	BH-198	8.0	50/4	9.0	0	–	–	9.4	83
	A2	BH-198-1	3.0	50/5	10.0	28	–	–	–	–
설문 IC교	A1	BH-201	20.0	50/10~5	24.6	0	26.2	46	–	–
	A2	*BB-32	–	–	4.0	31	–	–	–	–
설문 1육교	A1	BH-208-1	9.8	50/2	–	–	11.3	58	–	–
	A2	*BB-33	–	–	7.5	12	–	–	8.5	84
설문 R-A교	A1	BH-207	12.6	50/7~1	–	–	–	–	–	–
	A2	BH-206	10.8	50/5~1	–	–	–	–	–	–
설문1교	A1	BH-212	10.0	50/10~3	–	–	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

국토교통부 218

제5편 성과분석 및 설계지반정수

(계속)

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
설문1교	A2	BH-213	12.0	50/9~4	16.0	36	–	–	–	–
설문2교	A1	BH-218-1	14.0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
장진천2교	문산 A1	BH-219	11.0	50/8~6	12.2	40~60	–	–	–	–
	서울 A1	BH-219-1	14.0	50/10~8	20.1	35	–	–	–	–
	서울 P1	BH-220	6.0	50/10~5	11.8	46~76	–	–	–	–
장진천2교	서울 P2	BH-222-1	6.0	50/10~7	12.0	38	–	–	–	–
	문산 A2	BH-222	15.0	50/10	–	–	18.4	48	–	–
	서울 A2	BH-222-1	13.0	50/10~8	14.8	0~29	–	–	–	–
대원교	A1	*BB-40	4.3	50/9~4	–	–	–	–	–	–
	P1	BH-225	–	–	9.8	11	–	–	–	–
공릉천교	P2	BH-226	10.0	50/10~5	12.0	25	–	–	–	–
	P3	BH-227	7.0	50/6	7.3	39	–	–	–	–
	P5	*BB-41	4.6	50/5	5.8	0	–	–	–	–
	P6	BH-229	4.0	50/10~4	5.1	17	–	–	–	–
	P7	BH-230	10.0	50/5	10.3	10	12.3	43	15.0	78~95
	A2	*BB-42	7.7	50/6~5	9.9	0	10.9	37	–	–
	P7	BH-230	10.0	50/5	10.3	10	12.3	43	15.0	78~95
	A2	BB-42	7.7	50/6~5	9.9	0	10.9	37	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

○ 지층 분포 현황

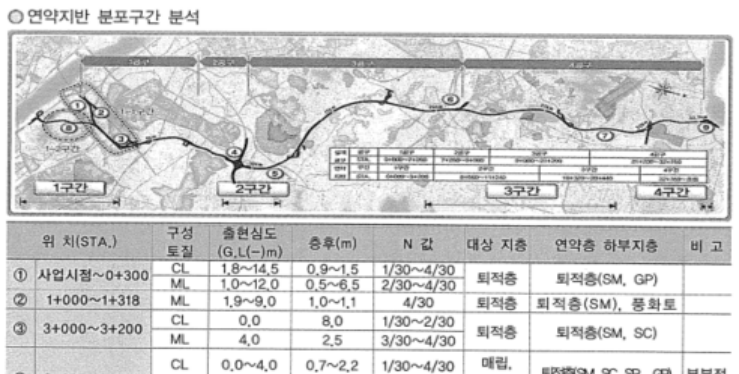
구분	풍화암	연 암	보통암	경 암
출현심도(m)	2.0~20.0	3.5~24.6	1.9~26.2	6.8~41.6

분석결과	• 지지층인 풍화암:GL.(-)2.0~20.0m, 연암:GL.(-)3.5~24.6m, 보통암:GL.(-)1.9~26.2m, 경암:GL.(-)6.8~41.6m로 분포 • 구조물, 위치별 및 지층별로 출현심도의 편차가 큼

제5편 성과분석 및 설계지반정수

2.4.2 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 분포구간 분석



위 치(STA.)	구성 토질	출현심도 (G.L(-)m)	층후(m)	N 값	대상 지층	연약층 하부지층	비 고
① 사업시점~0+300	CL ML	1.8~14.5 1.0~12.0	0.9~1.5 0.5~6.5	1/30~4/30 2/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP)	
② 1+000~1+318	ML	1.9~9.0	1.0~1.1	4/30	퇴적층	퇴적층(SM), 풍화토	
③ 3+000~3+200	CL ML	0.0 4.0	8.0 2.5	1/30~2/30 3/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, SC)	
④ 8+660~9+540	CL ML	0.0~4.0 3.5	0.7~2.2 3.5	1/30~4/30 2/30~3/30	매립, 붕적, 퇴적층	퇴적층(SM, SC, SP, GP) 풍화토	부분적 분 포
⑤ 10+640~11+240	CL ML	0.0~0.8 1.4~5.0	1.2~2.2 1.0~2.0	3/30~4/30 2/30~3/30	매립, 붕적, 퇴적층	퇴적층(SM, GP) 붕적층(SM)	부분적 분 포
⑥ 19+320~21+160	CL ML	0.0~8.0 1.0~4.7	1.0~6.4 0.7~2.9	2/30~4/30 1/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, SW) 풍화토	
⑦ 27+900~28+440	CL	1.5~9.0	1.0~3.5	3/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SP, SW)	
⑧ (지선) 0+060~1+760	CL ML	0.8~5.4 2.6~9.0	1.0~11.9 1.0~4.0	3/30~6/30 2/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP) 풍화토	
⑨ 32+760~종점, 내포IC Ramp-B	CL ML	3.0~4.5 4.0~7.5	2.0~6.1 2.0~10.0	2/30~6/30 2/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, SP), 풍화토	

○ 점토(CL) 연약지반구간 선정

구 분		지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간	1-1구간 (①~③지역)	• 창릉천 하류 농경지구간 통과	• 출현심도 : 1.8~14.5m • 층후 : 0.9~8.0m(평균 2.4m)	사업시점~ 3+200
	1-2구간 (⑧지역)	• 한강 주변 및 창릉천 하류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0.8~5.4m • 층후 : 1.0~11.9m(평균 4.4m)	지선0+0 ~1+381
2구간 (④~⑤지역)		• 공릉천 지류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0.0~4.0m • 층후 : 0.7~2.2m(평균 1.6m)	8+660~ 9+540
3구간 (⑥~⑦지역)		• 공릉천 및 문산천 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 0.0~8.0m • 층후 : 1.0~6.4m(평균 3.3m)	19+320~ 28+600
4구간(⑨지역)		• 임진강 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 3.0~4.5m • 층후 : 2.0~6.1m(평균 4.0m)	32+760~ 내포IC Ramp

• 사업 3공구(본선 STA.9+980~21+200)는 연약지반 3구간(본선 STA.19+600~28+600)에 해당

sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

제 3 장 설계지반정수 산정

3.1 개요

개 요	• 지표지질조사 성과분석에 의한 사업구간내 구조구 특성을 고려한 구간별 설계지반정수 산정 • 문헌자료, 인근지역 분석 자료 및 기존자료(제3자공고안, 보완설계)에 대한 분석을 수행하고, 각종 경험식 및 현장시험 값을 고려한 설계지반정수 유도

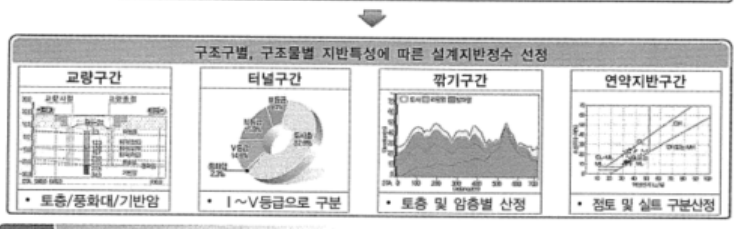
3.1.1 기본방향

기존자료 및 현장시험에 따른 결과분석에 의한 구조구별 설계지반정수 선정

문헌자료 분석 / 인근조사자료 분석 / 기존자료 분석 → 경험식 적용 설계지반정수 도출 / 현장시험 결과 적용 → 지질 구조구별 설계지반정수 산정

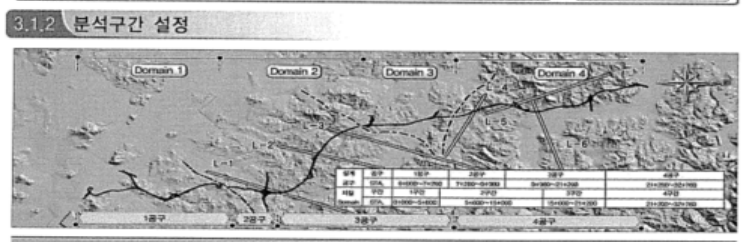
구조구별, 구조물별 지반특성에 따른 설계지반정수 선정

교량구간 / 터널구간 / 깎기구간 / 연약지반구간



• 토층/풍화대/기반암 • Ⅰ~Ⅴ등급으로 구분 • 토층 및 암층별 산정 • 점토 및 실트 구분산정

3.1.2 분석구간 설정



구 분	1구간(Domain 1)	2구간(Domain 2)	3구간(Domain 3)	4구간(Domain 4)
STA.(km+m)	사업시점~5+600	5+600~15+500	15+500~21+200	21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약

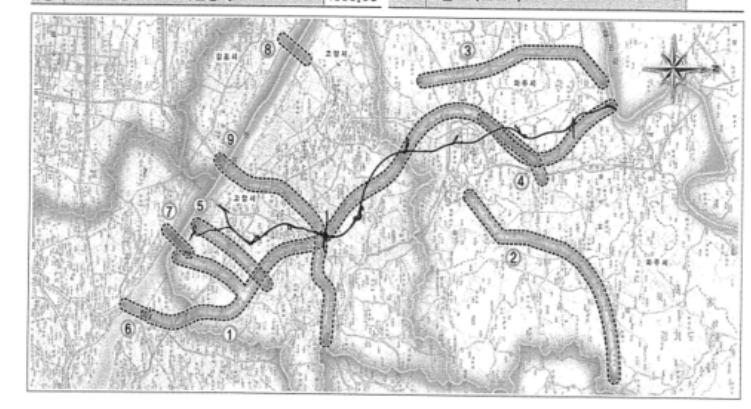
• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분
• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain-Ⅱ~Ⅲ)에 해당

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.3.2 인근지역 적용사례 분석

○ 기존자료 현황

구분	사 업 명	사업년도	구분	사업명	사업년도
①	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업(보완분)	2005.01	⑥	월드컵대교 건설공사	2006.10
②	조리~법원 도로개설공사	2005.12	⑦	인천국제공항 철도 2단계	2002.10
③	문발~낙하간 도로 확포장공사	2004.09	⑧	일산대교 건설 민간투자사업	1999.12
④	금촌~월롱간 도로 확포장공사	2004.02	⑨	서울외곽순환도로 건설공사(1,2공구) 토질조사보고서	1997.12
⑤	강매~원흥간 도로개설공사	1999.05			



○ 기존자료 분석결과

지 층	토 질 구 성	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)
매립층	사질토	18~20	0~5	28~33	10~80	0.33~0.35
	자갈층	19~20	0~17	25~39	15~35	0.3
붕적층	사질토	17~19	0~30	25~32	10~32	0.35
	점성토	18	0~20	–	–	–
	자갈층	20	0~50	39	35	0.30
충적층	사질토	17~20	0~10	25~33	15~80	0.35
	점성토	17~18	10~30	–	5~10	0.50
	자갈층	18~20	0~20	35~39	35	0.30
풍화토		18~19	15~200	25~30	35~50	0.30~0.33

sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

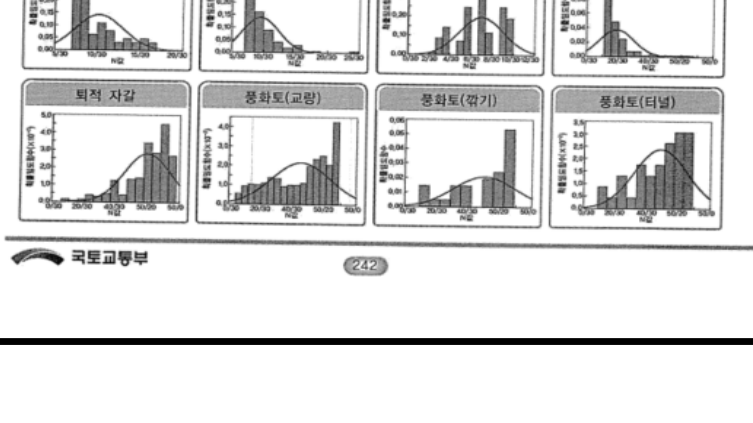
3.3.3 지층별 대표 N값 산정

기본방향	• 사업구간내 토사층이 광역적으로 분포함에 따라 지형적 · 지질적 요인에 따른 토질 특성을 고려 • 선행된 지표지질조사 결과에 의한 지질 구조구 및 구조물 특성, 토질입자의 특성 등을 고려하여 분류 • 각종 물성값의 기초 자료가 되는 구간별, 구조물별, 지층별, 토성별 N값을 선정

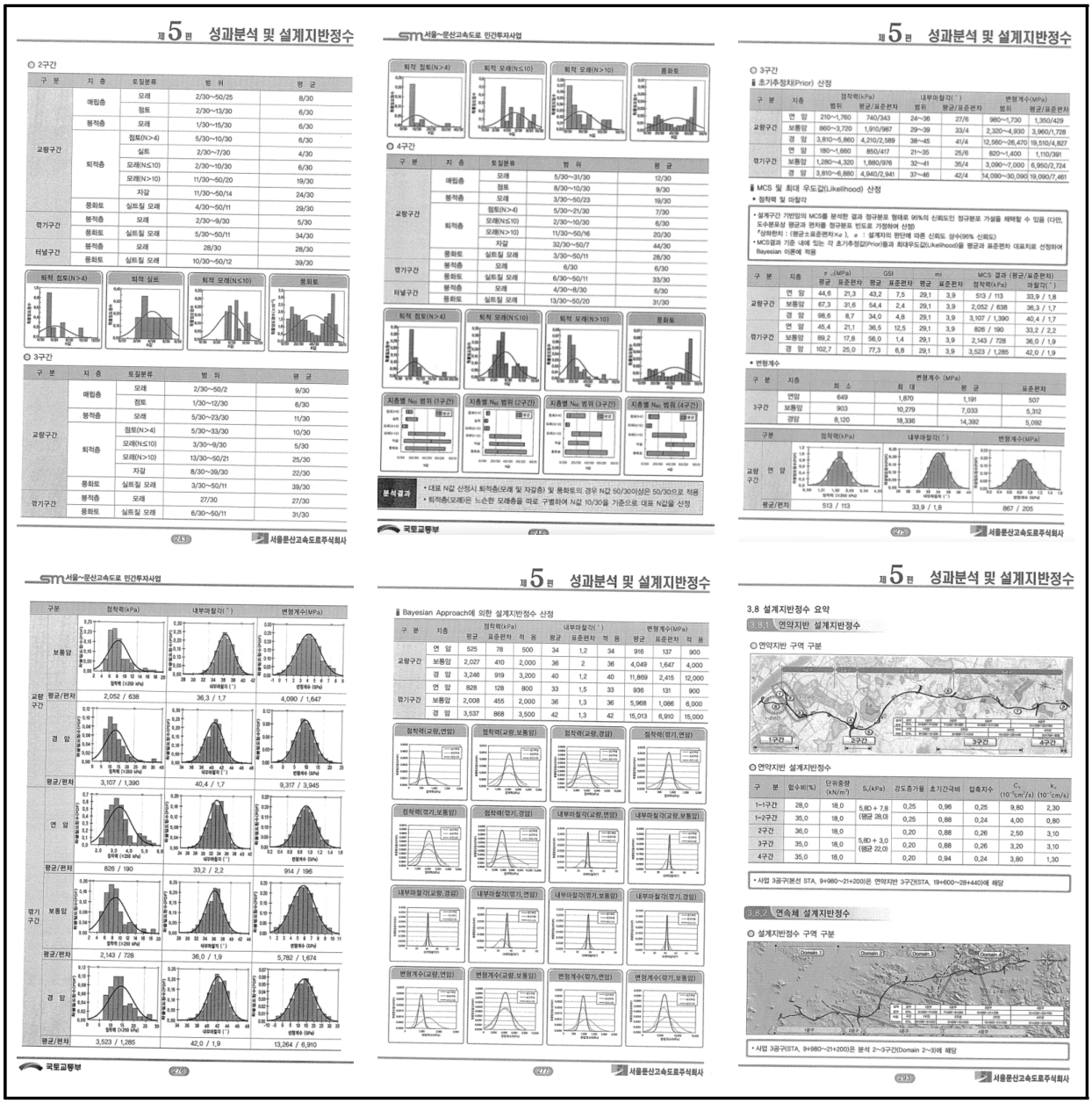
구간별	구조물별	지층별	토성별
• 제1구간, 제2구간, 제3구간, 제4구간으로 구분	• 구조물의 특성에 따라 교량구간, 터널구간, 깎기구간으로 구분	• 분포하는 지층에 따라 매립층, 붕적층, 퇴적층, 풍화토층 등으로 분류	• 사업구간내 분포하는 토성에 따라 점토, 실트, 모래, 자갈 등으로 분류

○ 1구간

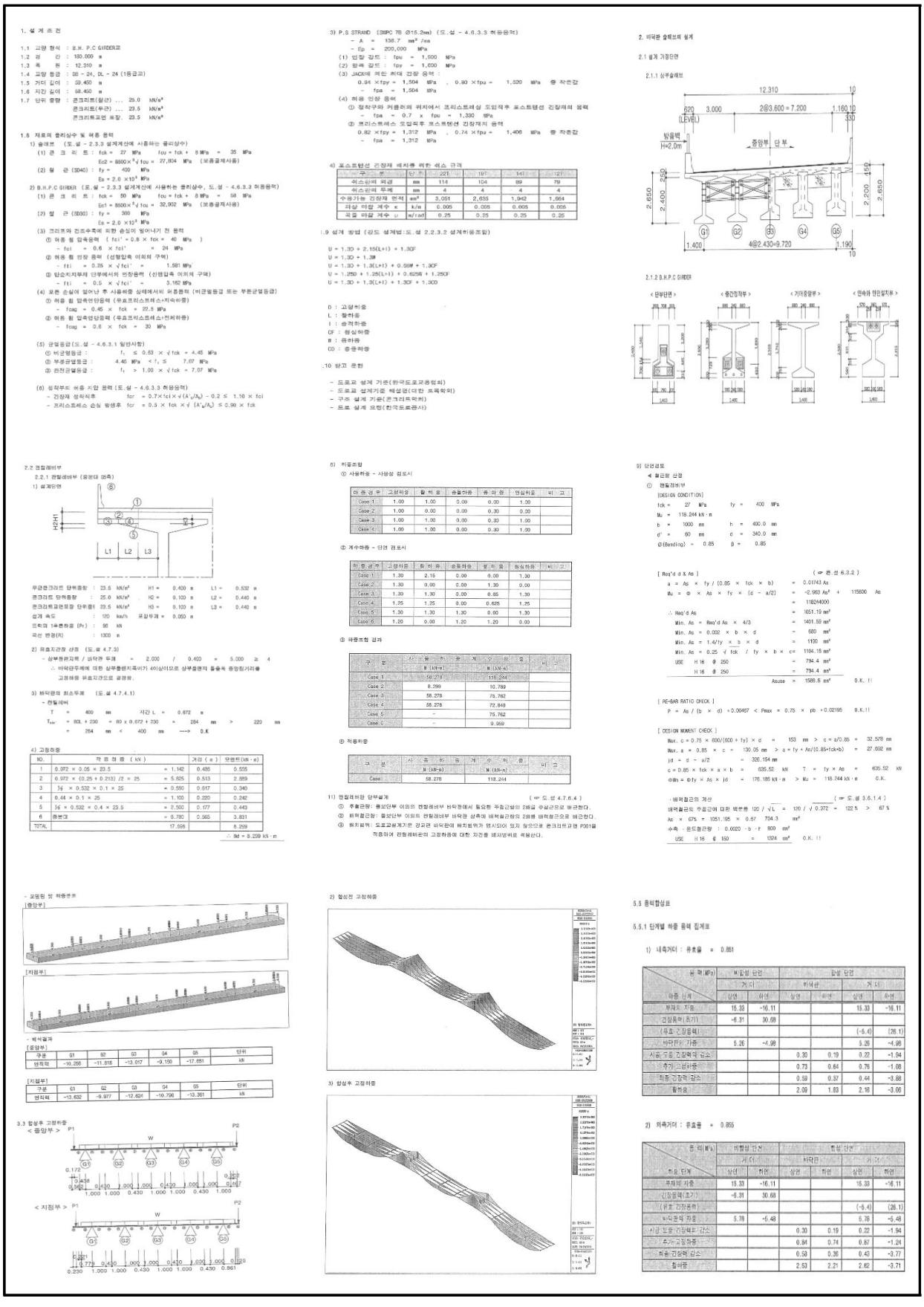
구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	1/30~50/1	10/30
		점토	10/30~11/30	11/30
	붕적층	모래	4/30~18/30	9/30
	퇴적층	점토(N>6)	7/30~17/30	11/30
		실트	7/30~25/30	8/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	7/30
		모래(N>10)	11/30~50/12	22/30
		자갈	5/30~50/3	47/30
	풍화토	실트질 모래	7/30~50/11	41/30
깎기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	38/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	43/30



국토교통부 242


제5편 성과분석 및 설계지반정수
○ 2구간
○ 3구간
분석결과
• 대표 N값 산정시 퇴적층(모래 및 자갈층) 및 풍화토의 경우 N값 50/30이상은 50/30으로 적용
• 퇴적층(모래)은 느슨한 모래층을 따로 구별하여 N값 10/30을 기준으로 대표 N값을 산정
국토교통부
서울문산고속도로주식회사
SM서울~문산고속도로 민간투자사업
Bayesian Approach에 의한 설계지반정수 산정
3.8 설계지반정수 요약
3.8.1 연약지반 설계지반정수
연약지반 구역 구분
연약지반 설계지반정수
• 사업 3공구(본선 STA. 9+980~21+200)은 연약지반 3구간(STA. 19+600~28+440)에 해당
3.8.2 연속체 설계지반정수
설계지반정수 구역 구분
• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain 2~3)에 해당

다. 구조계산서 및 내진설계



10. 반력 검토

10.1 격자해석에 의한 거더별 반력집계 - 격자해석 모델링

- SHOE당 반력임

거더번호	구분	자중	합성전 고정하중	합성후 추가하중	소계	합성후활하중 최측면재하	계
G1	ABUT 1	1102.80	365.24	497.92	1965.96	199.49	2165.45
	PIER1	1102.80	323.57	922.11	2348.47	790.17	3138.64
	PIER1	1102.91	367.23	400.85	1870.99	1193.87	3064.86
	PIER2	1102.80	321.85	426.25	1850.90	901.37	2762.28
	PIER2	1102.75	369.13	925.03	2396.92	908.76	3305.68
	ABUT 2	1102.80	321.28	479.27	1903.34	165.91	2069.25
G2	ABUT 1	1102.80	335.05	8.31	1446.17	403.19	1849.36
	PIER1	1102.80	344.82	331.68	1779.30	914.27	2693.57
	PIER1	1102.91	333.88	-152.73	1284.06	988.38	2272.44
	PIER2	1102.80	346.30	-119.29	1329.81	928.77	2258.58
	PIER2	1102.75	333.95	284.62	1721.32	974.17	2695.49
	ABUT 2	1102.80	344.46	28.81	1476.07	378.85	1854.92
G3	ABUT 1	1102.80	357.94	76.99	1537.73	395.53	1933.26
	PIER1	1102.80	355.48	268.08	1726.36	974.51	2700.86
	PIER1	1102.91	358.79	-141.31	1320.39	809.74	2130.13
	PIER2	1102.80	354.30	-117.62	1339.47	893.39	2232.86
	PIER2	1102.75	357.20	234.74	1694.70	916.07	2610.76
	ABUT 2	1102.80	356.22	76.26	1535.28	383.22	1918.50
G4	ABUT 1	1102.80	363.25	50.04	1516.09	346.54	1862.63
	PIER1	1102.80	342.98	299.83	1715.61	887.47	2603.08
	PIER1	1102.91	363.40	-72.85	1393.46	619.77	2013.23
	PIER2	1102.80	342.06	-65.16	1379.70	696.06	2075.76
	PIER2	1102.75	364.72	250.84	1718.32	788.68	2507.00
	ABUT 2	1102.80	340.14	31.98	1474.92	343.91	1818.84
G5	ABUT 1	1102.80	393.91	218.68	1715.39	100.92	1816.31
	PIER1	1102.80	448.42	433.86	1985.07	639.39	2624.47
	PIER1	1102.91	392.16	120.61	1615.68	-533.40	1082.28
	PIER2	1102.80	450.81	142.51	1696.12	-474.95	1221.18
	PIER2	1102.75	390.39	409.17	1902.32	548.98	2461.30
	ABUT 2	1102.80	453.12	231.93	1787.85	103.25	1891.10
계	ABUT 1	5514.01	1815.39	851.94	8181.34	1445.68	9627.02
	PIER1	5513.98	1815.28	2225.55	9554.81	4205.81	13760.62
	PIER1	5514.55	1815.46	154.56	7484.57	3078.36	10562.94
	PIER2	5513.98	1815.33	286.70	7596.00	2944.65	10540.65
	PIER2	5513.77	1815.40	2104.40	9433.57	4136.67	13570.23
	ABUT 2	5513.98	1815.22	848.25	8177.46	1375.14	9552.60

11. 처짐 검토

11.1.1 1차 긴장재에 의한 솟음 (1,3경간)

Pi1 = 15,116.03 kN

M = Pi1 × ep = 15,116.03 × 1.141 = 17,247.38 kN-m

$\delta = \frac{5 \times M \times L^2}{48 \times Ec \times I} + \frac{Pi1 \times ep2 \times L^2}{8 \times Ec \times I}$

- L = 58.45 m
- Ec = 32,902 MPa
- I = 1,165,177,394,014 mm⁴

구분	내측거더			외측거더		
	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)
1차 긴장	17,247.38	1,165,177,394,014	-192	17,247.38	1,165,177,394,014	-192

11.1.2 고정하중에 의한 처짐 계산 (1,3경간)

구분	내측거더			외측거더		
	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)
거더	14657.66	1,165,177,394,014	136	14657.66	1,165,177,394,014	136
슬래브	5175.25	1,165,177,394,014	48	5685.76	1,165,177,394,014	53

11.1.3 1차 장기 손실(50%)에 의한 처짐 계산 (1,3경간)

내측거더ΔPi1 = 15,116.03 × (1 - 0.851) / 2 = 1,126.14 kN

외측거더ΔPi1 = 15,116.03 × (1 - 0.855) / 2 = 1,095.91 kN

내측거더 ΔM = 1,126.14 × 1.076 = 1,211.73 kN-m

외측거더 ΔM = 1,095.91 × 1.076 = 1,179.20 kN-m

구분	내측거더			외측거더		
	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)
1차 긴장	1,211.73	1,727,926,165,778	8	1,179.20	1,727,926,165,778	7

11.1.4 추가고정하중에 의한 처짐 계산 (1,3경간)

구분	내측거더			외측거더		
	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)
추가고정하중	1267.69	1,727,926,165,778	8	1457.81	1,727,926,165,778	9

11.1.5 장기손실(50%) 에 의한 처짐 계산 (1,3경간)

내측거더ΔPi1 = 15,116.03 × (1 - 0.851) / 2 = 1,126.14 kN

외측거더ΔPi1 = 15,116.03 × (1 - 0.855) / 2 = 1,095.91 kN

내측거더 ΔM = 1,126.14 × 1.326 = 1,493.26 kN-m

외측거더 ΔM = 1,095.91 × 1.326 = 1,453.18 kN-m

구분	내측거더			외측거더		
	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)
장기손실	1,493.26	1,727,928,165,778	9	1,453.18	1,727,926,165,778	9

12. 휨강도의 검토

12.1 중앙부 검토

12.1.1 내측거더

(1) 극한모멘트 (Factored Moment)

Mu = 1.3 MD + 2.15 ML = 35,195 kN·m

(2) 극한저항모멘트

b = 2,430 mm

dp = 2,510 mm

Ap = 13,038 mm²

fpe = 986 MPa

0.5 fpu = 950 MPa < fpe

Pp = Ap / (b dp) = 0.00214

rp = 0.28 (저릴랙세이션 강청재)

β1 = 0.696

추가 배근 철근을 무시하면

fps = fpu {1 - (rp/β1) Pp (fpu / fck)}= 1,838 MPa

a = dp Pp fps / φfck = 429.675 mm > 250 mm (슬래브 높이)

(바닥판이 포함되므로 fck의 값은 바닥판의 값을 적용)

==> 중립축이 슬래브에 있지 않으므로 합성단면은 T형보로 가정한다

Apf fps = 0.85 fck tf (b-bw) = 0.85 × 27 × 250 ×(2,430 - 240)= 12565125 N

Apw fps = Ap fps - Apf fps = 13,038 × 1,838 - 12,565,125 = 11,397,199 N

$a = \frac{Apw\ fps}{0.85\ fck\ bw} = \frac{11397199}{0.85 \times 50 \times 240} = 1117$ mm

Mn = Apw fps(d p - a/2) + Apf fps (d p - tf/2)

= 11,397,199 x(2,510 - 1117 /2) + 12565125 x (2,510 - 250 /2)

= 52207334741 N·mm = 52207 kN·m

∴ φMn = 44,376 > Mu = 35,195 ==> O.K

13. 전단 응력 검토 (도.설.기 4.6.3.8)

13.1 위험단면에서의 검토

13.1.1 내측거더

1) 극한전단력 Vu

Vu = 1.3 ×(1071.9 + 357.69 + 172.93) + 2.15 × 340.96

= 2,816.00 kN

2) 콘크리트가 부담하는 전단강도 Vc

- Vc 는 Vci 또는 Vcw 중에서 작은 값으로 한다.

(1) 전단강도 Vci (휨 전단강도)

Vci = 0.05 × √fck × bw × d + Vd + (Vi × Mcr) / Mmax

Mcr = Zbo × (0.5 × √fck + fbe - fd) = 7,019 kN·m

fbe = 유효 프리스트레스에 의한 단면 하연의 응력

= Pe / Ac + (Pe e_{p0}) / Zbo = 4.793791 MPa

fd = Md1 / Zbo = 0.01 MPa

Mmax = 1.3 × Md2 + 2.15 × Ml = 10139.453 kN·m

d = 2,040 - 0 = 2,040 mm > 0.8 × H = 1,632 mm

∴ d = 2,040 mm

Vd = 1071.9 kN

Vi = 1.3 × Vd2 + 2.15 × Vl = 1422.87 kN

∴ Vci = 2,678 kN < 0.14 √fck x bo x d = 6,038 kN

위험단면 단면력(내측거더)

	V	M
자중	1,071.90	7.79
바닥판	357.69	43.07
추가고정하중	172.93	1,474.92
활하중	340.96	3,798.17

Md2 = 43.07 + 1474.9 = 1518 kN·m

Ml = 3798.2 kN·m

Vd2 = 357.69 + 172.93 = 530.62 kN

Vl = 340.96 kN

(2) 전단강도 Vcw (복부 전단강도)

Vcw = (0.29 × √fck + 0.3 × fpc) × bw × d + Vp

fpc = Pe / Ac = 3,826,120 / 2,489,770 = 1.54 MPa

Pe : 유효 프리스트레스

Ac : 순단면적

Vp = Pe ×sinΘ (Pe 의 수직분력)

= 3,826,120 × 0 / 1000 = 0 kN

Vcw = 4414.6552 kN

∴ Vc = min [Vci, Vcw]=Vci = 2,678 kN

(3) øVc = 0.8 × 2,678 = 2,142 kN

1/2 øVc = 1,071 < Vu = 2,816 이므로 최소전단보강 필요

2. 설계대상 교량

2.1 설계조건

○ 교량 제원

(1) 구조형식

구조형식					
상부형식	구조형식	BH Girder	하부형식	교각형식	T형교각(Φ=2.8m)
	지간구성	60.084+59.755+60.152= 179.991m		사용재료	콘크리트 f_{ck}=40 MPa
				기초형식	직접기초
	사용재료	콘크리트 콘크리트 f_{ck}=50 MPa		사용재료	콘크리트 f_{ck}=27 MPa

(2) 내진등급과 설계지진 수준

내진등급	위험도계수	가속도계수	지반계수
I	0.11	1.4	구역계수 x 위험도계수 = 0.154g	II (내진:1.2,면진:1.5)

(3) 해석 방법

구분	내진설계	면진설계
입력지진	지반계수에 맞는 응답스펙트럼	4개의 인공지진파
해석방법	다중모드 응답 스펙트럼 해석	시간이력 해석
	5% 감쇠비를 적용하였으며	5% 감쇠비를 적용하였으며
	Ritz Vector 해석법 사용	Ritz Vector 해석법 사용
	질량참여율 90% 이상	질량참여율 90% 이상

(4) 적용 받침

구분	내진설계
적용 받침	탄성받침(PAD)

2.2 참고문헌

① 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2010년)

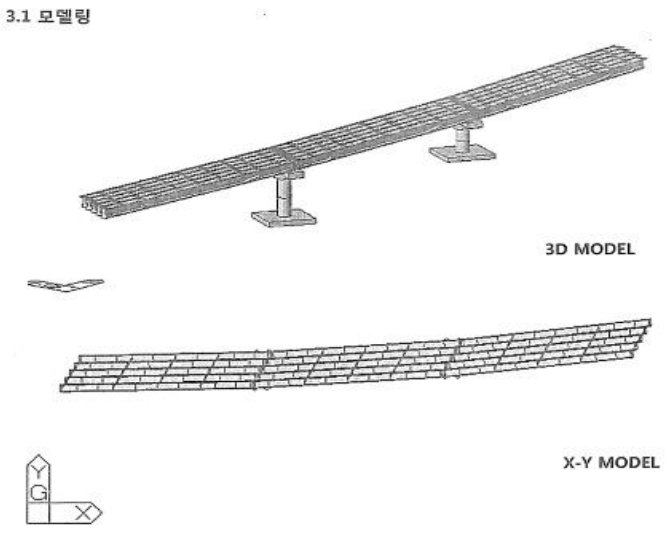
② 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2007년)

③ 도로설계요령 (한국도로공사. 2002년)

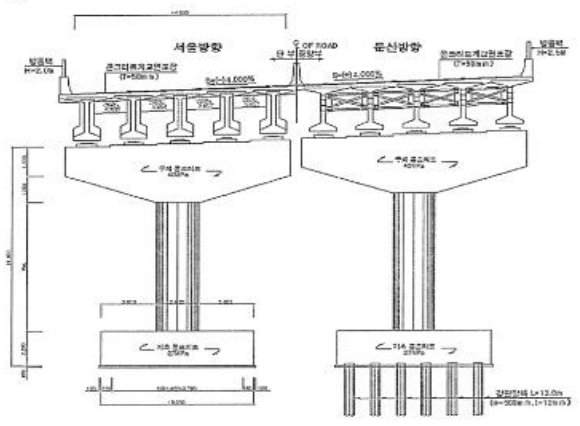
④ 설계 실무 자료집 (한국도로공사. 1996년)

3. 해석 모델

3.1 모델링



3.2 단면 특성



3.3 작용하중

(1) 탄성지진응답계수

1) 가속도계수

구분	적용 계수	비고
구역계수 (Z)	0.110	지진구역1
지진위험도계수 (I)	1.400	내진등급 1등급 (재현주기 1000년)
가속도계수 (A)	0.154	A = Z x I

2) 지반계수

구분	적용 계수	비고
지반계수 (S)	1.200	지반종류 II

3) 탄성지진응답계수(Cs) 산정

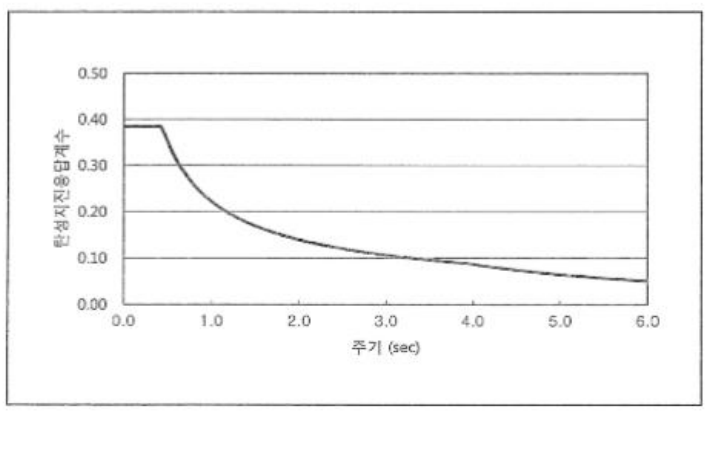
① T ≤ 4.0 sec

Cs = (1.2 x A x S) / T2/3 ≤ 2.5 x A

② T > 4.0 sec

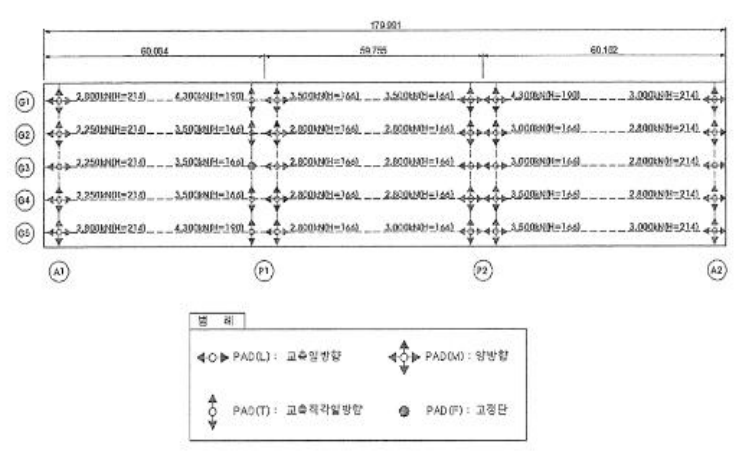
Cs = (3 x A x S) / T4/3

여기서, T : 교량의 주기



4. 받침특성치 검토

4.1 받침배치도



4.2 받침특성치

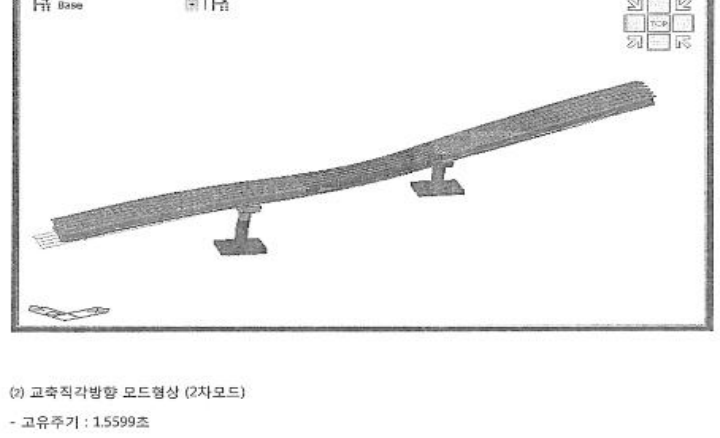
받침규격			압축강성	전단강성	고무층수	위치
받침	용량	받침높이	Kv,(kN/m)	Kh,(kN/m)		
PAD	2,250 kN	H=214mm	697,000	2,397	8층	A1
	2,800 kN	H=166mm	1,530,600	4,601	5층	P1후,P2전
	2,800 kN	H=214mm	956,700	2,876	8층	A1, A2
	3,000 kN	H=166mm	1,940,300	5,176	5층	P1전후
	3,000 kN	H=214mm	1,212,700	3,235	8층	A2
	3,500 kN	H=166mm	2,377,500	5,752	5층	P1전후,P2전후
	4,300 kN	H=190mm	1,606,900	5,176	5층	P1전,P2후

5. 고유치 해석결과

5.1 Mode Shape

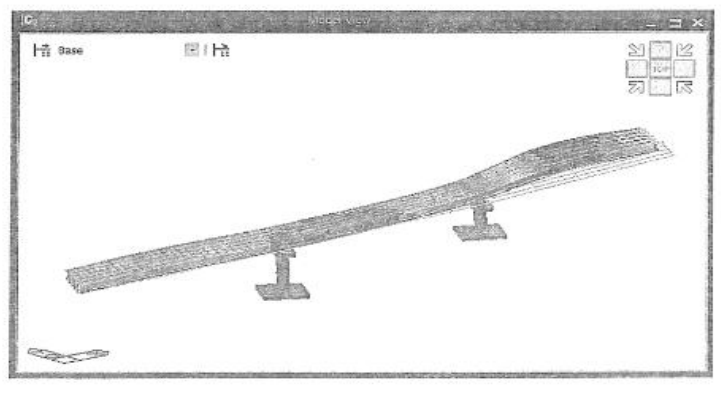
(1) 교축방향 모드형상 (3차모드)

- 고유주기 : 1.3315초



(2) 교축직각방향 모드형상 (2차모드)

- 고유주기 : 1.5599초



6. 내진해석 결과

6.1 받침 부재력 해석결과

(단위 : kN)

교각	받침		용량	교축방향 해석시		교축직각방향 해석시	
				교축	교직	교축	교직
A1	1	PAD	2,800	222	51	28	248
	2	PAD	2,250	185	44	23	210
	3	PAD	2,250	185	44	24	212
	4	PAD	2,250	185	44	25	214
	5	PAD	2,800	221	54	34	257
P1전	6	PAD	4,300	305	81	44	187
	7	PAD	3,500	340	90	46	210
	8	PAD	3,500	342	89	45	213
	9	PAD	3,500	343	89	46	215
	10	PAD	4,300	308	78	46	196
P1후	11	PAD	3,500	336	112	54	203
	12	PAD	2,800	270	89	41	164
	13	PAD	2,800	271	89	39	166
	14	PAD	2,800	272	88	39	168
	15	PAD	2,800	272	87	42	170
P2전	16	PAD	3,500	390	106	62	277
	17	PAD	2,800	313	86	46	219
	18	PAD	2,800	313	85	45	215
	19	PAD	2,800	312	85	46	212
	20	PAD	3,000	352	95	53	233
P2후	21	PAD	4,300	347	97	58	261
	22	PAD	3,000	349	98	55	257
	23	PAD	3,000	349	98	56	252
	24	PAD	3,500	387	108	64	275
	25	PAD	3,500	388	107	66	269
A2	26	PAD	3,000	242	52	42	352
	27	PAD	2,800	217	46	35	311
	28	PAD	2,800	217	46	34	308
	29	PAD	2,800	217	45	35	304
	30	PAD	3,000	245	50	40	337

7. 하부구조 내진해석 결과

7.1 교각하단 부재력

구 분		교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각	높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	9.80	31,701	12,107	3,092	1,272	12,522	22,566	970	1,815	
P2	6.10	26,255	11,884	3,434	1,586	12,343	20,695	1,331	2,253	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.2 교각하단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진+0.3 ×교축직각방향 지진

2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진+1.0 ×교축직각방향 지진

구 분		하중경우 1				하중경우 2				비고
		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각	높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	9.80	35,457	18,876	3,383	1,817	22,032	26,198	1,897	2,196	
P2	6.10	29,958	18,093	3,834	2,262	20,220	24,261	2,361	2,729	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.3 교각상단 부재력

구 분		교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각	높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	9.80	1,850	2,322	3,077	1,265	3,312	5,490	961	1,797	
P2	6.10	5,450	2,688	3,423	1,586	4,399	7,565	1,326	2,250	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.4 교각상단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진+0.3 ×교축직각방향 지진

2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진+1.0 ×교축직각방향 지진

구 분		하중경우 1				하중경우 2				비고
		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각	높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	9.80	2,844	3,969	3,366	1,804	3,867	6,186	1,884	2,176	
P2	6.10	6,770	4,957	3,821	2,261	6,034	8,371	2,353	2,726	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.5 기둥 상단 변위

(단위 : mm)

구 분		교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
P1	9.80	17.1	6.8	2.2	15.4	
P2	6.10	7.9	2.5	1.3	7.3	

7.6 기둥 상단 변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진+0.3 ×교축직각방향 지진

2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진+1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

구 분		하중경우 1		하중경우 2		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
P1	9.80	17.7	11.4	7.4	17.4	
P2	6.10	8.3	4.7	3.6	8.1	

7.7 상부변위

(단위 : mm)

구 분		교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
A1	-	76.5	19.6	12.5	89.3	
P1	9.80	76.4	22.1	10.9	52.7	
P2	6.10	76.2	17.6	9.9	53.3	
A2	-	74.4	21.2	14.2	103.8	

7.8 상부변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진+0.3 ×교축직각방향 지진

2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진+1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

구 분		하중경우 1		하중경우 2		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
A1	-	80.2	46.4	35.4	95.1	
P1	9.80	79.7	38.0	33.8	59.4	
P2	6.10	79.2	33.6	32.8	58.6	
A2	-	78.6	52.3	36.5	110.2	

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1404.91	732.908	O.K
	허용인발력(kN/EA)	242.657	-	O.K
	휨응력(MPa)	140	99.29	O.K
	전단응력(MPa)	80	14.378	O.K
	수평변위(mm)	15	5.628	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2107.365	984.479	O.K
	허용인발력(kN/EA)	363.986	-142.126	O.K
	휨응력(MPa)	210	108.797	O.K
	전단응력(MPa)	120	20.565	O.K
	수평변위(mm)	25	4.536	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm^2)	사용철근량 (mm^2)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1700	150	2345.39	3096.8	916.702	1206.029	1.316	O.K
후면저판		1700	100	1841.6	2292	745.012	925.286	1.242	O.K
벽체 : H=9.300		2700	100	3412.46	5139.2	2240.627	3357.768	1.499	O.K
흉벽		800	100	890.937	1588.8	157.544	278.868	1.77	O.K
좌측날개벽	A(T=500 mm)	500	80	2382.24	3096.8	244.497	313.686	1.283	O.K
	B(T=500 mm)	500	80	2171.66	3096.8	223.742	313.686	1.402	O.K
	C(T=500 mm)	500	80	2829.27	4053.6	288.006	403.331	1.4	O.K
우측날개벽	A(T=620 mm)	620	80	1682.69	2292	226.398	305.759	1.351	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	1584.23	2292	213.442	305.759	1.433	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	2032.78	3096.8	272.166	408.448	1.501	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		140.818	150	125	211.732	O.K
후면저판		132.041	150	125	370.156	O.K
벽체 : H=9.300		93.523	150	125	628.291	O.K
흉벽		106.846	150	125	507.044	O.K
좌측날개벽	A(T=500 mm)	118.706	150	125	490.901	O.K
	B(T=500 mm)	109.006	150	125	549.938	O.K
	C(T=500 mm)	109.652	150	125	556.041	O.K
우측날개벽	A(T=620 mm)	112.985	150	125	520.742	O.K
	B(T=620 mm)	106.792	150	125	561.165	O.K
	C(T=620 mm)	102.113	150	125	598.701	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
- (1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
- (2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
- (3) 교 량 등 급 : 1 등교
- (4) 교 대 총 폭 : B = 14.243 M
- (5) 교 대 총높이 : H = 11.000 M
- (6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
- (7) SKEW : 30.000 °

2) 하 중
- (1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
- (4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m
- (5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 573.784 kN/m
- (6) 상부 활하중 반력 : Rl = 116.131 kN/m
- (7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

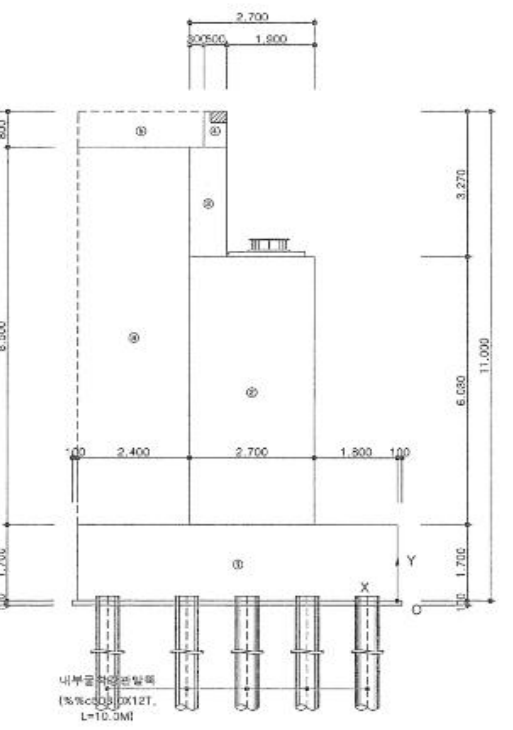
3) 지 반 조 건
- (1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
- (2) 기초지반의 N치 : N = 19.000
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 31.882 ° {Φ2 = 15 + √15N}
- (4) 기초지반의 점착력 : C = 17.000 kN/m²
- (5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.389 ; TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
- (6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수
  - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
  - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
  - 탄성계수 : Ec = 28000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
  - 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
- (1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
- (2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
- (1) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
- (2) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
- (3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
- (4) 도로설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	계
고정하중	1956.960	1446.170	1537.730	1516.090	1715.390	8172.340
활하중	229.690	402.990	400.500	407.030	213.830	1654.040

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	계
교축방향	288.000	240.000	240.000	240.000	288.000	1296.000
직각방향	329.000	279.000	281.000	284.000	342.000	1515.000

2. 해석결과 요약

▣ 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	안전율	허용안전율	비 고
교축방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	219781.174	18533.357	11.86	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	20398.236	1131.279	18.03	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/m²)	587.550	480.770	1.22	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	178484.569	47786.475	3.74	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	20398.236	4846.717	4.21	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/m²)	881.325	556.042	1.58	1.00	O.K
교축직각방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	219781.174	27728.346	7.93	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	25117.848	809.690	31.02	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/m²)	587.550	523.427	1.12	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	178484.569	32355.164	5.52	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	20398.236	3652.016	5.59	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/m²)	881.325	476.061	1.85	1.00	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

① 기둥 상단

단면위치		Puse	Pu(kN)	ΦPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.011	44594.472	130740.131	2.932	O.K
	모멘트최대	0.011	36240.278	82913.952	2.288	O.K
	탄성설계	0.011	20011.117	30340.205	1.516	O.K
	편심최대	0.011	18877.290	70573.526	3.739	O.K
교축직각방향	축력최대	0.011	44594.472	130740.131	2.932	O.K
	모멘트최대	0.011	42926.395	52202.472	1.216	O.K
	탄성설계	0.011	20011.117	57458.682	2.871	O.K
	편심최대	0.011	36789.789	44724.584	1.216	O.K
합성부재력	축력최대	0.011	44594.472	130740.131	2.932	O.K
	모멘트최대	0.011	36240.278	54472.779	1.503	O.K
	탄성설계	0.011	20011.117	22912.279	1.145	O.K
	편심최대	0.011	18877.290	55372.855	2.933	O.K
	모멘트최대	0.011	42926.395	51905.364	1.209	O.K
	편심최대	0.011	36789.789	44493.594	1.209	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 직접기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.15

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 50
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 42.386 ° ; 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 28 kN/m²
4) 기초지반의 최대 허용지지력 : Qa = 587.55 kN/m²
5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.6 ; tanΦb = 0.60, Cb = 0:암과 콘크리트
6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도 계수 x 지진구역계수
   - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
   - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa, 기둥: 40 MPa, 기초: 27 MPa
   - 탄성계수 : Ec = 두부보: 32000 MPa, 기둥: 32000 MPa, 기초: 29000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa, 기둥: 400 MPa, 기초: 400 MPa
   - 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

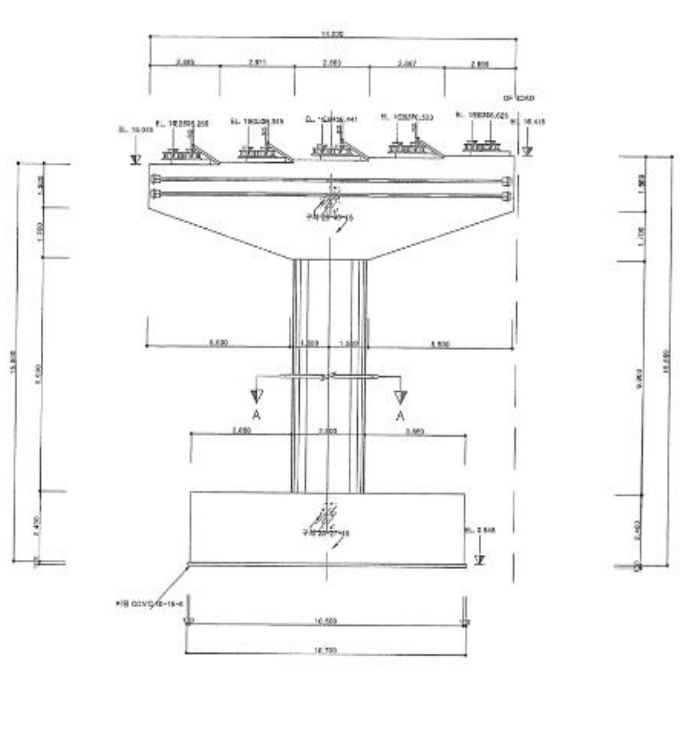
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

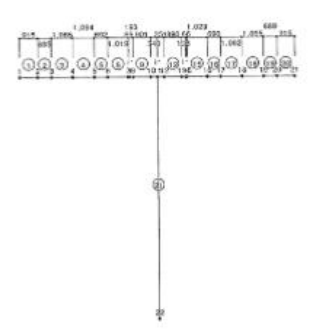
1) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
2) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
4) 도로 설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

4. 단 면 가 정



6. 구 조 해 석

6.1 해석 모델링



6.2 절점 좌표

절점	X	Z	절점	X	Z	절점	X	Z	절점	X	Z
1	0.000	12.350	7	5.500	12.350	13	8.241	12.350	19	12.396	12.350
2	0.915	12.350	8	5.566	12.350	14	8.434	12.350	20	13.095	12.350
3	1.610	12.350	9	5.759	12.350	15	8.500	12.350	21	14.000	12.350
4	2.695	12.350	10	6.660	12.350	16	9.529	12.350	22	7.000	0.000
5	3.789	12.350	11	7.000	12.350	17	10.219	12.350			
6	4.481	12.350	12	7.351	12.350	18	11.301	12.350			

6.3 단면 제원

구 분	B(m)	H(m)	A(m²)	I22(m⁴)	I33(m⁴)	적용절점
①	3.200	1.500	4.800	4.096000	0.900000	1
②	3.200	1.783	5.705	4.868779	1.511551	2
③	3.200	1.869	5.981	5.103616	1.740991	21
④	3.200	1.998	6.394	5.455872	2.126940	3
⑤	3.200	2.152	6.886	5.876395	2.657636	20
⑥	3.200	2.333	7.466	6.370645	3.386203	
⑦	3.200	2.365	7.568	6.458027	3.527461	19
⑧	3.200	2.425	7.760	6.621867	3.802804	4
⑨	3.200	2.611	8.355	7.129771	4.746673	18
⑩	3.200	2.763	8.842	7.544832	5.624856	5
⑪	3.200	2.946	9.427	8.044544	6.818156	17
⑫	3.200	2.977	9.526	8.129195	7.035666	6
⑬	3.200	3.159	10.109	8.626176	8.406546	16
⑭	3.200	3.292	10.534	8.989355	9.513673	7
⑮	3.200	3.385	10.832	9.243307	10.342958	8-14
16	3.200	3.477	11.126	9.494528	11.209411	15
17	2.800	0.000	6.158	3.017186	3.017186	기둥상단
18	2.800	0.000	6.158	3.017186	3.017186	기둥하단

7. 해석결과 집계

7.1 하중별 부재력 집계

① 기둥 : 부재번호 21

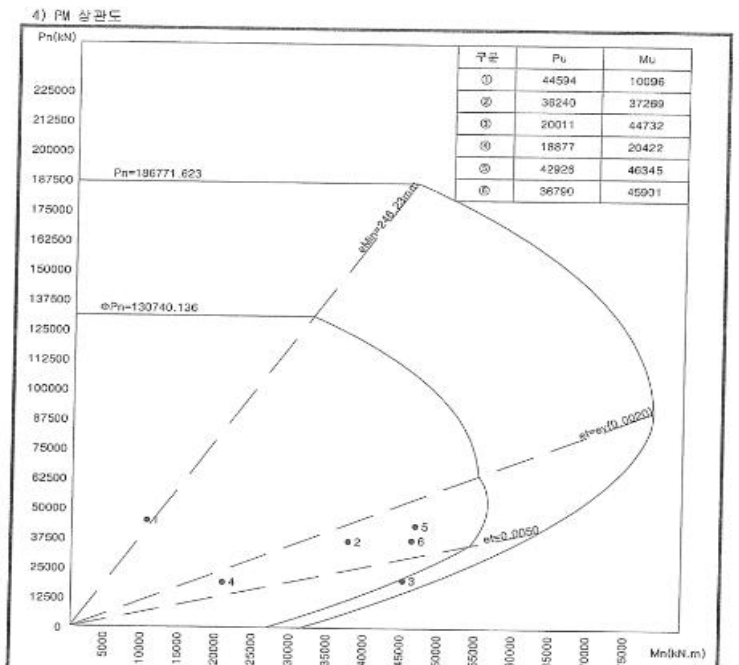
(교직방향)

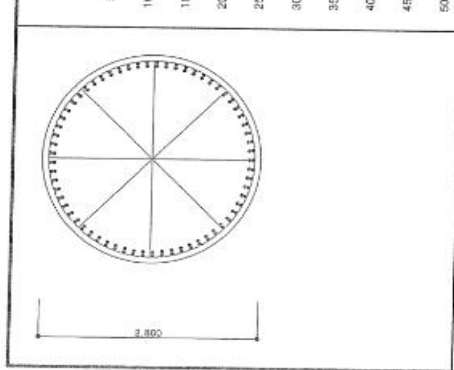
하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
D	-20455.354	-2095.194	0.000	-21979.340	-2095.194	0.000	
L1	-8641.870	227.168	0.000	-8641.870	227.168	0.000	
L2	-7284.170	-11497.082	0.000	-7284.170	-11497.082	0.000	
L3	-7866.020	14197.796	0.000	-7866.020	14197.796	0.000	
W-TR	0.000	3902.230	-679.359	0.000	10724.381	-690.636	
WL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-TR	0.000	6186.000	2176.000	0.000	26198.000	2195.000	
QI-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	41.999	-7.701	
Q3	444.237	0.000	0.000	444.237	0.000	0.000	
CF	0.000	3757.379	-456.661	0.000	8278.323	-456.661	

(교축방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
D	-20455.354	1241.942	0.000	-21979.340	1241.942	0.000	
L1	-8641.870	902.398	0.000	-8641.870	902.398	0.000	
L2	-7284.170	665.809	0.000	-7284.170	665.809	0.000	
L3	-7866.020	1295.280	0.000	-7866.020	1295.280	0.000	
W-LO	0.000	-279.191	113.958	0.000	-1503.648	125.232	
WL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-LO2	0.000	-3621.766	1006.046	0.000	-13581.625	1006.046	
E-LO	0.000	2844.000	3366.000	0.000	35457.000	3383.000	
Q3	444.237	0.000	0.000	444.237	0.000	0.000	
CF	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

4) PM 상관도





▣ 단면제원

R = 1400.000 mm
D = 2687.379 mm
Ag = 6157521.601 mm²
Aeff = 3078760.801 mm²

▣ 사용 철근

Ast = 65871.000 mm²
Puse = 0.01070
1단 : H25-65Ea
2단 : H25-65Ea

11. 기 초 설 계

11.1 교축직각방향

1) 기초 안정검토

① 기초 중앙작용력 산정

구 분	P(kN)	Vx(kN)	My(kN)	ΣV(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	비 고
SV005	30176.973	809.680	11814.487	42638.931	223854.387	13757.718	축력최대
SV007	29401.123	809.680	25785.115	41863.081	219781.174	27728.346	모멘트최대
SV021	29401.123	809.680	25785.115	41863.081	219781.174	27728.346	편심최대
SV022	21535.103	3652.016	24718.466	33997.061	178484.569	32355.164	지진시

註) 기초중앙의 부재력은 기둥의 부재력을 합산한 값을 사용한다.

ΣV = P + W + W1, W = 10.500 x 10.500 x 2.400 x 25.000 = 6615.000 kN
Mr = ΣV x B/2, B = 10.500 m
My = M + P x e, e = -0.000 m
Mo = |My + Vx x h|, h = 2.400 mm

※ 지진시의 부재력은 탄성설계를 적용한 값을 사용한다.
지진시에는 토피하중(수직력,수평력) 및 기초의 관성력을 고려하여 설계한다.

ⓐ 토피하중 (지반고 : EL 5.754m, 기초하단 : EL 0.545m)
W1 = (10.500 x 10.500 - π x 1.400² x 1EA) x 2.809 x 20.000 = 5846.958 kN
H1 = (10.500 x 2.800 - π x 1.400² x 1EA) x 2.809 x 20.000 x 0.185 = 241.265 kN
: Kh = A x S = 0.154 x 1.200 = 0.185

ⓑ 기초의 자중에 의한 관성력
H2 = 6615.000 x 0.185 = 1222.452 kN

② 전도에 대한 안정

- 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 평상시에는 바닥판 중심으로부터 바닥판 폭의1/6이내, 지진시와 폭풍시에는 바닥판 폭의 1/3이내에 있어야 한다. [도로교설계기준 5.6.2]
- 평상시 전도에 대한 저항모멘트는 전도모멘트의 2.0배 이상이어야 한다.
- 지진시 전도에 대한 저항모멘트는 전도모멘트의 1.5배 이상이어야 한다.

구 분	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	V(kN)	S.F	e(m)	허용폭(m)	비고
SV005	223854.387	13757.718	42638.931	16.271	0.323	1.750	O.K
SV007	219781.174	27728.346	41863.081	7.926	0.662	1.750	O.K
SV021	219781.174	27728.346	41863.081	7.926	0.662	1.750	O.K
SV022	178484.569	32355.164	33997.061	5.516	0.952	3.500	O.K

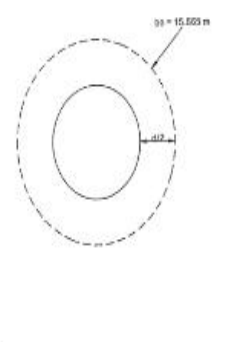
註) B : 기초의 폭원 (10.500m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V
S.F = Mr/Mo ≥ 2.00 (평상시), ≥ 1.50 (지진시), ≥ 1.50 (폭풍시)

12. 기초 2방향전단(펀칭) 검토

1) 최대 연직하중(Vu) : -46575.654 kN

2) PUNCHING SHEAR 검토위치 : 기둥전면 d/2

3) 위험단면 길이(bo) = 15.865 m



4) 콘크리트가 부담하는 전단강도

※ βc = 1.000, αs = 40

① Vc1 = 1/6 x (1 + 2/βc) x √(Fck) x bo x d
= 1/6 x (1 + 2/1.00) x √(27) x 15.865 x 2.250
= 92741.841 kN

② Vc2 = 1/6 x (1 + (αs·d)/(2·bo)) x √(Fck) x bo x d
= 1/6 x (1 + (40·2.250)/(2·15.865)) x √(27) x 15.865 x 2.250
= 118599.019 kN

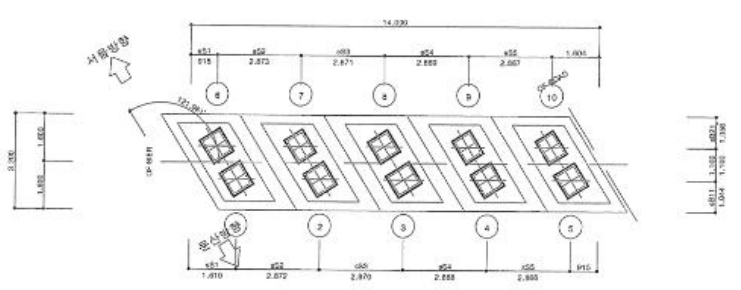
③ Vc3 = 1/3 x √(Fck) x bo x d
= 1/3 x √(27) x 15.865 x 2.250
= 61827.894 kN

———— 이중 작은 값 사용

∴ 콘크리트가 부담하는 전단강도(φVc) = 0.80 x 61827.894 = 49462.315 kN

※ ΦVc > Vu ———— O.K

13. 교량 받침부 검토



13.1 받침 연단거리 검토

① 필요 연단거리

㉠ 전열
- 거더의 경간길이가 100m 이하이므로 S = 200 + 5.0L
S = 200 + 5.0 x 60.176 = 500.880 mm

㉡ 후열
- 거더의 경간길이가 100m 이하이므로 S = 200 + 5.0L
S = 200 + 5.0 x 59.755 = 498.775 mm

② 실제 연단거리

구 분	필요연단	받침 규격		연단거리	비 고
		교축방향	직각방향		
1	500.880	760.000	660.000	546.436	O.K
2	500.880	760.000	660.000	546.516	O.K
3	500.880	700.000	790.000	537.276	O.K
4	500.880	760.000	660.000	546.099	O.K
5	500.880	760.000	660.000	545.601	O.K
6	498.775	760.000	660.000	558.803	O.K
7	498.775	760.000	560.000	585.120	O.K
8	498.775	700.000	650.000	586.174	O.K
9	498.775	760.000	560.000	584.338	O.K
10	498.775	760.000	560.000	583.952	O.K

31.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 31.2.1】 장진천2교(서울) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	장진천2교(서울)의 주요손상으로는 교면포장 망상균열, 바닥판하면 물끊기홈 미제거, 교대 균열부백태 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	장진천2교(서울)의 주요손상으로는 교면포장 망상균열, 방호벽 파손, 바닥판하면 물끊기홈 미제거, 교대 신축이음 하부 누수, 균열부백태 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교면포장 망상균열, 방호벽 파손 바닥판하면 물끊기홈 미제거 교대 균열부백태 신축이음 하부 누수	양호

31.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

31.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 기 손상인 교면포장 망상균열, 교대 백태, 신축이음 하부 누수 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

31.2.5 시설물 보수 이력

【표 31.2.2】 장진천2교(서울) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

31.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 31.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

31.3 현장조사

31.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S3	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



제원조사



비파괴시험

【사진 31.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

31.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 장진천2교(서울)의 바닥판하면은 차량하중을 직접적으로 지지하는 동시에 거더에 하중을 분산시키는 역할을 하는 주요 부재로 총 3경간으로 이루어져 있으며, 연장 L=180.0m, 폭 12.3m의 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 31.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 31.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-

	
S1 상태양호	S1 상태양호
	
S2 상태양호	S3 상태양호

【사진 31.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. BH Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 BH거더 형식으로 3경간 5열로 시공되었다.
- 거더에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



거더 전경



거더 전경

【사진 31.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 일부 국부적인 망상균열 및 파손이 조사되었다.

【표 31.3.2】 거더 현장조사 결과

구분		망상균열 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
거더	S1	3.00	1	-	-
	S2	-	-	-	-
	S3	2.40	1	0.06	1
합계		5.40	2	0.06	1

	
S1-G1 망상균열(1.5×2.0)	S1-G1 망상균열(1.5×2.0)
	
S3-G1 망상균열(1.5×2.0)	S3-G3 파손(0.2×0.3)

【사진 31.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더에 발생한 망상균열 및 파손은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열, 파손으로서 보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 STEEL과 콘크리트로 시공되어 있다.
- 가로보에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경



가로보 전경

【사진 31.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 콘크리트 가로보에 재료분리가 조사되었다.

【표 31.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		재료분리 (㎡/개소)	
가로보	S1	0.04	1
	S2	-	-
	S2	0.40	1
합계		0.44	2

	
S1-G1~2 재료분리(0.1×0.4)	S3-G1~2 재료분리(1.0×0.4)
	
가로보(강재) 상태양호	가로보(강재) 상태양호

【사진 31.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

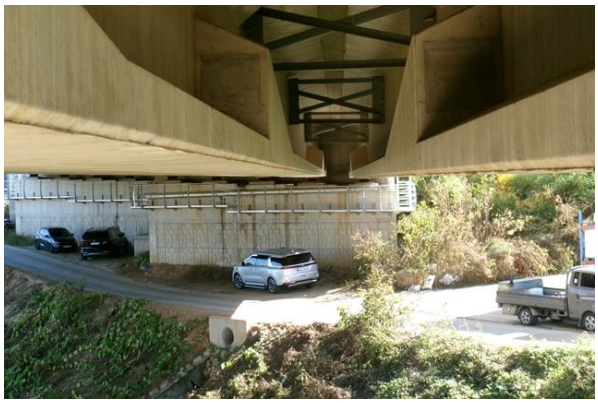
4) 검토의견

- 콘크리트 가로보에 발생한 재료분리는 다짐불량, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 손상이나 보수를 실시하여 내구성 확보를 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 장진천2교(서울) 교대는 상부 구조물로부터의 하중을 기초로 전달하는 부재로써, 역T형으로 A1, A2 강관말뚝기초로 시공되어있다.
- 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 31.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 백태가 발생한 것으로 조사되었다.

【표 31.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	백태 (㎡/개소)	
A1	0.30	3
A2	-	-
합계	0.30	3



A1 백태(0.2×0.5×3EA)



A1 구체 상태양호

【사진 31.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교대에 발생한 백태의 경우 건조수축, 온도변화, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 신축이음 하부를 통한 누수 발생 여부에 대해 지속적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 장진천2교(서울)의 교각은 T형 2기로, 기초는 강관말뚝기초(P2), 직접기초(P1)로 시공되었다.
- 교각에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교각(P1) 전경



교각(P2) 전경

【사진 31.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열이 조사되었다.

【표 31.3.5】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
P1	-	-
P2	0.50	1
합계	0.50	1



P2 코핑부 균열(Cw=0.3㎜미만)



P1 코핑부 상태양호

【사진 31.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

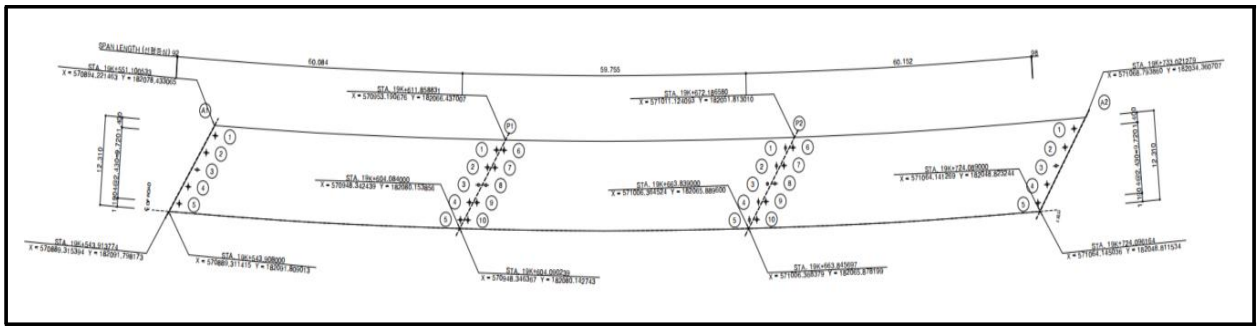
4) 검토의견

■ 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열이나 표면보수를 실시하여 내구성 확보를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 장진천2교(서울)의 받침은 탄성받침으로 총 30기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 31.3.1】 교량받침 배치도



탄성받침(일방향) 전경



탄성받침(양방향) 전경



탄성받침(고정) 전경

【사진 31.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 31.3.6】 교량받침 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
P1	-	-
P2	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
본체 및 무수축몰탈 상태양호	받침콘크리트 상태양호

【사진 31.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

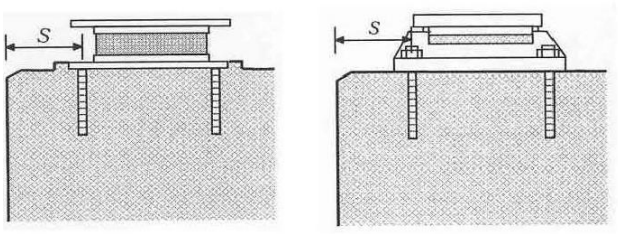
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 받침본체 및 몰탈, 콘크리트 모두 양호한 상태로 조사되었으나, 플레이트 도장 및 콘크리트 균열 등에 대하여 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 31.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

	
받침장치 연단거리 측정	받침장치 연단거리 측정

【사진 31.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500(㎜)

【표 31.3.7】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)					검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
A1		500	540	560	560	560	560	O.K
P1	A1측	500	620	620	620	620	630	O.K
	A2측	500	620	620	620	620	620	O.K
P2	A1측	500	600	640	650	620	620	O.K
	A2측	500	640	650	650	650	650	O.K
A2		500	600	600	600	610	600	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 32.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 32.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	26.2	23.8	0.00001	120.0	31.4	28.6	
P1	26.2	23.8	0.00001	60.0	15.7	14.3	
P2	고정단						
A2	26.2	23.8	0.00001	60.0	15.7	14.3	
1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)							

【표 32.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	−10	54	74	31.4	28.6	±64	O.K
	SH2	−10	54	74			±64	O.K
	SH3	−10	54	74			±64	O.K
	SH4	−10	54	74			±64	O.K
	SH5	−10	54	74			±64	O.K
P1	SH1	−10	39	59	15.7	14.3	±49	O.K
	SH2	−10	39	59			±49	O.K
	SH3	−10	39	59			±49	O.K
	SH4	−10	39	59			±49	O.K
	SH5	−10	39	59			±49	O.K
P2	고정단							
A2	SH1	−5	59	69	15.7	14.3	±64	O.K
	SH2	−5	59	69			±64	O.K
	SH3	−5	59	69			±64	O.K
	SH4	−5	59	69			±64	O.K
	SH5	−5	59	69			±64	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K
허용변위 = 받침높이 × 0.3

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 교량받침 이동량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 신축이음장치는 직접 차량하중을 받는 부재로써, 설계 및 시공의 결함은 차량통행자에게 불쾌감 및 위협감을 줄 뿐만 아니라 경우에 따라서는 교량구조에도 악영향을 미칠 수 있는 장치이다.
- 본 교량의 신축이음장치는 A1(NO.120), A2(NO.80) 강핑거조인트로 시공된 상태이다.
- 신축이음의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사 및 측정을 실시하였다.



EXP.J1(A1) 전경



EXP.J2(A2) 전경

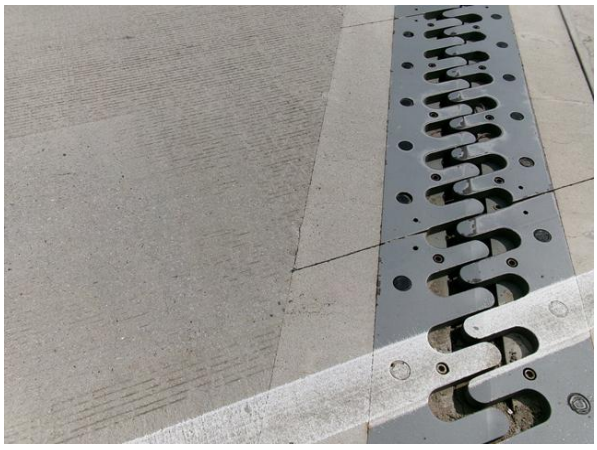
【사진 32.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3㎜미만), 신축이음 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.

【표 32.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		신축이음 하부 누수 (m/개소)		이동량부족 (개소/개소)	
A1 (EXP J1)	9.60	24	0.30	1	1.00	1
A2 (EXP J2)	9.60	24	0.60	3	-	-
합계	19.20	48	0.90	4	1.00	1

	
A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
A2 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	A2 신축이음 하부 누수

【사진 32.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 하부 누수의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 균열 보수 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 17. 기온 적용: 11.2℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃−11.2℃ = 23.8℃
△T(수축시) : −15.0℃−(11.2℃) = 26.2℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 32.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 32.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	26.2	23.8	0.00001	120.0	31.4	28.6	100	80	190	
A2	26.2	23.8	0.00001	60.0	15.7	14.3	63	76	205	
1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 32.3.12】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	31.4	28.6	100	120	131.4	71.4	N.G
	바닥판			80	-	-	51.4	O.K
	거더			190	-	-	161.4	O.K
A2	신축이음	15.7	14.3	63	80	78.7	48.7	O.K
	바닥판			76	-	-	61.7	O.K
	거더			205	-	-	190.7	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

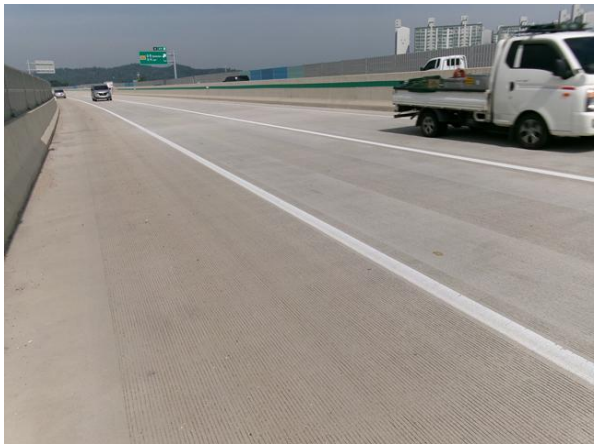
6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A1 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 장진천2교(문산)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.
- 교면포장의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사를 실시하였다.

	
교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

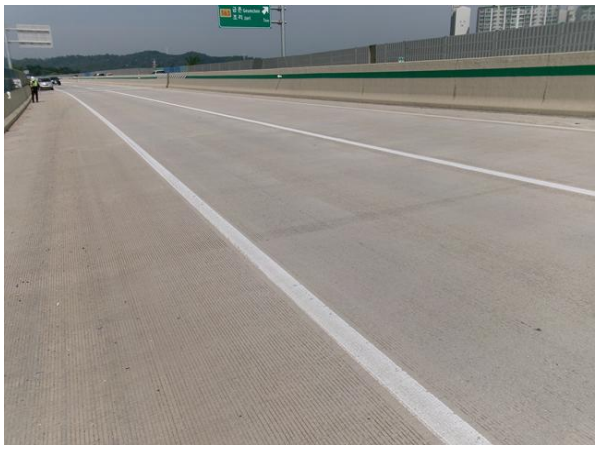
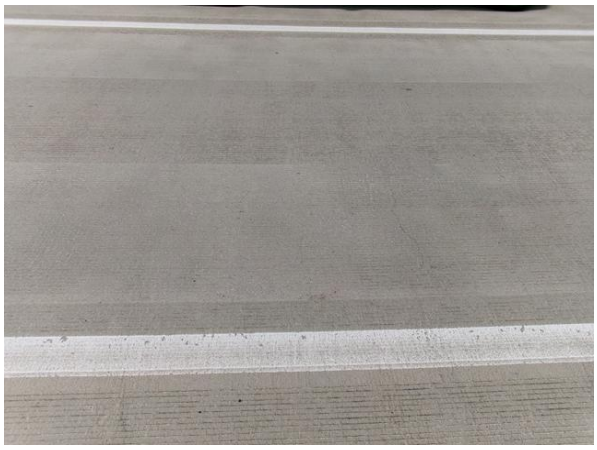
【사진 32.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 포장부 망상균열이 확인되었다.

【표 32.3.13】 교면포장 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)	
S1	24.00	1
S2	360.00	1
S3	360.00	1
합계	744.00	3

	
S1 교면포장 망상균열(4.0×6.0)	S1 교면포장 망상균열(4.0×6.0)
	
S2 교면포장 망상균열(6.0×60.0)	S3 교면포장 망상균열(6.0×60.0)

【사진 32.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장은 구배불량에 의한 물고임 현상은 없는 상태이며, 포장부 콘크리트 망상균열이 조사되었다. 상기 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 장진천2교(문산)의 상부는 그레이팅 덮개로 마감된 배수구가 하부는 육교형 배수관이 시공되어있고, 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.
- 배수시설에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 32.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 32.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 32.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다. 부속시설로 방음벽이 시공되어 있다.
- 방호벽에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



방호벽 전경



중분대 전경

【사진 32.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만의 균열이 확인되었다.

【표 32.3.15】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
S1	1.50	1
S2	1.50	1
S3	-	-
합계	3.00	2

	
S1 균열(Cw=0.3㎜미만)	S2 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
이전 보수부 상태양호	중앙분리대 상태양호

【사진 32.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열은 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 현재 경미한 상태로 시급한 보수 보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 장진천2교(서울)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1, A2, P1, P2에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.
- 교량 점검시설에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

【사진 31.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 및 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 31.3.16】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
P1	-	-
P2	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 31.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

31.3.3 외관조사 총괄표

【표 31.3.17】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	상태양호	-	-	-	
거더	망상균열	㎡	5.40	2	
	파손	㎡	0.06	1	
가로보	재료분리	㎡	0.44	2	
교대	백태	㎡	0.30	3	
교각	균열(0.3㎜미만)	m	0.50	1	
교량받침	상태양호	-	-	-	
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	19.20	48	
	신축이음 하부 누수	m	0.90	4	
	이동량 부족	EA	1.00	1	
교면포장	망상균열	㎡	744.00	3	
배수시설	상태양호	-	-	-	
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	3.00	2	
점검시설	상태양호	-	-	-	

31.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

31.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

31.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 31.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	4	4	4	4	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



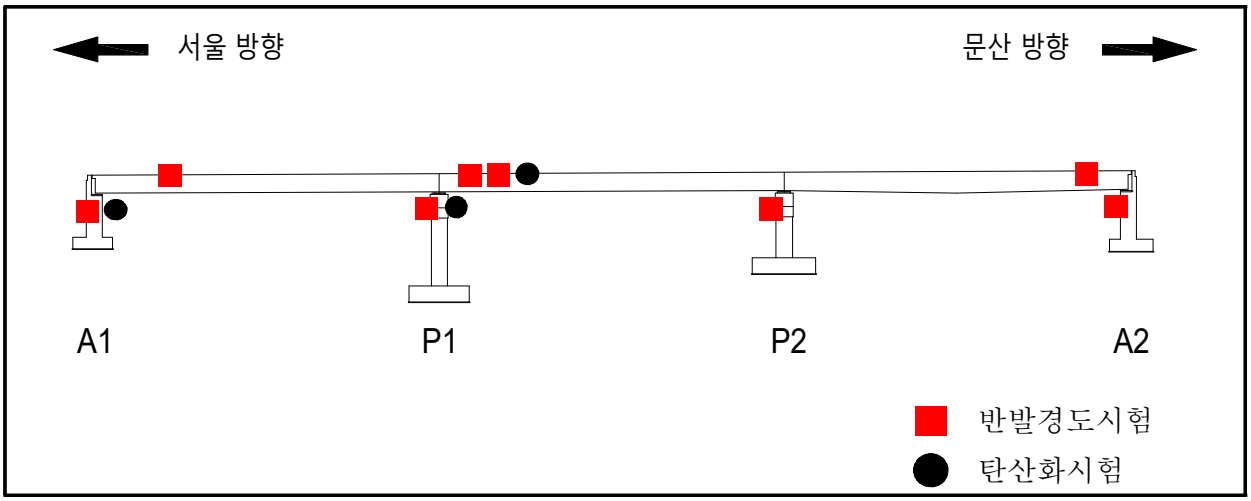
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 31.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 31.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

31.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(각 4개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 31.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	46.4	27.4	28.8	0.67	27.0	
	S2	바닥판	46.5	27.5	28.8			
	S3	바닥판	47.9	28.7	29.5			

【표 31.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
상부구조	S2	거더	49.3	41.8	50.1	0.67	40.0	

【표 31.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	흉벽	44.4	25.7	27.8	0.67	24.0	
	A2	흉벽	45.7	26.8	28.4			

【표 31.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
하부구조	P1	코핑부	49.5	42.0	50.4	0.67	40.0	
	P2	코핑부	54.3	46.8	57.8			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.4~28.7㎫, 거더 41.8㎫, 하부구조 교대 25.7~26.8㎫, 교각 42.0~46.8㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 31.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.4~28.7	27.0	101.4~106.2
	거더	41.8	40.0	104.4
하부구조	교대	25.7~26.8	24.0	107.2~111.6
	교각	42.0~46.8	40.0	105.0~117.0

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 31.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S2 바닥판하면	4.5	40.0	35.5	3.18	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	5.0	100.0	95.0	3.54	100년이상	a
	P1 코핑부	5.0	100.0	95.0	3.54	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 4.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 5.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 31.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	4.5	35.5	
하부구조	5.0	95.0	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 31.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.4~28.7	27.0	■설계강도 이상(양호)
		거더	41.8	40.0	
	하부구조	교대	25.7~26.8	24.0	
		교각	42.0~46.8	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		35.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

31.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

31.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급'으로 산정되었다.

【표 31.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	BH	a	b	b	c	a	b	c	a	b	q	-	a
S2	P1	BH	a	a	a	d	a	b	-	a	a	q	a	a
S3	P2	BH	a	b	a	d	a	a	-	a	b	q	-	-
	A2								c	a	a	q	-	-
평균			0.100	0.167	0.133	0.600	0.100	0.167	0.400	0.100	0.150	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.033	0.007	0.042	0.003	0.003	0.036	0.009	0.030	-	0.004	0.003
													0.188	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.188) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 31.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
장진천2교(서울)	0.188	B	180.0	2	360	1.000	0.188
합계(∑)			180.0	2	360	1.000	0.188
1. 평가지수 =							0.188
2. 상태평가결과 =							B

31.5.2 기 점검 결과와의 비교

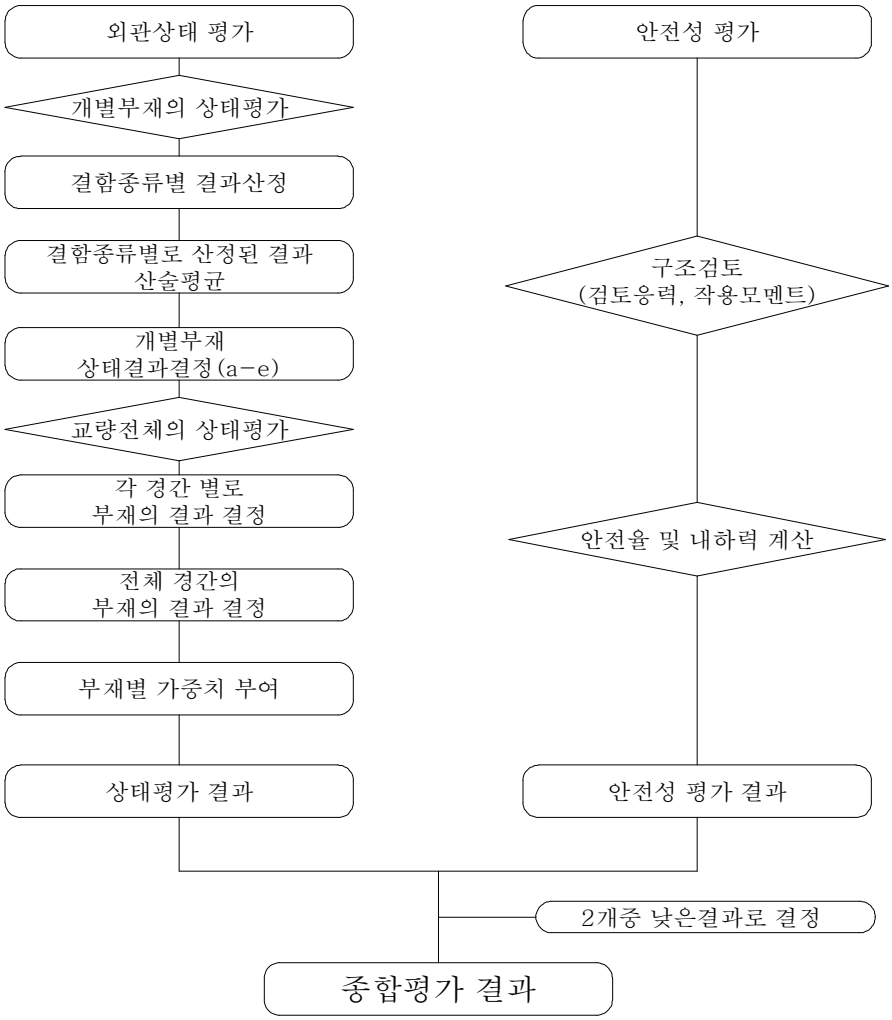
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

31.6 종합평가 및 안전등급 지정

31.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 31.6.1】 종합평가 결과 산정절차

31.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 31.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
장진천2교(서울)	0.188	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

31.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 31.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

31.7 보수·보강 및 유지관리방안

31.7.1 보수·보강 방안

【표 31.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	상태양호	-	-	-	-	-
거더	망상균열	㎡	5.40	2	표면처리	하자
	파손	㎡	0.06	1	단면보수	하자
가로보	재료분리	㎡	0.44	2	단면보수	하자
교대	백태	㎡	0.30	3	표면처리	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	m	0.50	1	표면처리	하자
교량받침	상태양호	-	-	-	-	-
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	19.20	48	표면처리	하자
	신축이음 하부 누수	m	0.90	4	재설치	하자
	이동량 부족	EA	1.00	1	재설치	하자
교면포장	망상균열	㎡	744.00	3	표면처리	하자
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	3.00	2	표면처리	하자
점검시설	상태양호	-	-	-	-	-

31.7.2 개략공사비

【표 31.7.2】 개략공사비

구분	손상 내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
거더	망상균열	표면처리	5.40	8.10	㎡	-	-	하자
	파손	단면보수	0.06	0.09	㎡	-	-	하자
가로보	재료분리	단면보수	0.44	0.66	㎡	-	-	하자
교대	백태	표면처리	0.30	0.45	㎡	-	-	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.50	0.19	㎡	-	-	하자
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	표면처리	19.20	7.20	㎡	-	-	하자
	신축이음 하부 누수	재설치	0.90	1.35	m	-	-	하자
	이동량 부족	재설치	1.00	1.50	EA	-	-	하자
교면포장	망상균열	표면처리	744.00	1,116.00	㎡	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	3.00	1.13	㎡	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

31.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 31.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

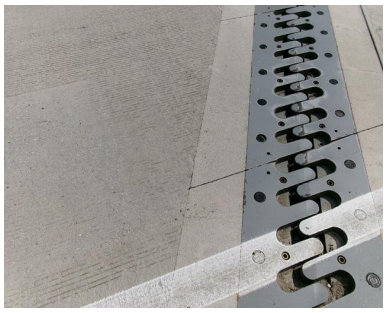




① 거더 망상균열, 파손 등 – 진전 여부확인



② 하부구조 백태 – 진전 여부확인

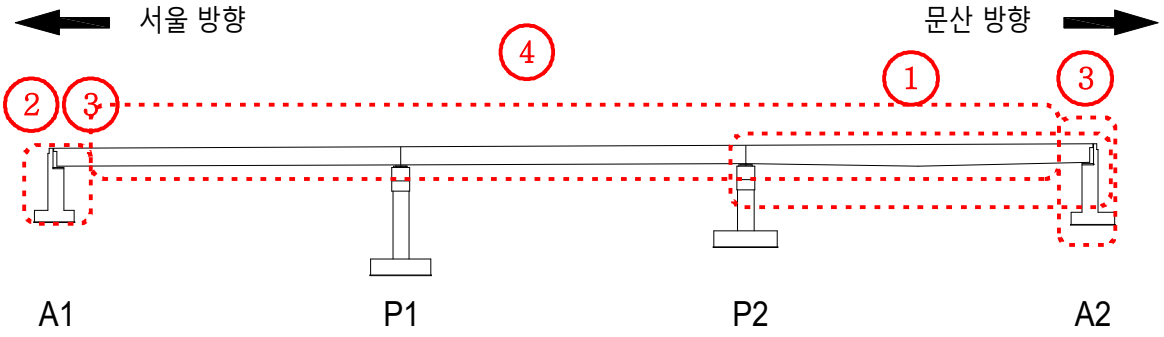




③ 신축이음 후타재 균열, 하부 누수 – 진전 여부확인



④ 교면포장 망상균열 등 - 진전 여부확인



31.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 능안리 95-8에 위치한 교량으로 총 연장 180.0m, 폭 12.3m의 BH Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

31.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) BH Girder

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 일부 국부적인 망상균열 및 파손이 조사되었다.
- 거더에 발생한 망상균열 및 파손은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열, 파손으로서 보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

3) 가로보

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 콘크리트 가로보에 재료분리가 조사되었다.
- 콘크리트 가로보에 발생한 재료분리는 다짐불량, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 손상이나 보수를 실시하여 내구성 확보를 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

4) 교대

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 백태가 발생한 것으로 조사되었다.
- 교대에 발생한 백태의 경우 건조수축, 온도변화, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 신축이음 하부를 통한 누수 발생 여부에 대해 지속적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 요구된다.

5) 교각

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열이 조사되었다.
- 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열이나 표면보수를 실시하여 내구성 확보를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

6) 교량받침

- 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
- 받침본체 및 몰탈, 콘크리트 모두 양호한 상태로 조사되었으나, 플레이트 도장 및 콘크리트 균열 등에 대하여 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 교량받침 이동량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3㎜미만), 신축이음 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.
- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 하부 누수의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 균열 보수 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A1 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

8) 교면포장

- 현장조사 결과 포장부 망상균열이 확인되었다.
- 교면포장은 구배불량에 의한 물고임 현상은 없는 상태이며, 포장부 콘크리트 망상균열이 조사되었다. 상기 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

9) 배수시설

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만의 균열이 확인되었다.
- 방호벽에 발생한 균열은 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 현재 경미한 상태로 시급한 보수 보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

11) 교량 점검시설

- 교대 및 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.
- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.4~28.7㎫, 거더 41.8㎫, 하부구조 교대 25.7~26.8㎫, 교각 42.0~46.8㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 4.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 5.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 장진천2교(서울)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 장진천2교(서울)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

31.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

31.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

32. 장진천2교(문산)

32.1 시설물 개요
32.2 자료수집 및 분석
32.3 현장조사
32.4 콘크리트 내구성조사
32.5 상태평가
32.6 종합평가 및 안전등급 지정
32.7 보수·보강 및 유지관리 방안
32.8 종합결론

32. 장진천2교(문산)

32.1 시설물의 개요

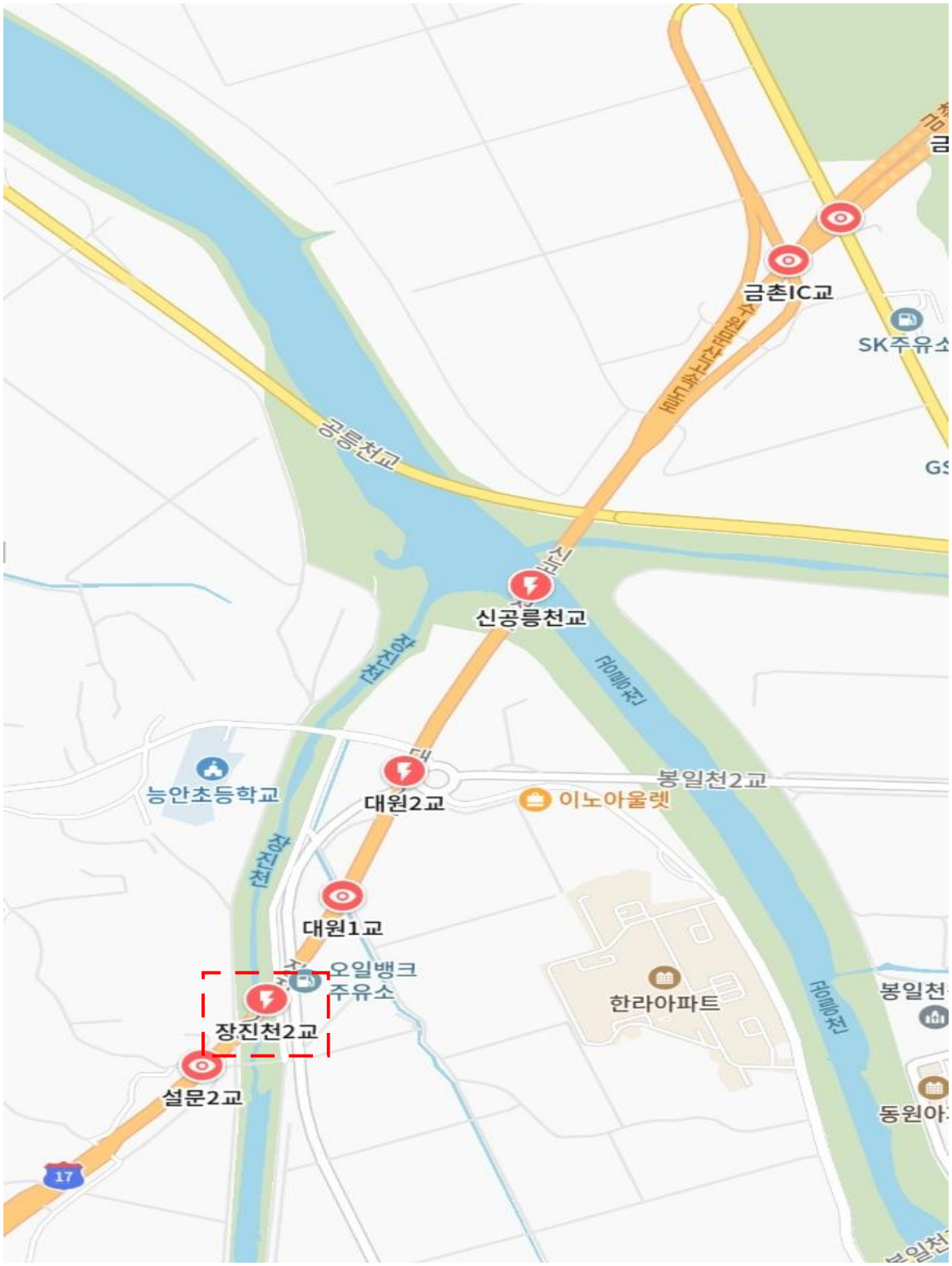
본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 능안리 95-8에 위치한 교량으로 총 연장 180.0m, 폭 12.3m로 시공되어 있다.

32.1.1 일반사항

【표 32.1.1】 장진천2교(문산) 일반사항

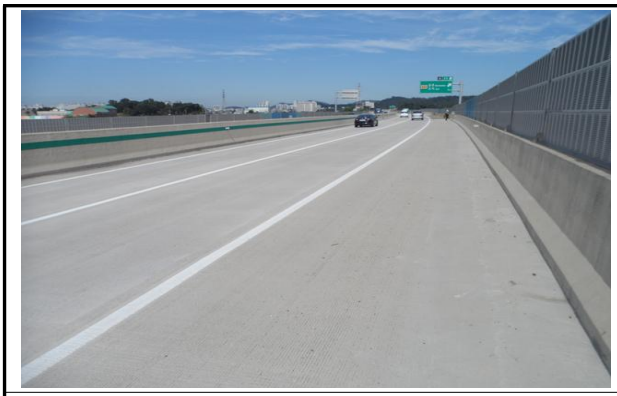
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2020-0000121</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td>경기도 파주시 조리읍 능안리 95-8</td><td colspan="2">준공년월일</td><td>2020. 11. 06</td></tr>
<tr><td colspan="2">시점이정</td><td>본선구간 17.220km</td><td colspan="2">노 선 명</td><td>고속국도 17호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L=180.0m(3@60=180.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=12.3m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>BH거더</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교 대</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대: 역T형 교각: T형</td><td>교 각</td><td>강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>핑거</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>장진천</td><td colspan="2">통과높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td>-</td><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td></tr>
<tr><td colspan="2">시 공 자</td><td>지에스건설㈜</td><td colspan="2">관리주체</td><td>㈜신성엔지니어링</td></tr>
<tr><td colspan="2">감 리 자</td><td>동남이엔씨㈜</td><td colspan="2">관리주체</td><td>서울문산고속도로주식회사</td></tr>
<tr><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">측면 전경</td><td colspan="3">상부 전경</td></tr>
</table>

32.1.2 위치도 및 전경사진



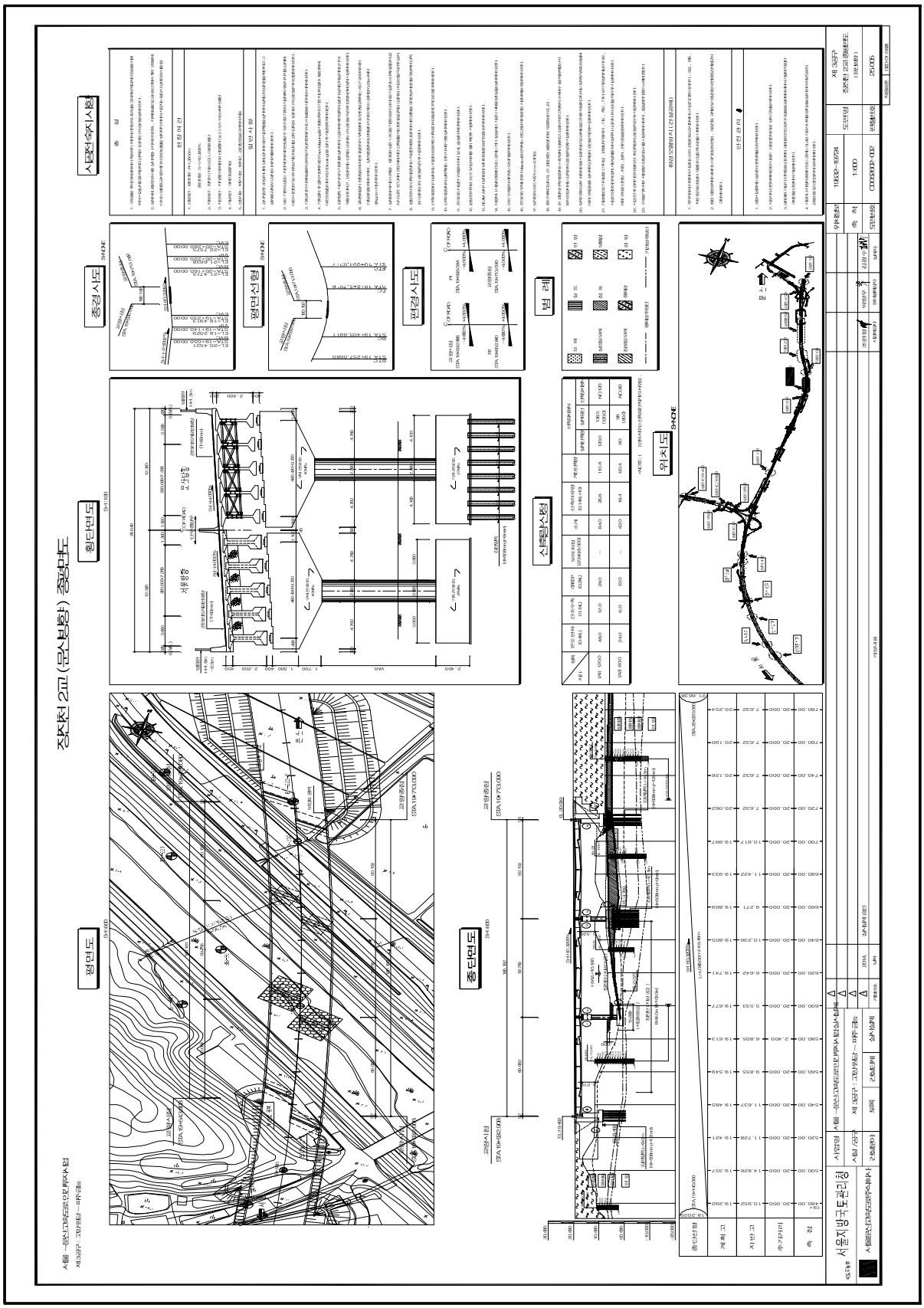
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S3	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 32.1.1】 위치도

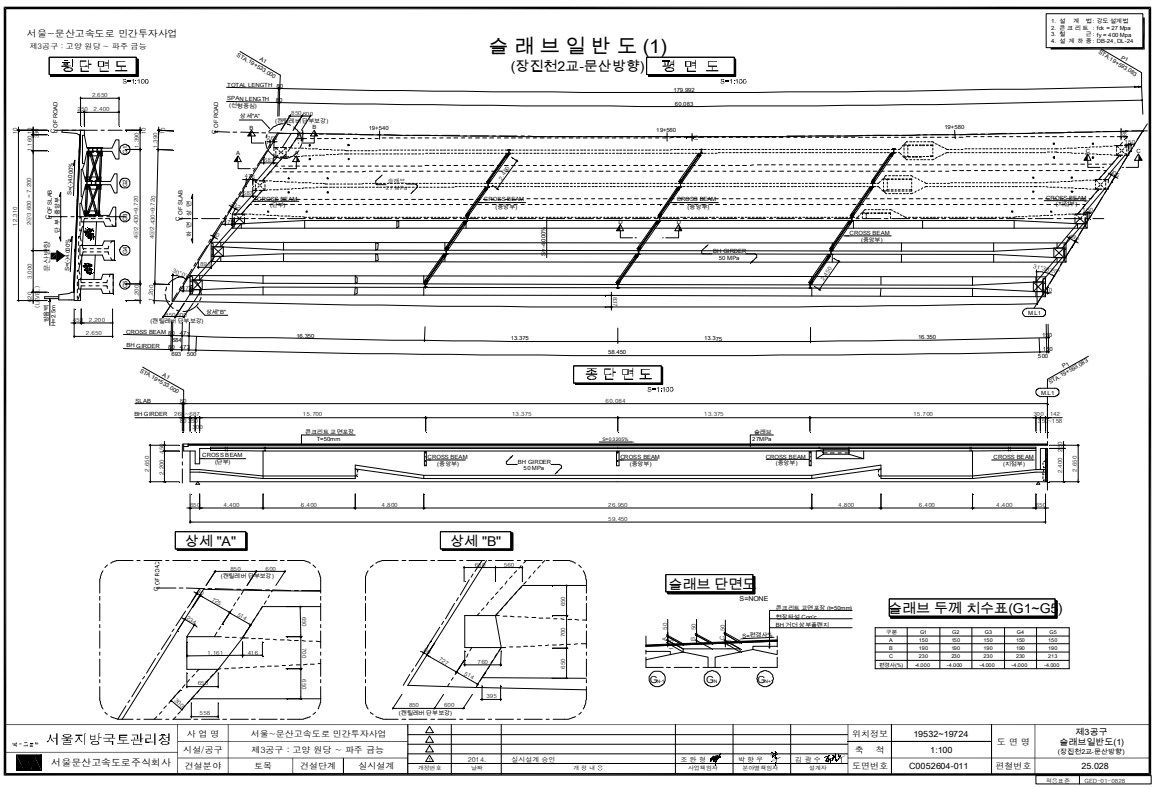
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
방호벽, 방음벽 전경	거더 전경
	
교대(A1) 전경	교대(A2) 전경
	
교각 전경	교량받침 전경

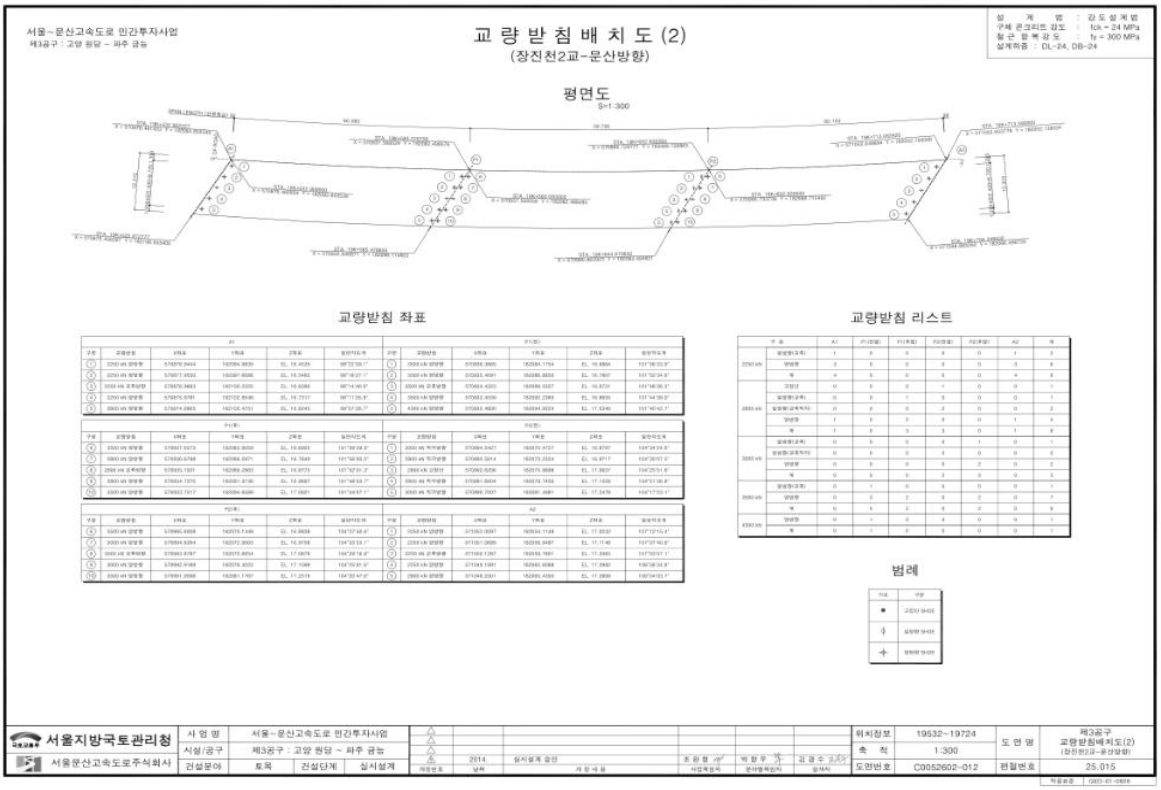
【그림 32.1.2】 부재별 전경 및 작업사진

32.1.3 시설물 일반도

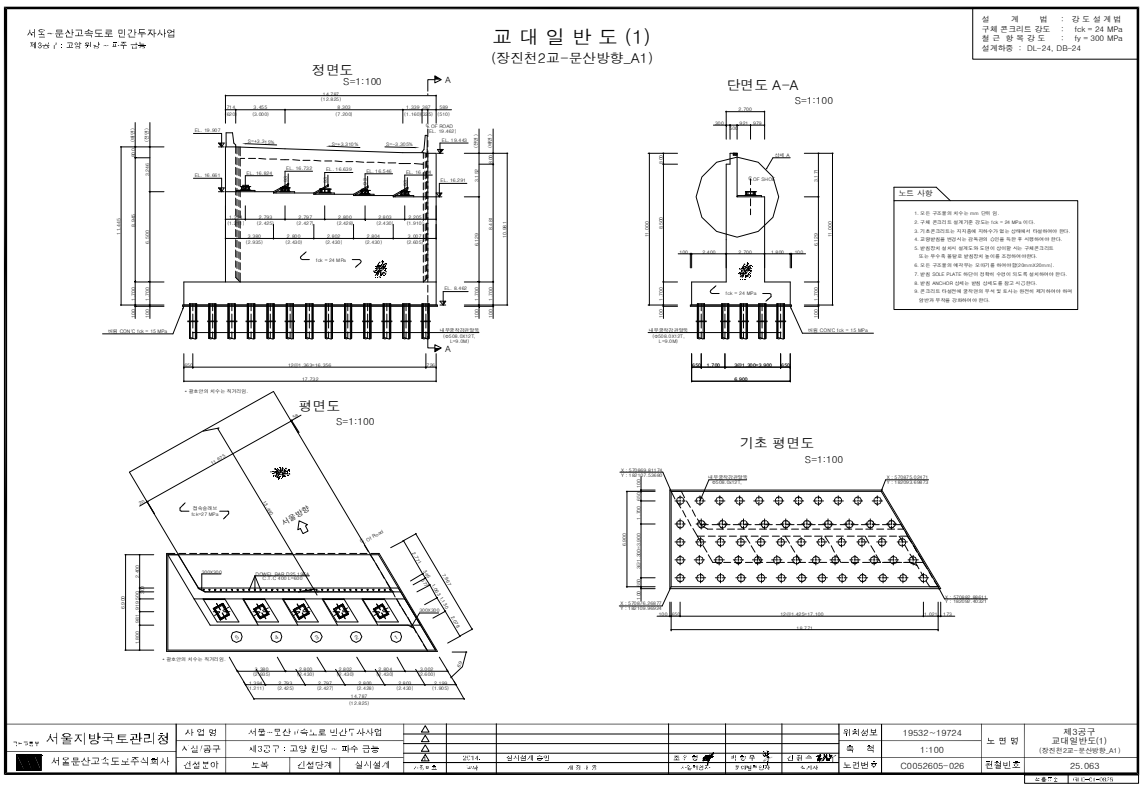


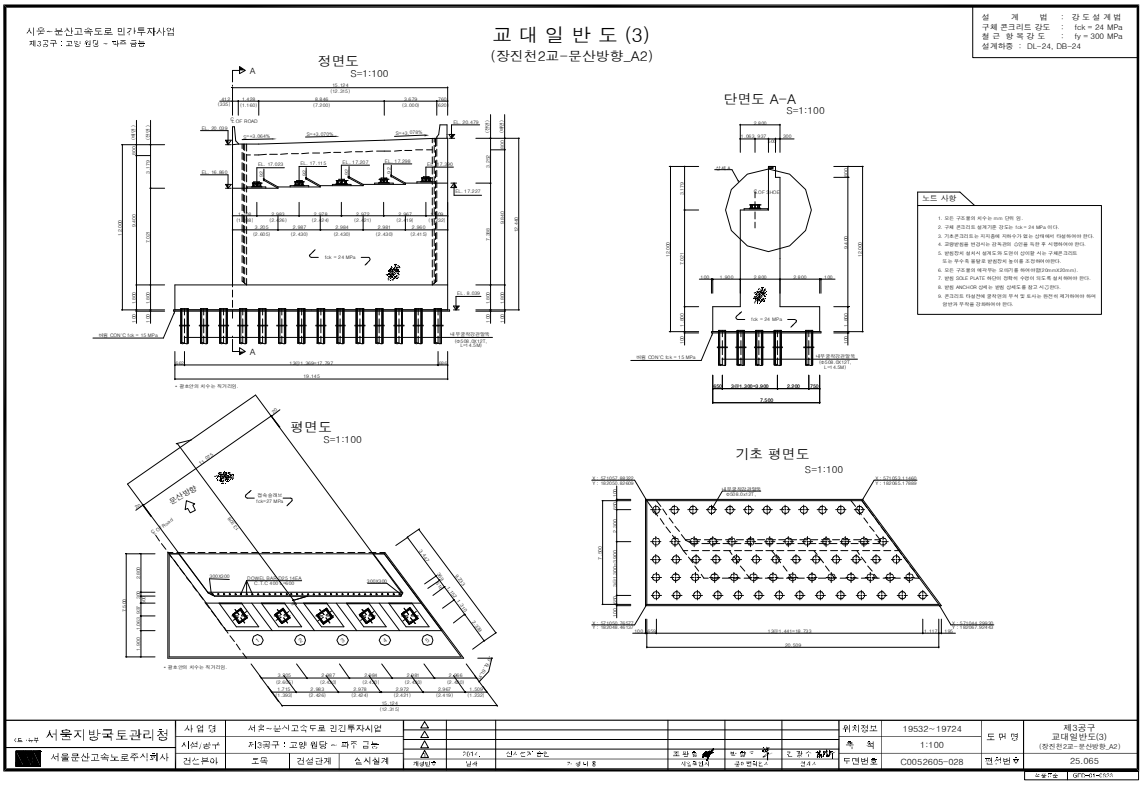
【그림 32.1.3】 평면 및 종단면도



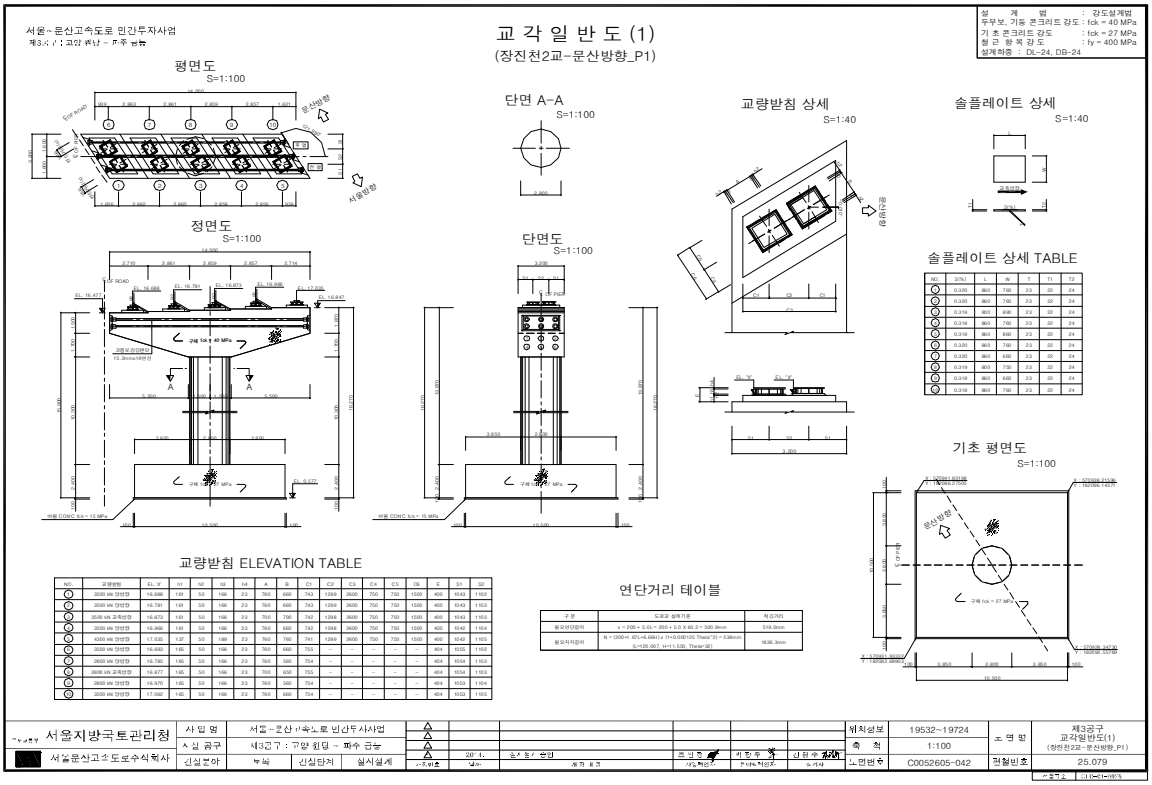


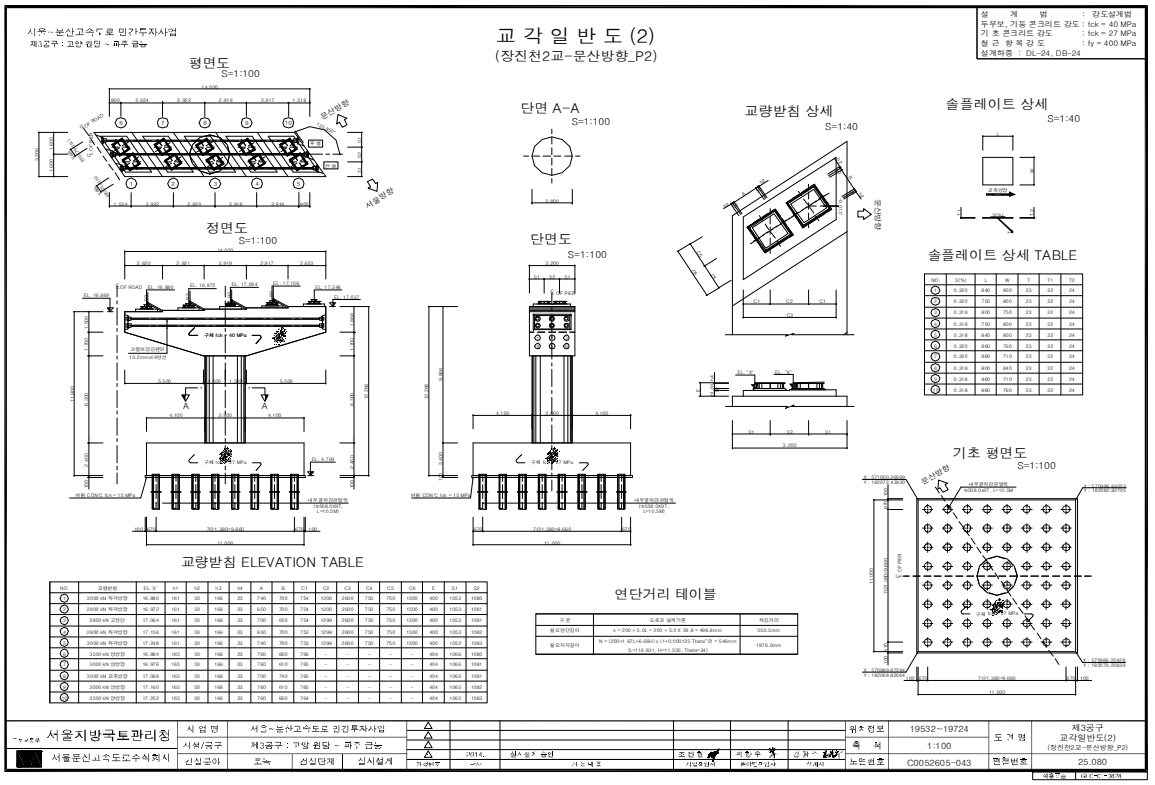
【그림 32.1.4】 바닥판하면 일반도, 교량받침 배치도



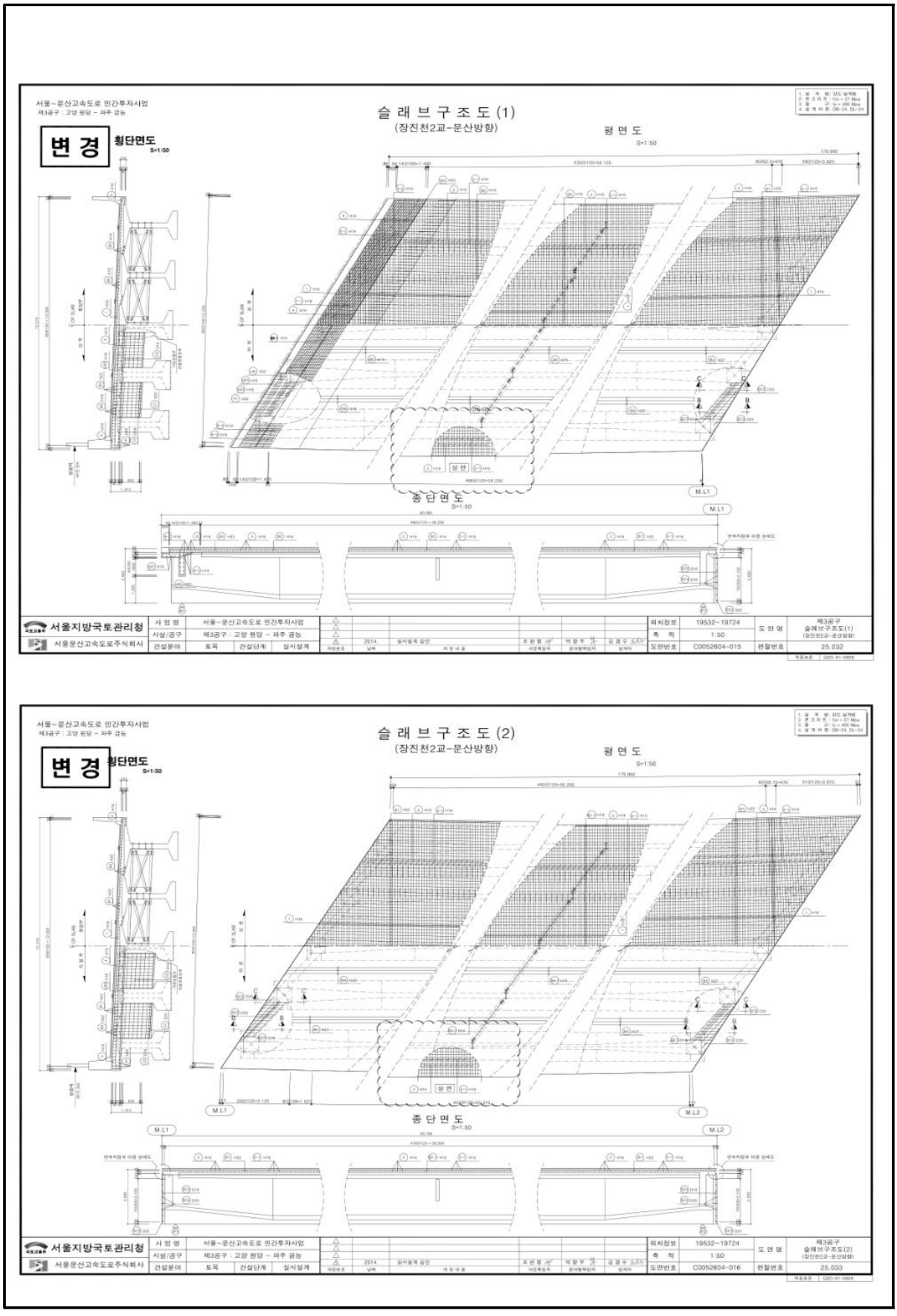


【그림 32.1.5】 교대 일반도

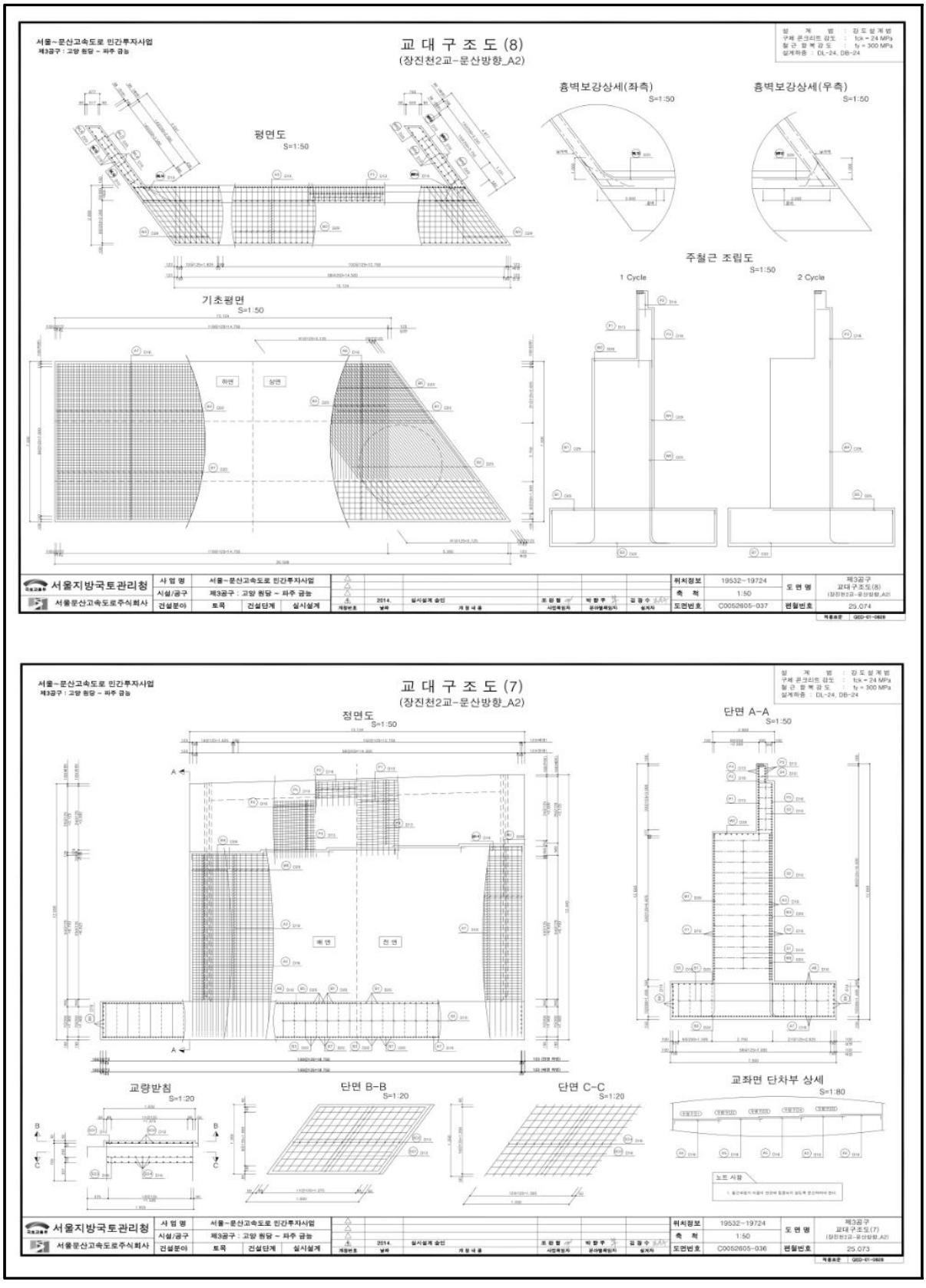




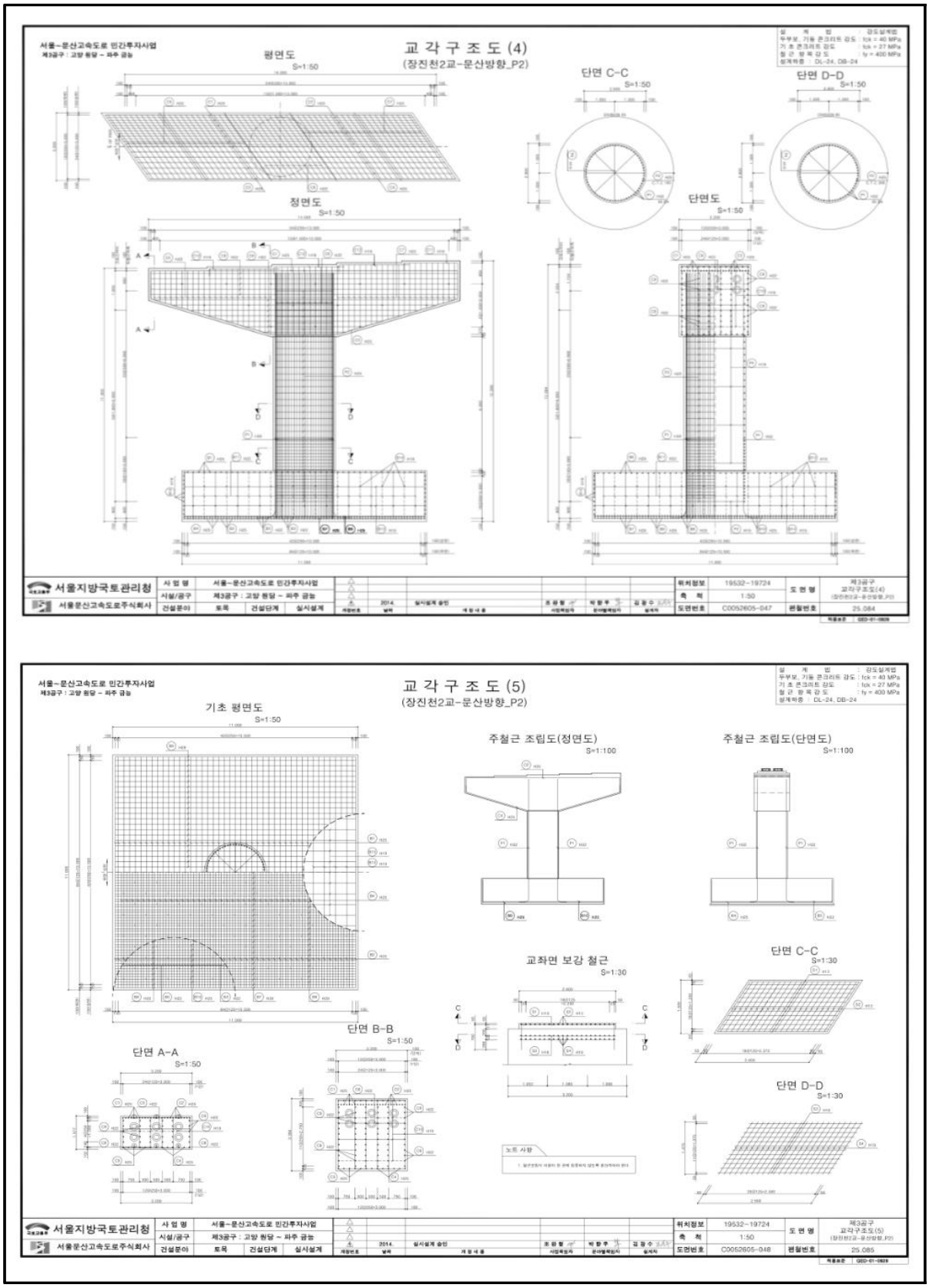
【그림 32.1.5】 교각 일반도



【그림 32.1.6】 바닥판하면 배근도



【그림 32.1.7】 교대 배근도



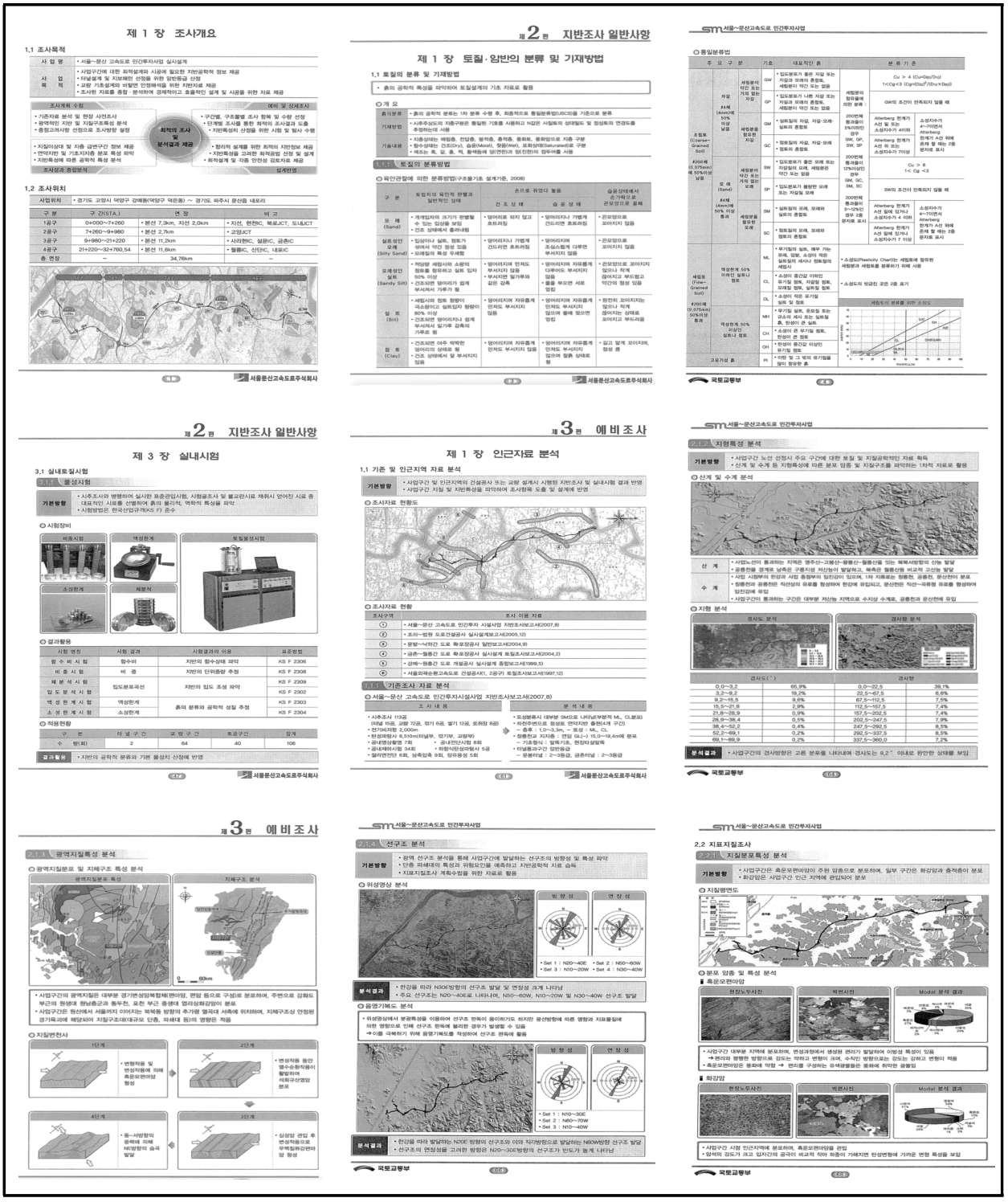
【그림 32.1.8】 교각 배근도

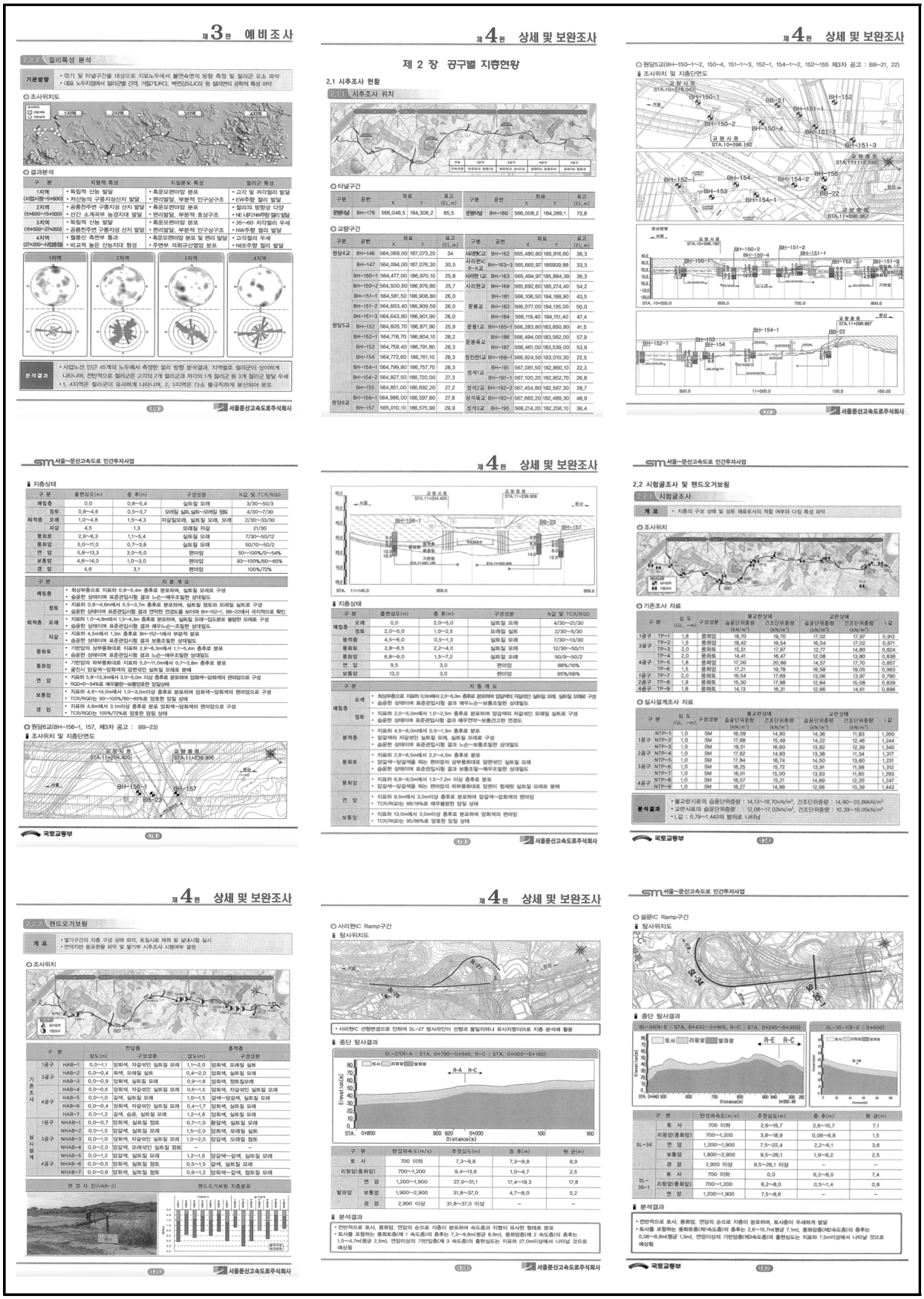
32.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

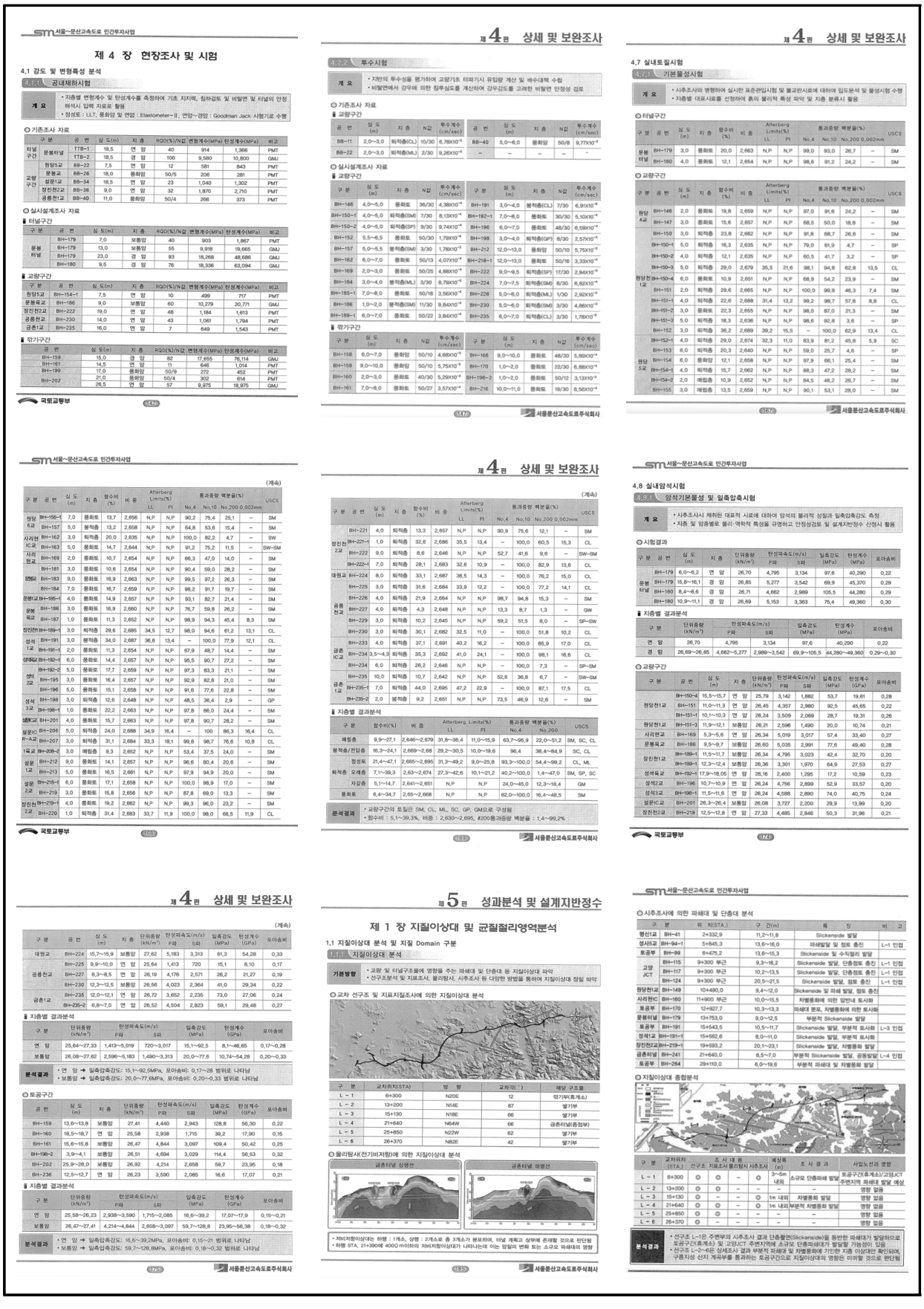
32.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질




제3편 예비조사
2.2.2 절리특성 분석
기본방향
조사위치도
결과분석
제4편 상세 및 보완조사
제 2 장 공구별 지층현황
2.1 시추조사 현황
2.1.1 시추조사 위치
터널구간
교량구간
제4편 상세 및 보완조사
원당5교(BH-150~1~2, 150~4, 151~1~3, 152~1, 154~1~2, 152~155 제3자 공고 : BB-21, 22)
조사위치 및 지층단면도
제4편 상세 및 보완조사
SM서울~문산고속도로 민간투자사업
지층상태
원당6교(BH-156~1, 157, 제3자 공고 : BB-23)
조사위치 및 지층단면도
제4편 상세 및 보완조사
지층상태
SM서울~문산고속도로 민간투자사업
2.2 시험굴조사 및 핸드오거보링
2.2.1 시험굴조사
조사위치
기존조사 자료
실시설계조사 자료
제4편 상세 및 보완조사
2.2.2 핸드오거보링
조사위치
현 장 사 진(HA8-2)
핸드오거보링 지층분포
제4편 상세 및 보완조사
사리현IC Ramp구간
탐사위치도
종단 탐사결과
분석결과
제4편 상세 및 보완조사
설문IC Ramp구간
탐사위치도
종단 탐사결과
분석결과

나. 지반 및 지질 조사보고서



제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공대재하시험

개 요
- 지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용
- 점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 기존조사 자료

구분		공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
터널구간	문봉터널	TTB-1	18,5	연 암	40	914	1,366	PMT
		TTB-2	18,5	경 암	100	9,580	10,800	GMJ
교량구간	한당5교	BB-22	7,5	연 암	12	581	843	PMT
	분봉교	BB-26	18,0	풍화암	50/5	206	281	PMT
	삼문1교	BB-34	18,5	연 암	23	1,040	1,302	PMT
	장진천2교	BB-36	9,0	연 암	32	1,870	2,710	PMT
	공룡천1교	BB-40	11,0	풍화암	50/4	266	373	PMT

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
문봉터널	BH-179	7,0	보통암	40	903	1,867	PMT
	BH-179	13,0	보통암	55	9,918	19,665	GMJ
	BH-179	23,0	경 암	93	18,268	48,686	GMJ
	BH-180	9,5	경 암	76	18,336	63,094	GMJ

▮ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
한당5교	BH-154-1	7,5	연 암	10	499	717	PMT
분봉교	BH-186	9,0	보통암	60	10,279	20,771	GMJ
장진천2교	BH-222	19,0	연 암	48	1,184	1,613	PMT
공룡천2교	BH-230	14,0	연 암	43	1,061	1,794	PMT
금촌1교	BH-235	16,0	연 암	7	649	1,543	PMT

▮ 램가구간

공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-159	15,0	경 암	82	17,655	76,114	GMJ
BH-161	14,5	연 암	11	646	1,014	PMT
BH-199	17,0	풍화암	50/9	272	452	PMT
BH-202	21,0	풍화암	50/4	302	614	PMT
	26,5	연 암	57	9,975	18,975	GMJ

국토교통부 142

제 4 편 상세 및 보완조사

4.2.2 투수시험

개 요
- 지반의 투수성을 평가하여 교량기초 터파기시 유입량 계산 및 배수대책 수립
- 비탈면에서 강우에 의한 침투심도를 계산하여 강우강도를 고려한 비탈면 안정성 검토

○ 기존조사 자료

▮ 교량구간

공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BB-11	2,0~3,0	퇴적층(CL)	10/30	$6.78X10^{-6}$	BB-40	5,0~6,0	풍화암	50/8	$9.77X10^{-5}$
BB-22	2,0~3,0	퇴적층(ML)	2/30	$9.26X10^{-6}$	-	-	-	-	-

○ 실시설계조사 자료

▮ 교량구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-146	4,0~5,0	풍화토	36/30	$4.38X10^{-6}$	BH-191	3,0~4,0	붕적층(CL)	7/30	$6.91X10^{-6}$
BH-150-1	4,0~5,0	퇴적층(SM)	7/30	$8.13X10^{-6}$	BH-192-1	7,0~8,0	풍화토	30/30	$5.10X10^{-6}$
BH-150-2	4,0~5,0	퇴적층(SP)	9/30	$9.74X10^{-6}$	BH-196	6,0~7,0	풍화토	48/30	$6.59X10^{-6}$
BH-152	5,5~6,5	풍화토	50/30	$1.79X10^{-6}$	BH-198	3,0~4,0	퇴적층(GP)	8/30	$2.57X10^{-6}$
BH-157	5,0~5,5	붕적층(SM)	3/30	$1.78X10^{-5}$	BH-212	12,0~13,0	풍화암	50/10	$5.75X10^{-6}$
BH-162	6,0~7,0	풍화토	50/13	$4.07X10^{-6}$	BH-218-1	12,0~13,0	풍화토	50/16	$3.33X10^{-6}$
BH-169	2,0~3,0	풍화토	50/25	$4.88X10^{-6}$	BH-222	9,0~9,5	퇴적층(SP)	17/30	$2.84X10^{-5}$
BH-184	3,0~4,0	붕적층(ML)	3/30	$8.79X10^{-6}$	BH-224	7,0~7,5	퇴적층(SM)	8/30	$6.82X10^{-6}$
BH-185-1	7,0~8,0	풍화토	50/18	$3.56X10^{-6}$	BH-226	5,0~6,0	퇴적층(ML)	1/30	$2.92X10^{-5}$
BH-186	1,0~2,0	붕적층(SM)	11/30	$9.84X10^{-6}$	BH-230	5,0~6,0	퇴적층(SM)	3/30	$4.86X10^{-5}$
BH-189-1	6,0~7,0	풍화토	50/22	$3.84X10^{-6}$	BH-235	6,0~7,0	퇴적층(CL)	3/30	$1.78X10^{-5}$

▮ 램가구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-158	6,0~7,0	풍화암	50/10	$4.68X10^{-6}$	BH-166	9,0~10,0	풍화토	48/30	$5.89X10^{-6}$
BH-159	9,0~10,0	풍화암	50/10	$5.75X10^{-6}$	BH-170	1,0~2,0	풍화토	22/30	$6.88X10^{-6}$
BH-160	2,0~3,0	풍화토	40/30	$5.29X10^{-6}$	BH-198-2	1,0~2,0	풍화토	50/12	$3.13X10^{-6}$
BH-161	7,0~8,0	풍화토	50/27	$3.57X10^{-6}$	BH-216	10,0~11,0	풍화토	19/30	$6.56X10^{-6}$

147 서울문산고속도로주식회사

제 4 편 상세 및 보완조사

4.7 실내토질시험

4.7.1 기본물성시험

개 요
- 시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
- 지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
문봉터널	BH-179	3,0	풍화토	20,0	2,663	N.P	N.P	99,0	93,0	26,7	-	SM
	BH-180	4,0	풍화토	12,1	2,654	N.P	N.P	98,6	91,2	24,2	-	SM

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
한당4교	BH-146	2,0	풍화토	19,8	2,659	N.P	N.P	97,0	91,6	24,2	-	SM
	BH-147	3,0	퇴적층	15,6	2,657	N.P	N.P	68,5	50,0	18,8	-	SM
한당천1교	BH-150	3,0	퇴적층	23,8	2,662	N.P	N.P	91,8	68,7	26,6	-	SM
	BH-150-1	5,0	퇴적층	16,3	2,635	N.P	N.P	79,0	61,9	4,7	-	SP
	BH-150-2	4,0	퇴적층	12,1	2,635	N.P	N.P	60,5	41,7	3,2	-	SP
	BH-150-3	5,0	퇴적층	29,0	2,679	35,5	21,6	98,1	94,8	62,8	13,5	CL
	BH-150-4	4,0	풍화토	10,9	2,651	N.P	N.P	68,9	54,2	23,9	-	SM
	BH-151	2,0	퇴적층	29,6	2,665	N.P	N.P	100,0	99,8	46,3	7,4	SM
	BH-151-1	4,0	퇴적층	22,6	2,688	31,4	13,2	99,2	98,7	57,8	8,8	CL
	BH-151-2	3,0	풍화토	22,3	2,655	N.P	N.P	98,0	87,0	21,3	-	SM
	BH-151-3	5,0	퇴적층	18,3	2,636	N.P	N.P	98,6	92,8	3,6	-	SP
	BH-152	3,0	퇴적층	36,2	2,689	39,2	15,5	-	100,0	62,9	13,4	CL
	BH-152-1	4,0	퇴적층	29,0	2,674	32,3	11,0	83,9	81,2	45,8	5,9	SC
한당5교	BH-153	6,0	퇴적층	20,3	2,640	N.P	N.P	59,0	25,7	4,6	-	SP
	BH-154	6,0	풍화암	12,1	2,658	N.P	N.P	97,9	68,1	25,4	-	SM
	BH-154-1	4,0	퇴적층	15,7	2,662	N.P	N.P	88,3	47,2	28,2	-	SM
	BH-154-2	2,0	매립층	10,9	2,652	N.P	N.P	84,5	46,2	26,7	-	SM
	BH-155	3,0	매립층	13,5	2,659	N.P	N.P	90,1	53,1	28,0	-	SM

167 서울문산고속도로주식회사

서울문산고속도로 민간투자사업

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
한당4교	BH-156-1	7,0	풍화토	13,7	2,656	N.P	N.P	90,2	75,4	25,1	-	SM
	BH-157	5,0	붕적층	13,2	2,658	N.P	N.P	64,8	53,6	15,4	-	SM
사리현IC교	BH-162	3,0	퇴적층	20,0	2,635	N.P	N.P	100,0	82,2	4,7	-	SW
사리현교	BH-163	5,0	풍화토	14,7	2,644	N.P	N.P	91,2	75,2	11,5	-	SW-SM
	BH-169	2,0	풍화토	10,7	2,654	N.P	N.P	66,3	47,0	14,0	-	SM
분봉2교	BH-181	3,0	풍화토	10,6	2,654	N.P	N.P	90,4	59,0	28,2	-	SM
	BH-183	9,0	풍화토	16,9	2,663	N.P	N.P	99,5	97,2	26,3	-	SM
	BH-184	7,0	풍화토	16,7	2,659	N.P	N.P	98,2	91,7	19,7	-	SM
문봉1교	BH-185-1	4,0	풍화토	14,9	2,657	N.P	N.P	93,1	82,7	21,4	-	SM
문봉육교	BH-186	3,0	풍화토	16,9	2,660	N.P	N.P	76,7	59,8	26,2	-	SM
	BH-187	1,0	풍화토	11,3	2,652	N.P	N.P	98,9	94,3	45,4	8,3	SM
장진천1교	BH-189-1	3,0	퇴적층	29,6	2,685	34,5	12,7	98,0	94,6	61,2	13,1	CL
삼석1교	BH-191	3,0	붕적층	34,0	2,687	38,8	13,4	-	100,0	77,9	12,1	CL
	BH-191-1	2,0	풍화토	11,3	2,654	N.P	N.P	67,9	48,7	14,4	-	SM
삼석2교	BH-192-1	6,0	풍화토	14,4	2,657	N.P	N.P	95,5	90,7	27,2	-	SM
삼석2교	BH-192-2	5,0	풍화토	17,7	2,659	N.P	N.P	97,3	83,3	21,1	-	SM
	BH-195	3,0	풍화토	16,4	2,657	N.P	N.P	92,9	82,8	21,0	-	SM
	BH-196	5,0	풍화토	15,1	2,658	N.P	N.P	91,6	77,6	22,8	-	SM
삼석3교	BH-198	3,0	퇴적층	12,6	2,648	N.P	N.P	48,5	36,4	2,9	-	GP
	BH-198-1	1,0	풍화토	22,2	2,663	N.P	N.P	97,8	86,0	24,4	-	SM
삼석IC교	BH-201	4,0	풍화토	15,7	2,663	N.P	N.P	97,8	90,7	28,2	-	SM
설문IC R-C교	BH-206	5,0	퇴적층	24,0	2,688	34,9	16,4	-	100	86,3	16,4	CL
	BH-207	3,0	퇴적층	31,1	2,684	33,3	18,1	99,8	98,7	76,6	10,8	CL
1육교	BH-208-2	3,0	매립층	9,3	2,652	N.P	N.P	53,4	37,5	24,0	-	SM
삼문1교	BH-212	9,0	풍화토	14,1	2,657	N.P	N.P	96,6	80,4	20,6	-	SM
	BH-213	5,0	풍화토	16,5	2,661	N.P	N.P	97,9	94,9	20,0	-	SM
삼문2교	BH-218-1	6,0	풍화토	17,1	2,658	N.P	N.P	100,0	98,9	17,0	-	SM
	BH-219	3,0	풍화토	15,8	2,656	N.P	N.P	87,8	69,0	13,3	-	SM
장진천2교	BH-219-1	4,0	풍화토	19,2	2,662	N.P	N.P	99,3	96,0	23,2	-	SM
	BH-220	1,0	퇴적층	31,4	2,683	33,7	11,9	100,0	98,0	66,5	11,9	CL

국토교통부 168

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
장진천2교	BH-221	4,0	퇴적층	13,3	2,657	N.P	N.P	90,9	75,6	12,1	-	SM
	BH-221-1	1,0	퇴적층	32,6	2,686	35,5	13,4	-	100,0	60,5	15,3	CL
	BH-222	9,0	퇴적층	8,6	2,646	N.P	N.P	52,7	41,6	9,6	-	SW-SM
	BH-222-1	7,0	퇴적층	28,1	2,683	32,6	10,9	-	100,0	82,9	13,6	CL
대현교	BH-224	8,0	퇴적층	33,1	2,687	36,5	14,3	-	100,0	76,2	15,0	CL
공룡천교	BH-225	3,0	퇴적층	31,6	2,684	33,9	12,2	-	100,0	77,2	14,1	CL
	BH-226	4,0	퇴적층	21,9	2,664	N.P	N.P	98,7	94,8	15,3	-	SM
	BH-227	4,0	퇴적층	4,3	2,648	N.P	N.P	13,3	8,7	1,3	-	GW
	BH-229	3,0	퇴적층	10,2	2,645	N.P	N.P	59,2	51,5	8,0	-	SP-SW
	BH-230	3,0	퇴적층	30,1	2,682	32,5	11,0	-	100,0	51,8	10,2	CL
금촌IC교	BH-233	4,0	퇴적층	37,1	2,691	40,2	16,2	-	100,0	85,9	17,0	CL
	BH-234	3,5~4,3	퇴적층	35,3	2,692	41,0	24,1	-	100,0	98,1	16,6	CL
	BH-234	6,0	퇴적층	26,2	2,646	N.P	N.P	-	100,0	7,3	-	SP-SM
금촌1교	BH-235	10,0	퇴적층	10,7	2,642	N.P	N.P	52,6	36,8	6,7	-	SW-SM
	BH-235-1	7,0	퇴적층	44,0	2,695	47,2	22,9	-	100,0	87,1	17,5	CL
	BH-235-2	2,0	붕적층	9,2	2,651	N.P	N.P	73,5	46,9	12,6	-	SM

▮ 지층별 결과분석

구분	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.200	USCS
매립층	9,9~27,1	2,646~2,679	31,8~36,4	11,0~15,9	63,7~95,9	22,0~51,2	SM, SC, CL
붕적층/한당층	16,3~24,1	2,669~2,68	29,2~30,5	10,0~19,6	98,4	38,4~84,9	SC, CL
퇴적층	점성토 21,4~47,1	2,665~2,695	31,3~49,2	9,0~25,8	93,3~100,0	54,4~99,2	CL, ML
	모래층 7,1~39,3	2,63~2,674	27,3~42,6	10,1~21,2	40,2~100,0	1,4~47,0	SM, SP, SC
	자갈층 5,1~14,7	2,641~2,651	N.P	N.P	24,0~45,0	12,3~18,4	GM
풍화토	6,4~34,7	2,65~2,668	N.P	N.P	62,0~100,0	16,4~48,5	SM

분석결과
- 교량구간의 토질은 SM, CL, ML, SC, GP, GM으로 구성됨
- 함수비 : 5,1~39,3%, 비중 : 2,630~2,695, #200통과중량 백분율 : 1,4~99,2%

169 서울문산고속도로주식회사

서울문산고속도로 민간투자사업

4.8 실내압석시험

4.8.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요
- 시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정
- 지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 시험결과

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
문봉터널	BH-179	6,0~6,2	연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
	BH-179	15,8~16,1	경 암	26,85	5,277	3,542	69,9	45,370	0,29
	BH-180	8,4~8,6	경 암	26,71	4,662	2,989	105,5	44,280	0,29
	BH-180	10,9~11,1	경 암	26,69	5,153	3,363	75,4	49,360	0,30

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
경 암	26,69~26,85	4,662~5,277	2,989~3,542	69,9~105,5	44,280~49,360	0,29~0,30

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
한당천1교	BH-150-4	15,5~15,7	연 암	25,79	3,142	1,882	53,7	19,61	0,28
	BH-151	11,0~11,3	연 암	26,45	4,357	2,980	92,5	45,65	0,22
	BH-151-1	10,1~10,3	연 암	26,24	3,509	2,069	28,7	19,31	0,26
한당천1교	BH-151-3	11,9~12,1	보통암	26,21	2,596	1,490	20,0	10,74	0,21
사리현교	BH-169	5,3~5,5	연 암	26,34	5,019	3,017	57,4	33,40	0,27
분봉육교	BH-186	9,5~9,7	보통암	26,60	5,035	2,991	77,5	49,40	0,28
장진천1교	BH-189-1	11,5~11,7	보통암	26,34	4,795	3,023	42,4	32,70	0,20
	BH-189-1	12,3~12,4	보통암	26,36	3,301	1,970	64,9	27,53	0,27
삼석육교	BH-192-1	17,9~18,05	연 암	26,16	2,400	1,295	17,2	10,59	0,23
삼석2교	BH-196	10,7~10,9	연 암	26,24	4,756	2,899	52,9	33,57	0,20
삼석3교	BH-198-1	11,5~11,6	연 암	26,24	4,588	2,890	74,0	40,75	0,24
설문IC교	BH-201	26,3~26,4	보통암	26,08	3,727	2,200	29,9	13,99	0,20
장진천2교	BH-219	12,5~12,8	연 암	27,33	4,485	2,846	50,3	31,96	0,21

국토교통부 174

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
대현교	BH-224	15,7~15,9	보통암	27,62	5,183	3,313	61,3	54,28	0,33
공룡천교	BH-225	9,9~10,0	연 암	25,64	1,413	720	15,1	8,10	0,17
	BH-227	8,3~8,5	연 암	26,19	4,176	2,571	26,2	21,27	0,19
	BH-230	12,3~12,5	보통암	26,56	4,023	2,364	41,0	29,34	0,22
금촌1교	BH-235	12,0~12,1	연 암	26,72	3,652	2,235	73,0	27,06	0,24
	BH-235-2	6,8~7,0	연 암	26,52	4,504	2,823	59,1	29,48	0,27

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,64~27,33	1,413~5,019	720~3,017	15,1~92,5	8,1~46,65	0,17~0,28
보통암	26,08~27,62	2,596~5,183	1,490~3,313	20,0~77,6	10,74~54,28	0,20~0,33

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 15,1~92,5MPa, 포아송비: 0,17~.28 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 20,0~77,6MPa, 포아송비: 0,20~0,33 범위로 나타남

○ 토공구간

공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
BH-159	13,6~13,8	보통암	27,41	4,440	2,943	128,8	56,30	0,22
BH-160	18,5~18,7	연 암	25,58	2,938	1,715	39,2	17,90	0,15
BH-161	15,6~15,8	보통암	26,47	4,844	3,097	109,4	50,42	0,25
BH-196-2	3,9~4,1	보통암	26,51	4,694	3,029	114,4	56,53	0,32
BH-202	25,9~26,0	보통암	26,92	4,214	2,658	59,7	23,95	0,18
BH-236	12,5~12,7	연 암	26,23	3,590	2,085	16,6	17,07	0,21

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,58~26,23	2,938~3,590	1,715~2,085	16,6~39,2	17,07~17,9	0,15~0,21
보통암	26,47~27,41	4,214~4,844	2,658~3,097	59,7~128,8	23,95~56,38	0,18~0,32

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 16,6~39,2MPa, 포아송비: 0,15~21 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 59,7~128,8MPa, 포아송비: 0,18~0,32 범위로 나타남

175 서울문산고속도로주식회사

제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

기본방향
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

○ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석

구분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	예상 구조물
L-1	6+300	N20E	12	램가부(횡계소)
L-2	13+200	N14E	87	옆가부
L-3	15+130	N18E	66	옆가부
L-4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)
L-5	25+850	N22W	62	옆가부
L-6	26+370	N82E	42	옆가부

○ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석

- 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 하행 STA. 21+390에 400Ω m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

185 서울문산고속도로주식회사

서울문산고속도로 민간투자사업

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구분	위치(STA.)	구간(m)	특징	비고
램산1교	BH-41	2+332,9	11,2~11,8	Slickenside 발달	
삼서5교	BH-94-1	5+845,3	13,6~16,0	파쇄발달 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	6+475,2	13,6~15,3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양JCT	BH-115	9+300 부근	9,3~16,2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10,2~13,5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20,5~21,5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
한당천2교	BH-149	10+490,0	9,4~12,0	Slickenside 발달, 점토 충진	
사리현IC	BH-160	11+900 부근	10,0~15,5	차별풍화에 의한 암반내 토사화	
토공부	BH-170	12+927,7	10,3~13,3	파쇄대 분포, 차별풍화에 의한 토사화	
분봉터널	BH-179	13+753,0	9,0~12,5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543,5	10,5~11,7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
삼석2교	BH-191-1	15+562,6	8,0~11,0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천2교	BH-219-1	19+593,2	20,1~23,1	Slickenside 발달, 차별풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640,0	6,5~7,0	부분적 Slickenside 발달, 공동발달	L-4 인접
토공부	BH-284	29+110,0	6,0~19,6	부분적 파쇄대 및 차별풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석

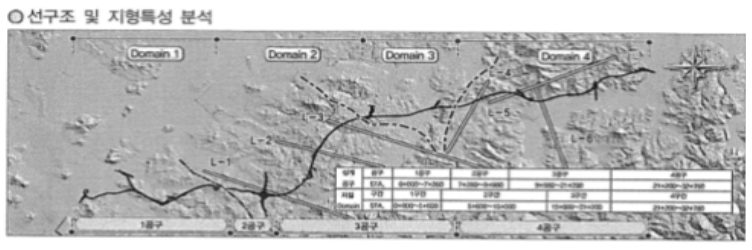
구분	교차위치(STA.)	조사내용 선구조	지표조사	물리탐사	시추조사	예상폭(m)	조사결과	사업노선과 영향
L-1	6+300	○	○	-	○	3~5m 내외	소규모 단층파쇄 발달	토공구간(횡계소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L-2	13+200	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-3	15+130	○	○	-	○	1m 내외	차별풍화 발달	영향 없음
L-4	21+640	○	○	-	○	1m 내외	부분적 차별풍화 발달	영향 없음
L-5	25+850	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-6	26+370	○	○	-	-	-	-	영향 없음

분석결과
- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층면(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(횡계소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 차별풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구릉지성 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

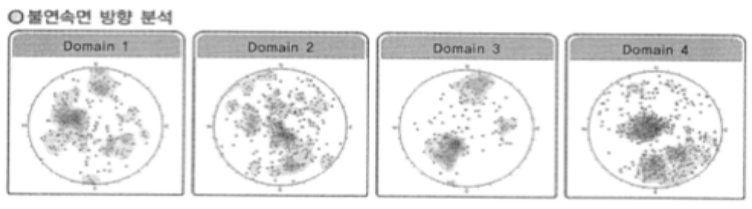
1.1.2 지질 Domain 구분

기본방향	• 사업구간의 지형과 지질특성을 비교·분석하여 동일한 지질특성을 보이는 지질 Domain 구분 • 지질 Domain별 설계지반정수 적용구간 선정 및 균질절리영역분석시 1차적 분류요소로 활용

○ 선구조 및 지형특성 분석



○ 불연속면 방향 분석



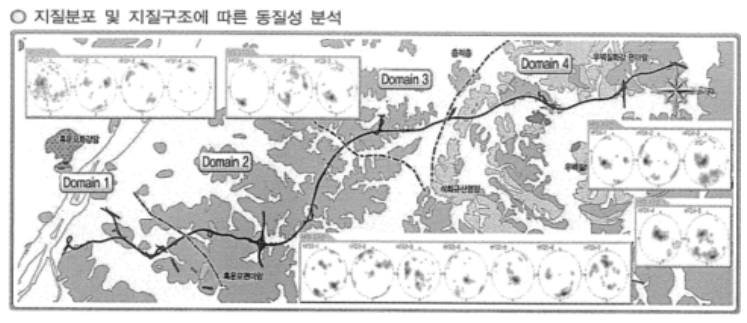
○ 지질 Domain 구분

구분	Domain 1	Domain 2	Domain 3	Domain 4
STA.(km+m)	• 사업시점~5+600	• 5+600~15+500	• 15+500~21+200	• 21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마 타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
선구조 특성	• 한강/창릉천 수계 방향 NE~NW 선구조 발달	• 공릉천주변 NNE방향 선구조 발달 • 선구조 L-1~3 발달	• 공릉천주변 NW방향 선구조 발달	• 월롱산 주변 NE~NW 방향 선구조 발달 • 선구조 L-4~6 발달
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약
지형적 요소	• 한강 및 창릉천 주변 퇴적지대 발달	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 공릉천주변 퇴적지대 및 구릉산지 발달	• 월롱산 측면부 통과
사업공구	1공구	2공구	3공구	4공구

분석결과	• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분 • 지질 Domain과 사업공구 구간의 차이는 있으나 지질 Domain을 기준으로 각 구간별 설계정수

1.2.2 동질성 검토결과

○ 지질분포 및 지질구조에 따른 동질성 분석



○ 절리방향에 따른 동질성 분석

■ Miller Patch 방법(공내영상촬영)

구분		0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	170°	X²합 평균	우측 p값	검증
BH-29 vs BH-34	BH-29	18,4	17,8	18,9	22,2	20,5	19,8	20,0	17,9	16,2	21,4	45,4	0,074	동질
	BH-34	25,2	24,4	25,9	30,4	28,1	27,2	27,4	24,5	22,1	29,4			
BH-34 vs BH-37	BH-34	45,3	51,4	41,4	48,5	55,2	39,3	48,1	50,3	37,4	53,7	62,6	0,001	비동질
	BH-37	15,7	17,8	14,3	16,8	19,1	13,6	16,6	17,4	12,9	18,6			
BH-37 vs BH-109	BH-37	14,1	13,9	14,4	14,2	14,2	15,0	15,3	13,4	14,2	14,3	45,1	0,079	동질
	BH-109	30,1	29,6	30,9	30,3	30,4	32,1	32,6	28,6	30,3	30,5			
BH-109 vs BH-159	BH-109	44,0	38,1	38,8	43,5	39,5	39,6	43,3	37,9	38,8	40,7	68,9	0,000	비동질
	BH-159	31,2	27,0	27,5	30,8	28,0	28,0	30,7	26,8	27,5	28,8			
BH-159 vs BH-180	BH-159	54,4	50,9	51,9	54,3	50,7	51,6	53,5	51,0	51,9	50,8	124,0	0,000	비동질
	BH-180	74,7	69,9	71,2	74,5	69,6	70,9	73,5	70,0	71,3	69,8			
BH-180 vs CCB-2	BH-180	38,7	41,2	39,9	38,1	41,3	40,0	38,2	41,3	40,2	40,2	91,1	0,000	비동질
	CCB-2	50,1	53,2	51,6	49,3	53,5	51,7	49,4	53,5	52,0	51,9			
CCB-2 vs TTB-4	CCB-2	20,4	19,5	18,6	19,2	18,6	18,9	20,4	19,5	19,8	21,7	45,3	0,075	동질
	TTB-4	26,9	25,7	24,5	25,3	24,6	24,9	26,9	25,7	26,1	28,5			
TTB-4 vs BH-241	TTB-4	44,2	44,8	50,2	44,6	37,9	41,3	38,2	36,9	43,6	44,5	58,4	0,004	비동질
	BH-241	15,1	15,3	17,1	15,2	12,9	14,1	13,0	12,6	14,9	15,2			
BH-241 vs TTB-6	BH-241	12,1	11,7	10,5	10,4	10,5	9,8	10,9	11,0	10,6	10,5	62,1	0,002	비동질
	TTB-6	55,8	53,9	48,5	48,1	48,6	45,0	50,1	50,8	48,8	48,6			
TTB-6 vs TTB-13	TTB-6	96,3	113,3	111,7	97,9	118,9	128,9	109,3	116,3	117,9	125,4	127,8	0,000	비동질
	TTB-13	8,8	10,3	10,2	8,9	10,8	11,7	9,9	10,6	10,7	11,4			
TTB-13 vs BH-282	TTB-13	90,1	94,1	93,4	90,8	93,8	93,2	90,7	93,8	92,7	92,1	236,0	0,000	비동질
	BH-282	137,4	143,4	142,4	138,4	143,0	142,1	138,3	143,1	141,4	140,5			

2.2 교량구간 성과분석

2.2.1 교량별 지층현황

○ 지층현황

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N치	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
원당3교	A2	*BB-20	–	–	–	–	1,9	37	–	–
원당4교	A1	BH-146	7,0	50/12~5	12,5	20	–	–	–	–
	A2	BH-147	–	–	6,0	0	–	–	–	–
원당천1교	문산 A1	BH-150-2	11,0	50/10	13,0	13~23	–	–	–	–
	서울 A1	BH-150-1	–	–	9,0	5	–	–	–	–
	문산 P1	BH-150-4	10,0	50/10~4	13,0	22	–	–	–	–
	서울 P1	BH-150-3	10,0	50/7	11,0	0	–	–	14,0	65
	문산 P2	BH-150-2	11,0	50/10~5	13,0	13~23	–	–	–	–
	서울 P2	BH-150-1	–	–	9,0	5	–	–	–	–
	문산 A2	BH-151-3	9,0	50/7~3	–	–	11,5	54	–	–
원당5교	문산 P1	BH-153	11,0	50/7~2	13,3	12	–	–	–	–
	서울 P1	BH-152-1	10,3	50/8	11,5	7	–	–	–	–
	문산 P2	BH-154-1	5,0	50/7	5,8	10~20	–	–	–	–
	서울 P2	BH-154	5,4	50/2	6,5	18	–	–	–	–
	문산 P3	*BB-22	5,0	50/6~5	6,1	12	–	–	–	–
	서울 P3	BH-154-2	5,0	50/7	5,7	60	–	–	–	–
	서울 P4	BH-155	–	–	–	–	–	–	41,6	72
원당6교	A1	BH-156-1	9,0	50/5	–	–	13,0	66	–	–
	A2	BH-157	8,0	50/7~2	9,5	16	–	–	–	–
사리현IC교	A1	BH-162	8,0	50/7~4	12,0	31	–	–	13,7	83
	A2	BH-163	9,0	50/10~8	11,0	37	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

(계속)

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
사리현교	A1	*BB-25	2,0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
	A2	BH-169	–	–	5,0	9	–	–	6,8	96
문봉교	문산 A1	BH-181	15,0	50/4~2	17,0	10	–	–	–	–
	문산 A2	BH-184	8,0	50/10~3	–	–	–	–	–	–
	서울 A2	BH-183	17,0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
문봉1교	A1	*BB-27	3,0	50/9~4	6,5	24	–	–	–	–
	A2	BH-185-1	11,0	50/3	12,0	17	–	–	–	–
문봉육교	A1	BH-186	6,0	50/3	7,8	0	8,1	60	–	–
	A2	BH-187	3,0	50/8	3,5	0~10	–	–	–	–
장진천1교	A1	BH-189-1	8,0	50/4	8,9	7	10,3	43	–	–
	P1	*BB-28	7,0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
성석1교	A1	BH-191	8,0	50/7	10,5	20	–	–	–	–
	A2	BH-191-1	6,0	50/9	8,0	7	–	–	–	–
성석육교	A1	BH-192-1	13,0	50/9~6	15,5	39	–	–	–	–
	A2	*BB-30	8,0	50/10~6			–	–	–	–
성석2교	A1	BH-195	6,0	50/10~7	9,7	8	–	–	–	–
	A2	BH-196	9,0	50/6	9,5	26	–	–	–	–
성석3교	A1	BH-198	8,0	50/4	9,0	0	–	–	9,4	83
	A2	BH-198-1	3,0	50/5	10,0	28	–	–	–	–
설문IC교	A1	BH-201	20,0	50/10~5	24,6	0	26,2	46	–	–
	A2	*BB-32	–	–	4,0	31	–	–	–	–
설문1육교	A1	BH-208-1	9,8	50/2	–	–	11,3	58	–	–
	A2	*BB-33	–	–	7,5	12	–	–	8,5	84
설문R-A교	A1	BH-207	12,6	50/7~1	–	–	–	–	–	–
	A2	BH-206	10,8	50/5~1	–	–	–	–	–	–
설문1교	A1	BH-212	10,0	50/10~3	–	–	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

(계속)

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
설문1교	A2	BH-213	12,0	50/9~4	16,0	36	–	–	–	–
설문2교	A1	BH-218-1	14,0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
장진천2교	문산 A1	BH-219	11,0	50/8~6	12,2	40~60	–	–	–	–
	서울 A1	BH-219-1	14,0	50/10~8	20,1	35	–	–	–	–
	서울 P1	BH-220	6,0	50/10~5	11,8	46~76	–	–	–	–
장진천2교	서울 P2	BH-222-1	6,0	50/10~7	12,0	38	–	–	–	–
	문산 A2	BH-222	15,0	50/10	–	–	18,4	48	–	–
	서울 A2	BH-222-1	13,0	50/10~8	14,8	0~29	–	–	–	–
대원교	A1	*BB-40	4,3	50/9~4	–	–	–	–	–	–
	P1	BH-225	–	–	9,8	11	–	–	–	–
공릉천교	P2	BH-226	10,0	50/10~5	12,0	25	–	–	–	–
	P3	BH-227	7,0	50/6	7,3	39	–	–	–	–
	P5	*BB-41	4,6	50/5	5,8	0	–	–	–	–
	P6	BH-229	4,0	50/10~4	5,1	17	–	–	–	–
	P7	BH-230	10,0	50/5	10,3	10	12,3	43	15,0	78~95
	A2	*BB-42	7,7	50/6~5	9,9	0	10,9	37	–	–
	P7	BH-230	10,0	50/5	10,3	10	12,3	43	15,0	78~95
	A2	BB-42	7,7	50/6~5	9,9	0	10,9	37	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

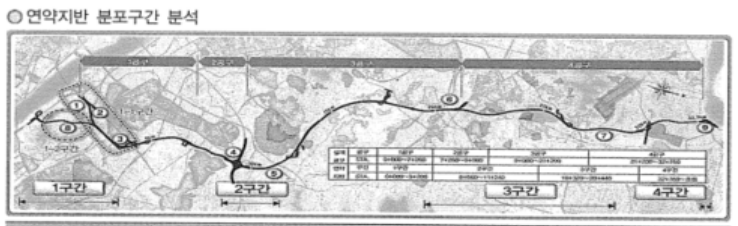
○ 지층 분포 현황

구분	풍화암	연암	보통암	경암
출현심도(m)	2,0~20,0	3,5~24,6	1,9~26,2	6,8~41,6

분석결과	• 지지층인 풍화암:GL.(-)2,0~20,0m, 연암:GL.(-)3,5~24,6m, 보통암:GL.(-)1,9~26,2m, 경암:GL.(-)6,8~41,6m로 분포 • 구조물, 위치별 및 지층별로 출현심도의 편차가 큼

2.4.2 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 분포구간 분석



위치(STA.)	구성토질	출현심도 (G.L(-)m)	층후(m)	N값	대상 지층	연약층 하부지층	비고
① 사업시점~0+300	CL	1,8~14,5	0,9~1,5	1/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP)	
	ML	1,0~12,0	0,5~6,5	2/30~4/30			
② 1+000~1+318	ML	1,9~9,0	1,0~1,1	4/30	퇴적층	퇴적층(SM), 풍화토	
③ 3+000~3+200	CL	0,0	8,0	1/30~2/30	퇴적층	퇴적층(SM, SC)	
	ML	4,0	2,5	3/30~4/30			
④ 8+660~9+540	CL	0,0~4,0	0,7~2,2	1/30~4/30	매립, 붕적, 퇴적층	퇴적층(SM, SC, SP, GP) 풍화토	부분적 분포
	ML	3,5	3,5	2/30~3/30			
⑤ 10+640~11+240	CL	0,0~0,8	1,2~2,2	3/30~4/30	매립, 붕적, 퇴적층	퇴적층(SM, GP) 붕적층(SM)	부분적 분포
	ML	1,4~5,0	1,0~2,0	2/30~3/30			
⑥ 19+320~21+160	CL	0,0~8,0	1,0~6,4	2/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, SW) 풍화토	
	ML	1,0~4,7	0,7~2,9	1/30~4/30			
⑦ 27+900~28+440	CL	1,5~9,0	1,0~3,5	3/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SP, SW)	
⑧ (지선) 0+060~1+760	CL	0,8~5,4	1,0~11,9	3/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP) 풍화토	
	ML	2,6~9,0	1,0~4,0	2/30~6/30			
⑨ 32+760~종점, 내포IC Ramp-B	CL	3,0~4,5	2,0~6,1	2/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, SP), 풍화토	
	ML	4,0~7,5	2,0~10,0	2/30~6/30			

○ 점토(CL) 연약지반구간 선정

구분		지형적 조건	연약지반 분포현황	비고
1구간	1-1구간 (①~③지역)	• 창릉천 하류 농경지구간 통과	• 출현심도 : 1,8~14,5m • 층후 : 0,9~8,0m(평균 2,4m)	사업시점~3+200
	1-2구간 (⑧지역)	• 한강 주변 및 창릉천 하류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0,8~5,4m • 층후 : 1,0~11,9m(평균 4,4m)	지선0+0~1+381
2구간 (④~⑤지역)		• 공릉천 지류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0,0~4,0m • 층후 : 0,7~2,2m(평균 1,6m)	8+660~9+540
3구간 (⑥~⑦지역)		• 공릉천 및 문산천 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 0,0~8,0m • 층후 : 1,0~6,4m(평균 3,3m)	19+320~28+600
4구간(⑨지역)		• 임진강 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 3,0~4,5m • 층후 : 2,0~6,1m(평균 4,0m)	32+760~내포IC Ramp

• 사업 3공구(본선 STA.9+980~21+200)는 연약지반 3구간(본선 STA.19+600~28+600)에 해당

제 3 장 설계지반정수 산정

3.1 개요

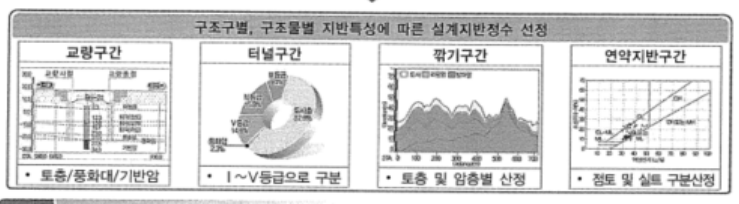
개요	• 지표지질조사 성과분석에 의한 사업구간내 구조구 특성을 고려한 구간별 설계지반정수 산정 • 문헌자료, 인근지역 분석 자료 및 기존자료(제3자공고안, 보완설계)에 대한 분석을 수행하고, 각종 경험식 및 현장시험 값을 고려한 설계지반정수 유도

3.1.1 기본방향

기존자료 및 현장시험에 따른 결과분석에 의한 구조구별 설계지반정수 선정

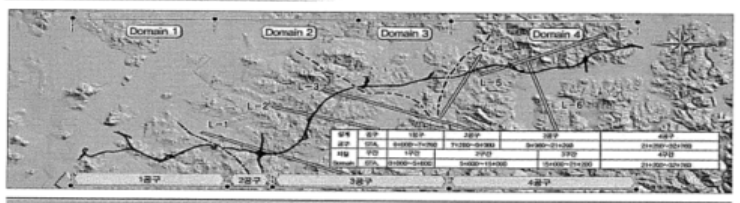
문헌자료 분석 / 인근조사자료 분석 / 기존자료 분석 → 경험식 적용 설계지반정수 도출 / 현장시험 결과 적용 → 지질 구조구별 설계지반정수 산정

구조구별, 구조물별 지반특성에 따른 설계지반정수 선정



• 토층/풍화대/기반암 | • Ⅰ~Ⅴ등급으로 구분 | • 토층 및 암층별 산정 | • 점토 및 실트 구분산정

3.1.2 분석구간 설정



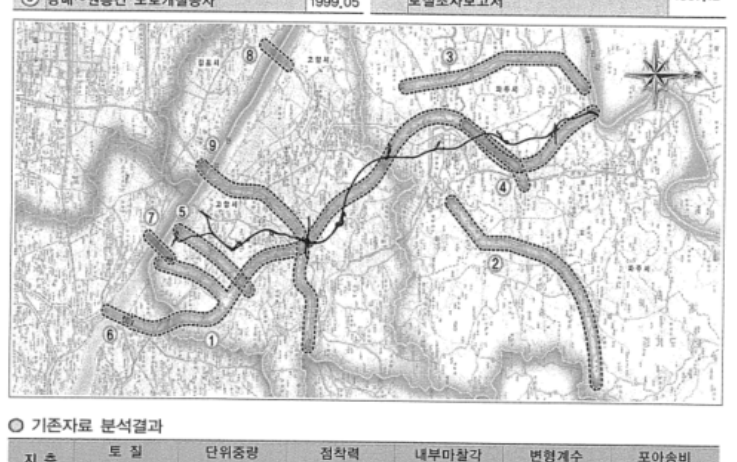
구분	1구간(Domain 1)	2구간(Domain 2)	3구간(Domain 3)	4구간(Domain 4)
STA.(km+m)	사업시점~5+600	5+600~15+500	15+500~21+200	21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마 타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약

• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분
• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain-Ⅱ~Ⅲ)에 해당

3.3.2 인근지역 적용사례 분석

○ 기존자료 현황

구분	사업명	사업년도	구분	사업명	사업년도
①	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업(보완분)	2005.01	⑥	월드컵대교 건설공사	2006.10
②	조리~법원 도로개설공사	2005.12	⑦	인천국제공항 철도 2단계	2002.10
③	문발~낙하간 도로 확포장공사	2004.09	⑧	일산대교 건설 민간투자사업	1999.12
④	금촌~월롱간 도로 확포장공사	2004.02	⑨	서울외곽순환도로 건설공사(1,2공구) 토질조사보고서	1997.12
⑤	강매~원흥간 도로개설공사	1999.05			



○ 기존자료 분석결과

지층	토질 구성	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)
매립층	사질토	18~20	0~5	28~33	10~80	0,33~0,35
	자갈층	19~20	0~17	25~39	15~35	0,3
붕적층	사질토	17~19	0~30	25~32	10~32	0,35
	점성토	18	0~20	–	–	–
	자갈층	20	0~50	39	35	0,30
충적층	사질토	17~20	0~10	25~33	15~80	0,35
	점성토	17~18	10~30	–	5~10	0,50
	자갈층	18~20	0~20	35~39	35	0,30
풍화토		18~19	15~200	25~30	35~50	0,30~0,33

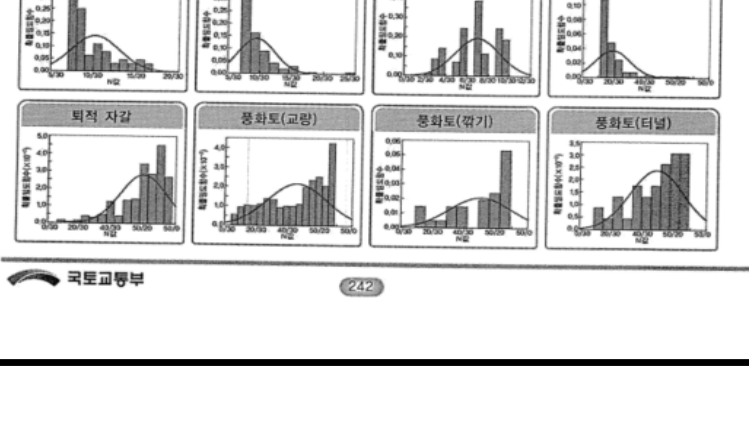
3.3.3 지층별 대표 N값 산정

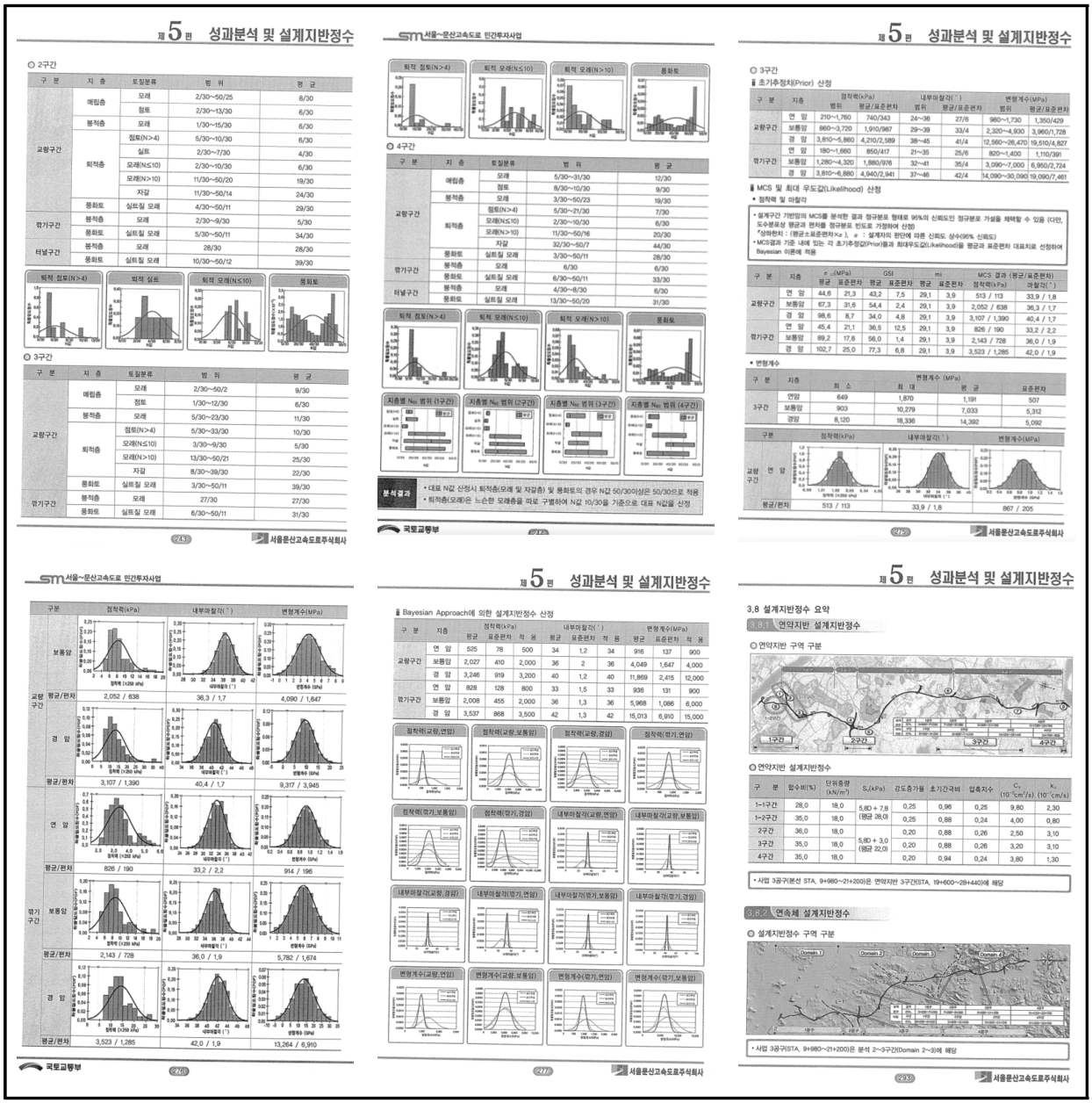
기본방향	• 사업구간내 토사층이 광역적으로 분포함에 따라 지형적 · 지질적 요인에 따른 토질 특성을 고려 • 선행된 지표지질조사 결과에 의한 지질 구조구 및 구조물 특성, 토질입자의 특성 등을 고려하여 분류 • 각종 물성값의 기초 자료가 되는 구간별, 구조물별, 지층별, 토성별 N값을 선정

구간별	구조물별	지층별	토성별
• 제1구간, 제2구간, 제3구간, 제4구간으로 구분	• 구조물의 특성에 따라 교량구간, 터널구간, 깎기구간으로 구분	• 분포하는 지층에 따라 매립층, 붕적층, 퇴적층, 풍화토층 등으로 분류	• 사업구간내 분포하는 토성에 따라 점토, 실트, 모래, 자갈 등으로 분류

○ 1구간

구분	지층	토질분류	범위	평균
교량구간	매립층	모래	1/30~50/1	10/30
		점토	10/30~11/30	11/30
	붕적층	모래	4/30~18/30	9/30
	퇴적층	점토(N>6)	7/30~17/30	11/30
		실트	7/30~25/30	8/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	7/30
		모래(N>10)	11/30~50/12	22/30
		자갈	5/30~50/3	47/30
	풍화토	실트질 모래	7/30~50/11	41/30
깎기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	38/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	43/30





제5편 성과분석 및 설계지반정수

○ 2구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/25	8/30
		점토	2/30~13/30	6/30
	붕적층	모래	1/30~15/30	6/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~10/30	6/30
		실트	2/30~7/30	4/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/20	19/30
		자갈	11/30~50/14	24/30
	풍화토	실트질 모래	4/30~50/11	29/30
암기구간	붕적층	모래	2/30~9/30	5/30
	풍화토	실트질 모래	5/30~50/11	34/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	10/30~50/12	39/30

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 실트 | 퇴적 모래(N≤10) | 풍화토

○ 3구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/2	9/30
		점토	1/30~12/30	6/30
	붕적층	모래	5/30~23/30	11/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~33/30	10/30
		모래(N≤10)	3/30~9/30	5/30
		모래(N>10)	13/30~50/21	25/30
		자갈	8/30~39/30	22/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	39/30
암기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	31/30

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 모래(N≤10) | 퇴적 모래(N>10) | 풍화토

○ 4구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	5/30~31/30	12/30
		점토	8/30~10/30	9/30
	붕적층	모래	3/30~50/23	19/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~21/30	7/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/16	20/30
		자갈	32/30~50/7	44/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	28/30
암기구간	붕적층	모래	6/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	33/30
터널구간	붕적층	모래	4/30~8/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	13/30~50/20	31/30

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 모래(N≤10) | 퇴적 모래(N>10) | 풍화토

지층별 N_{60} 범위 (1구간) | 지층별 N_{60} 범위 (2구간) | 지층별 N_{60} 범위 (3구간) | 지층별 N_{60} 범위 (4구간)

분석결과
- 대표 N값 산정시 퇴적층(모래 및 자갈층) 및 풍화토의 경우 N값 50/30이상은 50/30으로 적용
- 퇴적층(모래)은 느슨한 모래층을 따로 구별하여 N값 10/30을 기준으로 대표 N값을 산정

제5편 성과분석 및 설계지반정수

○ 3구간

초기추정치(Prior) 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 범위	점착력(kPa) 평균/표준편차	내부마찰각(°) 범위	내부마찰각(°) 평균/표준편차	변형계수(MPa) 범위	변형계수(MPa) 평균/표준편차
교량구간	연 암	210~1,760	740/343	24~36	27/6	980~1,730	1,350/429
	보통암	860~3,720	1,910/987	29~39	33/4	2,320~4,930	3,960/1,728
	경 암	3,810~5,860	4,210/2,589	38~45	41/4	12,560~26,470	19,510/4,827
암기구간	연 암	180~1,660	850/417	21~35	25/6	820~1,400	1,110/391
	보통암	1,280~4,320	1,880/976	32~41	35/4	3,090~7,000	6,950/2,724
	경 암	3,810~6,880	4,940/2,941	37~46	42/4	14,090~30,090	19,090/7,461

MCS 및 최대 우도값(Likelihood) 산정

• 점착력 및 마찰각

• 설계구간 기반암의 MCS를 분석한 결과 정규분포 형태로 95%의 신뢰도인 정규분포 가설을 채택할 수 있음 (다만, 도수분포상 평균과 편차를 정규분포 빈도로 가정하여 산정)
*정하한치 : (평균±표준편차×α), α : 설계자의 판단에 따른 신뢰도 상수(95% 신뢰도)
• MCS결과 기존 내재 있는 각 초기추정값(Prior)들과 최대우도값(Likelihood)을 평균과 표준편차 대표치로 선정하여 Bayesian 이론에 적용

구 분	지층	σ_ci(MPa) 평균	σ_ci(MPa) 표준편차	GSI 평균	GSI 표준편차	mi 평균	mi 표준편차	MCS 결과 (평균/표준편차) 점착력(kPa)	MCS 결과 (평균/표준편차) 마찰각(°)
교량구간	연 암	44.6	21.3	43.2	7.5	29.1	3.9	513 / 113	33.9 / 1.8
	보통암	67.3	31.6	54.4	2.4	29.1	3.9	2,052 / 638	36.3 / 1.7
	경 암	98.6	8.7	34.0	4.8	29.1	3.9	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7
암기구간	연 암	45.4	21.1	36.5	12.5	29.1	3.9	826 / 190	33.2 / 2.2
	보통암	89.2	17.8	56.0	1.4	29.1	3.9	2,143 / 728	36.0 / 1.9
	경 암	102.7	25.0	77.3	6.8	29.1	3.9	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9

• 변형계수

구 분	지층	변형계수 (MPa) 최 소	최 대	평 균	표준편차
3구간	연암	649	1,870	1,191	507
	보통암	903	10,279	7,033	5,312
	경암	8,120	18,336	14,392	5,092

구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간	연 암			
평균/편차		513 / 113	33.9 / 1.8	867 / 205

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간	보통암			
	평균/편차	2,052 / 638	36.3 / 1.7	4,090 / 1,647
	경 암			
	평균/편차	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7	9,317 / 3,945
암기구간	연 암			
	평균/편차	826 / 190	33.2 / 2.2	914 / 196
	보통암			
	평균/편차	2,143 / 728	36.0 / 1.9	5,782 / 1,674
	경 암			
	평균/편차	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9	13,264 / 6,910

제5편 성과분석 및 설계지반정수

Bayesian Approach에 의한 설계지반정수 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 평균	점착력(kPa) 표준편차	점착력(kPa) 적 용	내부마찰각(°) 평균	내부마찰각(°) 표준편차	내부마찰각(°) 적 용	변형계수(MPa) 평균	변형계수(MPa) 표준편차	변형계수(MPa) 적 용
교량구간	연 암	525	78	500	34	1.2	34	916	137	900
	보통암	2,027	410	2,000	36	2	36	4,049	1,647	4,000
	경 암	3,246	919	3,200	40	1.2	40	11,869	2,415	12,000
암기구간	연 암	828	128	800	33	1.5	33	936	131	900
	보통암	2,008	455	2,000	36	1.3	36	5,968	1,086	6,000
	경 암	3,537	868	3,500	42	1.3	42	15,013	6,910	15,000

점착력(교량,연암) | 점착력(교량,보통암) | 점착력(교량,경암) | 점착력(암기,연암)

점착력(암기,보통암) | 점착력(암기,경암) | 내부마찰각(교량,연암) | 내부마찰각(교량,보통암)

내부마찰각(교량,경암) | 내부마찰각(암기,연암) | 내부마찰각(암기,보통암) | 내부마찰각(암기,경암)

변형계수(교량,연암) | 변형계수(교량,보통암) | 변형계수(암기,연암) | 변형계수(암기,보통암)

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.8 설계지반정수 요약

3.8.1 연약지반 설계지반정수

○ 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 설계지반정수

구 분	함수비(%)	단위중량 (kN/m³)	S_u(kPa)	강도증가율	초기간극비	압축지수	C_v (10^{-3}cm²/s)	k_v (10^{-7}cm/s)
1-1구간	28,0	18,0	5.8D + 7.8 (평균 28.0)	0,25	0,96	0,25	9,80	2,30
1-2구간	35,0	18,0		0,25	0,88	0,24	4,00	0,80
2구간	36,0	18,0	5.8D + 3.0 (평균 22.0)	0,20	0,88	0,26	2,50	3,10
3구간	35,0	18,0		0,20	0,88	0,26	3,20	3,10
4구간	35,0	18,0		0,20	0,94	0,24	3,80	1,30

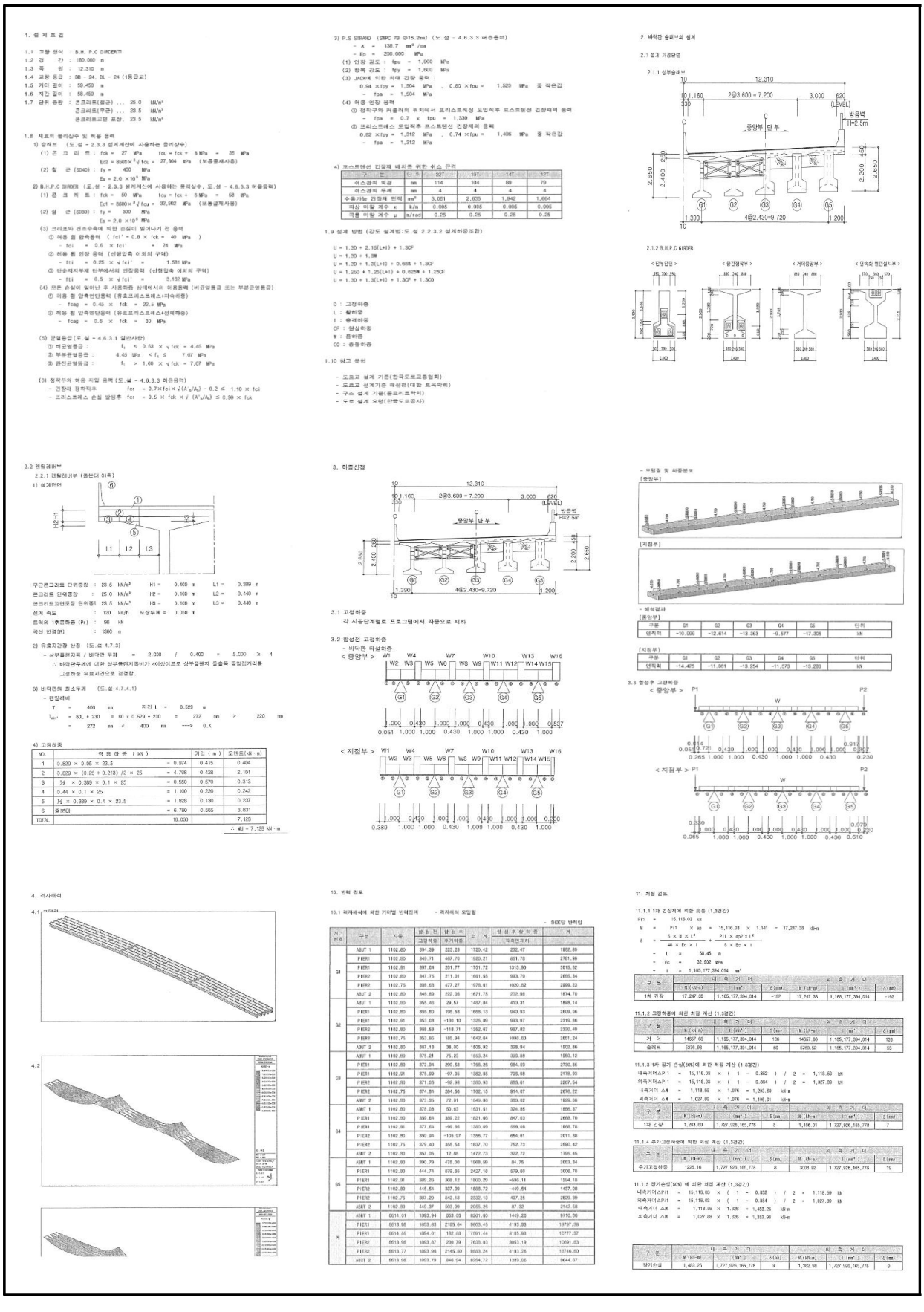
• 사업 3공구(본선 STA. 9+980~21+200)은 연약지반 3구간(STA. 19+600~28+440)에 해당

3.8.2 연속체 설계지반정수

○ 설계지반정수 구역 구분

• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain 2~3)에 해당

다. 구조계산서 및 내진설계



17. 합성에 의한 2차응력 검토

합성후 BH 거더의 소성변형이 바닥판에 의하여 구속되고, 콘크리트의 타설시기(재령)차이에 의한 건조수축, 크리이프가 상이하므로 내부응력이 발생한다.
본 검토에서 공사진행시기는 다음과 같이 시행하는 것으로 본다.
- 바닥판 콘크리트 타설은 BH 거더 P.S 도입시점에서 90일이내
- 바닥판 콘크리트 타설후 동바리 제거는 15일이후

17.1 2차응력 계산용 제정수 산정(도.설.기 P226)
1) 크리이프 계수(Φ)
(1) 바닥판의 크리이프 계수 (Φs, t'=15일, t=∞일, RH=70%)

$\Phi s(t,t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$

$\Phi o = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cu}) \times \beta(t')$

$\Phi_{RH} = 1 + (1 - 0.01 \times RH) / 0.10\ \sqrt[3]{h}$

$= 1.47$

여기서, h = (2 × Ac) / u = {2 ×(교폭 ×슬라브두께)} / {2 ×(교폭 + 슬라브두께)}

= 260 (u는 외기와 접촉하는 단면둘레로서 상부플렌지는 제외

$\beta(f_{cu}) = 16.8 / \sqrt{f_{cu}} =$ 2.206

여기서, $f_{cu} = f_{ck} + 8 =$ 58

$\beta(t') = 1 / \{ 0.1 + (t')^{0.2} \} = 1 / \{ 0.1 + (15)^{0.2} \} =$ 0.55

$\beta_c(t-t') = [(t-t') / \{ \beta_H + (t-t')\}]^{0.3} = 1.0$

여기서, $\beta_H = 1.5 [1 + (0.012\ RH)^{18}]h + 250 =$ 657 일 < 1500일

따라서, $\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cu}) \times \beta(t')$

$= 1.47 \times 2.206 \times 0.55 = 1.784$

$\therefore \Phi_s(t, t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$

$= 1.784 \times 1 = 1.784$

(2) BH 거더의 크리이프 계수 (Φb, t' = 90일, t = ∞일, RH = 70%)

$\Phi_b(t-t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$

$\Phi o = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cu}) \times \beta(t')$

$\Phi_{RH} = 1 + (1 - 0.01 \times RH) / 0.10\ \sqrt[3]{h} =$ 1.453

여기서, h = 2 ×Ac / u

= (2 ×거더단면적(㎟) ×거더갯수) / (거더단면둘레(㎜) ×거더갯수)

= 291 ㎜

$\beta(f_{cu}) = 16.8 / \sqrt{f_{cu}} =$ 2.206

여기서, $f_{cu} = f_{ck} + 8 =$ 58

$\beta(t') = 1 / \{ 0.1 + (t')^{0.2} \} = 1 / \{ 0.1 + (90)^{0.2} \} =$ 0.39

$\beta_c(t-t') = [(t-t') / \{ \beta_H + (t-t')\}]^{0.3} = 1.0$

여기서, $\beta_H = 1.5 [1 + (0.012\ RH)^{18}]h + 250 =$ 705 일 < 1500일

따라서, $\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cu}) \times \beta(t')$

$= 1.453 \times 2.206 \times 0.391 = 1.253$

$\therefore \Phi_b(t, t') = \Phi_0 \times \beta_c(t-t')$

$= 1.253 \times 1 = 1.253$

18. 솟음량
18.1 1,3경간
1) 내측거더
- 각 하중별 처짐량 (+ : 하향처짐, - : 상향처짐)

지점	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
거리(m)	2.923	5.845	8.768	11.690	14.613	17.535	20.458	23.380	26.303	29.225
거더자중 (㎜)	1.36	5.44	12.24	21.76	34.00	48.96	66.64	87.04	110.16	136.00
긴장초기 (㎜)	-1.92	-7.68	-17.29	-30.74	-48.03	-69.16	-94.14	-122.96	-155.62	-192.12
바닥판자중 (㎜)	0.50	2.00	4.50	8.00	12.50	18.00	24.50	32.00	40.50	50.00
긴장손실량 (㎜)	0.17	0.68	1.53	2.72	4.25	6.12	8.33	10.88	13.77	17.00
추가고정하중 (㎜)	0.08	0.32	0.72	1.28	2.00	2.88	3.92	5.12	6.48	8.00
계	0.19	0.76	1.70	3.02	4.72	6.80	9.25	12.08	15.29	18.88
솟음량(mm)	-0.19	-0.76	-1.70	-3.02	-4.72	-6.80	-9.25	-12.08	-15.29	-18.88

2) 외측거더
- 각 하중별 처짐량 (+ : 하향처짐, - : 상향처짐)

지점	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
거리(m)	2.923	5.845	8.768	11.690	14.613	17.535	20.458	23.380	26.303	29.225
거더자중 (㎜)	1.36	5.44	12.24	21.76	34.00	48.96	66.64	87.04	110.16	136.00
긴장초기 (㎜)	-1.92	-7.68	-17.29	-30.74	-48.03	-69.16	-94.14	-122.96	-155.62	-192.12
바닥판자중 (㎜)	0.53	2.12	4.77	8.48	13.25	19.08	25.97	33.92	42.93	53.00
긴장손실량 (㎜)	0.16	0.64	1.44	2.56	4.00	5.76	7.84	10.24	12.96	16.00
추가고정하중 (㎜)	0.19	0.76	1.71	3.04	4.75	6.84	9.31	12.16	15.39	19.00
계	0.32	1.28	2.87	5.10	7.97	11.48	15.62	20.40	25.82	31.88
솟음량(mm)	-0.32	-1.28	-2.87	-5.10	-7.97	-11.48	-15.62	-20.40	-25.82	-31.88

19.2 종점측(A2)
1) 온도변화에 의한 이동량
ΔT : 온도변화 → 보통지방 : -5℃ ~ +35℃
α : 선팽창 계수 = 1.00E-05 (RC교, PSC교)

2) 건조수축, 크리프에 의한 이동량 (단,2개월 경과후 시공으로 가정)

경과기간	2개월	6개월	12개월	18개월	24개월	5년경과
건조수축	0.1L	0.06L	0.04L	0.03L	0.02L	0
크리프	0.2L	0.12L	0.08L	0.06L	0.04L	0
계	0.3L	0.18L	0.12L	0.09L	0.06L	0

3) 신축 여유량 = 0.14 L + 10

4) 산식 (단위 : mm)

구 분 \ 항목		온도변화	건조수축	크리프	신축 여유량	합 계	비 고
	지간	0.4L	0.1L	0.2L	0.14L+10	0.84L+10	
A1	60.0m	24.00	6.00	12.00	18.40	60.40	

5) 계산 신축량 (∑ ΔL = 전 이동 가능량)
= 24.000 + 6.000 + 12.000 + 18.400 = 60.4 mm
⊙ 사거리 적용시 유간 = 73.73 mm
6) 신축이음장치 규격결정
⊙ 신축이음장치 TYPE = MONO CELL JOINT
⊙ 신축이음장치 규격 = NO.80 (유간 80mm)

2. 설계대상 교량

2.1 설계조건

○ 교량 제원

(1) 구조형식

구조형식					
상부형식	구조형식	BH Girder	하부형식	교각형식	T형교각(Φ=2.8m)
	지간구성	60.084+59.756+60.153= 179.993m		사용재료	콘크리트 f_{ck}=40 MPa
				기초형식	직접기초
	사용재료	콘크리트 콘크리트 f_{ck}=50 MPa		사용재료	콘크리트 f_{ck}=27 MPa

(2) 내진등급과 설계지진 수준

내진등급	위험도계수	가속도계수	지반계수
I	0.11	1.4	구역계수 x 위험도계수 = 0.154g	II (내진:1.2,면진:1.5)

(3) 해석 방법

구 분	내진설계	면진설계
입력지진	지반계수에 맞는 응답스펙트럼	4개의 인공지진파
해석방법	다중모드 응답 스펙트럼 해석	시간이력 해석
	5% 감쇠비를 적용하였으며	5% 감쇠비를 적용하였으며
	Ritz Vector 해석법 사용	Ritz Vector 해석법 사용
	질량참여율 90% 이상	질량참여율 90% 이상

(4) 적용 받침

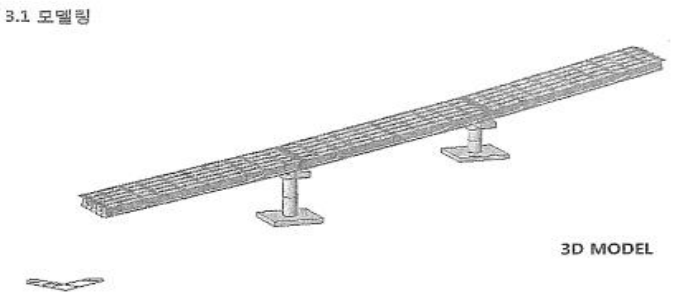
구 분	내진설계
적용 받침	탄성받침(PAD)

2.2 참고문헌

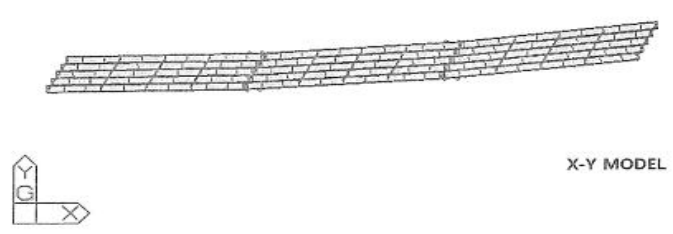
① 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2010년)
② 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2007년)
③ 도로설계요령 (한국도로공사. 2002년)
④ 설계 실무 자료집 (한국도로공사. 1996년)

3. 해석 모델

3.1 모델링

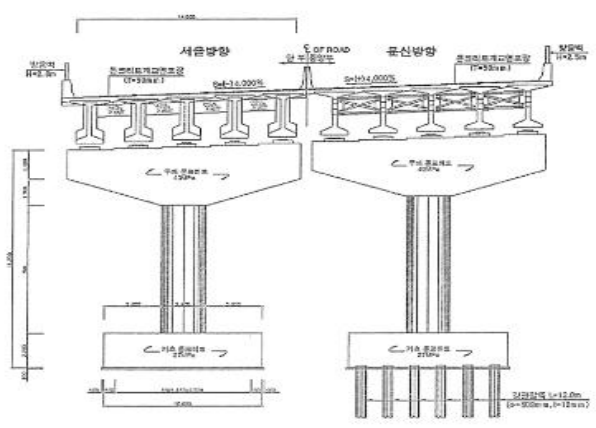


3D MODEL



X-Y MODEL

3.2 단면 특성



3.3 작용하중

(1) 탄성지진응답계수

1) 가속도계수

구분	적용 계수	비고
구역계수 (Z)	0.110	지진구역1
지진위험도계수 (I)	1.400	내진등급 1등급 (재현주기 1000년)
가속도계수 (A)	0.154	A = Z x I

2) 지반계수

구분	적용 계수	비고
지반계수 (S)	1.200	지반종류 II

3) 탄성지진응답계수(Cs) 산정

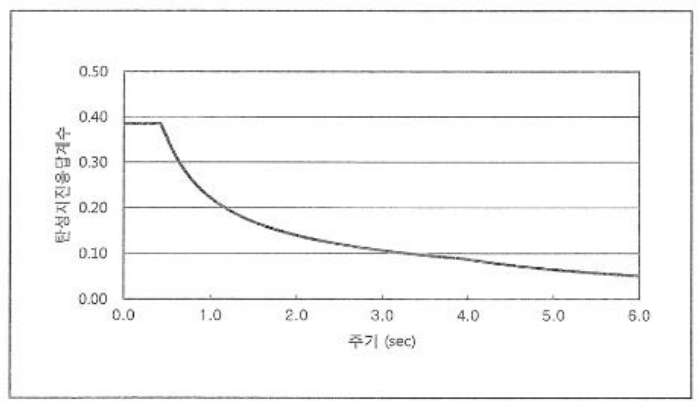
① T ≤ 4.0 sec

Cs = (1.2 x A x S) / T2/3 ≤ 2.5 x A

② T > 4.0 sec

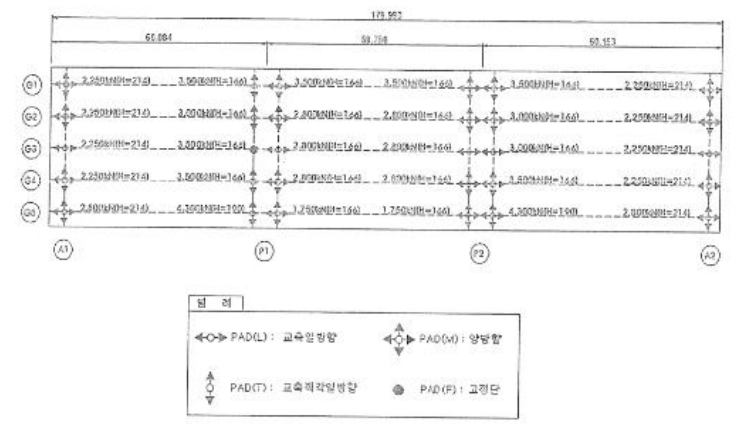
Cs = (3 x A x S) / T4/3

여기서, T : 교량의 주기



4. 받침특성치 검토

4.1 받침배치도



4.2 받침특성치

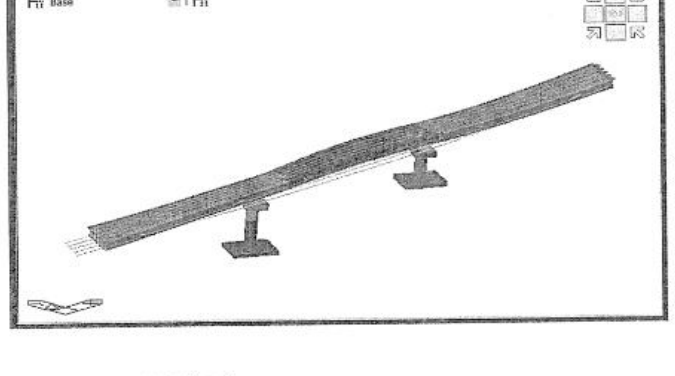
받침규격			압축강성 Kv,(kN/m)	전단강성 Kh,(kN/m)	고무층수	위치
받침	용량	받침높이				
	1,750 kN	H=166mm	605,100	2,876	5층	P1후,P2전
	2,250 kN	H=214mm	697,000	2,397	8층	A1, A2
	2,800 kN	H=166mm	1,530,600	4,601	5층	P1후,P2전
	2,800 kN	H=214mm	956,700	2,876	8층	A1, A2
	3,000 kN	H=166mm	1,940,300	5,176	5층	P1전,P2후
	3,500 kN	H=166mm	2,377,500	5,752	5층	P1후,P2전후
	4,300 kN	H=190mm	1,606,900	5,176	5층	P1전,P2후

5. 고유치 해석결과

5.1 Mode Shape

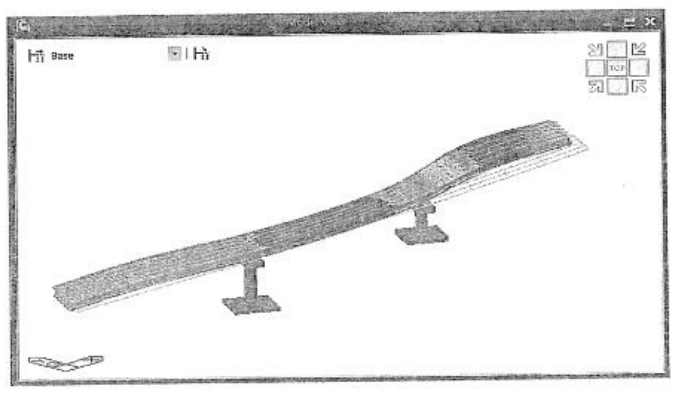
(1) 교축방향 모드형상 (4차모드)

- 고유주기 : 1.3833초



(2) 교축직각방향 모드형상 (2차모드)

- 고유주기 : 1.6566초



6. 내진해석 결과

6.1 받침 부재력 해석결과

(단위 : kN)

교각	받침		용량	교축방향 해석시		교축직각방향 해석시	
				교축	교직	교축	교직
A1	1	PAD	2,250	206	5	6	247
	2	PAD	2,250	206	5	7	248
	3	PAD	2,250	207	5	8	248
	4	PAD	2,250	207	5	9	249
	5	PAD	2,800	249	6	14	297
P1전	6	PAD	3,500	367	11	16	270
	7	PAD	3,000	333	10	16	246
	8	PAD	3,500	373	12	17	273
	9	PAD	3,500	375	12	18	273
	10	PAD	4,300	340	12	18	245
P1후	11	PAD	3,500	366	21	20	265
	12	PAD	2,800	296	18	16	214
	13	PAD	2,800	298	19	16	214
	14	PAD	2,800	300	19	17	214
	15	PAD	1,750	189	13	11	133
P2전	16	PAD	3,500	441	22	23	287
	17	PAD	2,800	353	19	18	233
	18	PAD	2,800	354	18	17	232
	19	PAD	2,800	354	18	17	235
	20	PAD	1,750	221	11	11	145
P2후	21	PAD	3,500	442	33	34	292
	22	PAD	3,000	397	29	32	259
	23	PAD	3,000	397	28	31	262
	24	PAD	3,500	440	30	35	284
	25	PAD	4,300	396	27	31	258
A2	26	PAD	2,250	206	23	16	232
	27	PAD	2,250	206	23	15	232
	28	PAD	2,250	206	23	15	232
	29	PAD	2,250	206	23	16	231
	30	PAD	2,800	247	27	19	275

7. 하부구조 내진해석 결과

7.1 교각하단 부재력

구 분		교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각	높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	10.50	31,153	17,592	2,997	1,710	17,521	28,794	1,305	2,149	
P2	6.20	25,704	16,326	3,372	2,067	12,445	21,498	1,308	2,257	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.2 교각하단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진+0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진+1.0 ×교축직각방향 지진

구 분		하중경우 1				하중경우 2				비고
		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각	높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	10.50	36,409	26,231	3,389	2,355	26,867	34,072	2,204	2,662	
P2	6.20	29,438	22,776	3,764	2,744	20,156	26,396	2,320	2,877	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.3 교각상단 부재력

구 분		교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각	높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	10.50	783	1,140	2,974	1,700	4,068	6,999	1,292	2,131	
P2	6.20	4,898	3,704	3,360	2,065	4,461	8,082	1,301	2,252	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.4 교각상단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진+0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진+1.0 ×교축직각방향 지진

구 분		하중경우 1				하중경우 2				비고
		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각	높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	10.50	2,004	3,240	3,362	2,339	4,303	7,341	2,184	2,641	
P2	6.20	6,236	6,128	3,751	2,740	5,931	9,193	2,310	2,871	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.5 기둥 상단 변위

(단위 : mm)

구 분		교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
P1	10.50	20.9	1.4	1.6	22.6	
P2	6.20	8.8	1.1	0.8	7.9	

7.6 기둥 상단 변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진+0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진+1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

구 분		하중경우 1		하중경우 2		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
P1	10.50	21.4	8.2	7.9	23.1	
P2	6.20	9.1	3.5	3.4	8.2	

7.7 상부변위

(단위 : mm)

구 분		교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
A1	-	86.5	2.0	4.8	103.2	
P1	10.50	85.8	2.6	3.9	69.1	
P2	6.20	85.4	5.6	3.5	57.5	
A2	-	85.6	12.0	7.9	95.5	

7.8 상부변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진+0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진+1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

구 분		하중경우 1		하중경우 2		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
A1	-	88.0	32.9	30.8	103.8	
P1	10.50	87.0	23.3	29.7	69.8	
P2	6.20	86.5	22.9	29.2	59.2	
A2	-	88.0	40.6	33.6	99.1	

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1090.59	664.775	O.K
	허용인발력(kN/EA)	442.56	-	O.K
	휨응력(MPa)	140	118.224	O.K
	전단응력(MPa)	80	14.259	O.K
	수평변위(mm)	15	12.569	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1635.89	1005.54	O.K
	허용인발력(kN/EA)	663.84	-228.289	O.K
	휨응력(MPa)	210	138.212	O.K
	전단응력(MPa)	120	21.727	O.K
	수평변위(mm)	25	10.791	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1800	150	2605.28	3096.8	1083.444	1284.997	1.186	O.K
후면저판		1800	100	2865.39	4053.6	1226.751	1726.426	1.407	O.K
벽체 : H=10.642		2800	100	4585.18	6353.6	3117.477	4298.763	1.379	O.K
흉벽		800	100	883.168	1588.8	156.183	278.868	1.786	O.K
좌측날개벽	A(T=550 mm)	550	80	3301.83	4053.6	375.283	455.015	1.212	O.K
	B(T=550 mm)	550	80	3155.85	4053.6	359.554	455.015	1.265	O.K
	C(T=550 mm)	550	80	4271.87	5139.2	477.767	566.412	1.186	O.K
우측날개벽	A(T=620 mm)	620	80	3059.43	5139.2	403.733	658.147	1.63	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	2852.2	4053.6	377.494	527.371	1.397	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	3860.18	5139.2	503.607	658.147	1.307	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		141.703	150	125	208.24	O.K
후면저판		116.159	150	125	459.202	O.K
벽체 : H=10.642		83.829	150	125	729.411	O.K
흉벽		105.977	150	125	513.083	O.K
좌측날개벽	A(T=550 mm)	125.372	150	125	459.38	O.K
	B(T=550 mm)	120.387	150	125	485.392	O.K
	C(T=550 mm)	127.877	150	125	452.078	O.K
우측날개벽	A(T=620 mm)	93.115	150	125	676.58	O.K
	B(T=620 mm)	109.533	150	125	560.213	O.K
	C(T=620 mm)	116.675	150	125	511.202	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
(3) 교 량 등 급 : 1 등교
(4) 교 대 총 폭 : B = 15.124 M
(5) 교 대 총높이 : H = 12.442 M
(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
(7) SKEW : 54.322 °

2) 하 중
(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 545.803 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 104.785 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

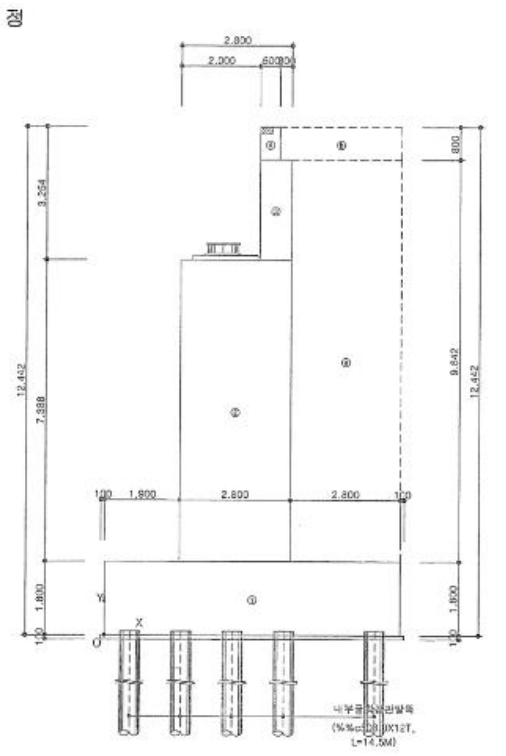
3) 지 반 조 건
(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 4.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 22.746 ° {Φ2 = 15 + √15N}
(4) 기초지반의 점착력 : C = 17.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.271 ; TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수
　- 내진 등급 : I 등급　- 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
　- 지진 구역 : I 구역　- 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 28000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
(1) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
(2) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
(3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
(4) 도로설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

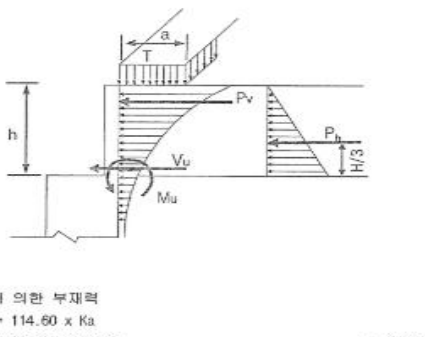
구 분	1	2	3	4	5	계
고정하중	1671.750	1505.920	1549.060	1472.730	2055.260	8254.720
활하중	196.440	397.080	384.290	390.360	216.590	1584.760

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	계
교축방향	263.000	263.000	264.000	264.000	316.000	1370.000
직각방향	299.000	299.000	298.000	298.000	354.000	1548.000

5. 단 면 설 계

1) 흉벽 설계
① 평상시 : 『도로교 설계기준 해설』 p73



- 윤하중에 의한 부재력
Pv = 114.60 x Ka
　= 114.60 x 0.251 = 28.765 kN
Mp = 114.60 x Ka x (H - 0.36)
　= 114.60 x 0.251 x (3.254 - 0.36) = 83.234 kN.m
- 토압에 의한 부재력
Ph = 1/2 x Ka x r x H² x cos δ
　= 1/2 x 0.251 x 20.000 x 3.254² x cos11.667 = 26.022 kN
Me = 1/3 x H x Ph
　= 1/3 x 3.254 x 26.022 = 28.222 kN.m
- 설계 단면력 산정
Vu = 1.30 x Pv + 1.70 x Ph
　= 1.30 x 28.765 + 1.70 x 26.022 = 81.632 kN
Mu = 1.30 x Mp + 1.70 x Me
　= 1.30 x 83.234 + 1.70 x 28.222 = 156.183 kN.m

② 지진시
- 구체관성력
p1 = 2.454 x 0.800 x 25.000 x 0.077 = 3.779 kN
p2 = 0.800 x 0.500 x 25.000 x 0.077 = 0.770 kN
Pw = 3.779 + 0.770 = 4.549 kN
Mw = 3.779 x 2.454/2 + 0.770 x (2.454 + 0.800/2) = 6.833 kN.m
- 토압에 의한 부재력
Ph = 1/2 x Kae x r x H² x cos δ
　= 1/2 x 0.314 x 20.000 x 3.254² x cos0.000 = 33.241 kN
Me = 1/2 x H x Ph
　= 1/2 x 3.254 x 33.241 = 54.077 kN.m

2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	997.500	683.949	O.K
		허용인발력(kN/EA)	413.526	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	63.223	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	0.402	O.K
		수평변위(mm)	15.000	0.265	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1496.250	875.938	O.K
		허용인발력(kN/EA)	620.290	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	132.110	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	15.235	O.K
		수평변위(mm)	25.000	5.648	O.K
교축직각방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	997.500	862.502	O.K
		허용인발력(kN/EA)	413.526	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	86.310	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	2.266	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.491	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1496.250	866.423	O.K
		허용인발력(kN/EA)	620.290	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	120.637	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	12.699	O.K
		수평변위(mm)	25.000	4.708	O.K

▣ 기둥의 단면 설계
① 기둥 상단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.008	44960.838	127819.861	2.843	O.K
	모멘트최대	0.008	42873.790	127819.861	2.981	O.K
	탄성설계	0.008	20614.196	42450.693	2.059	O.K
	편심최대	0.008	36689.531	127819.861	3.484	O.K
교축직각방향	축력최대	0.008	44960.838	125799.696	2.798	O.K
	모멘트최대	0.008	42873.790	61094.100	1.425	O.K
	탄성설계	0.008	20614.196	38344.659	1.860	O.K
	편심최대	0.008	36689.531	54470.346	1.485	O.K
합성부재력	축력최대	0.008	44960.838	125255.261	2.786	O.K
	모멘트최대	0.008	42873.790	60917.329	1.421	O.K
	탄성설계	0.008	20614.196	22383.762	1.086	O.K
	편심최대	0.008	36689.531	54309.001	1.480	O.K
	모멘트최대	0.008	42873.790	60917.329	1.421	O.K

② 기둥 하단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.008	46221.590	127819.861	2.765	O.K
	모멘트최대	0.008	44134.542	127819.861	2.896	O.K
	탄성설계	0.008	21584.005	45872.883	2.125	O.K
	편심최대	0.008	19425.605	146079.842	7.520	O.K
교축직각방향	축력최대	0.008	46221.590	126734.054	2.742	O.K
	모멘트최대	0.008	44134.542	62609.167	1.419	O.K
	탄성설계	0.008	21584.005	41476.620	1.922	O.K
	편심최대	0.008	29850.930	51690.235	1.732	O.K
합성부재력	축력최대	0.008	46221.590	126203.829	2.730	O.K
	모멘트최대	0.008	44134.542	62435.613	1.415	O.K
	탄성설계	0.008	21584.005	24149.816	1.119	O.K
	편심최대	0.008	19425.605	84694.777	4.360	O.K
	모멘트최대	0.008	44134.542	62435.613	1.415	O.K
	편심최대	0.008	29850.930	51491.444	1.725	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		깊이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
기초	교축방향	2400.0	150.0	52599.943	77760.600	38719.157	56713.074	1.465	O.K
	교직-지점부	2400.0	150.0	66799.810	99971.700	48898.420	72287.454	1.478	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
기초	교축방향	157.272	180.000	126.437	156.974	O.K
	교직-지점부	161.211	180.000	126.437	149.739	O.K

▣ PS 강선 설계(두부보)

단면위치			Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
강선도입전			3283.653	12667.5	3659.702	14043.909	3.837	O.K
강선 도입후	좌측내민보		-	-	57949.022	71223.911	1.229	O.K
	우측내민보		-	-	63119.867	71223.911	1.128	O.K
정착부	파열력검토	수평방향	504.234	3438	-	-	6.818	O.K
		수직방향	504.234	3438	-	-	6.818	O.K
	할렬력 검토		458.394	774.2	-	-	1.689	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P365]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.15

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 4
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 22.746 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 17 kN/m²
4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.271 : TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
　- 내진 등급 : I 등급　- 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
　- 지진 구역 : I 구역　- 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
　기둥: 40 MPa
　기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 32000 MPa
　기둥: 32000 MPa
　기초: 29000 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
　기둥: 400 MPa
　기초: 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

3.5 설 계 방 법

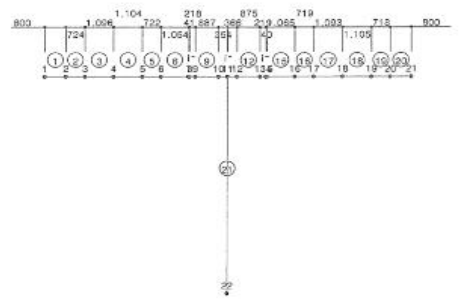
1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
2) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
4) 도로 설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

6. 구 조 해 석

6.1 해석 모델링



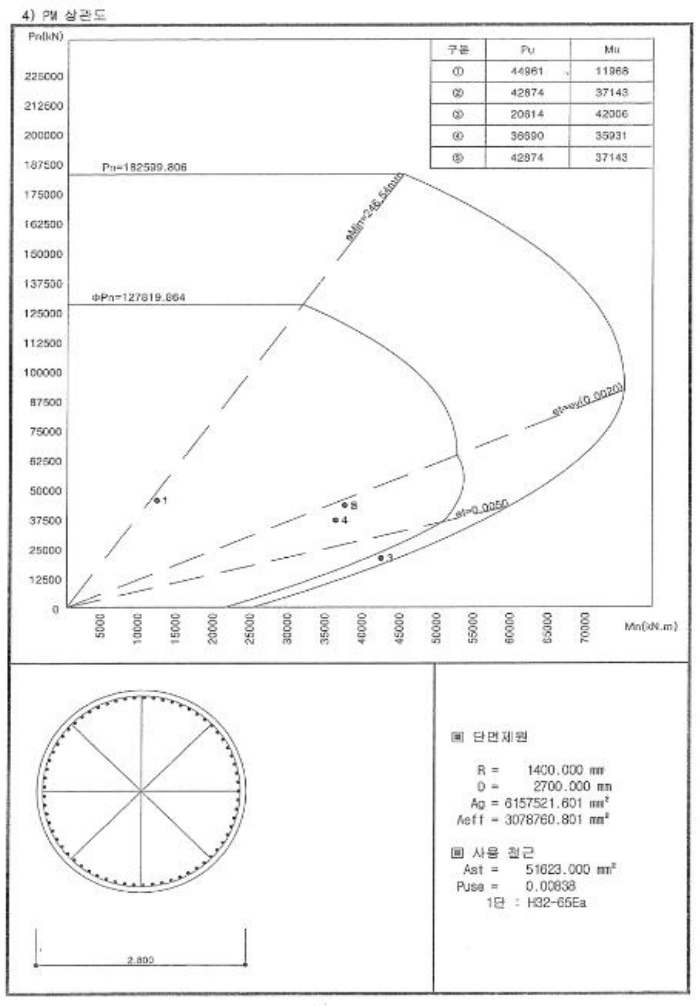
6.2 절점 좌표

절점	X	Z	절점	X	Z	절점	X	Z	절점	X	Z
1	0.000	8.750	7	5.500	8.750	13	8.241	8.750	19	12.482	8.750
2	0.800	8.750	8	5.541	8.750	14	8.460	8.750	20	13.200	8.750
3	1.524	8.750	9	5.759	8.750	15	8.500	8.750	21	14.000	8.750
4	2.620	8.750	10	6.646	8.750	16	9.565	8.750	22	7.000	0.000
5	3.724	8.750	11	7.000	8.750	17	10.284	8.750			
6	4.446	8.750	12	7.366	8.750	18	11.377	8.750			

6.3 단면 제원

구 분	B(m)	H(m)	A(m²)	I22(m⁴)	I33(m⁴)	적용절점
①	3.200	1.500	4.800	4.096000	0.900000	1
②	3.200	1.747	5.590	4.770475	1.421829	2
③	3.200	1.868	5.978	5.100885	1.738198	21
④	3.200	1.971	6.307	5.382144	2.041872	3
⑤	3.200	2.115	6.768	5.775360	2.522899	20
⑥	3.200	2.310	7.392	6.307840	3.287038	
⑦	3.200	2.337	7.478	6.381568	3.403650	19
⑧	3.200	2.402	7.686	6.559061	3.695624	4
⑨	3.200	2.679	8.573	7.315456	5.127278	18
⑩	3.200	2.743	8.778	7.490219	5.503591	5
⑪	3.200	2.925	9.360	7.987200	6.673387	17
⑫	3.200	2.966	9.491	8.099157	6.957964	6
⑬	3.200	3.147	10.070	8.593408	8.311109	16
⑭	3.200	3.292	10.534	8.989355	9.513673	7, 8
⑮	3.200	3.384	10.829	9.240576	10.333794	9~14
16	3.200	3.476	11.123	9.491797	11.199742	15
17	2.800	0.000	6.158	3.017186	3.017186	기둥상단
18	2.800	0.000	6.158	3.017186	3.017186	기둥하단

4) PM 상관도



7. 해석결과 집계

7.1 하중별 부재력 집계

① 기둥 : 부재번호 21

(교직방향)

하중	기둥상단 P(kN)	기둥상단 M(kN.m)	기둥상단 V(kN)	기둥하단 P(kN)	기둥하단 M(kN.m)	기둥하단 V(kN)	비고
D	-20614.196	3913.010	0.000	-21584.005	3913.010	0.000	
L1	-8447.620	-885.344	0.000	-8447.620	-885.344	0.000	
L2	-7246.460	-13526.257	0.000	-7246.460	-13526.257	0.000	
L3	-7476.900	10664.550	0.000	-7476.900	10664.550	0.000	
W-TR	0.000	3823.819	-666.069	0.000	8103.403	-692.529	
WL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-TR	0.000	9193.000	2871.000	0.000	26395.000	2877.000	
CF	0.000	3673.100	-446.396	0.000	6485.395	-446.396	

(교축방향)

하중	기둥상단 P(kN)	기둥상단 M(kN.m)	기둥상단 V(kN)	기둥하단 P(kN)	기둥하단 M(kN.m)	기둥하단 V(kN)	비고
D	-20614.196	-928.101	0.000	-21584.005	-928.101	0.000	
L1	-8447.620	-404.855	0.000	-8447.620	-404.855	0.000	
L2	-7246.460	-571.787	0.000	-7246.460	-571.787	0.000	
L3	-7476.900	-826.902	0.000	-7476.900	-826.902	0.000	
W-LO	0.000	-279.776	114.194	0.000	-1082.548	140.654	
WL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-LO1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-LO	0.000	6236.000	3751.000	0.000	29438.000	3764.000	
CF	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

② 두부보 : 내민보

하중	좌측 (부재9, 절점9) M(kN.m)	좌측 V(kN)	우측 (부재12, 절점13) M(kN.m)	우측 V(kN)	비고
D	-24780.721	7759.655	-27691.823	-8662.386	
L1	-10261.829	3341.550	-9551.005	-3237.900	
L2	-12593.204	3990.830	-2213.055	-1454.950	
L3	-3931.461	1740.390	-11990.322	-3577.910	
W-LO	0.000	0.000	0.000	0.000	
W-TR	876.780	0.000	-876.780	0.000	
WL	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-LO1	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-LO	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	
CF	1031.772	0.000	-1031.772	0.000	

11. 기 초 설 계

11.1 교축직각방향

1) 기초 안정검토

① 기초 중앙작용력 산정

구 분	P(kN)	Vx(kN)	My(kN)	∑V(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	비 고
SV005	30031.625	792.660	13564.762	42924.288	236083.584	15467.147	축력최대
SV007	29060.905	792.660	25114.657	41953.568	230744.624	27017.042	모멘트최대
SV021	29060.905	792.660	25114.657	41953.568	230744.624	27017.042	편심최대
SV022	21584.005	4442.004	30574.493	34476.668	189621.674	39899.198	지진시

註) 기초중앙의 부재력은 기둥의 부재력을 합산한 값을 사용한다.

$\sum V$ = P + W + W1, W = 11.000 x 11.000 x 2.400 x 25.000 = 7260.000 kN

Mr = $\sum V$ x B/2, B = 11.000 m

My = M + P x e, e = 0.000 m

Mo = |My + Vx x h|, h = 2.400 mm

※ 말뚝검토시의 모멘트는 Mc = $\sum V$ x e 를 적용한다, e = B/2 - (Mr-Mo)/$\sum V$

※ 지진시의 부재력은 탄성설계를 적용한 값을 사용한다.

지진시에는 토피하중(수직력,수평력) 및 기초의 관성력을 고려하여 설계한다.

ⓐ 토피하중 (지반고 : EL 9.621m, 기초하단 : EL 4.769m)

W1 = (11.000 x 11.000 - π x 1.400² x 1EA) x 2.452 x 20.000 = 5632.663 kN

H1 = (11.000 x 2.800 - π x 1.400² x 1EA) x 2.452 x 20.000 x 0.185 = 223.356 kN

: Kh = A x S = 0.154 x 1.200 = 0.185

ⓑ 기초의 자중에 의한 관성력

H2 = 7260.000 x 0.185 = 1341.648 kN

② 전도에 대한 안정

- 말뚝기초이므로 불필요 : 『말뚝검토』 참조

③ 활동에 대한 안정

- 말뚝기초이므로 불필요 : 『말뚝검토』 참조

④ 지지력에 대한 안정

- 말뚝기초이므로 불필요 : 『말뚝검토』 참조

10. 기둥 설계

10.1 교축직각방향

10.1.1 기둥 상단 지점 검토

1) 기둥부재력 집계 : 상단

구 분	Pe(kN)	Pu(kN)	M1(kN.m)	M2(kN.m)	V(kN)	Δ(m)	비 고
UL001	-26798.455	-44960.838	7958.453	11614.437	-580.315	0.00375	축력최대
UL003	-26798.455	-42873.790	32790.726	36446.709	-580.315	0.01282	모멘트최대
UL022	-20614.196	-20614.196	13359.565	30574.493	2871.000	0.00963	탄성설계
UL022	-20614.196	-20614.196	7230.898	12977.160	2871.000	0.00963	소성설계
UE003	-20614.196	-36689.531	31616.823	35272.806	-580.315	0.01239	편심최대

註) Pe : 장기지속축력 (= 고정하중에 의한 축력 x 고정하중계수)

Pu : 전체축력, M1, M2 : 검토위치 모멘트

Vu : 전단력, Δ : 기둥상단의 변위량

※ 소성설계시 지진시 모멘트에 대하여 응답수정계수(R=3.000)로 나눈 값을 적용한다

① P-Δ 적용 부재력 집계

구 분	모멘트확대(kN.m)	P-Δ적용(kN.m)	적용 부재력	P-Δ구분	비 고
UL001	11614.440	11780.003	11780.003	UL001	축력최대
UL003	36446.709	37018.603	37018.603	UL003	모멘트최대
UL022	30574.490	30574.493	30574.490	UL022	탄성설계
UL022	12977.160	12977.160	12977.160	UL022	소성설계
UE003	35272.806	35825.810	35825.810	UE003	편심최대

2) 기둥검토 요약

구 분	철근비 Pmin	철근비 Puse	철근비 Pmax	철근비 비고	축방향력 ΦPn	축방향력 Pu	축방향력 Mu	축방향력 안전도	축방향력 비 고
축력최대	0.005	0.008	0.060	O.K	125799.696	44960.838	11780.003	2.798	O.K
모멘트최대	0.005	0.008	0.060	O.K	61094.100	42873.790	37018.603	1.425	O.K
탄성설계	0.005	0.008	0.060	O.K	38344.059	20614.196	30574.490	1.860	O.K
편심최대	0.005	0.008	0.050	O.K	54470.346	36689.531	35825.810	1.485	O.K

13.2 최소 받침지지 길이 검토

① 최소 받침지지 길이

- 사각이 56.1˚ 이므로 받침선과 교축직각방향의 사잇각은 33.85˚

N = (200 + 1.67 x L + 6.66 x H) x (1 + 0.000125 x θ²) mm

= (200 + 1.67 x 119.931 + 6.66 x 11.500) x (1 + 0.000125 x 33.85²)

= 545.177 mm

② 실제 받침지지 길이

N1 = 1927 - 0 - 50 = 1877 mm ≥ 545 mm ∴ O.K

13.3 교량받침 수직력, 수평력 검토

구 분	수직력 허용값	수직력 상부반력	수직력 비 고	수평력 허용값	수평력 탄성지진력	수평력 비 고
SHOE 1	3000.000	2655.340	O.K	465.880	448.000	O.K
SHOE 2	2800.000	2320.490	O.K	414.115	359.000	O.K
SHOE 3	2800.000	2267.540	O.K	414.115	359.000	O.K
SHOE 4	2800.000	2290.760	O.K	414.115	359.000	O.K
SHOE 5	3000.000	2816.560	O.K	465.880	225.000	O.K
SHOE 6	3500.000	2999.230	O.K	512.765	452.000	O.K
SHOE 7	3000.000	2651.240	O.K	465.880	406.000	O.K
SHOE 8	3000.000	2775.540	O.K	465.880	406.000	O.K
SHOE 9	3000.000	2890.360	O.K	465.880	451.000	O.K
SHOE 10	3500.000	3293.550	O.K	512.765	405.000	O.K

탄성지진력은 응답수정계수(R = 1.0)를 고려한 값이며 내진장치 불필요

13.4 교량받침 보강 철근 검토

① 교량받침에 작용하는 하중

구 분	수직력	수평력 교축방향	수평력 직각방향	보강범위(mm) 교축방향	보강범위(mm) 직각방향	비 고
1	2655.340	336.642	221.053	1753.325	2185.274	
2	2320.490	269.925	178.947	1753.361	2108.938	
3	2267.540	269.925	317.674	1703.187	2133.193	
4	2290.760	269.925	180.451	1752.803	2107.243	
5	2816.560	169.173	111.278	1752.209	1540.498	
6	2999.230	339.850	227.068	1726.414	1560.498	
7	2651.240	305.263	201.504	1675.939	2176.930	
8	2775.540	305.263	317.674	1805.467	2145.850	
9	2890.360	339.098	220.301	1674.998	2174.778	
10	3293.550	304.511	200.000	1724.532	2203.609	

탄성지진력은 응답수정계수(R = 1.0)를 고려한 값

32.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 32.2.1】 장진천2교(문산) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	장진천2교(문산)의 주요 손상현황으로는 교량받침 스토퍼간섭, 받침콘크리트 보수부 들뜸, 교대 균열부백태 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	장진천2교(문산)의 주요 손상현황으로는 교량받침 스토퍼간섭, 받침콘크리트 보수부 들뜸, 교대 신축이음하부 누수, 균열부백태 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축 및 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교량받침 받침콘크리트 보수부 들뜸, 스토퍼간섭, 교대 균열부백태 신축이음 신축이음 하부 누수	양호

32.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

32.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 기 손상인 받침콘크리트 들뜸, 교대 백태, 신축이음 하부 누수 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

32.2.5 시설물 보수 이력

【표 32.2.2】 장진천2교(문산) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

32.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 32.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

32.3 현장조사

32.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

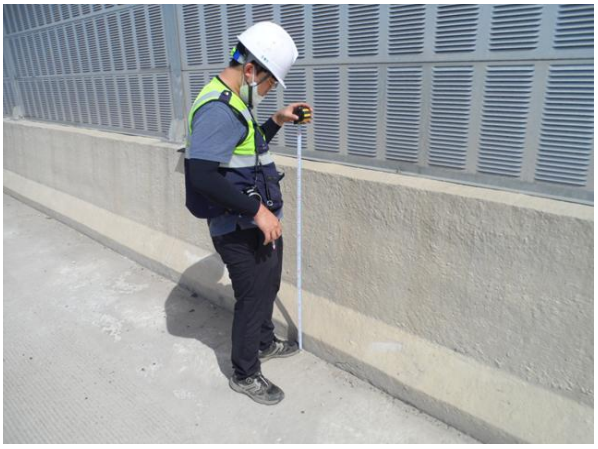
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S3	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



제원조사



비파괴시험

【사진 32.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

32.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 장진천2교(문산)의 바닥판하면은 차량하중을 직접적으로 지지하는 동시에 거더에 하중을 분산시키는 역할을 하는 주요 부재로 총 3경간으로 이루어져 있으며, 연장 L=180.0m, 폭 12.3m의 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 32.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 국부적인 백태가 조사되었다.

【표 32.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	백태 (㎡/개소)	
S1	0.15	1
S2	0.10	1
S3	-	-
합계	0.25	2

	
S1 백태(0.3×0.5)	S1 백태(0.3×0.5)
	
S2 백태(0.2×0.5)	S3 상태양호

【사진 32.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면의 백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열부에 발생한 손상으로 판단되며, 보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

나. BH Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 BH거더 형식으로 3경간 5열로 시공되었다.
- 거더에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



거더 전경



거더 전경

【사진 32.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 전반적으로 양호한 상태로 확인되었다.

【표 32.3.2】 거더 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
합계		-	-



S3 상태양호



S2 상태양호

【사진 32.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더는 현재 전반적으로 양호한 상태로 확인되었고, 주요부재로서 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요망된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 STEEL과 콘크리트로 시공되어 있다.
- 가로보에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경



가로보 전경

【사진 32.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

【표 32.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S2	-	-
합계		-	-



가로보 상태양호



가로보 상태양호

【사진 32.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 가로보는 현재 전반적으로 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요망된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 장진천2교(문산) 교대는 상부 구조물로부터의 하중을 기초로 전달하는 부재로써, 역T형으로 A1, A2 강관말뚝기초로 시공되어있다.
- 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 32.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 폭 0.3㎜미만의 균열이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 32.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
A1	4.00	2
A2	-	-
합계	4.00	2



A1 균열(Cw=0.3㎜미만)



A1 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 32.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

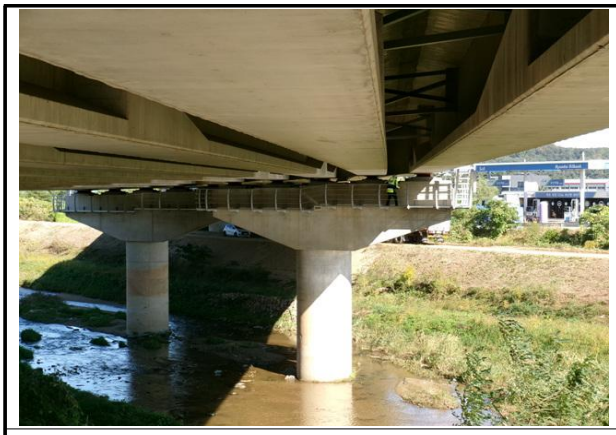
4) 검토의견

■ 교대에 발생한 균열의 경우 건조수축, 온도변화, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 신축이음 하부를 통한 누수 발생 여부에 대해 지속적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 장진천2교(문산)의 교각은 T형 2기로, 기초는 강관말뚝기초(P1, P2)로 시공되었다.
- 교각에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교각(P1) 전경



교각(P2) 전경

【사진 32.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열이 조사되었다.

【표 32.3.5】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
P1	-	-
P2	3.00	1
합계	3.00	1



P2 코핑부 균열(Cw=0.3㎜미만)



P2 코핑부 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 32.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

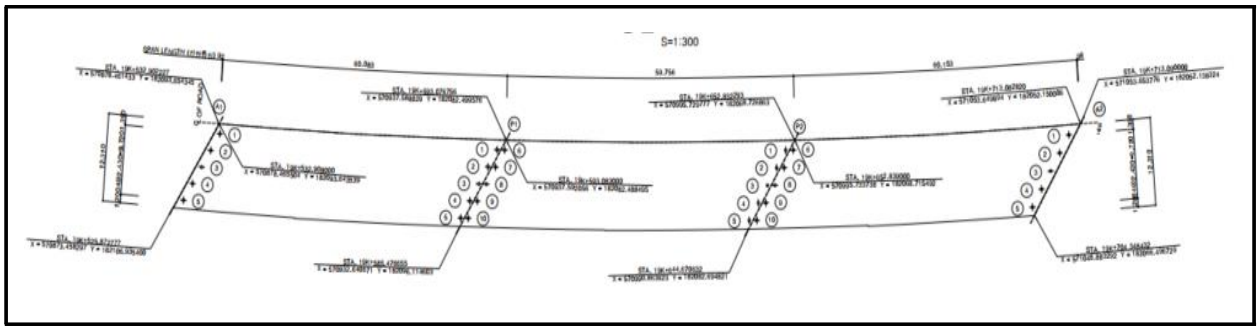
4) 검토의견

■ 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 장진천2교(문산)의 받침은 탄성받침으로 총 30기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 32.3.1】 교량받침 배치도



탄성받침(일방향) 전경



탄성받침(양방향) 전경



탄성받침(고정) 전경

【사진 32.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 받침콘크리트 이전보수부 들뜸, 스토퍼간섭이 조사되었다.

【표 32.3.6】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침콘크리트 들뜸 (㎡/개소)		스토퍼 간섭 (개소/개소)	
A1	-	-	-	-
P1	-	-	-	-
P2	-	-	-	-
A2	0.04	1	1.00	1
합계	0.04	1	1.00	1



A2-SH3 받침콘크리트 보수부 들뜸(0.2×0.2)



A2-SH3 스토퍼 간섭

【사진 32.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

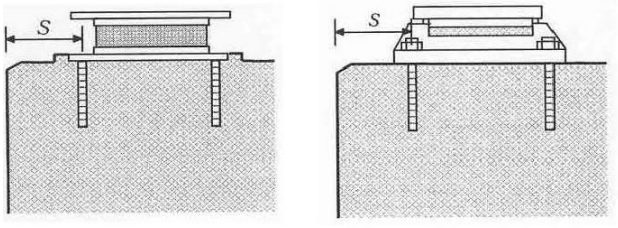
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 받침콘크리트 보수부 들뜸은 원콘크리트면과의 부착력저하로 인한 것으로 판단되며, 스토퍼 간섭은 교직방향으로의 편기로 인해 스토퍼끼리의 붙음 현상이 발생한 것으로 상기손상들은 즉각보수 보다는 주기적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 32.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

	
받침장치 연단거리 측정	받침장치 연단거리 측정

【사진 32.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500(㎜)

【표 32.3.7】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)					검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
A1		500	640	640	650	640	630	O.K
P1	A1측	500	650	650	650	650	650	O.K
	A2측	500	700	700	710	700	700	O.K
P2	A1측	500	690	690	700	690	690	O.K
	A2측	500	700	710	710	710	710	O.K
A2		500	700	710	710	710	710	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 31.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 31.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	26.2	23.8	0.00001	120.0	31.4	28.6	
P1	26.2	23.8	0.00001	60.0	15.7	14.3	
P2	고정단						
A2	26.2	23.8	0.00001	60.0	15.7	14.3	

1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)

【표 31.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	−25	39	89	31.4	28.6	±64	O.K
	SH2	−25	39	89			±64	O.K
	SH3	−25	39	89			±64	O.K
	SH4	−25	39	89			±64	O.K
	SH5	−25	39	89			±64	O.K
P1	SH1	+10	59	39	15.7	14.3	±49	O.K
	SH2	+10	59	39			±49	O.K
	SH3	+10	59	39			±49	O.K
	SH4	+10	59	39			±49	O.K
	SH5	+10	59	39			±49	O.K
P2	고정단							
A2	SH1	−5	59	69	15.7	14.3	±64	O.K
	SH2	−5	59	69			±64	O.K
	SH3	−5	59	69			±64	O.K
	SH4	−5	59	69			±64	O.K
	SH5	−5	59	69			±64	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K
허용변위 = 받침높이 × 0.3

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 교량받침 이동량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 신축이음장치는 직접 차량하중을 받는 부재로써, 설계 및 시공의 결함은 차량통행자에게 불쾌감 및 위협감을 줄 뿐만 아니라 경우에 따라서는 교량구조에도 악영향을 미칠 수 있는 장치이다.
- 본 교량의 신축이음장치는 A1(NO.120), A2(NO.80) 강핑거조인트로 시공된 상태이다.
- 신축이음의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사 및 측정을 실시하였다.



EXP.J1(A1) 전경



EXP.J2(A2) 전경

【사진 31.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 파손 및 본체 볼트탈락, 차수판 앵커탈락, 신축이음 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.

【표 31.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 파손 (㎡/개소)		하부 누수 (m/개소)		본체 볼트탈락 (개소/개소)		차수판 앵커탈락 (개소/개소)		이동량부족 (개소/개소)	
A1 (EXP J1)	-	-	0.50	1	-	-	-	-	1.00	1
A2 (EXP J2)	0.06	1	1.50	2	2.00	2	1.00	1	-	-
합계	0.06	1	2.00	3	2.00	2	1.00	1	1.00	1

	
A2 후타재 후타재 파손(0.2×0.3) 및 본체 볼트탈락	A2 후타재 후타재 파손(0.2×0.3) 및 본체 볼트탈락
	
A2 차수판 앵커탈락(1EA)	A2 신축이음 하부 누수

【사진 31.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 파손 및 본체 볼트탈락, 하부 누수의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 본체 볼트탈락 및 후타재 파손은 주행차량 및 본 교량에 영향을 미치므로 즉각적인 보수가 필요하다.
- 신축이음에 발생한 차수판 앵커탈락 및 하부 누수의 경우, 온도변화, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 볼트정비 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 17. 기온 적용: 11.2℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃−11.2℃ = 23.8℃
△T(수축시) : −15.0℃−(11.2℃) = 26.2℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 31.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 31.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	26.2	23.8	0.00001	120.0	31.4	28.6	100	105	230	
A2	26.2	23.8	0.00001	60.0	15.7	14.3	63	80	225	
1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 31.3.12】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	31.4	28.6	100	120	131.4	71.4	N.G
	바닥판			105	-	-	76.4	O.K
	거더			230	-	-	201.4	O.K
A2	신축이음	15.7	14.3	63	80	78.7	48.7	O.K
	바닥판			80	-	-	65.7	O.K
	거더			225	-	-	210.7	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A1 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 장진천2교(서울)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.
- 교면포장의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사를 실시하였다.

	
교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

【사진 31.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 포장부 망상균열이 확인되었다.

【표 31.3.13】 교면포장 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)	
S1	-	-
S2	-	-
S3	180.00	1
합계	180.00	1

	
S3 교면포장 망상균열(60.0×3.0)	S3 교면포장 망상균열(60.0×3.0)
	
S1 상태양호	S2 상태양호

【사진 31.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장은 구배불량에 의한 물고임 현상은 없는 상태이며, 포장부 콘크리트 망상균열이 조사되었다. 상기 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 장진천2교(서울)의 상부는 그레이팅 덮개로 마감된 배수구가 하부는 육교형 배수관이 시공되어있고, 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.
- 배수시설에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



배수구 전경



배수관 전경

【사진 31.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 31.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-



배수구 상태 양호



배수관 상태 양호

【사진 31.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다. 부속시설로 방음벽이 시공되어 있다.
- 방호벽에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



방호벽 전경



중분대 전경

【사진 31.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 접속부의 방호벽 파손 및 이격, 폭 0.3㎜미만의 균열 및 백태가 확인되었다.

【표 31.3.15】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	접속부 파손 (㎡/개소)		접속부 이격 (m/개소)		균열(0.3㎜미만) (m/개소)		백태 (㎡/개소)	
S1	0.15	1	2.50	1	4.50	3	-	-
S2	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	1.50	1	-	-	-	-	0.20	1
합계	1.65	2	2.50	1	4.50	3	0.20	1

	
S1 접속부 방호벽 파손(0.1×1.5)	S3 접속부 방호벽 파손(1.0×1.5)
	
S1 접속부 방호벽 이격(T=2.0cm)	S1 접속부 방호벽 이격(T=2.0cm)
	
S1 방호벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	S2 방호벽 백태(0.2×1.0)

【사진 31.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

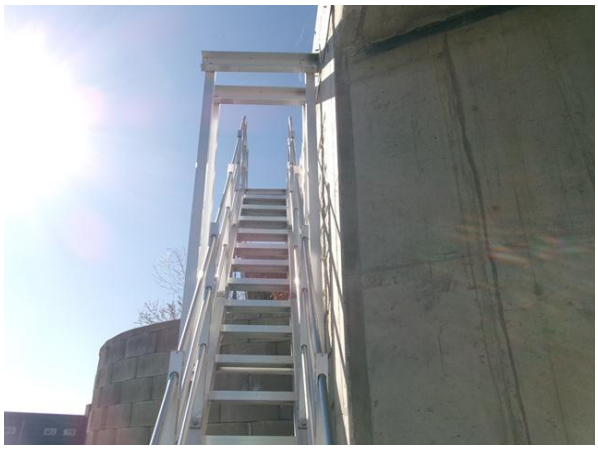
4) 검토의견

- 균열 및 백태, 파손은 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 현재 경미한 상태로 시급한 보수 보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 장진천2교(문산)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1, A2, P1, P2에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.
- 교량 점검시설에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

【사진 32.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 및 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 32.3.16】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
P1	-	-
P2	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 32.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

32.3.3 외관조사 총괄표

【표 32.3.17】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	백태	㎡	0.25	2	
거더	상태양호	-	-	-	
가로보	상태양호	-	-	-	
교대	균열(0.3㎜미만)	m	4.00	2	
교각	균열(0.3㎜미만)	m	3.00	1	
교량받침	받침콘크리트 들뜸	㎡	0.04	1	
	스토퍼 간섭	EA	1.00	1	
신축이음	후타재 파손	㎡	0.06	1	
	신축이음 하부 누수	m	2.00	3	
	본체 볼트 탈락	EA	2.00	2	
	차수판 앵커탈락	EA	1.00	1	
	이동량 부족	EA	1.00	1	
교면포장	망상균열	㎡	180.00	1	
배수시설	상태양호	-	-	-	
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	4.50	3	
	백태	㎡	0.20	1	
	접속부 파손	㎡	1.65	2	
	접속부 이격	m	2.50	1	
점검시설	상태양호	-	-	-	

32.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

32.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

32.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 32.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	4	4	4	4	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



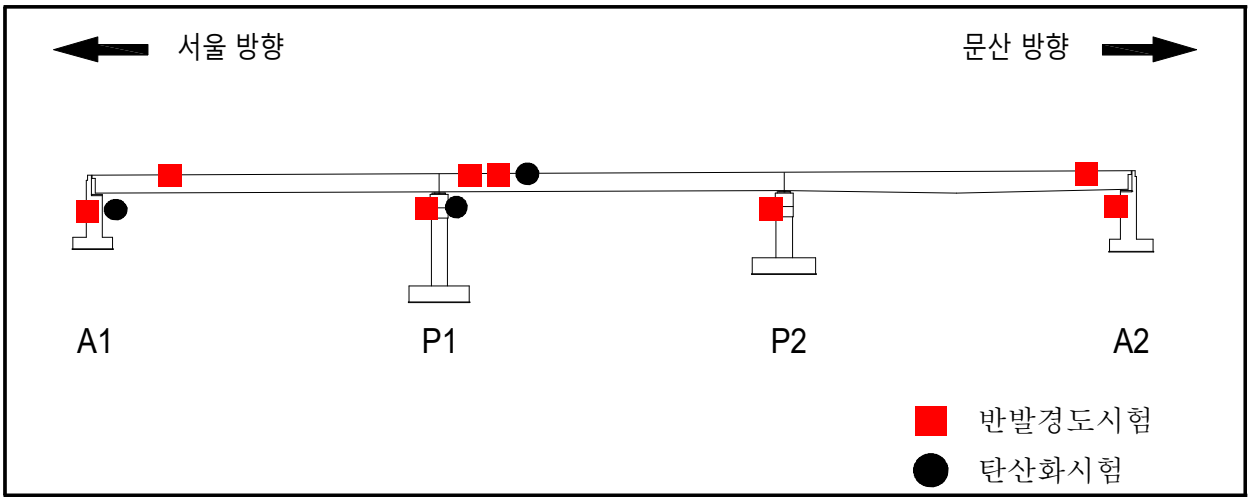
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 32.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 32.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

32.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(각 4개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 32.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	47.5	28.4	29.4	0.67	27.0	
	S2	바닥판	48.2	28.9	29.7			
	S3	바닥판	50.5	30.9	30.8			

【표 32.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
상부구조	S2	거더	52.8	45.3	55.5	0.67	40.0	

【표 32.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	흉벽	43.3	24.8	27.3	0.67	24.0	
	A2	흉벽	47.7	28.5	29.4			

【표 32.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
하부구조	P1	코핑부	52.2	44.7	54.6	0.67	40.0	
	P2	코핑부	49.7	42.2	50.7			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 28.4~30.9㎫, 거더 45.3㎫, 하부구조 교대 24.8~28.5㎫, 교각 42.2~44.7㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 32.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	28.4~30.9	27.0	105.2~114.4
	거더	45.3	40.0	113.2
하부구조	교대	24.8~28.5	24.0	103.3~118.9
	교각	42.2~44.7	40.0	105.5~111.7

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 32.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S2 바닥판하면	5.0	40.0	35.0	3.54	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	5.5	100.0	94.5	3.89	100년이상	a
	P1 코핑부	4.5	100.0	95.5	3.18	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 5.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 4.5~5.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 32.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	5.0	35.0	
하부구조	4.5~5.5	94.5~95.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 32.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	28.4~30.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
		거더	45.3	40.0	
	하부구조	교대	24.8~28.5	24.0	
		교각	42.2~44.7	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		35.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		94.5~95.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

32.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

32.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 32.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	BH	b	a	a	a	a	b	c	a	b	q	-	a
S2	P1	BH	b	a	a	a	a	a	-	a	a	q	a	a
S3	P2	BH	a	a	a	d	a	b	-	a	b	q	-	-
	A2								c	b	a	q	-	-
평균			0.167	0.100	0.100	0.300	0.100	0.167	0.400	0.125	0.150	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.030	0.020	0.005	0.021	0.003	0.003	0.036	0.011	0.030	-	0.004	0.003
													0.167	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.167) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 32.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
장진천2교(문산)	0.167	B	180.0	2	360	1.000	0.167
합계(∑)			180.0	2	360	1.000	0.167
1. 평가지수 =							0.167
2. 상태평가결과 =							B

32.5.2 기 점검 결과와의 비교

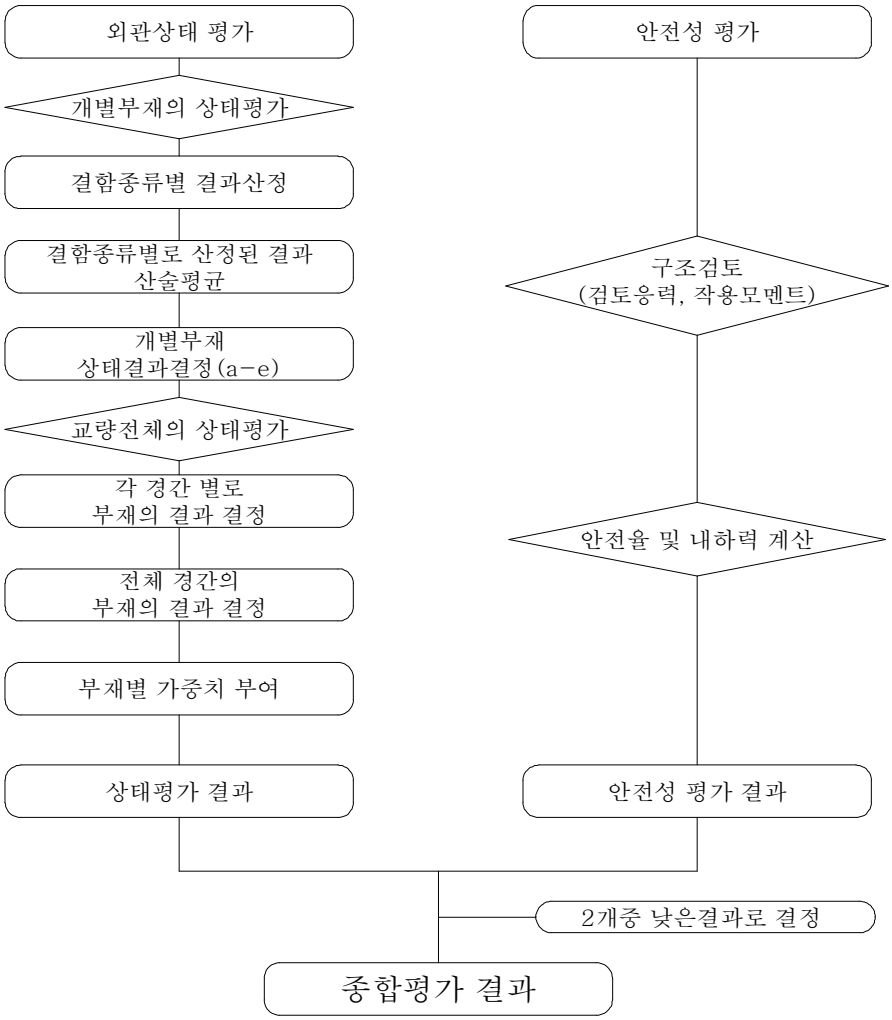
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

32.6 종합평가 및 안전등급 지정

32.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 32.6.1】 종합평가 결과 산정절차

32.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 32.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
장진천2교(문산)	0.167	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

32.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 32.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

32.7 보수·보강 및 유지관리방안

32.7.1 보수·보강 방안

【표 32.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	백태	㎡	0.25	2	표면처리	하자
거더	상태양호	-	-	-	-	-
가로보	상태양호	-	-	-	-	-
교대	균열(0.3㎜미만)	m	4.00	2	표면처리	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	m	3.00	1	표면처리	하자
교량받침	받침콘크리트 들뜸	㎡	0.04	1	단면보수	하자
	스토퍼 간섭	EA	1.00	1	재설치	하자
신축이음	후타재 파손	㎡	0.06	1	단면보수	하자
	신축이음 하부 누수	m	2.00	3	재설치	하자
	본체 볼트 탈락	EA	2.00	2	재설치	하자
	차수판 앵커탈락	EA	1.00	1	정비	하자
	이동량 부족	EA	1.00	1	재설치	하자
교면포장	망상균열	㎡	180.00	1	표면처리	하자
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	4.50	3	표면처리	하자
	백태	㎡	0.20	1	표면처리	하자
	접속부 파손	㎡	1.65	2	단면보수	하자
	접속부 이격	m	2.50	1	단면보수	하자
점검시설	상태양호	-	-	-	-	-

32.7.2 개략공사비

【표 32.7.2】 개략공사비

구분	손상 내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	백태	표면처리	0.25	0.38	㎡	-	-	하자
교대	균열(0.3㎜미만)	표면처리	4.00	1.50	㎡	-	-	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	표면처리	3.00	1.13	㎡	-	-	하자
교량받침	받침콘크리트 들뜸	단면보수	0.04	0.06	㎡	-	-	하자
	스토퍼 간섭	재설치	1.00	1.50	EA	-	-	하자
신축이음	후타재 파손	단면보수	0.06	0.09	㎡	-	-	하자
	신축이음 하부 누수	재설치	2.00	3.00	m	-	-	하자
	본체 볼트 탈락	재설치	2.00	3.00	EA	-	-	하자
	차수판 앵커탈락	정비	1.00	1.50	EA	-	-	하자
	이동량 부족	재설치	1.00	1.50	EA	-	-	하자
교면포장	망상균열	표면처리	180.00	270.00	㎡	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	4.50	1.69	㎡	-	-	하자
	백태	표면처리	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
	접속부 파손	단면보수	1.65	2.47	㎡	-	-	하자
	접속부 이격	단면보수	2.50	3.75	m	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

32.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 32.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상




① 교량받침 받침콘크리트 들뜸, 스토퍼 간섭 – 진전 여부확인

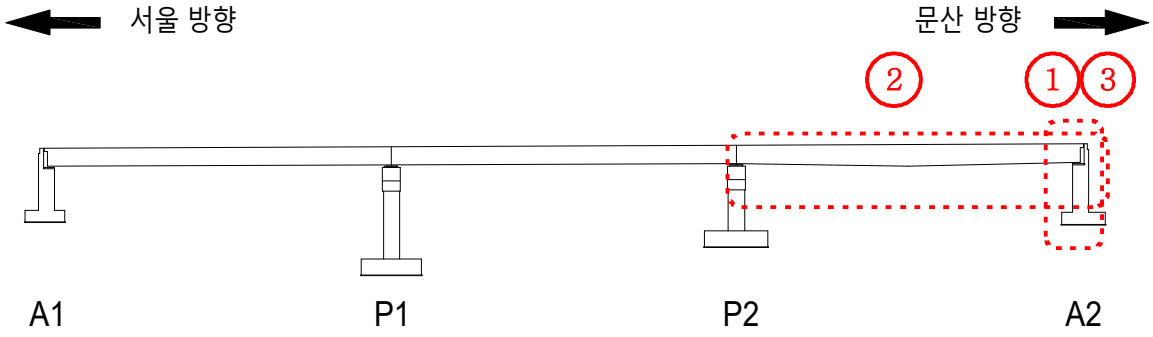


② 교면포장 망상균열 – 진전 여부확인





③ 신축이음 후타재 파손, 본체 볼트탈락, 하부 누수 – 진전 여부확인



32.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 능안리 95-8에 위치한 교량으로 총 연장 180.0m, 폭 12.3m의 BH Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

32.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면 현장조사 결과 국부적인 백태가 조사되었다.
- 바닥판하면의 백태는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열부에 발생한 손상으로 판단되며, 보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

2) BH Girder

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 전반적으로 양호한 상태로 확인되었다.
- 거더는 현재 전반적으로 양호한 상태로 확인되었고, 주요부재로서 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요망된다.

3) 가로보

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 가로보는 현재 전반적으로 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요망된다.

4) 교대

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 폭 0.3㎜미만의 균열이 발생한 것으로 조사되었다.
- 교대에 발생한 균열의 경우 건조수축, 온도변화, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 신축이음 하부를 통한 누수 발생 여부에 대해 지속적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 요구된다.

5) 교각

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열이 조사되었다.
- 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

6) 교량받침

- 현장조사 결과 받침콘크리트 이전보수부 들뜸, 스토퍼간섭이 조사되었다.
- 받침콘크리트 보수부 들뜸은 원콘크리트면과의 부착력저하로 인한 것으로 판단되며, 스토퍼 간섭은 교직방향으로의 편기로 인해 스토퍼끼리의 붙음 현상이 발생한 것으로 상기손상들은 즉각보수 보다는 주기적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 교량받침 이동량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 파손 및 본체 볼트탈락, 차수판 앵커탈락, 신축이음 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.
- 신축이음에 발생한 후타재 파손 및 본체 볼트탈락, 하부 누수의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 본체 볼트탈락 및 후타재 파손은 주행차량 및 본 교량에 영향을 미치므로 즉각적인 보수가 필요하다.
- 신축이음에 발생한 차수판 앵커탈락 및 하부 누수의 경우, 온도변화, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 볼트정비 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나 수축시 A1 신축이음에서 여유량이 부족한 것으로 나타났으며, 이는 시공시 프리세팅 오류 등이 원인인 것으로 추정된다. 따라서 신축이음 여유량 확보를 위한 재설치 등과 같은 보수가 필요하며, 수축시(겨울철) 이동량에 대한 주기적인 계측을 실시하는 것이 필요하다.

8) 교면포장

- 현장조사 결과 포장부 망상균열이 확인되었다.
- 교면포장은 구배불량에 의한 물고임 현상은 없는 상태이며, 포장부 콘크리트 망상균열이 조사되었다. 상기 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

9) 배수시설

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 접속부의 방호벽 파손 및 이격, 폭 0.3㎜미만의 균열 및 백태가 확인되었다.
- 균열 및 백태, 파손은 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 현재 경미한 상태로 시급한 보수 보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

11) 교량 점검시설

- 교대 및 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.
- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 28.4~30.9㎫, 거더 45.3㎫, 하부구조 교대 24.8~28.5㎫, 교각 42.2~44.7㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

■ 상부구조 탄산화깊이는 5.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 4.5~5.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 장진천2교(문산)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 장진천2교(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

32.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

32.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

33. 대원2교

33.1 시설물 개요

33.2 자료수집 및 분석

33.3 현장조사

33.4 콘크리트 내구성조사

33.5 상태평가

33.6 종합평가 및 안전등급 지정

33.7 보수·보강 및 유지관리 방안

33.8 종합결론

33. 대원2교

33.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 대원리 1333-3에 위치한 교량으로 총 연장 115.0m, 폭 24.6m로 시공되어 있다.

33.1.1 일반사항

【표 33.1.1】 대원2교 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000122	관리번호	-	
시설물위치		경기도 파주시 조리읍 대원리 1333-3	준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		본선구간 17.710km	노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=115.0m(60+55=115.0m)			
	폭	B=24.6m			
구조형식	상부	BH거더	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형 교각: π형		교 각	직접기초
교량받침		탄성받침	신축이음	뉴모노셀	
교차시설물		대원로, 능안로	통과높이	5.0m	
부착시설내용		-	설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		지에스건설㈜	관리주체	㈜신성엔지니어링	
감 리 자		동남이엔씨㈜	관리주체	서울문산고속도로주식회사	

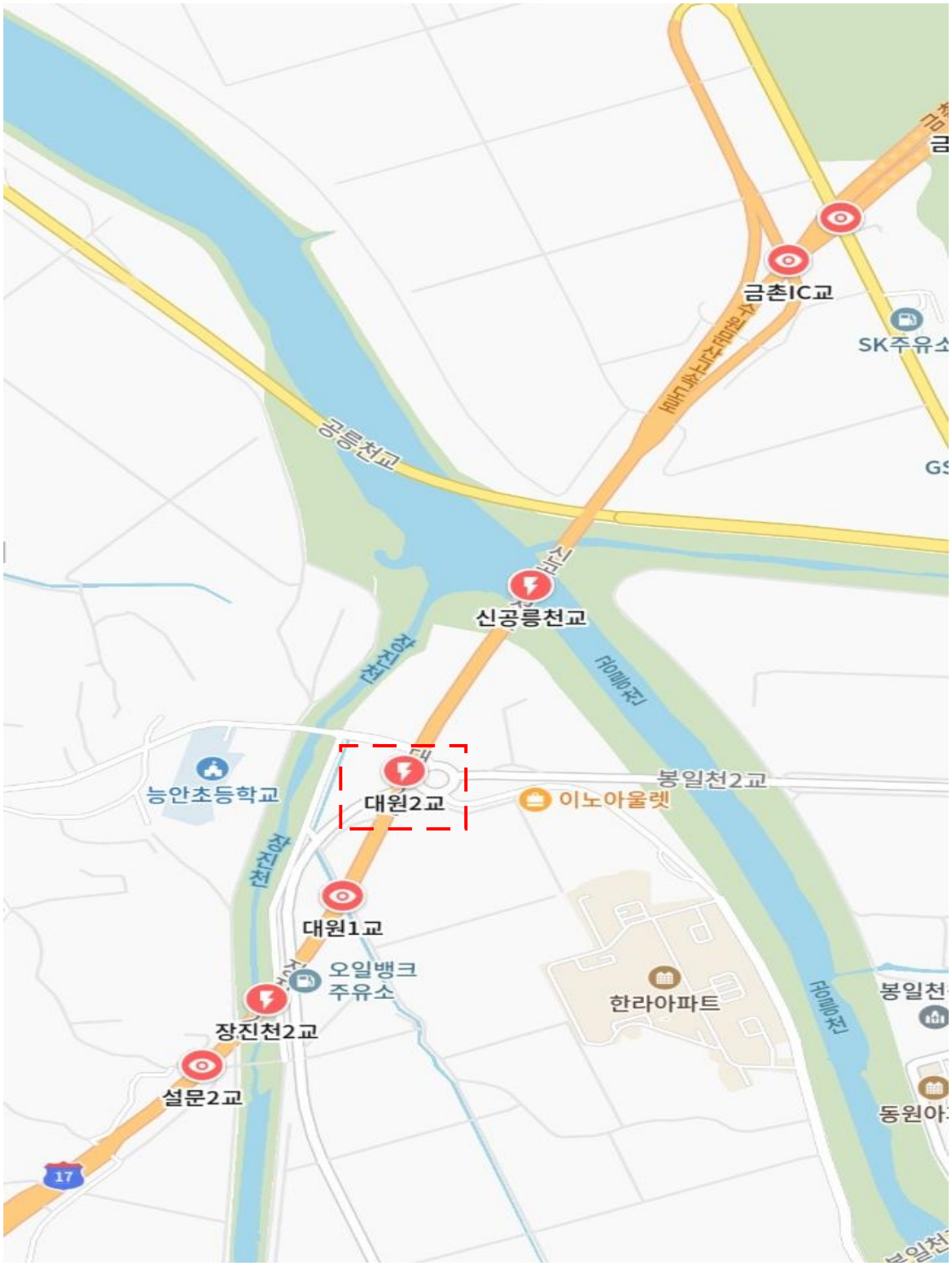


측면 전경



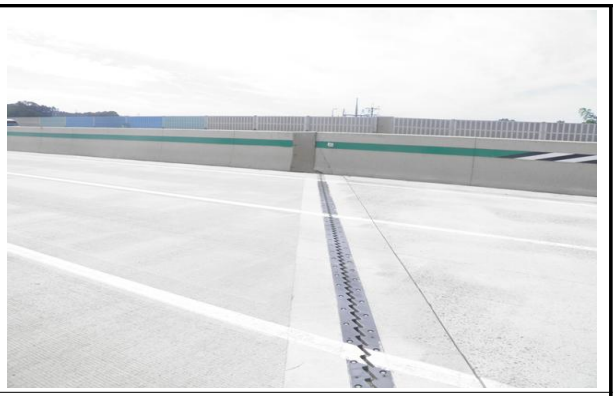
상부 전경

33.1.2 위치도 및 전경사진



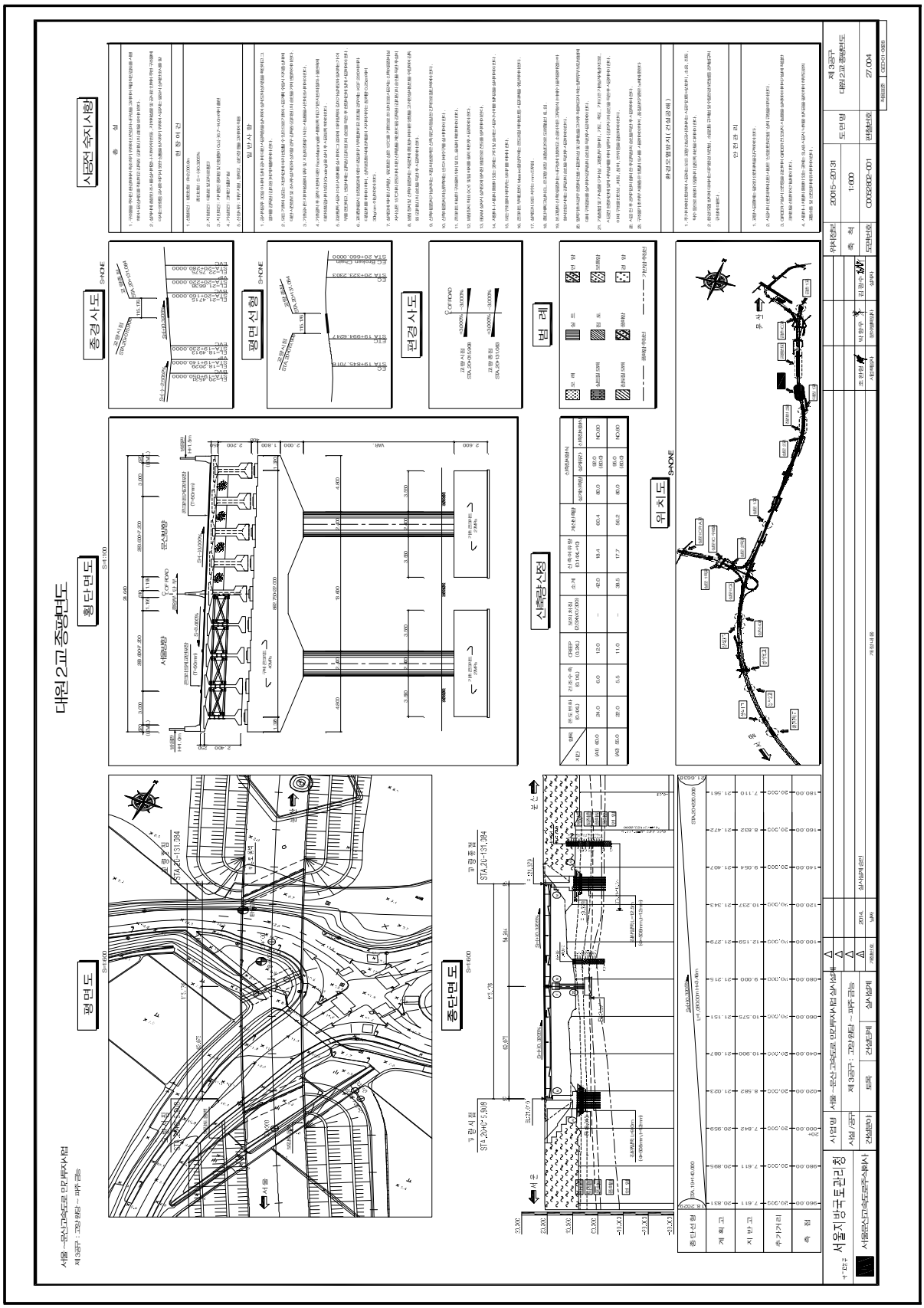
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 33.1.1】 위치도

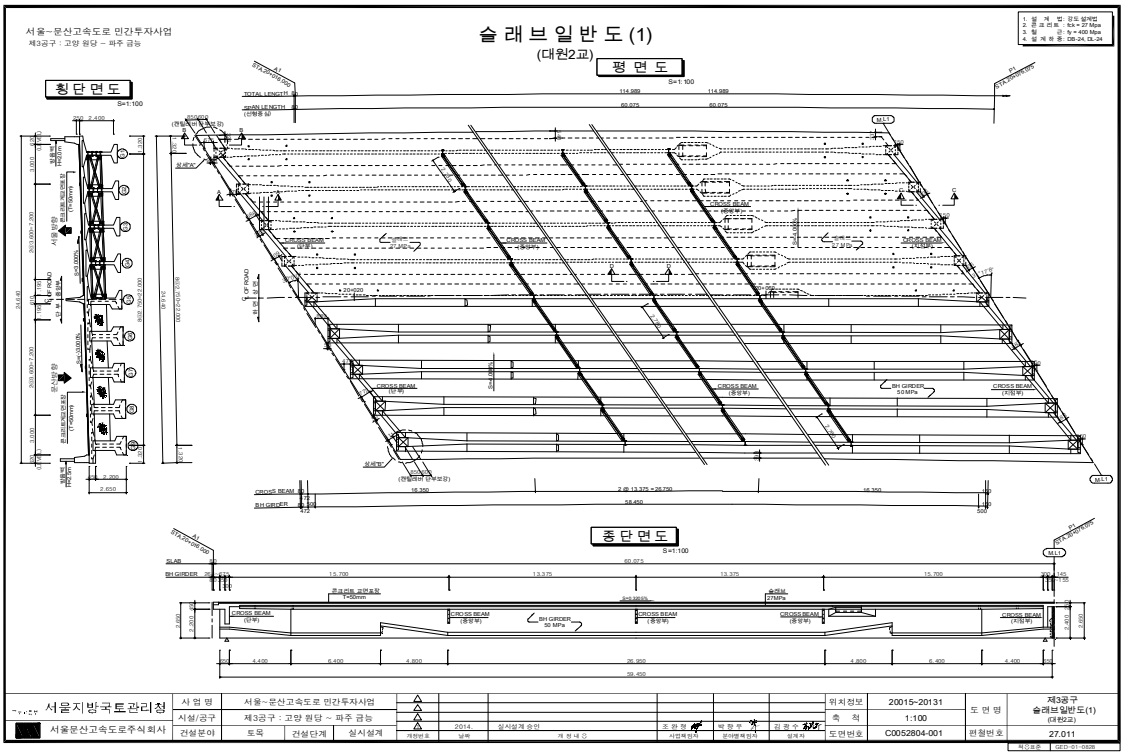
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
방호벽, 방음벽 전경	거더 전경
	
교대(A1) 전경	교대(A2) 전경
	
교각 전경	교량받침 전경

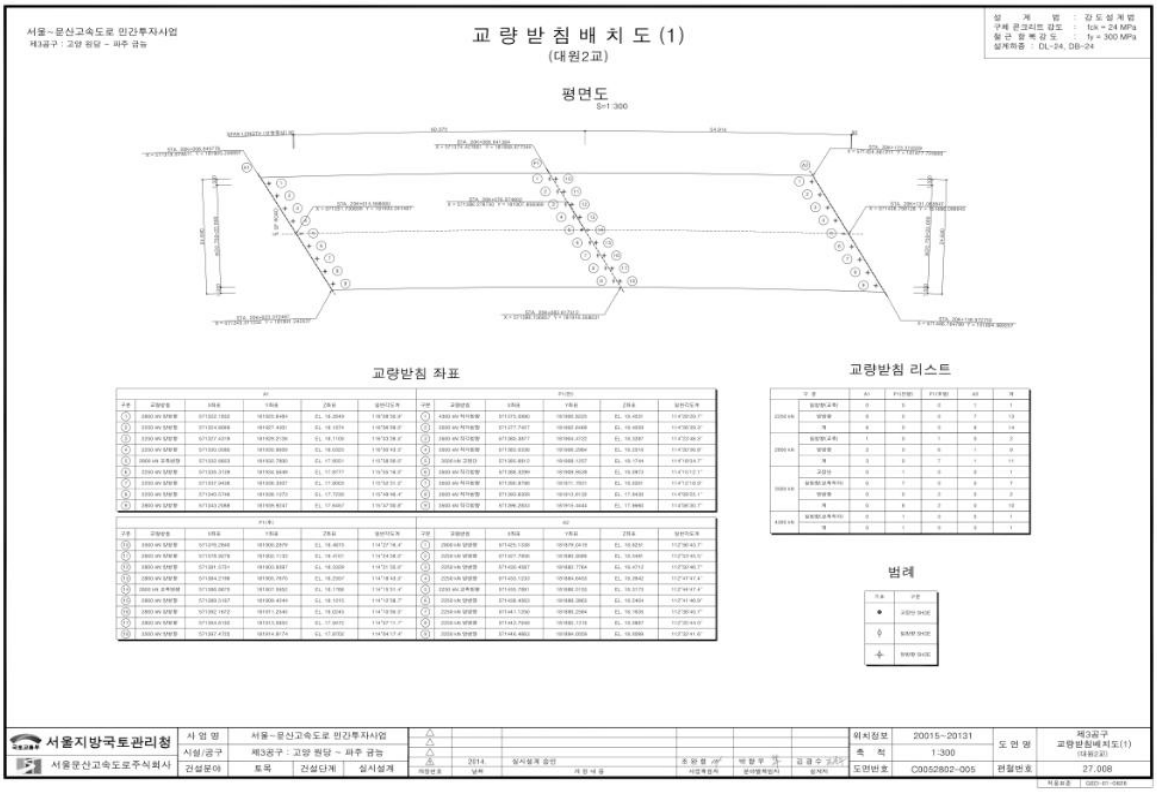
【그림 33.1.2】 부재별 전경 및 작업사진

33.1.3 시설물 일반도

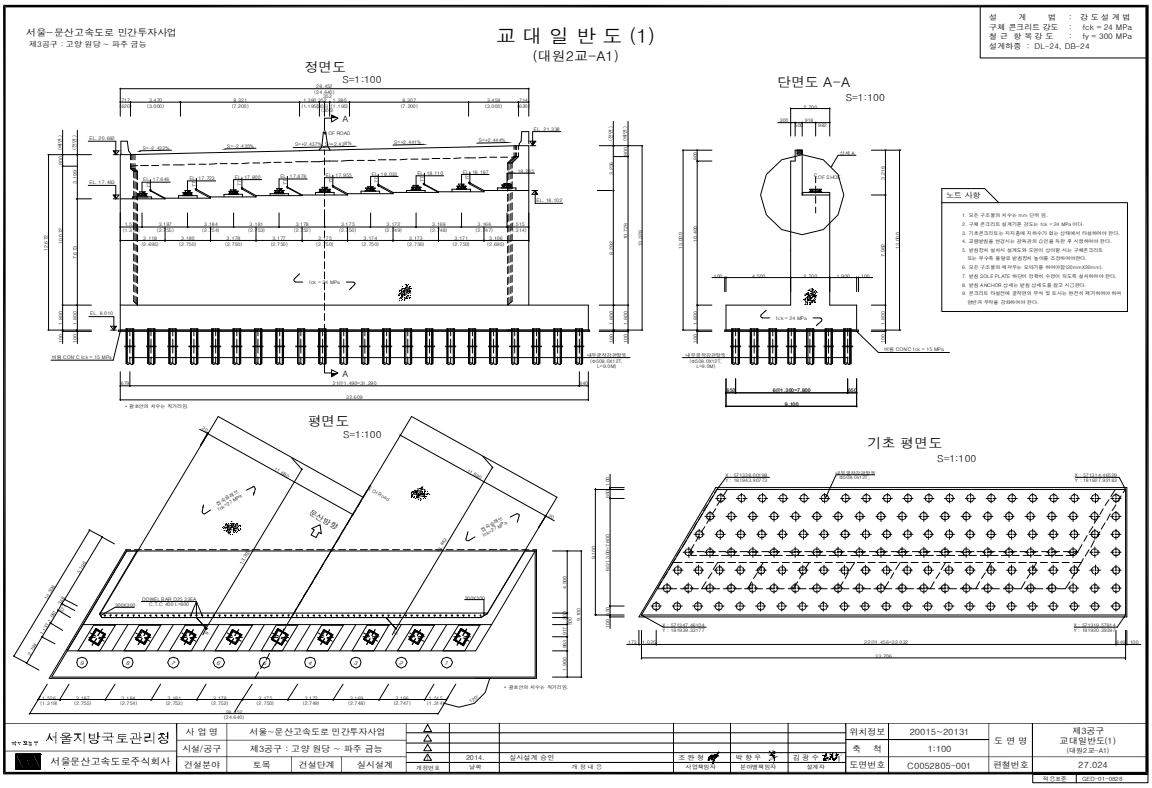


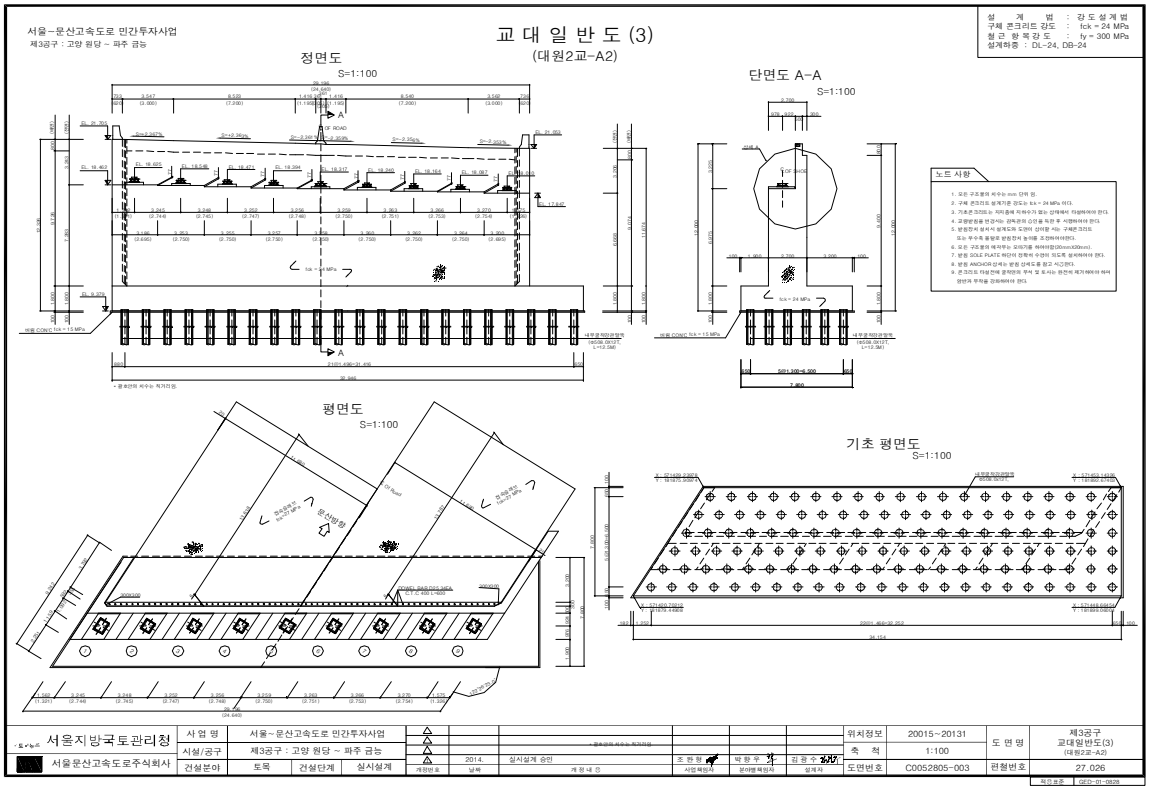
【그림 33.1.3】 평면 및 종단면도



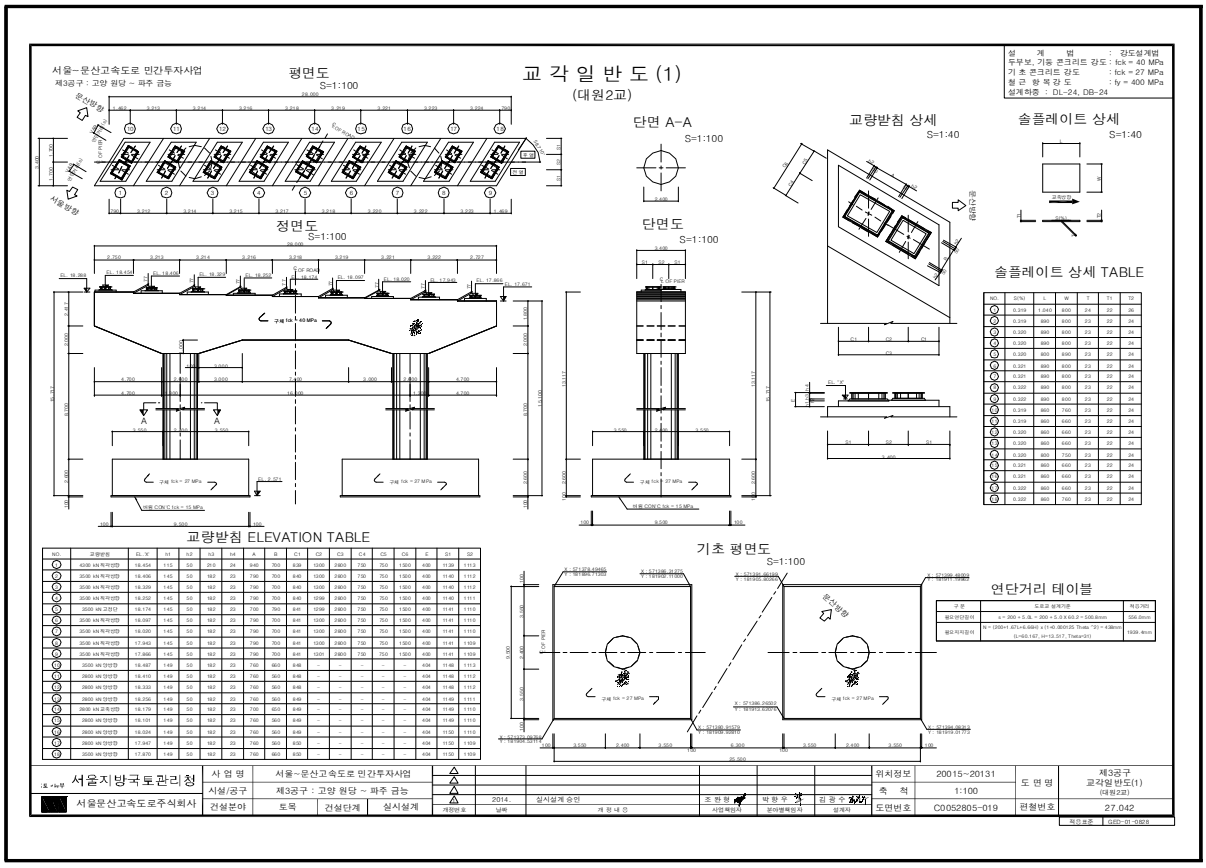


【그림 33.1.4】 바닥판하면 일반도, 교량받침 배치도

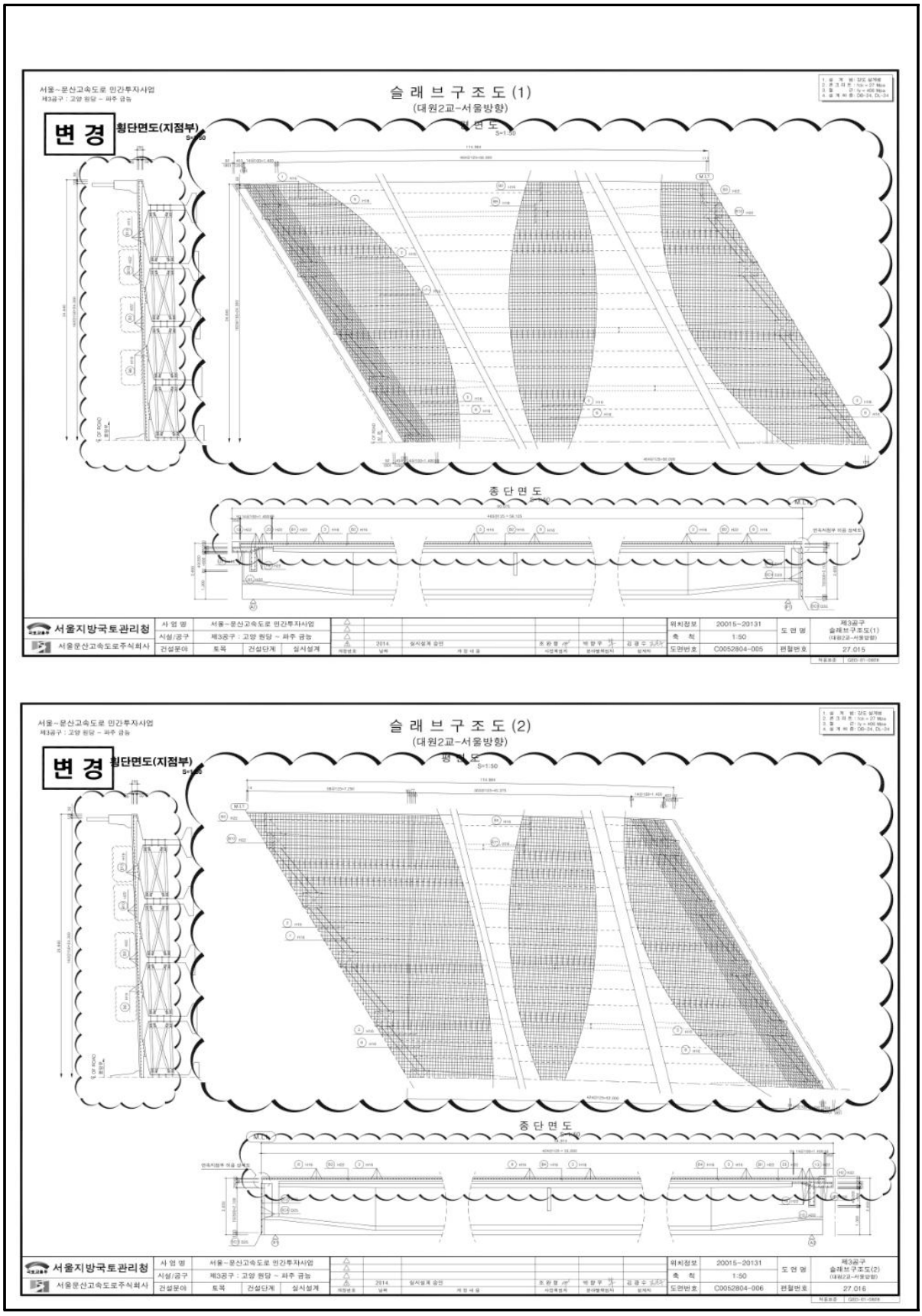




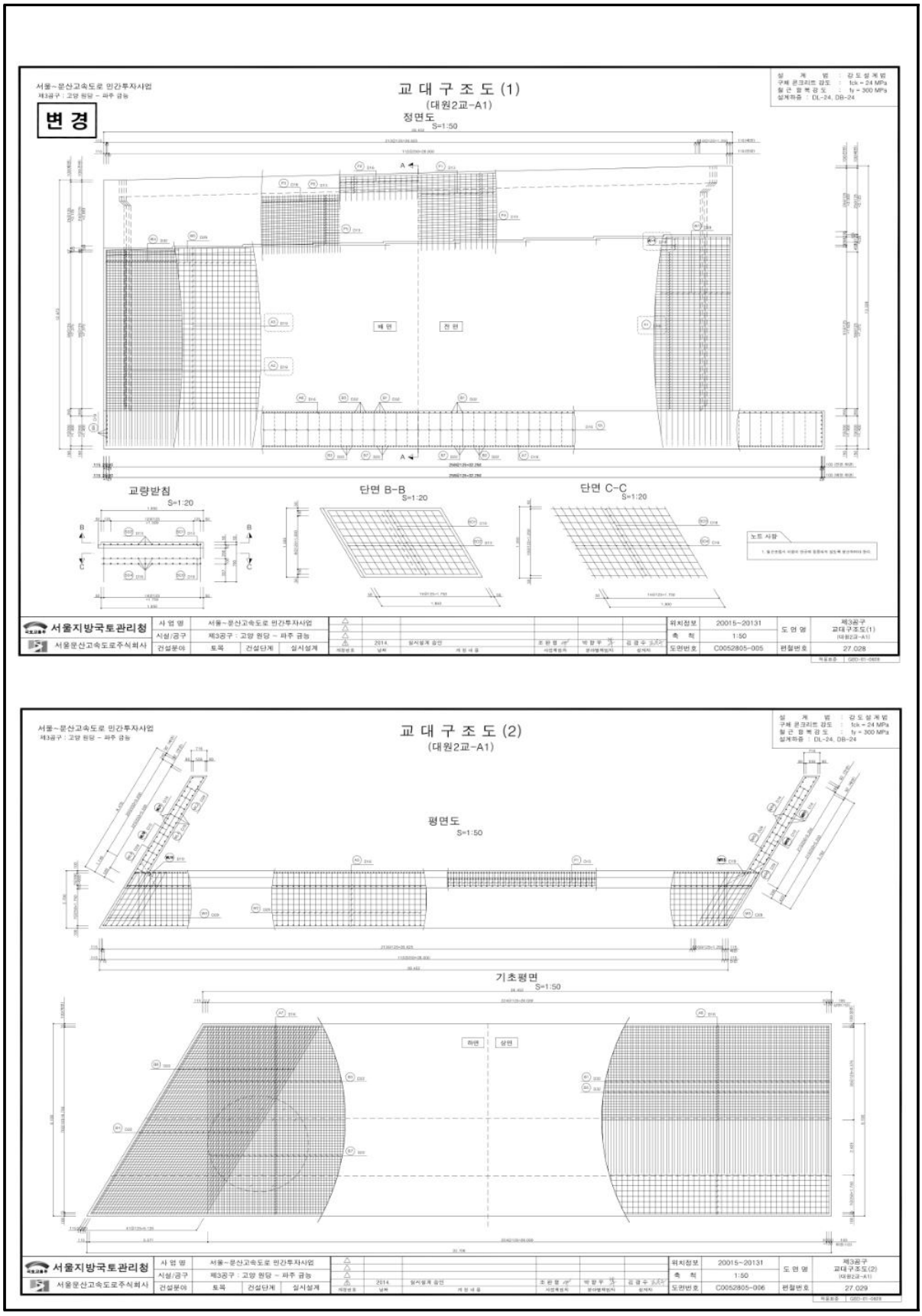
【그림 33.1.5】 교대 일반도



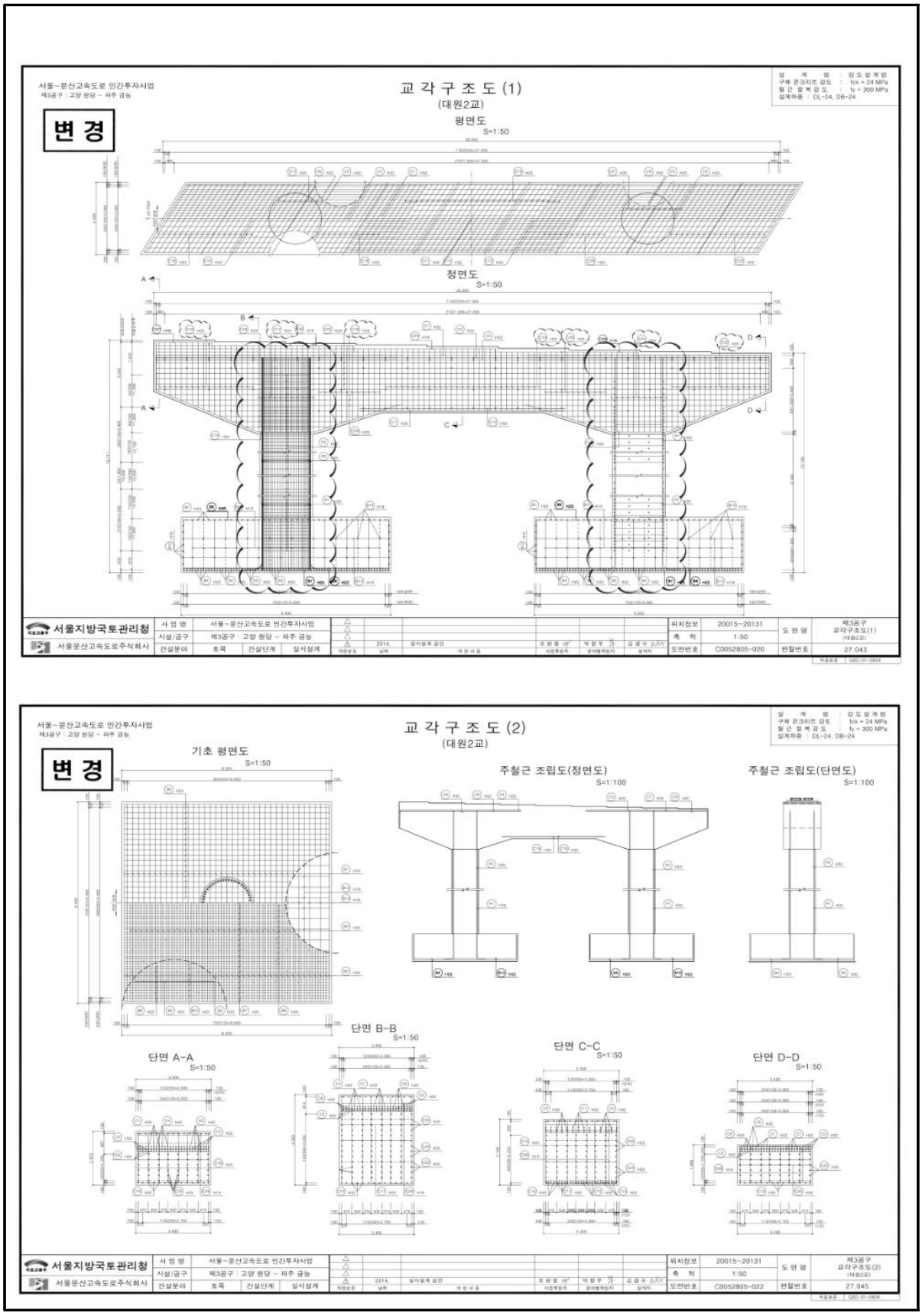
【그림 33.1.5】교각 일반도



【그림 33.1.6】 바닥판하면 배근도



【그림 33.1.7】 교대 배근도



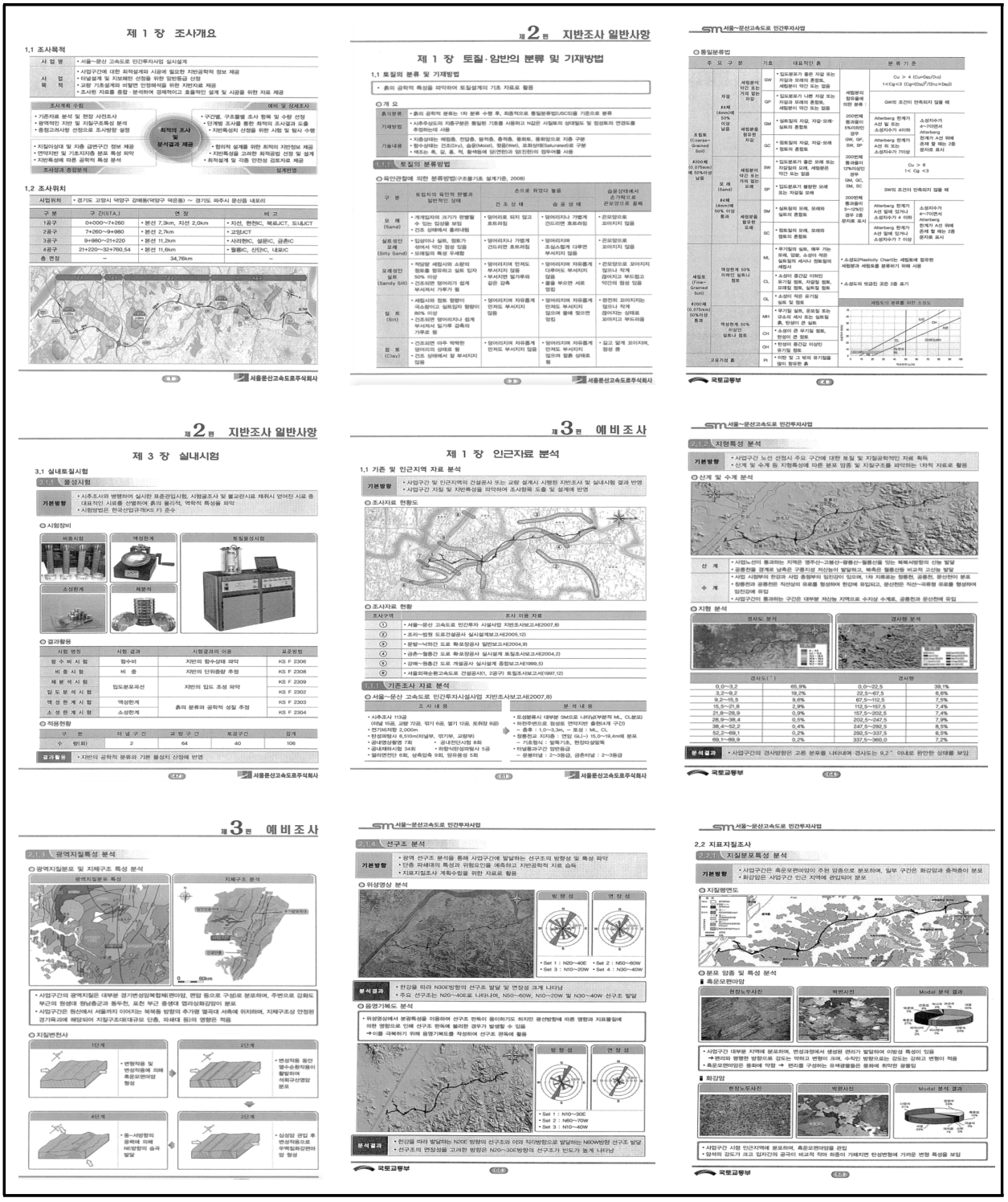
【그림 33.1.8】 교각 배근도

33.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

33.2.1 설계자료 검토

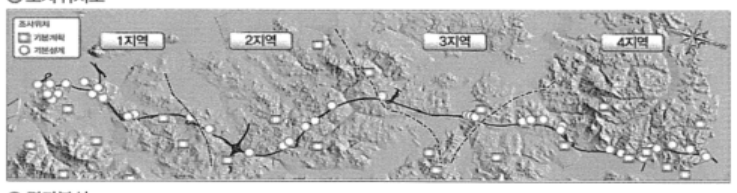
가. 지형 및 지질



2.2.2 절리특성 분석

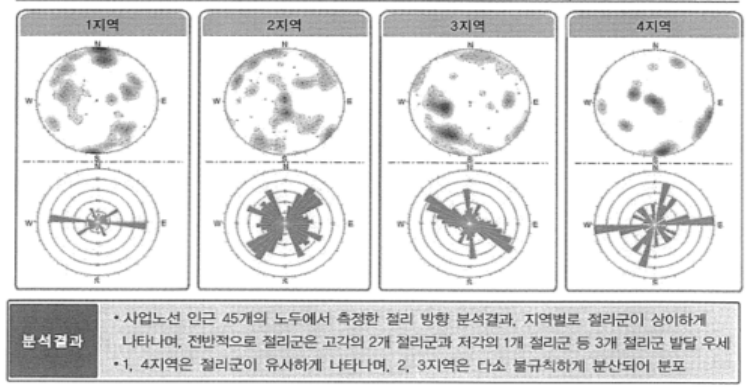
기본방향	• 깎기 및 터널구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악 • 대표 노두지점에서 절리군별 간격, 거칠기(JRC), 벽면강도(JCS) 등 절리면의 공학적 특성 파악

○ 조사위치도



○ 결과분석

구 분	지형적 특성	지질분포 특성	절리군 특성
1지역 (사업시점~5+600)	• 독립적 산능 발달 • 저산능의 구릉지성산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 고각 및 저각절리 발달 • EW주향 절리 발달
2지역 (5+600~15+500)	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달 • 산간 소계곡부 농경지대 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 호상구조	• 절리의 방향성 다양 • NE 내지 NW주향 절리 발달
3지역 (15+500~27+200)	• 독립적 산능 발달 • 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 35~60 저각절리 우세 • NW주향 절리 발달
4지역 (27+200~사업종점)	• 월롱산 측면부 통과 • 비교적 높은 산능지대 형성	• 흑운모편마암 분포 및 편리 발달 • 주변부 석회규산염암 분포	• 고각절리 우세 • NEE주향 절리 발달

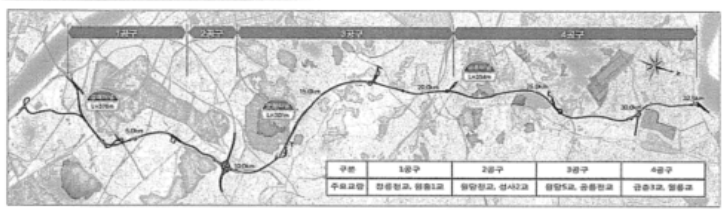


분석결과	• 사업노선 인근 45개의 노두에서 측정한 절리 방향 분석결과, 지역별로 절리군이 상이하게 나타나며, 전반적으로 절리군은 고각의 2개 절리군과 저각의 1개 절리군 등 3개 절리군 발달 우세 • 1, 4지역은 절리군이 유사하게 나타나며, 2, 3지역은 다소 불규칙하게 분산되어 분포

제 2 장 공구별 지층현황

2.1 시추조사 현황

2.1.1 시추조사 위치



○ 터널구간

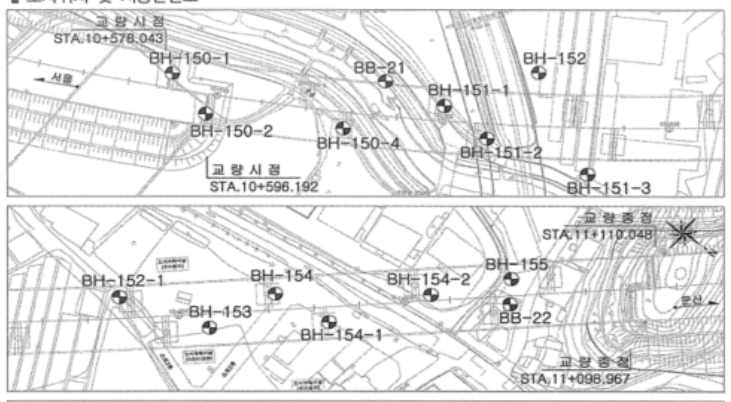
구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
문봉터널	BH-179	566,046.5	184,306.2	65.5	문봉터널	BH-180	566,008.2	184,289.1	73.8

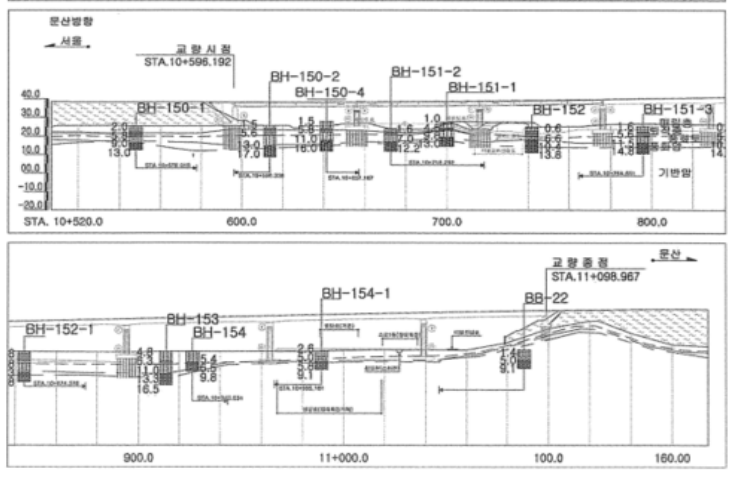
○ 교량구간

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
원당4교	BH-146	564,069.00	187,073.20	34	사리현IC교	BH-162	565,480.80	185,916.60	36.3
원당5교	BH-147	564,094.00	187,076.30	30.5	사리현IC R-A교	BH-163-3	565,665.97	185909.88	33.3
	BH-150-1	564,477.00	186,970.10	25.8	사리현1교	BH-163	565,494.97	185,884.39	36.3
	BH-150-2	564,500.60	186,976.80	25.7	사리현교	BH-169	565,692.60	185,274.40	54.2
	BH-151-1	564,581.50	186,906.80	26.0	문봉교	BH-181	566,106.50	184,188.90	43.5
	BH-151-2	564,603.40	186,909.50	26.0		BH-183	566,077.00	184,135.00	50.0
	BH-151-3	564,643.80	186,901.90	26.0		BH-184	566,119.40	184,151.40	47.4
	BH-152	564,605.70	186,871.90	25.9	문봉1교	BH-185-1	566,283.80	183,850.80	41.5
	BH-152-1	564,718.70	186,804.10	26.2	문봉육교	BH-186	566,494.00	183,562.00	57.9
	BH-153	564,759.40	186,791.80	26.3		BH-187	566,461.00	183,539.00	53.9
	BH-154	564,772.60	186,761.10	26.3	장진천1교	BH-189-1	566,924.50	183,010.30	22.5
	BH-154-1	564,799.80	186,757.70	26.3	성석1교	BH-191	567,081.50	182,860.10	22.3
	BH-154-2	564,827.50	186,720.00	27.3		BH-191-1	567,100.20	182,852.70	26.8
	BH-155	564,851.00	186,692.20	27.2	성석2교	BH-192-2	567,454.80	182,597.30	28.7
원당6교	BH-156-1	564,986.00	186,597.80	27.8	성석육교	BH-192-1	567,665.20	182,489.30	48.9
	BH-157	565,010.10	186,575.90	29.9	성석3교	BH-195	568,214.20	182,256.10	36.4

○ 원당5교(BH-150-1~2, 150-4, 151-1~3, 152-1, 154-1~2, 152~155 제3자 공고 : BB-21, 22)

▮ 조사위치 및 지층단면도





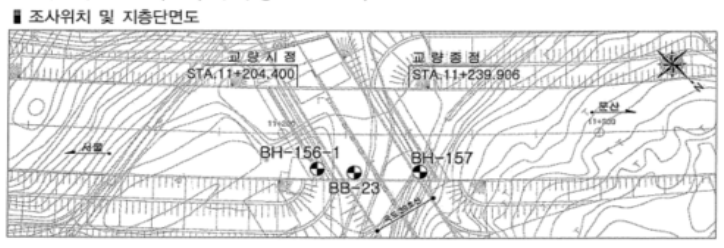
▮ 지층상태

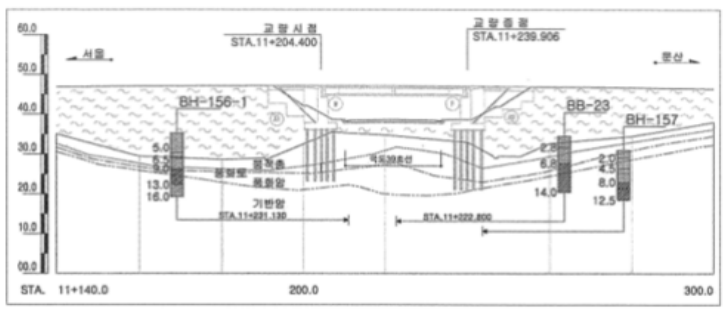
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	0.8~5.4	실트질 모래	3/30~50/3
퇴적층	점토	0.8~4.6	0.5~3.7	모래질 실트,실트~모래질 점토	4/30~7/30
	모래	1.0~4.8	1.5~4.3	자갈질모래, 실트질 모래, 모래	2/30~33/30
	자갈	4.5	1.3	모래질 자갈	21/30
풍화토		2.9~6.3	1.1~5.4	실트질 모래	7/30~50/12
풍화암		5.0~11.0	0.7~3.8	실트질 모래	50/10~50/2
연 암		5.8~13.3	3.0~5.0	편마암	50~100%/0~54%
보통암		4.6~14.0	1.0~3.0	편마암	93~100%/60~65%
경 암		4.6	3.1	편마암	100%/72%

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 0.8~5.4m 층후로 분포하며, 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
퇴적층	점토	• 지표하 0.8~4.6m에서 0.5~3.7m 층후로 분포하며, 실트질 점토와 모래질 실트로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보이며 BH-152-1, BB-22에서 국지적으로 확인
	모래	• 지표하 1.0~4.8m에서 1.5~4.3m 층후로 분포하며, 실트질 모래~입도분포 불량한 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~조밀한 상대밀도
	자갈	• 지표하 4.5m에서 1.3m 층후로 BH-152-1에서 부분적 분포 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 2.9~6.3m에서 1.1~5.4m 층후로 분포 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 5.0~11.0m에서 0.7~3.8m 층후로 분포 • 굴진시 암갈색~암회색의 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 5.8~13.3m에서 3.0~5.0m 이상 층후로 분포하며 암회색~담회색의 편마암으로 구성 • RQD=0~54%로 매우불량~보통양호한 암질상태
보통암		• 지표하 4.6~14.0m에서 1.0~3.0m이상 층후로 분포하며 암회색~담회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 93~100%/60~65%로 양호한 암질 상태
경 암		• 지표하 4.6m에서 3.1m이상 층후로 분포 암회색~담회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 100%/72%로 양호한 암질 상태

○ 원당6교(BH-156-1, 157, 제3자 공고 : BB-23)

▮ 조사위치 및 지층단면도





▮ 지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층	모래	0.0	2.0~5.0	실트질 모래	4/30~21/30
	점토	2.0~5.0	1.0~2.5	모래질 실트	2/30~5/30
붕적층		4.5~6.0	0.5~1.3	실트질 모래	7/30~13/30
풍화토		2.8~6.5	2.2~4.0	실트질 모래	12/30~50/11
풍화암		6.8~9.0	1.5~7.2	실트질 모래	50/9~50/2
연 암		9.5	3.0	편마암	88%/16%
보통암		13.0	3.0	편마암	95%/66%

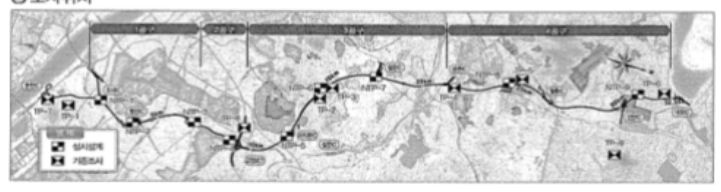
구 분		지 층 개 요
매립층	모래	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 2.0~5.0m 층후로 분포하며 암갈색의 자갈섞인 실트질 모래, 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~보통조밀한 상대밀도
	점토	• 지표하 2.0~5.0m에서 1.0~2.5m 층후로 분포하며 암갈색의 자갈섞인 모래질 실트로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우연약~보통견고한 연경도
붕적층		• 지표하 4.5~6.0m에서 0.5~1.3m 층후로 분포 • 암갈색의 자갈섞인 실트질 모래, 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 지표하 2.8~6.5m에서 2.2~4.0m 층후로 분포 • 암갈색~담갈색을 띄는 편마암의 상부풍화대로 암편섞인 실트질 모래 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 6.8~9.0m에서 1.5~7.2m 이상 층후로 분포 • 암갈색~담갈색을 띄는 편마암의 하부풍화대로 암편이 협재된 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 9.5m에서 3.0m이상 층후로 분포하며 암갈색~암회색의 편마암 • TCR/RQD는 88/16%로 매우불량한 암질 상태
보통암		• 지표하 13.0m에서 3.0m이상 층후로 분포하며 암회색의 편마암 • TCR/RQD는 95/66%로 양호한 암질 상태

2.2 시험굴조사 및 핸드오거보링

2.2.1 시험굴조사

개 요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

○ 조사위치



○ 기존조사 자료

구 분		심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
1공구	TP-1	1.8	풍화암	18.70	19.70	17.02	17.97	0.912
3공구	TP-2	1.5	풍화암	18.42	19.54	16.04	17.02	0.871
	TP-3	2.0	풍화토	15.51	17.97	12.77	14.80	0.824
4공구	TP-4	2.0	풍화토	14.41	16.47	12.08	13.80	0.838
	TP-5	1.8	풍화암	17.00	20.66	14.57	17.70	0.857
	TP-6	1.5	풍화암	17.21	19.78	16.58	19.05	0.963
1공구	TP-7	2.0	풍화토	16.54	17.69	13.06	13.97	0.790
2공구	TP-8	1.9	풍화토	15.30	17.98	12.84	15.08	0.839
4공구	TP-9	1.8	풍화토	14.13	16.31	12.66	14.61	0.896

○ 실시설계조사 자료

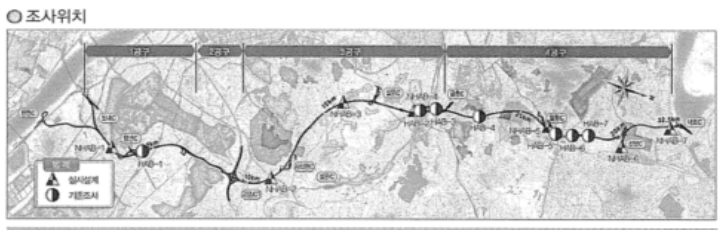
구 분		심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
1공구	NTP-1	1.0	SM	18.09	14.90	14.36	11.83	1.260
	NTP-2	1.0	SM	17.68	15.49	14.22	12.46	1.244
	NTP-3	1.0	SM	18.51	16.60	13.82	12.39	1.340
2공구	NTP-4	1.0	SM	17.62	14.93	13.38	11.34	1.317
3공구	NTP-5	1.0	SM	17.84	16.74	14.50	13.60	1.231
	NTP-6	1.0	SM	18.25	15.72	13.91	11.98	1.312
	NTP-7	1.0	SM	18.01	15.00	13.93	11.60	1.293
4공구	NTP-8	1.0	SM	18.57	15.21	14.89	12.20	1.247
	NTP-9	1.0	SM	18.27	14.99	12.66	10.39	1.443

분석결과	• 불교란시료의 습윤단위중량 : 14.13~18.70kN/m³, 건조단위중량 : 14.90~20.66kN/m³ • 교란시료의 습윤단위중량 : 12.08~17.02kN/m³, 건조단위중량 : 10.39~19.05kN/m³ • L값 : 0.79~1.443의 범위로 나타남

2.2.2 핸드오거보링

개 요	• 쌓기구간의 지층 구성 상태 파악, 토질시료 채취 및 실내시험 실시 • 연약지반 분포현황 파악 및 쌓기부 시추조사 시행여부 결정

○ 조사위치



구 분			전답층 심도(m)	전답층 구성성분	충적층 심도(m)	충적층 구성성분
기존조사	1공구	HAB-1	0.0~1.1	암회색, 자갈섞인 실트질 모래	1.1~2.0	암회색, 모래질 실트
	3공구	HAB-2	0.0~0.4	회색, 모래질 실트	0.4~2.0	암회색, 실트질 모래
		HAB-3	0.0~0.9	암회색, 실트질 모래	0.9~1.8	암회색, 점토질모래
	4공구	HAB-4	0.0~0.6	암회색, 자갈섞인 실트질 모래	0.6~1.5	암회색, 자갈섞인 실트질 모래
		HAB-5	0.0~1.0	갈색, 실트질 모래	1.0~1.5	갈색~담갈색, 실트질 모래
		HAB-6	0.0~0.4	암회색, 자갈섞인 실트질 모래	0.4~1.7	암회색, 실트질 모래
		HAB-7	0.0~1.2	갈색, 습윤, 실트질 모래	1.2~1.8	암회색, 실트질 모래
실시설계	1공구	NHAB-1	0.0~0.7	암회색, 실트질 점토	0.7~1.0	황갈색, 실트질 모래
	3공구	NHAB-2	0.0~1.5	암갈색, 실트질 모래	1.5~2.0	암회색, 모래질 실트
		NHAB-3	0.0~1.0	암회색, 자갈섞인 실트질 모래	1.0~2.0	암갈색, 모래질 점토
		NHAB-4	0.0~2.0	암갈색, 모래섞인 실트질 점토	-	-
	4공구	NHAB-5	0.0~1.2	암갈색, 실트질 모래	1.2~1.6	암갈색~갈색, 실트질 모래
		NHAB-6	0.0~0.5	암회색, 실트질 점토	0.5~1.5	갈색, 실트질 모래
		NHAB-7	0.0~0.6	암회색, 실트질 점토	0.6~1.2	암회색~갈색, 점토질 모래

현 장 사 진(HAB-2)

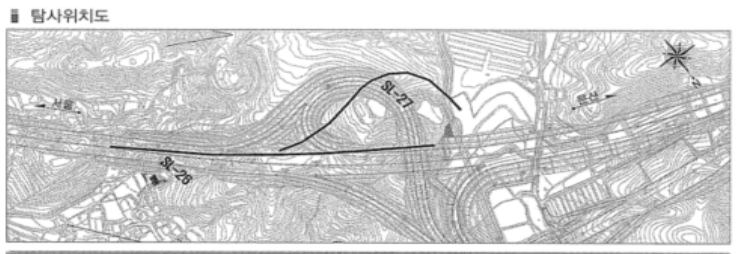


핸드오거보링 지층분포



○ 사리현IC Ramp구간

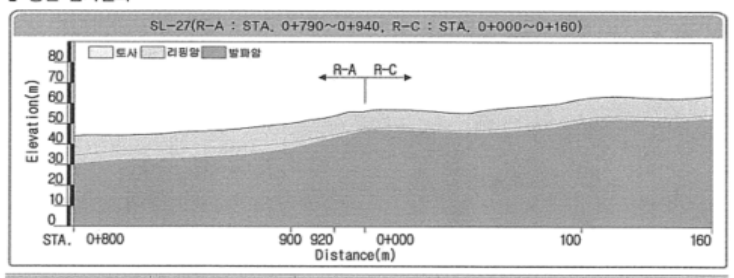
▮ 탐사위치도



• 사리현IC 선형변경으로 인하여 SL-27 탐사라인이 선형과 불일치하나 유사지형이므로 지층 분석에 활용

▮ 종단 탐사결과

SL-27(R-A : STA. 0+790~0+940, R-C : STA. 0+000~0+160)



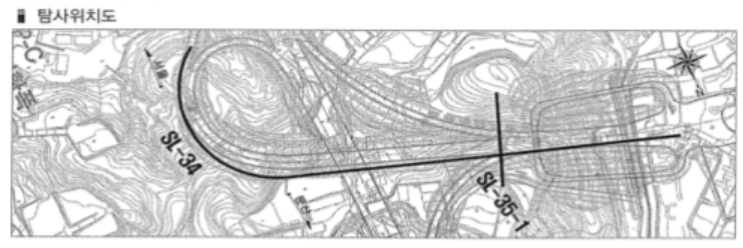
구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	7.3~9.8	7.3~9.8	8.9
리핑암(풍화암)		700~1,200	9.4~13.6	1.0~4.7	2.5
발파암	연 암	1,200~1,900	27.0~31.1	17.4~19.3	17.8
	보통암	1,900~2,900	31.8~37.0	4.7~8.0	5.2
	경 암	2,900 이상	31.8~37.0 이상	-	-

▮ 분석결과

• 전반적으로 토사, 풍화암, 연암의 순으로 지층이 분포하며 속도층과 지형이 유사한 형태로 분포
• 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 7.3~9.8m(평균 8.9m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 1.0~4.7m(평균 2.5m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 27.0m이상에서 나타날 것으로 예상됨

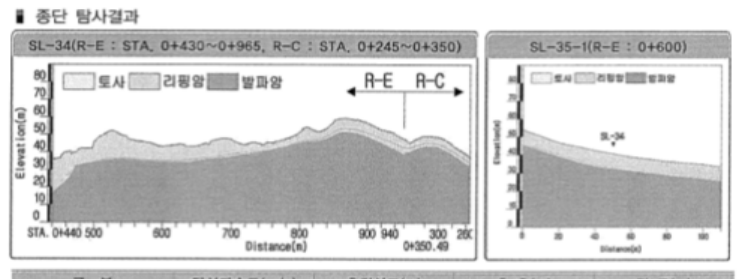
○ 설문IC Ramp구간

▮ 탐사위치도



▮ 종단 탐사결과

SL-34(R-E : STA. 0+430~0+965, R-C : STA. 0+245~0+350) SL-35-1(R-E : 0+600)

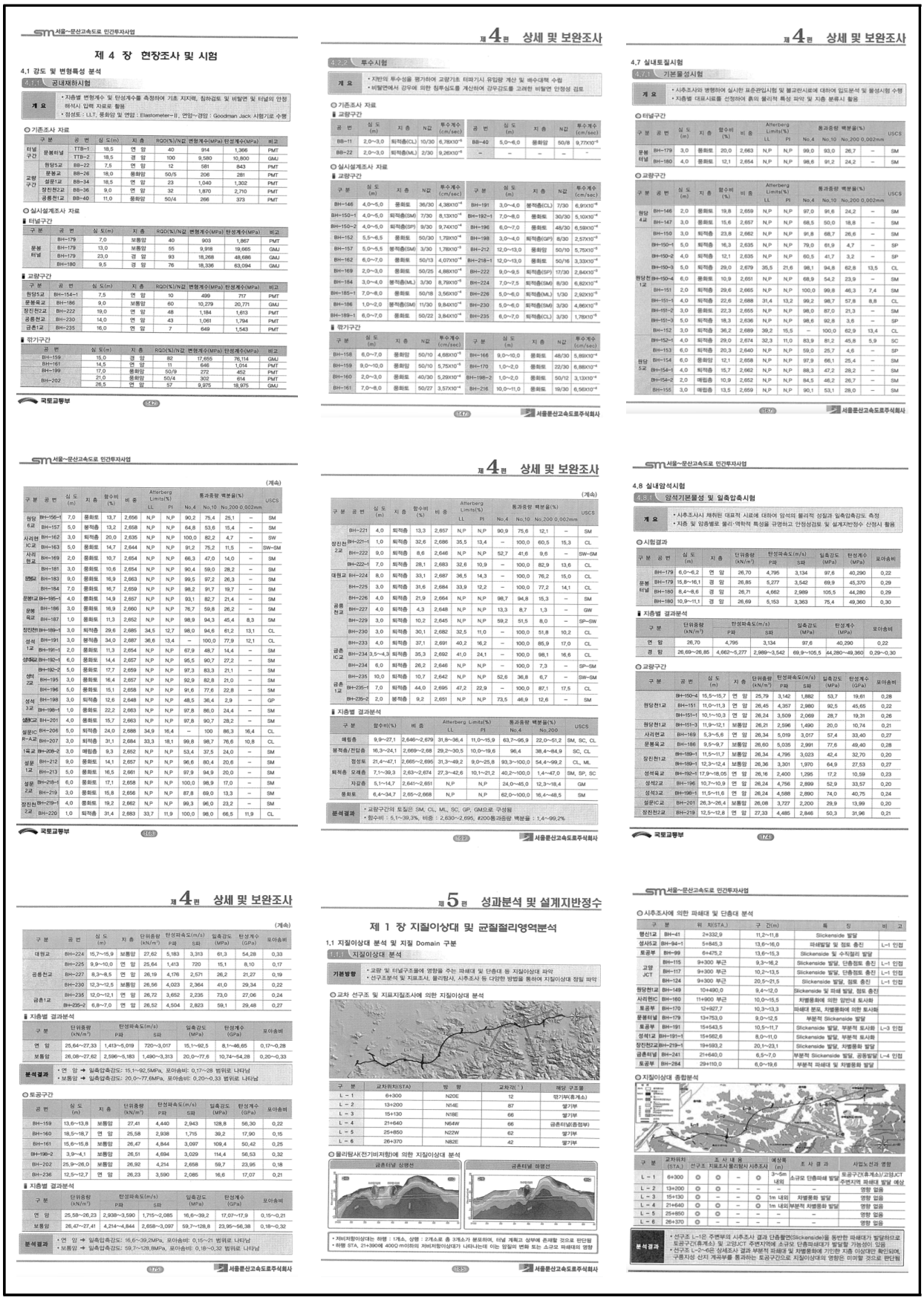


구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
SL-34	토 사	700 이하	2.6~15.7	2.6~15.7	7.1
	리핑암(풍화암)	700~1,200	3.8~18.9	0.06~6.8	1.5
	연 암	1,200~1,900	7.5~22.4	2.2~6.1	3.6
	보통암	1,900~2,900	9.5~26.1	1.9~6.2	2.5
	경 암	2,900 이상	9.5~26.1 이상	-	-
SL-35-1	토 사	700 이하	0.0	6.2~8.0	7.4
	리핑암(풍화암)	700~1,200	6.2~8.0	0.5~1.4	0.8
	연 암	1,200~1,900	7.5~8.6	-	-

▮ 분석결과

• 전반적으로 토사, 풍화암, 연암의 순으로 지층이 분포하며, 토사층이 우세하게 발달
• 토사를 포함하는 풍화토층(제1속도층)의 층후는 2.6~15.7m(평균 7.1m), 풍화암층(제2속도층)의 층후는 0.06~6.8m(평균 1.5m), 연암이상의 기반암층(제3속도층)의 출현심도는 지표하 7.5m이상에서 나타날 것으로 예상됨

나. 지반 및 지질 조사보고서



제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공대재하시험

개 요
- 지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용
- 장성도 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 기존조사 자료

구분		공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
터널구간	문봉터널	TTB-1	18,5	연 암	40	914	1,366	PMT
		TTB-2	18,5	경 암	100	9,580	10,800	GMJ
교량구간	한당2교	BB-22	7,5	연 암	12	581	843	PMT
	설문2교	BB-26	18,0	풍화암	50/5	206	281	PMT
	장진천2교	BB-34	18,5	연 암	23	1,040	1,302	PMT
		BB-36	9,0	연 암	32	1,870	2,710	PMT
	공룡천1교	BB-40	11,0	풍화암	50/4	266	373	PMT

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
문봉터널	BH-179	7,0	보통암	40	903	1,867	PMT
	BH-179	13,0	보통암	55	9,918	19,665	GMJ
	BH-179	23,0	경 암	93	18,268	48,686	GMJ
	BH-180	9,5	경 암	76	18,336	63,094	GMJ

▮ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
한당5교	BH-154-1	7,5	연 암	10	499	717	PMT
문봉육교	BH-186	9,0	보통암	60	10,279	20,771	GMJ
장진천2교	BH-222	19,0	연 암	48	1,184	1,613	PMT
공룡천2교	BH-230	14,0	연 암	43	1,061	1,794	PMT
금촌1교	BH-235	16,0	연 암	7	649	1,543	PMT

▮ 암가구간

공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-159	15,0	경 암	82	17,655	76,114	GMJ
BH-161	14,5	연 암	11	646	1,014	PMT
BH-199	17,0	풍화암	50/9	272	452	PMT
BH-202	21,0	풍화암	50/4	302	614	PMT
	26,5	연 암	57	9,975	18,975	GMJ

국토교통부 142

제 4 편 상세 및 보완조사

4.2.2 투수시험

개 요
- 지반의 투수성을 평가하여 교량기초 터파기시 유입량 계산 및 배수대책 수립
- 비탈면에서 강우에 의한 침투심도를 계산하여 강우강도를 고려한 비탈면 안정성 검토

○ 기존조사 자료

▮ 교량구간

공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BB-11	2,0~3,0	퇴적층(CL)	10/30	$6.78X10^{-6}$	BB-40	5,0~6,0	풍화암	50/8	$9.77X10^{-5}$
BB-22	2,0~3,0	퇴적층(ML)	2/30	$9.26X10^{-6}$	-	-	-	-	-

○ 실시설계조사 자료

▮ 교량구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-146	4,0~5,0	풍화토	36/30	$4.38X10^{-6}$	BH-191	3,0~4,0	붕적층(CL)	7/30	$6.91X10^{-6}$
BH-150-1	4,0~5,0	퇴적층(SM)	7/30	$8.13X10^{-6}$	BH-192-1	7,0~8,0	풍화토	30/30	$5.10X10^{-6}$
BH-150-2	4,0~5,0	퇴적층(SP)	9/30	$9.74X10^{-6}$	BH-196	6,0~7,0	풍화토	48/30	$6.59X10^{-6}$
BH-152	5,5~6,5	풍화토	50/30	$1.79X10^{-4}$	BH-198	3,0~4,0	퇴적층(GP)	8/30	$2.57X10^{-6}$
BH-157	5,0~5,5	붕적층(SM)	3/30	$1.78X10^{-3}$	BH-212	12,0~13,0	풍화암	50/10	$5.75X10^{-6}$
BH-162	6,0~7,0	풍화토	50/13	$4.07X10^{-6}$	BH-218-1	12,0~13,0	풍화토	50/16	$3.33X10^{-6}$
BH-169	2,0~3,0	풍화토	50/25	$4.88X10^{-6}$	BH-222	9,0~9,5	퇴적층(SP)	17/30	$2.84X10^{-6}$
BH-184	3,0~4,0	붕적층(ML)	3/30	$8.79X10^{-6}$	BH-224	7,0~7,5	퇴적층(SM)	8/30	$6.82X10^{-6}$
BH-185-1	7,0~8,0	풍화토	50/18	$3.56X10^{-6}$	BH-226	5,0~6,0	퇴적층(ML)	1/30	$2.92X10^{-5}$
BH-186	1,0~2,0	붕적층(SM)	11/30	$9.84X10^{-6}$	BH-230	5,0~6,0	퇴적층(SM)	3/30	$4.86X10^{-5}$
BH-189-1	6,0~7,0	풍화토	50/22	$3.84X10^{-6}$	BH-235	6,0~7,0	퇴적층(CL)	3/30	$1.78X10^{-5}$

▮ 암가구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-158	6,0~7,0	풍화암	50/10	$4.68X10^{-6}$	BH-166	9,0~10,0	풍화토	48/30	$5.89X10^{-6}$
BH-159	9,0~10,0	풍화암	50/10	$5.75X10^{-6}$	BH-170	1,0~2,0	풍화토	22/30	$6.88X10^{-6}$
BH-160	2,0~3,0	풍화토	40/30	$5.29X10^{-6}$	BH-198-2	1,0~2,0	풍화토	50/12	$3.13X10^{-6}$
BH-161	7,0~8,0	풍화토	50/27	$3.57X10^{-6}$	BH-216	10,0~11,0	풍화토	19/30	$6.56X10^{-6}$

147 서울문산고속도로주식회사

제 4 편 상세 및 보완조사

4.7 실내토질시험

4.7.1 기본물성시험

개 요
- 시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
- 지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
문봉터널	BH-179	3,0	풍화토	20,0	2,663	N.P	N.P	99,0	93,0	26,7	-	SM
	BH-180	4,0	풍화토	12,1	2,654	N.P	N.P	98,6	91,2	24,2	-	SM

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
한당4교	BH-146	2,0	풍화토	19,8	2,659	N.P	N.P	97,0	91,6	24,2	-	SM
	BH-147	3,0	퇴적층	15,6	2,657	N.P	N.P	68,5	50,0	18,8	-	SM
한당천1교	BH-150	3,0	퇴적층	23,8	2,662	N.P	N.P	91,8	68,7	26,6	-	SM
	BH-150-1	5,0	퇴적층	16,3	2,635	N.P	N.P	79,0	61,9	4,7	-	SP
	BH-150-2	4,0	퇴적층	12,1	2,635	N.P	N.P	60,5	41,7	3,2	-	SP
	BH-150-3	5,0	퇴적층	29,0	2,679	35,5	21,6	98,1	94,8	62,8	13,5	CL
	BH-150-4	4,0	풍화토	10,9	2,651	N.P	N.P	68,9	54,2	23,9	-	SM
	BH-151	2,0	퇴적층	29,6	2,665	N.P	N.P	100,0	99,8	46,3	7,4	SM
	BH-151-1	4,0	퇴적층	22,6	2,688	31,4	13,2	99,2	98,7	57,8	8,8	CL
	BH-151-2	3,0	풍화토	22,3	2,655	N.P	N.P	98,0	87,0	21,3	-	SM
	BH-151-3	5,0	퇴적층	18,3	2,636	N.P	N.P	98,6	92,8	3,6	-	SP
	BH-152	3,0	퇴적층	36,2	2,689	39,2	15,5	-	100,0	62,9	13,4	CL
	BH-152-1	4,0	퇴적층	29,0	2,674	32,3	11,0	83,9	81,2	45,8	5,9	SC
한당5교	BH-153	6,0	퇴적층	20,3	2,640	N.P	N.P	59,0	25,7	4,6	-	SP
	BH-154	6,0	풍화암	12,1	2,658	N.P	N.P	97,9	68,1	25,4	-	SM
	BH-154-1	4,0	퇴적층	15,7	2,662	N.P	N.P	88,3	47,2	28,2	-	SM
	BH-154-2	2,0	매립층	10,9	2,652	N.P	N.P	84,5	46,2	26,7	-	SM
	BH-155	3,0	매립층	13,5	2,659	N.P	N.P	90,1	53,1	28,0	-	SM

167 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
한당4교	BH-156-1	7,0	풍화토	13,7	2,656	N.P	N.P	90,2	75,4	25,1	-	SM
	BH-157	5,0	붕적층	13,2	2,658	N.P	N.P	64,8	53,6	15,4	-	SM
사리현IC-2교	BH-162	3,0	퇴적층	20,0	2,635	N.P	N.P	100,0	82,2	4,7	-	SW
	BH-163	5,0	풍화토	14,7	2,644	N.P	N.P	91,2	75,2	11,5	-	SW-SM
사리현교	BH-169	2,0	풍화토	10,7	2,654	N.P	N.P	66,3	47,0	14,0	-	SM
	BH-181	3,0	풍화토	10,6	2,654	N.P	N.P	90,4	59,0	28,2	-	SM
본당2교	BH-183	9,0	풍화토	16,9	2,663	N.P	N.P	99,5	97,2	26,3	-	SM
	BH-184	7,0	풍화토	16,7	2,659	N.P	N.P	98,2	91,7	19,7	-	SM
문봉1교	BH-185-1	4,0	풍화토	14,9	2,657	N.P	N.P	93,1	82,7	21,4	-	SM
문봉육교	BH-186	3,0	풍화토	16,9	2,660	N.P	N.P	76,7	59,8	26,2	-	SM
	BH-187	1,0	풍화토	11,3	2,652	N.P	N.P	98,9	94,3	45,4	8,3	SM
장진천1교	BH-189-1	3,0	퇴적층	29,6	2,685	34,5	12,7	98,0	94,6	61,2	13,1	CL
설성1교	BH-191	3,0	붕적층	34,0	2,687	38,8	13,4	-	100,0	77,9	12,1	CL
	BH-191-1	2,0	풍화토	11,3	2,654	N.P	N.P	67,9	48,7	14,4	-	SM
설성2교	BH-192-1	6,0	풍화토	14,4	2,657	N.P	N.P	95,5	90,7	27,2	-	SM
	BH-192-2	5,0	풍화토	17,7	2,659	N.P	N.P	97,3	83,3	21,1	-	SM
설성2교	BH-195	3,0	풍화토	16,4	2,657	N.P	N.P	92,9	82,8	21,0	-	SM
	BH-196	5,0	풍화토	15,1	2,658	N.P	N.P	91,6	77,6	22,8	-	SM
설성3교	BH-198	3,0	퇴적층	12,6	2,648	N.P	N.P	48,5	36,4	2,9	-	GP
	BH-198-1	1,0	풍화토	22,2	2,663	N.P	N.P	97,8	86,0	24,4	-	SM
설문IC교	BH-201	4,0	풍화토	15,7	2,663	N.P	N.P	97,8	90,7	28,2	-	SM
설문IC R-A교	BH-206	5,0	퇴적층	24,0	2,688	34,9	16,4	-	100	86,3	16,4	CL
	BH-207	3,0	퇴적층	31,1	2,684	33,3	18,1	99,8	98,7	76,6	10,8	CL
1육교	BH-208-2	3,0	매립층	9,3	2,652	N.P	N.P	53,4	37,5	24,0	-	SM
설문1교	BH-212	9,0	풍화토	14,1	2,657	N.P	N.P	96,6	80,4	20,6	-	SM
	BH-213	5,0	풍화토	16,5	2,661	N.P	N.P	97,9	94,9	20,0	-	SM
설문2교	BH-218-1	6,0	풍화토	17,1	2,658	N.P	N.P	100,0	98,9	17,0	-	SM
	BH-219	3,0	풍화토	15,8	2,656	N.P	N.P	87,8	69,0	13,3	-	SM
장진천2교	BH-219-1	4,0	풍화토	19,2	2,662	N.P	N.P	99,3	96,0	23,2	-	SM
	BH-220	1,0	퇴적층	31,4	2,683	33,7	11,9	100,0	98,0	66,5	11,9	CL

국토교통부 168

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
장진천2교	BH-221	4,0	퇴적층	13,3	2,657	N.P	N.P	90,9	75,6	12,1	-	SM
	BH-221-1	1,0	퇴적층	32,6	2,686	35,5	13,4	-	100,0	60,5	15,3	CL
	BH-222	9,0	퇴적층	8,6	2,646	N.P	N.P	52,7	41,6	9,6	-	SW-SM
	BH-222-1	7,0	퇴적층	28,1	2,683	32,6	10,9	-	100,0	82,9	13,6	CL
대원교	BH-224	8,0	퇴적층	33,1	2,687	36,5	14,3	-	100,0	76,2	15,0	CL
공룡천교	BH-225	3,0	퇴적층	31,6	2,684	33,9	12,2	-	100,0	77,2	14,1	CL
	BH-226	4,0	퇴적층	21,9	2,664	N.P	N.P	98,7	94,8	15,3	-	SM
	BH-227	4,0	퇴적층	4,3	2,648	N.P	N.P	13,3	8,7	1,3	-	GW
	BH-229	3,0	퇴적층	10,2	2,645	N.P	N.P	59,2	51,5	8,0	-	SP-SW
	BH-230	3,0	퇴적층	30,1	2,682	32,5	11,0	-	100,0	51,8	10,2	CL
금촌IC교	BH-233	4,0	퇴적층	37,1	2,691	40,2	16,2	-	100,0	85,9	17,0	CL
	BH-234	3,5~4,3	퇴적층	35,3	2,692	41,0	24,1	-	100,0	98,1	16,6	CL
	BH-234	6,0	퇴적층	26,2	2,646	N.P	N.P	-	100,0	7,3	-	SP-SM
금촌1교	BH-235	10,0	퇴적층	10,7	2,642	N.P	N.P	52,6	36,8	6,7	-	SW-SM
	BH-235-1	7,0	퇴적층	44,0	2,695	47,2	22,9	-	100,0	87,1	17,5	CL
	BH-235-2	2,0	붕적층	9,2	2,651	N.P	N.P	73,5	46,9	12,6	-	SM

▮ 지층별 결과분석

구분	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.200	USCS
매립층	9,9~27,1	2,646~2,679	31,8~36,4	11,0~15,9	63,7~95,9	22,0~51,2	SM, SC, CL
붕적층/한당층	16,3~24,1	2,669~2,68	29,2~30,5	10,0~19,6	98,4	38,4~84,9	SC, CL
퇴적층	점성토 21,4~47,1	2,665~2,695	31,3~49,2	9,0~25,8	93,3~100,0	54,4~99,2	CL, ML
	모래층 7,1~39,3	2,63~2,674	27,3~42,6	10,1~21,2	40,2~100,0	1,4~47,0	SM, SP, SC
	자갈층 5,1~14,7	2,641~2,651	N.P	N.P	24,0~45,0	12,3~18,4	GM
풍화토	6,4~34,7	2,65~2,668	N.P	N.P	62,0~100,0	16,4~48,5	SM

분석결과
- 교량구간의 토질은 SM, CL, ML, SC, GP, GM으로 구성됨
- 함수비 : 5,1~39,3%, 비중 : 2,630~2,695, #200통과중량 백분율 : 1,4~99,2%

169 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.8 실내압석시험

4.8.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요
- 시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정
- 지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 시험결과

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
문봉터널	BH-179	6,0~6,2	연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
	BH-179	15,8~16,1	경 암	26,85	5,277	3,542	69,9	45,370	0,29
	BH-180	8,4~8,6	경 암	26,71	4,662	2,989	105,5	44,280	0,29
	BH-180	10,9~11,1	경 암	26,69	5,153	3,363	75,4	49,360	0,30

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
경 암	26,69~26,85	4,662~5,277	2,989~3,542	69,9~105,5	44,280~49,360	0,29~0,30

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
한당천1교	BH-150-4	15,5~15,7	연 암	25,79	3,142	1,882	53,7	19,61	0,28
	BH-151	11,0~11,3	연 암	26,45	4,357	2,980	92,5	45,65	0,22
	BH-151-1	10,1~10,3	연 암	26,24	3,509	2,069	28,7	19,31	0,26
한당천1교	BH-151-3	11,9~12,1	보통암	26,21	2,596	1,490	20,0	10,74	0,21
사리현교	BH-169	5,3~5,5	연 암	26,34	5,019	3,017	57,4	33,40	0,27
문봉육교	BH-186	9,5~9,7	보통암	26,60	5,035	2,991	77,5	49,40	0,28
장진천1교	BH-189-1	11,5~11,7	보통암	26,34	4,795	3,023	42,4	32,70	0,20
	BH-189-1	12,3~12,4	보통암	26,36	3,301	1,970	64,9	27,53	0,27
설성육교	BH-192-1	17,9~18,05	연 암	26,16	2,400	1,295	17,2	10,59	0,23
설성2교	BH-196	10,7~10,9	연 암	26,24	4,756	2,899	52,9	33,57	0,20
설성3교	BH-198-1	11,5~11,6	연 암	26,24	4,588	2,890	74,0	40,75	0,24
설문IC교	BH-201	26,3~26,4	보통암	26,08	3,727	2,200	29,9	13,99	0,20
장진천2교	BH-219	12,5~12,8	연 암	27,33	4,485	2,846	50,3	31,96	0,21

국토교통부 174

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
대원교	BH-224	15,7~15,9	보통암	27,62	5,183	3,313	61,3	54,28	0,33
공룡천교	BH-225	9,9~10,0	연 암	25,64	1,413	720	15,1	8,10	0,17
	BH-227	8,3~8,5	연 암	26,19	4,176	2,571	26,2	21,27	0,19
	BH-230	12,3~12,5	보통암	26,56	4,023	2,364	41,0	29,34	0,22
금촌1교	BH-235	12,0~12,1	연 암	26,72	3,652	2,235	73,0	27,06	0,24
	BH-235-2	6,8~7,0	연 암	26,52	4,504	2,823	59,1	29,48	0,27

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,64~27,33	1,413~5,019	720~3,017	15,1~92,5	8,1~46,65	0,17~0,28
보통암	26,08~27,62	2,596~5,183	1,490~3,313	20,0~77,6	10,74~54,28	0,20~0,33

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 15,1~92,5MPa, 포아송비: 0,17~.28 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 20,0~77,6MPa, 포아송비: 0,20~0,33 범위로 나타남

○ 토공구간

공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
BH-159	13,6~13,8	보통암	27,41	4,440	2,943	128,8	56,30	0,22
BH-160	18,5~18,7	연 암	25,58	2,938	1,715	39,2	17,90	0,15
BH-161	15,6~15,8	보통암	26,47	4,844	3,097	109,4	50,42	0,25
BH-196-2	3,9~4,1	보통암	26,51	4,694	3,029	114,4	56,53	0,32
BH-202	25,9~26,0	보통암	26,92	4,214	2,658	59,7	23,95	0,18
BH-236	12,5~12,7	연 암	26,23	3,590	2,085	16,6	17,07	0,21

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,58~26,23	2,938~3,590	1,715~2,085	16,6~39,2	17,07~17,9	0,15~0,21
보통암	26,47~27,41	4,214~4,844	2,658~3,097	59,7~128,8	23,95~56,38	0,18~0,32

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 16,6~39,2MPa, 포아송비: 0,15~21 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 59,7~128,8MPa, 포아송비: 0,18~0,32 범위로 나타남

175 서울문산고속도로주식회사

제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

기본방향
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

○ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석

구분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	예상 구조물
L-1	6+300	N20E	12	암가부(흐계소)
L-2	13+200	N14E	87	쌓기부
L-3	15+130	N18E	66	쌓기부
L-4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)
L-5	25+850	N22W	62	쌓기부
L-6	26+370	N82E	42	쌓기부

○ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석

- 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 하행 STA. 21+390에 400Ω m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

185 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구분	위치(STA.)	구간(m)	특징	비고
행신1교	BH-41	2+332,9	11,2~11,8	Slickenside 발달	
성사5교	BH-94-1	5+845,3	13,6~16,0	파쇄발달 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	15+475,2	13,6~15,3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양JCT	BH-115	9+300 부근	9,3~16,2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10,2~13,5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20,5~21,5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
한당천2교	BH-149	10+490,0	9,4~12,0	Slickenside 및 파쇄 발달, 점토 충진	
사리현IC	BH-160	11+900 부근	10,0~15,5	차별풍화에 의한 암반내 토사화	
토공부	BH-170	12+927,7	10,3~13,3	파쇄대 분포, 차별풍화에 의한 토사화	
문봉터널	BH-179	13+753,0	9,0~12,5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543,5	10,5~11,7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
설석2교	BH-191-1	15+562,6	8,0~11,0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천2교	BH-219-1	19+593,2	20,1~23,1	Slickenside 발달, 차별풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640,0	6,5~7,0	부분적 Slickenside 발달, 공동발달	L-4 인접
토공부	BH-284	29+110,0	6,0~19,6	부분적 파쇄대 및 차별풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석

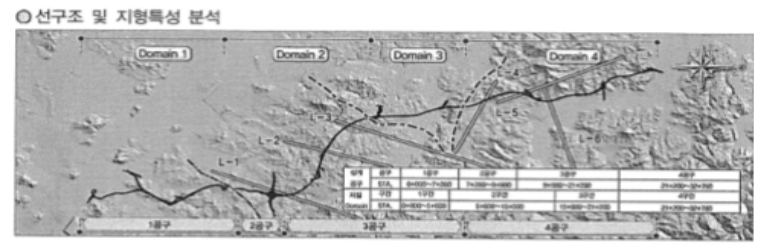
구분	교차위치(STA.)	조사내용 선구조	지표조사	물리탐사	시추조사	예상폭(m)	조사결과	사업노선과 영향
L-1	6+300	○	○	-	○	3~5m 내외	소규모 단층파쇄대 발달	토공구간(흐계소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L-2	13+200	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-3	15+130	○	○	-	○	1m 내외	차별풍화 발달	영향 없음
L-4	21+640	○	○	-	○	1m 내외	부분적 차별풍화 발달	영향 없음
L-5	25+850	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-6	26+370	○	○	-	-	-	-	영향 없음

분석결과
- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층대(Slickenside)를 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(흐계소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~L-6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 차별풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구릉지상 산지 개곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

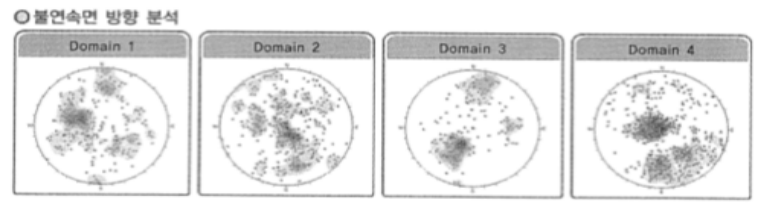
1.1.2 지질 Domain 구분

기본방향	• 사업구간의 지형과 지질특성을 비교·분석하여 동일한 지질특성을 보이는 지질 Domain 구분 • 지질 Domain별 설계지반정수 적용구간 선정 및 균질절리영역분석시 1차적 분류요소로 활용

○ 선구조 및 지형특성 분석



○ 불연속면 방향 분석



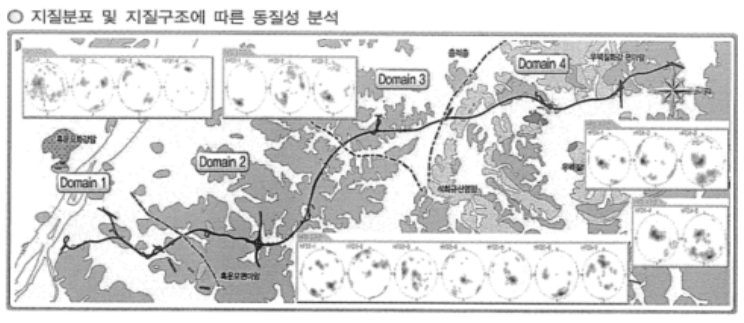
○ 지질 Domain 구분

구 분	Domain 1	Domain 2	Domain 3	Domain 4
STA.(km+m)	• 사업시점~5+600	• 5+600~15+500	• 15+500~21+200	• 21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마 타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
선구조 특성	• 한강/창릉천 수계 방향 NE~NW 선구조 발달	• 공릉천주변 NNE방향 선구조 발달 • 선구조 L-1~3 발달	• 공릉천주변 NW방향 선구조 발달	• 월롱산 주변 NE~NW 방향 선구조 발달 • 선구조 L-4~6 발달
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약
지형적 요소	• 한강 및 창릉천 주변 퇴적지대 발달	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 공릉천주변 퇴적지대 및 구릉산지 발달	• 월롱산 측면부 통과
사업공구	1공구	2공구	3공구	4공구

분석결과	• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분 • 지질 Domain과 사업공구 구간의 차이는 있으나 지질 Domain을 기준으로 각 구간별 설계정수

1.2.2 동질성 검토결과

○ 지질분포 및 지질구조에 따른 동질성 분석



○ 절리방향에 따른 동질성 분석

▮ Miller Patch 방법(공내영상촬영)

구 분		0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	170°	X^2합 평균	우측 p값	검 증
BH-29 vs BH-34	BH-29	18,4	17,8	18,9	22,2	20,5	19,8	20,0	17,9	16,2	21,4	45,4	0,074	동 질
	BH-34	25,2	24,4	25,9	30,4	28,1	27,2	27,4	24,5	22,1	29,4			
BH-34 vs BH-37	BH-34	45,3	51,4	41,4	48,5	55,2	39,3	48,1	50,3	37,4	53,7	62,6	0,001	비동질
	BH-37	15,7	17,8	14,3	16,8	19,1	13,6	16,6	17,4	12,9	18,6			
BH-37 vs BH-109	BH-37	14,1	13,9	14,4	14,2	14,2	15,0	15,3	13,4	14,2	14,3	45,1	0,079	동 질
	BH-109	30,1	29,6	30,9	30,3	30,4	32,1	32,6	28,6	30,3	30,5			
BH-109 vs BH-159	BH-109	44,0	38,1	38,8	43,5	39,5	39,6	43,3	37,9	38,8	40,7	68,9	0,000	비동질
	BH-159	31,2	27,0	27,5	30,8	28,0	28,0	30,7	26,8	27,5	28,8			
BH-159 vs BH-180	BH-159	54,4	50,9	51,9	54,3	50,7	51,6	53,5	51,0	51,9	50,8	124,0	0,000	비동질
	BH-180	74,7	69,9	71,2	74,5	69,6	70,9	73,5	70,0	71,3	69,8			
BH-180 vs CCB-2	BH-180	38,7	41,2	39,9	38,1	41,3	40,0	38,2	41,3	40,2	40,2	91,1	0,000	비동질
	CCB-2	50,1	53,2	51,6	49,3	53,5	51,7	49,4	53,5	52,0	51,9			
CCB-2 vs TTB-4	CCB-2	20,4	19,5	18,6	19,2	18,6	18,9	20,4	19,5	19,8	21,7	45,3	0,075	동 질
	TTB-4	26,9	25,7	24,5	25,3	24,6	24,9	26,9	25,7	26,1	28,5			
TTB-4 vs BH-241	TTB-4	44,2	44,8	50,2	44,6	37,9	41,3	38,2	36,9	43,6	44,5	58,4	0,004	비동질
	BH-241	15,1	15,3	17,1	15,2	12,9	14,1	13,0	12,6	14,9	15,2			
BH-241 vs TTB-6	BH-241	12,1	11,7	10,5	10,4	10,5	9,8	10,9	11,0	10,6	10,5	62,1	0,002	비동질
	TTB-6	55,8	53,9	48,5	48,1	48,6	45,0	50,1	50,8	48,8	48,6			
TTB-6 vs TTB-13	TTB-6	96,3	113,3	111,7	97,9	118,9	128,9	109,3	116,3	117,9	125,4	127,8	0,000	비동질
	TTB-13	8,8	10,3	10,2	8,9	10,8	11,7	9,9	10,6	10,7	11,4			
TTB-13 vs BH-282	TTB-13	90,1	94,1	93,4	90,8	93,8	93,2	90,7	93,8	92,7	92,1	236,0	0,000	비동질
	BH-282	137,4	143,4	142,4	138,4	143,0	142,1	138,3	143,1	141,4	140,5			

2.2 교량구간 성과분석

2.2.1 교량별 지층현황

○ 지층현황

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N치	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
원당3교	A2	*BB-20	–	–	–	–	1,9	37	–	–
원당4교	A1	BH-146	7,0	50/12~5	12,5	20	–	–	–	–
	A2	BH-147	–	–	6,0	0	–	–	–	–
원당천 1교	문산 A1	BH-150-2	11,0	50/10	13,0	13~23	–	–	–	–
	서울 A1	BH-150-1	–	–	9,0	5	–	–	–	–
	문산 P1	BH-150-4	10,0	50/10~4	13,0	22	–	–	–	–
	서울 P1	BH-150-3	10,0	50/7	11,0	0	–	–	14,0	65
	문산 P2	BH-150-2	11,0	50/10~5	13,0	13~23	–	–	–	–
	서울 P2	BH-150-1	–	–	9,0	5	–	–	–	–
	문산 A2	BH-151-3	9,0	50/7~3	–	–	11,5	54	–	–
원당5교	문산 P1	BH-153	11,0	50/7~2	13,3	12	–	–	–	–
	서울 P1	BH-152-1	10,3	50/8	11,5	7	–	–	–	–
	문산 P2	BH-154-1	5,0	50/7	5,8	10~20	–	–	–	–
	서울 P2	BH-154	5,4	50/2	6,5	18	–	–	–	–
	문산 P3	*BB-22	5,0	50/6~5	6,1	12	–	–	–	–
	서울 P3	BH-154-2	5,0	50/7	5,7	60	–	–	–	–
	서울 P4	BH-155	–	–	–	–	–	–	41,6	72
원당6교	A1	BH-156-1	9,0	50/5	–	–	13,0	66	–	–
	A2	BH-157	8,0	50/7~2	9,5	16	–	–	–	–
사리현 IC교	A1	BH-162	8,0	50/7~4	12,0	31	–	–	13,7	83
	A2	BH-163	9,0	50/10~8	11,0	37	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

(계속)

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
사리현교	A1	*BB-25	2,0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
	A2	BH-169	–	–	5,0	9	–	–	6,8	96
문봉교	문산 A1	BH-181	15,0	50/4~2	17,0	10	–	–	–	–
	문산 A2	BH-184	8,0	50/10~3	–	–	–	–	–	–
	서울 A2	BH-183	17,0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
문봉1교	A1	*BB-27	3,0	50/9~4	6,5	24	–	–	–	–
	A2	BH-185-1	11,0	50/3	12,0	17	–	–	–	–
문봉육교	A1	BH-186	6,0	50/3	7,8	0	8,1	60	–	–
	A2	BH-187	3,0	50/8	3,5	0~10	–	–	–	–
장진천1교	A1	BH-189-1	8,0	50/4	8,9	7	10,3	43	–	–
	P1	*BB-28	7,0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
성석1교	A1	BH-191	8,0	50/7	10,5	20	–	–	–	–
	A2	BH-191-1	6,0	50/9	8,0	7	–	–	–	–
성석육교	A1	BH-192-1	13,0	50/9~6	15,5	39	–	–	–	–
	A2	*BB-30	8,0	50/10~6			–	–	–	–
성석2교	A1	BH-195	6,0	50/10~7	9,7	8	–	–	–	–
	A2	BH-196	9,0	50/6	9,5	26	–	–	–	–
성석3교	A1	BH-198	8,0	50/4	9,0	0	–	–	9,4	83
	A2	BH-198-1	3,0	50/5	10,0	28	–	–	–	–
설문IC교	A1	BH-201	20,0	50/10~5	24,6	0	26,2	46	–	–
	A2	*BB-32	–	–	4,0	31	–	–	–	–
설문1육교	A1	BH-208-1	9,8	50/2	–	–	11,3	58	–	–
	A2	*BB-33	–	–	7,5	12	–	–	8,5	84
설문R-A교	A1	BH-207	12,6	50/7~1	–	–	–	–	–	–
	A2	BH-206	10,8	50/5~1	–	–	–	–	–	–
설문1교	A1	BH-212	10,0	50/10~3	–	–	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

(계속)

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
설문1교	A2	BH-213	12,0	50/9~4	16,0	36	–	–	–	–
설문2교	A1	BH-218-1	14,0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
장진천2교	문산 A1	BH-219	11,0	50/8~6	12,2	40~60	–	–	–	–
	서울 A1	BH-219-1	14,0	50/10~8	20,1	35	–	–	–	–
	서울 P1	BH-220	6,0	50/10~5	11,8	46~76	–	–	–	–
장진천2교	서울 P2	BH-222-1	6,0	50/10~7	12,0	38	–	–	–	–
	문산 A2	BH-222	15,0	50/10	–	–	18,4	48	–	–
	서울 A2	BH-222-1	13,0	50/10~8	14,8	0~29	–	–	–	–
대원교	A1	*BB-40	4,3	50/9~4	–	–	–	–	–	–
	P1	BH-225	–	–	9,8	11	–	–	–	–
공릉천교	P2	BH-226	10,0	50/10~5	12,0	25	–	–	–	–
	P3	BH-227	7,0	50/6	7,3	39	–	–	–	–
	P5	*BB-41	4,6	50/5	5,8	0	–	–	–	–
	P6	BH-229	4,0	50/10~4	5,1	17	–	–	–	–
	P7	BH-230	10,0	50/5	10,3	10	12,3	43	15,0	78~95
	A2	*BB-42	7,7	50/6~5	9,9	0	10,9	37	–	–
	P7	BH-230	10,0	50/5	10,3	10	12,3	43	15,0	78~95
	A2	BB-42	7,7	50/6~5	9,9	0	10,9	37	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

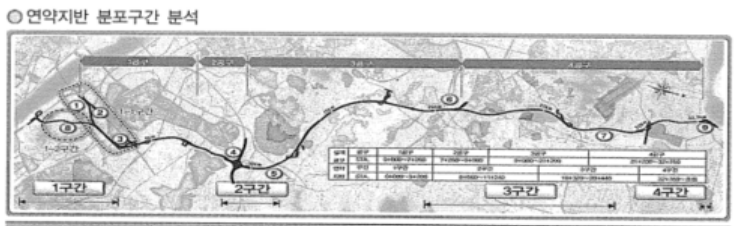
○ 지층 분포 현황

구분	풍화암	연 암	보통암	경 암
출현심도(m)	2,0~20,0	3,5~24,6	1,9~26,2	6,8~41,6

분석결과	• 지지층인 풍화암:GL.(-)2,0~20,0m, 연암:GL.(-)3,5~24,6m, 보통암:GL.(-)1,9~26,2m, 경암:GL.(-)6,8~41,6m로 분포 • 구조물, 위치별 및 지층별로 출현심도의 편차가 큼

2.4.2 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 분포구간 분석



위 치(STA.)	구성토질	출현심도 (G.L(-)m)	층후(m)	N 값	대상 지층	연약층 하부지층	비 고
① 사업시점~0+300	CL	1,8~14,5	0,9~1,5	1/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP)	
	ML	1,0~12,0	0,5~6,5	2/30~4/30			
② 1+000~1+318	ML	1,9~9,0	1,0~1,1	4/30	퇴적층	퇴적층(SM), 풍화토	
③ 3+000~3+200	CL	0,0	8,0	1/30~2/30	퇴적층	퇴적층(SM, SC)	
	ML	4,0	2,5	3/30~4/30			
④ 8+660~9+540	CL	0,0~4,0	0,7~2,2	1/30~4/30	매립, 붕적, 퇴적층	퇴적층(SM, SC, SP, GP) 풍화토	부분적 분 포
	ML	3,5	3,5	2/30~3/30			
⑤ 10+640~11+240	CL	0,0~0,8	1,2~2,2	3/30~4/30	매립, 붕적, 퇴적층	퇴적층(SM, GP) 붕적층(SM)	부분적 분 포
	ML	1,4~5,0	1,0~2,0	2/30~3/30			
⑥ 19+320~21+160	CL	0,0~8,0	1,0~6,4	2/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, SW) 풍화토	
	ML	1,0~4,7	0,7~2,9	1/30~4/30			
⑦ 27+900~28+440	CL	1,5~9,0	1,0~3,5	3/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SP, SW)	
⑧ (지선) 0+060~1+760	CL	0,8~5,4	1,0~11,9	3/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP) 풍화토	
	ML	2,6~9,0	1,0~4,0	2/30~6/30			
⑨ 32+760~종점, 내포IC Ramp-B	CL	3,0~4,5	2,0~6,1	2/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, SP), 풍화토	
	ML	4,0~7,5	2,0~10,0	2/30~6/30			

○ 점토(CL) 연약지반구간 선정

구 분		지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간	1-1구간 (①~③지역)	• 창릉천 하류 농경지구간 통과	• 출현심도 : 1,8~14,5m • 층후 : 0,9~8,0m(평균 2,4m)	사업시점~3+200
	1-2구간 (⑧지역)	• 한강 주변 및 창릉천 하류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0,8~5,4m • 층후 : 1,0~11,9m(평균 4,4m)	지선0+0~1+381
2구간 (④~⑤지역)		• 공릉천 지류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0,0~4,0m • 층후 : 0,7~2,2m(평균 1,6m)	8+660~9+540
3구간 (⑥~⑦지역)		• 공릉천 및 문산천 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 0,0~8,0m • 층후 : 1,0~6,4m(평균 3,3m)	19+320~28+600
4구간(⑨지역)		• 임진강 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 3,0~4,5m • 층후 : 2,0~6,1m(평균 4,0m)	32+760~내포IC Ramp

• 사업 3공구(본선 STA.9+980~21+200)는 연약지반 3구간(본선 STA.19+600~28+600)에 해당

제 3 장 설계지반정수 산정

3.1 개요

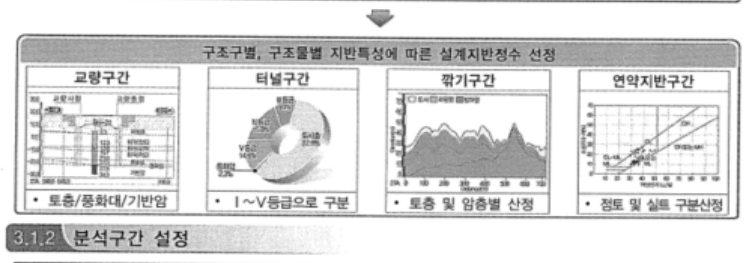
개 요	• 지표지질조사 성과분석에 의한 사업구간내 구조구 특성을 고려한 구간별 설계지반정수 산정 • 문헌자료, 인근지역 분석 자료 및 기존자료(제3자공고안, 보완설계)에 대한 분석을 수행하고, 각종 경험식 및 현장시험 값을 고려한 설계지반정수 유도

3.1.1 기본방향

기존자료 및 현장시험에 따른 결과분석에 의한 구조구별 설계지반정수 선정

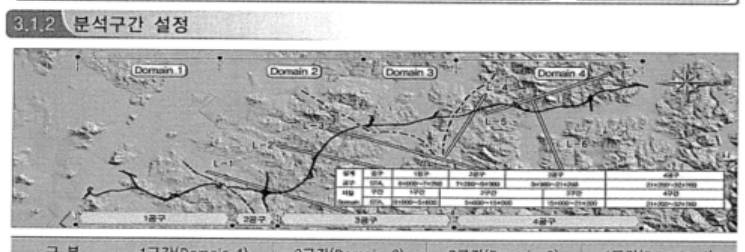
문헌자료 분석 / 인근조사자료 분석 / 기존자료 분석 → 경험식 적용 설계지반정수 도출 / 현장시험 결과 적용 → 지질 구조구별 설계지반정수 산정

구조구별, 구조물별 지반특성에 따른 설계지반정수 선정



• 토층/풍화대/기반암 • Ⅰ~Ⅴ등급으로 구분 • 토층 및 암층별 산정 • 점토 및 실트 구분산정

3.1.2 분석구간 설정



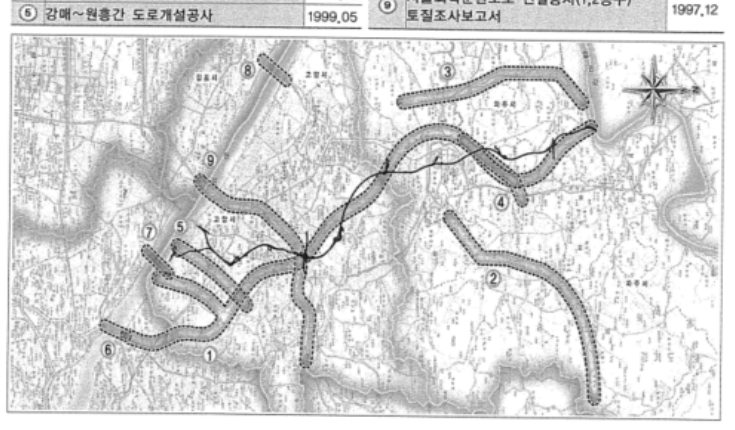
구 분	1구간(Domain 1)	2구간(Domain 2)	3구간(Domain 3)	4구간(Domain 4)
STA.(km+m)	사업시점~5+600	5+600~15+500	15+500~21+200	21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약

• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분
• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain-Ⅱ~Ⅲ)에 해당

3.3.2 인근지역 적용사례 분석

○ 기존자료 현황

구분	사 업 명	사업년도	구분	사업명	사업년도
①	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업(보완분)	2005.01	⑥	월드컵대교 건설공사	2006.10
②	조리~법원 도로개설공사	2005.12	⑦	인천국제공항 철도 2단계	2002.10
③	문발~낙하간 도로 확포장공사	2004.09	⑧	일산대교 건설 민간투자사업	1999.12
④	금촌~월롱간 도로 확포장공사	2004.02	⑨	서울외곽순환도로 건설공사(1,2공구) 토질조사보고서	1997.12
⑤	강매~원흥간 도로개설공사	1999.05			



○ 기존자료 분석결과

지 층	토 질 구 성	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)
매립층	사질토	18~20	0~5	28~33	10~80	0,33~0,35
	자갈층	19~20	0~17	25~39	15~35	0,3
붕적층	사질토	17~19	0~30	25~32	10~32	0,35
	점성토	18	0~20	–	–	–
	자갈층	20	0~50	39	35	0,30
충적층	사질토	17~20	0~10	25~33	15~80	0,35
	점성토	17~18	10~30	–	5~10	0,50
	자갈층	18~20	0~20	35~39	35	0,30
풍화토		18~19	15~200	25~30	35~50	0,30~0,33

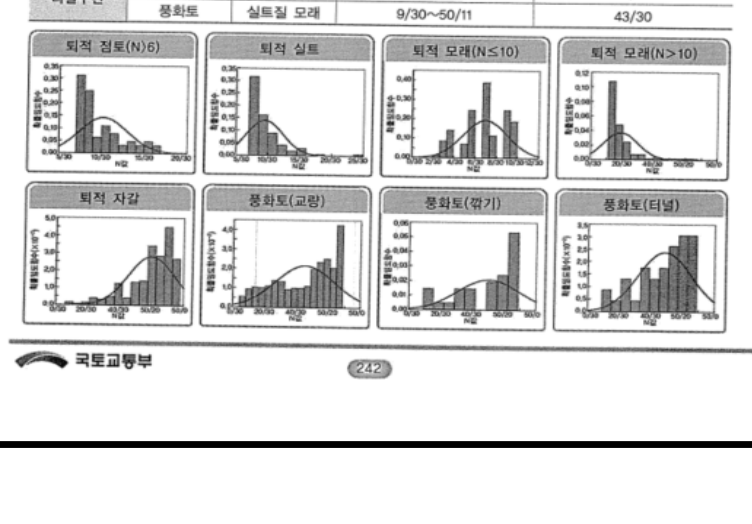
3.3.3 지층별 대표 N값 산정

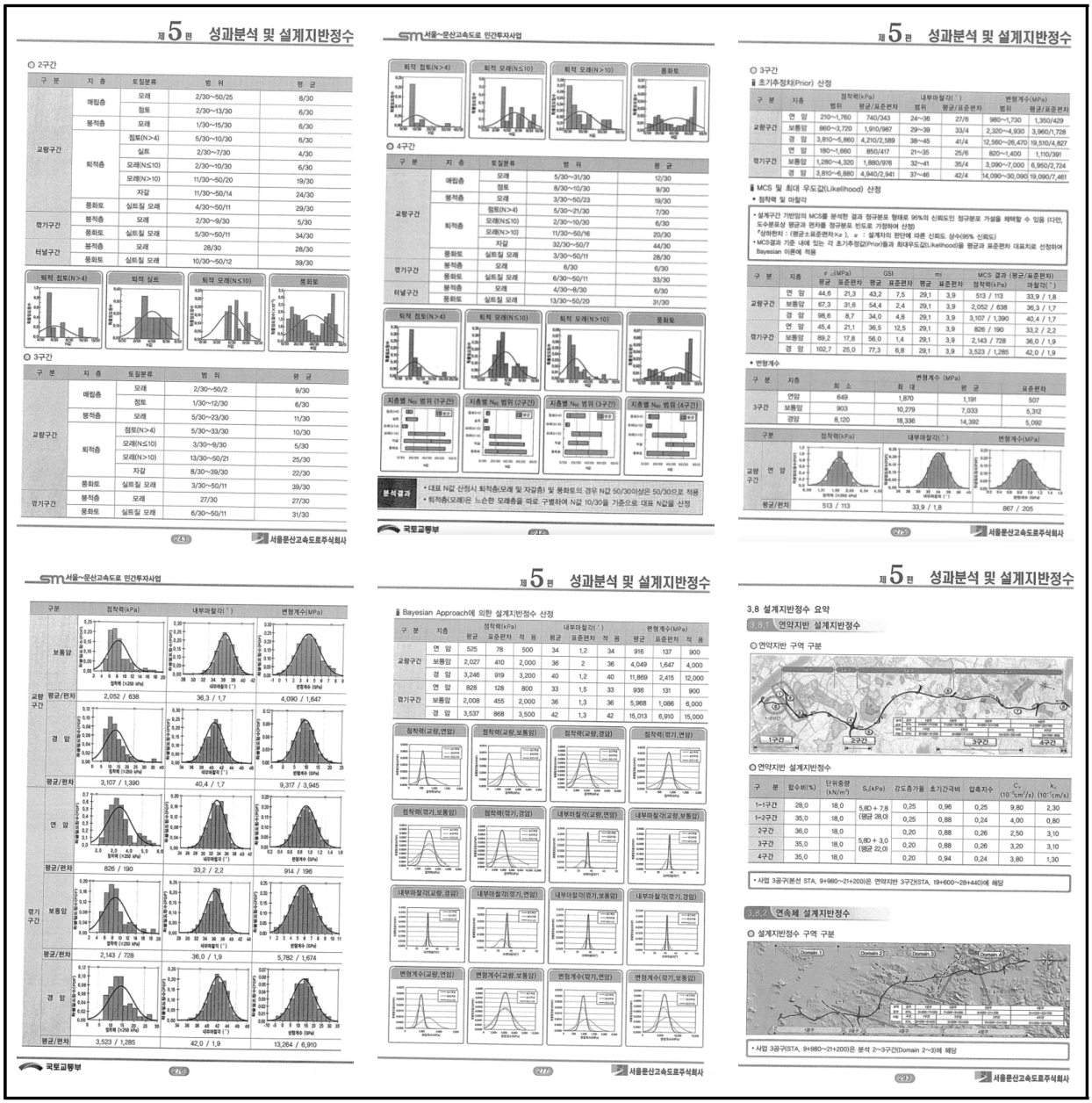
기본방향	• 사업구간내 토사층이 광역적으로 분포함에 따라 지형적 · 지질적 요인에 따른 토질 특성을 고려 • 선행된 지표지질조사 결과에 의한 지질 구조구 및 구조물 특성, 토질입자의 특성 등을 고려하여 분류 • 각종 물성값의 기초 자료가 되는 구간별, 구조물별, 지층별, 토성별 N값을 선정

구간별	구조물별	지층별	토성별
• 제1구간, 제2구간, 제3구간, 제4구간으로 구분	• 구조물의 특성에 따라 교량구간, 터널구간, 깎기구간으로 구분	• 분포하는 지층에 따라 매립층, 붕적층, 퇴적층, 풍화토층 등으로 분류	• 사업구간내 분포하는 토성에 따라 점토, 실트, 모래, 자갈 등으로 분류

○ 1구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	1/30~50/1	10/30
		점토	10/30~11/30	11/30
	붕적층	모래	4/30~18/30	9/30
	퇴적층	점토(N>6)	7/30~17/30	11/30
		실트	7/30~25/30	8/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	7/30
		모래(N>10)	11/30~50/12	22/30
		자갈	5/30~50/3	47/30
	풍화토	실트질 모래	7/30~50/11	41/30
깎기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	38/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	43/30





제5편 성과분석 및 설계지반정수

○ 2구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/25	8/30
		점토	2/30~13/30	6/30
	붕적층	모래	1/30~15/30	6/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~10/30	6/30
		실트	2/30~7/30	4/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/20	19/30
		자갈	11/30~50/14	24/30
	풍화토	실트질 모래	4/30~50/11	29/30
암기구간	붕적층	모래	2/30~9/30	5/30
	풍화토	실트질 모래	5/30~50/11	34/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	10/30~50/12	39/30

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 실트 | 퇴적 모래(N≤10) | 풍화토

○ 3구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/2	9/30
		점토	1/30~12/30	6/30
	붕적층	모래	5/30~23/30	11/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~33/30	10/30
		모래(N≤10)	3/30~9/30	5/30
		모래(N>10)	13/30~50/21	25/30
		자갈	8/30~39/30	22/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	39/30
암기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	31/30

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 모래(N≤10) | 퇴적 모래(N>10) | 풍화토

○ 4구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	5/30~31/30	12/30
		점토	8/30~10/30	9/30
	붕적층	모래	3/30~50/23	19/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~21/30	7/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/16	20/30
		자갈	32/30~50/27	44/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	28/30
암기구간	붕적층	모래	6/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	33/30
터널구간	붕적층	모래	4/30~8/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	13/30~50/20	31/30

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 모래(N≤10) | 퇴적 모래(N>10) | 풍화토

지층별 N_{60} 범위 (1구간) | 지층별 N_{60} 범위 (2구간) | 지층별 N_{60} 범위 (3구간) | 지층별 N_{60} 범위 (4구간)

분석결과
- 대표 N값 산정시 퇴적층(모래 및 자갈층) 및 풍화토의 경우 N값 50/30이상은 50/30으로 적용
- 퇴적층(모래)은 느슨한 모래층을 따로 구별하여 N값 10/30을 기준으로 대표 N값을 산정

제5편 성과분석 및 설계지반정수

○ 3구간

▮ 초기추정치(Prior) 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 범위	점착력(kPa) 평균/표준편차	내부마찰각(°) 범위	내부마찰각(°) 평균/표준편차	변형계수(MPa) 범위	변형계수(MPa) 평균/표준편차
교량구간	연 암	210~1,760	740/343	24~36	27/6	980~1,730	1,350/429
	보통암	860~3,720	1,910/987	29~39	33/4	2,320~4,930	3,960/1,728
	경 암	3,810~5,860	4,210/2,589	38~45	41/4	12,560~26,470	19,510/4,827
암기구간	연 암	180~1,660	850/417	21~35	25/6	820~1,400	1,110/391
	보통암	1,280~4,320	1,880/976	32~41	35/4	3,090~7,000	6,950/2,724
	경 암	3,810~6,880	4,940/2,941	37~46	42/4	14,090~30,090	19,090/7,461

▮ MCS 및 최대 우도값(Likelihood) 산정

• 점착력 및 마찰각

• 설계구간 기반암의 MCS를 분석한 결과 정규분포 형태로 95%의 신뢰도인 정규분포 가설을 채택할 수 있음 (다만, 도수분포상 평균과 편차를 정규분포 빈도로 가정하여 산정)
*정하한치 : (평균 ± 표준편차×α), α : 설계자의 판단에 따른 신뢰도 상수(95% 신뢰도)
• MCS결과 기존 내재 있는 각 초기추정값(Prior)들과 최대우도값(Likelihood)을 평균과 표준편차 대표치로 선정하여 Bayesian 이론에 적용

구 분	지층	σ_{ci}(MPa) 평균	σ_{ci}(MPa) 표준편차	GSI 평균	GSI 표준편차	mi 평균	mi 표준편차	MCS 결과 (평균/표준편차) 점착력(kPa)	MCS 결과 (평균/표준편차) 마찰각(°)
교량구간	연 암	44.6	21.3	43.2	7.5	29.1	3.9	513 / 113	33.9 / 1.8
	보통암	67.3	31.6	54.4	2.4	29.1	3.9	2,052 / 638	36.3 / 1.7
	경 암	98.6	8.7	34.0	4.8	29.1	3.9	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7
암기구간	연 암	45.4	21.1	36.5	12.5	29.1	3.9	826 / 190	33.2 / 2.2
	보통암	89.2	17.8	56.0	1.4	29.1	3.9	2,143 / 728	36.0 / 1.9
	경 암	102.7	25.0	77.3	6.8	29.1	3.9	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9

• 변형계수

구 분	지층	변형계수 (MPa) 최 소	최 대	평 균	표준편차
3구간	연암	649	1,870	1,191	507
	보통암	903	10,279	7,033	5,312
	경암	8,120	18,336	14,392	5,092

구분	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간 연 암			
평균/편차	513 / 113	33.9 / 1.8	867 / 205

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

구분	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간 보통암			
교량구간 평균/편차	2,052 / 638	36.3 / 1.7	4,090 / 1,647
교량구간 경 암			
교량구간 평균/편차	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7	9,317 / 3,945
암기구간 연 암			
암기구간 평균/편차	826 / 190	33.2 / 2.2	914 / 196
암기구간 보통암			
암기구간 평균/편차	2,143 / 728	36.0 / 1.9	5,782 / 1,674
암기구간 경 암			
암기구간 평균/편차	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9	13,264 / 6,910

국토교통부

제5편 성과분석 및 설계지반정수

▮ Bayesian Approach에 의한 설계지반정수 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 평균	점착력(kPa) 표준편차	점착력(kPa) 적 용	내부마찰각(°) 평균	내부마찰각(°) 표준편차	내부마찰각(°) 적 용	변형계수(MPa) 평균	변형계수(MPa) 표준편차	변형계수(MPa) 적 용
교량구간	연 암	525	78	500	34	1.2	34	916	137	900
	보통암	2,027	410	2,000	36	2	36	4,049	1,647	4,000
	경 암	3,246	919	3,200	40	1.2	40	11,869	2,415	12,000
암기구간	연 암	828	128	800	33	1.5	33	936	131	900
	보통암	2,008	455	2,000	36	1.3	36	5,968	1,086	6,000
	경 암	3,537	868	3,500	42	1.3	42	15,013	6,910	15,000

점착력(교량,연암) | 점착력(교량,보통암) | 점착력(교량,경암) | 점착력(암기,연암)

점착력(암기,보통암) | 점착력(암기,경암) | 내부마찰각(교량,연암) | 내부마찰각(교량,보통암)

내부마찰각(교량,경암) | 내부마찰각(암기,연암) | 내부마찰각(암기,보통암) | 내부마찰각(암기,경암)

변형계수(교량,연암) | 변형계수(교량,보통암) | 변형계수(암기,연암) | 변형계수(암기,보통암)

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.8 설계지반정수 요약

3.8.1 연약지반 설계지반정수

○ 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 설계지반정수

구 분	함수비(%)	단위중량 (kN/m^3)	S_u(kPa)	강도증가율	초기간극비	압축지수	C_v ($10^{-3}cm^2/s$)	k_v ($10^{-7}cm/s$)
1-1구간	28,0	18,0	5.8D + 7.8 (평균 28.0)	0,25	0,96	0,25	9,80	2,30
1-2구간	35,0	18,0		0,25	0,88	0,24	4,00	0,80
2구간	36,0	18,0	5.8D + 3.0 (평균 22.0)	0,20	0,88	0,26	2,50	3,10
3구간	35,0	18,0		0,20	0,88	0,26	3,20	3,10
4구간	35,0	18,0		0,20	0,94	0,24	3,80	1,30

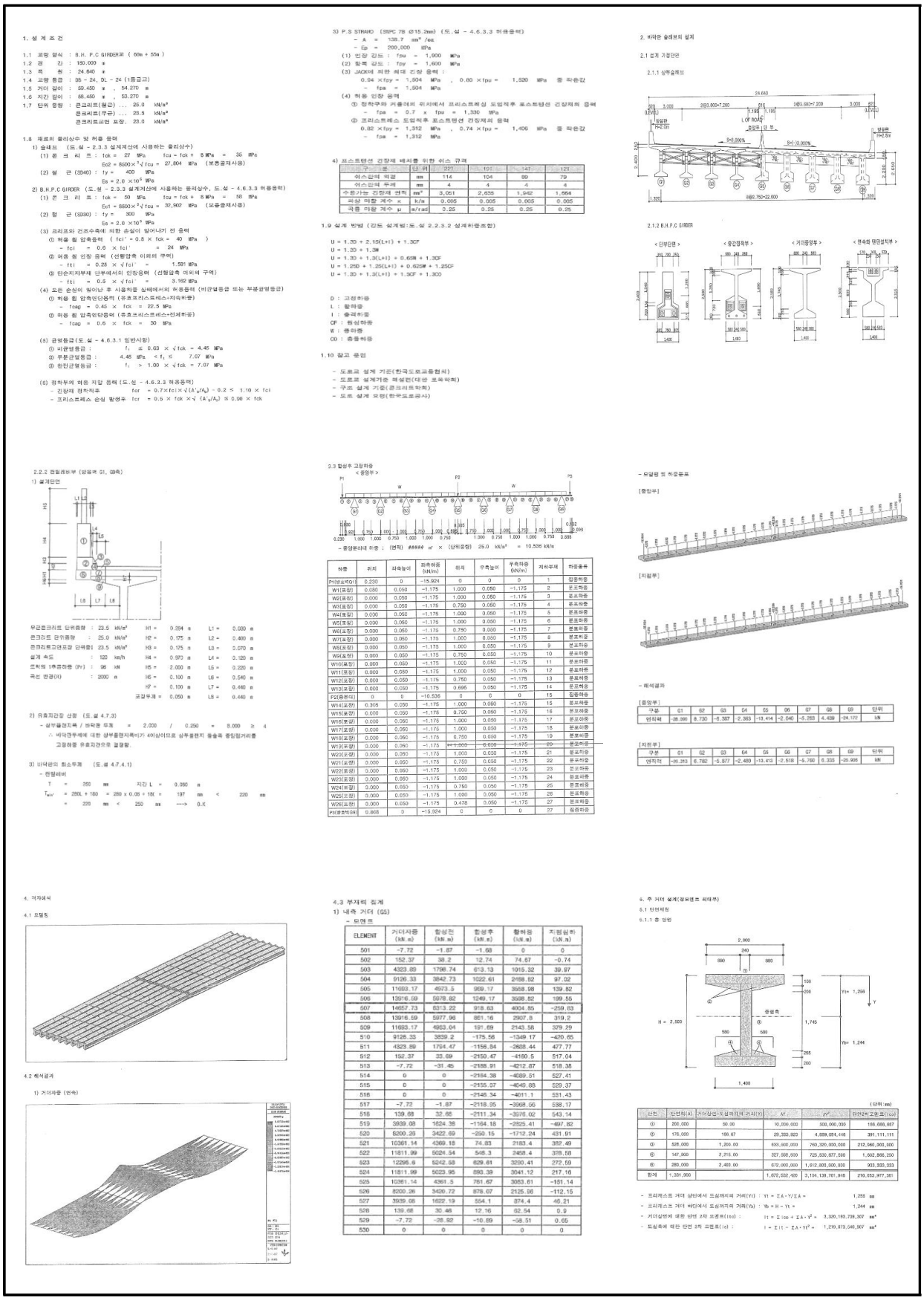
• 사업 3공구(본선 STA. 9+980~21+200)은 연약지반 3구간(STA. 19+600~28+440)에 해당

3.8.2 연속체 설계지반정수

○ 설계지반정수 구역 구분

• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain 2~3)에 해당

다. 구조계산서 및 내진설계



5.2 거더응력 검토

5.2.1 거더자중에 의한 거더 단면력 및 응력 검토

1) 단면력 - MIDAS OUT 참조

구 분		위 치(m)	휨모멘트(kN·m)	요소번호
지간중앙	외측거더	29.725	14,657.73	107
	내측거더	29.725	14,657.73	507

2) 자중에 의한 응력

- ft = M / Zto = 14,657,730,000 / 953,999,047 = 15.36 MPa
- fb = M / Zbo = 14,657,730,000 / 902,030,227 = -16.25 MPa

구 분		상연 응력(MPa)	하연 응력(MPa)
지간중앙	외측거더	15.36	-16.25
	내측거더	15.36	-16.25

5.2.2 긴장력의 이론적 크기 산정

1) 긴장력 도입시 거더 콘크리트강도 fci' = 0.80 × fck = 40.0 MPa
2) 긴장력 도입 직후 허용압축응력 fci = 0.60 x fci' = 24.0 MPa
3) 긴장력 도입 직후 허용인장응력 fti = -0.25 x √ fci' = -1.58 MPa

5.2.3 실제 도입되는 긴장력

- 긴장재의 단면적과 항복응력과의 관계를 이용하여 긴장재의 긴장력을 구한다.

1) 소요되는 긴장재의 총단면적

Aps1 = 3,051 + 6,103 + 5,271 = 14,425 mm²

2) 도입시 긴장응력 : T1(허용치 95% 적용) fjs1 = 0.9 x fpy x 0.95 = 1,368 MPa

T2,T3(허용치 95% 적용) fjs1 = 0.9 x fpy x 0.95 = 1,368 MPa

T4,T5(허용치 95% 적용) fjs1 = 0.9 x fpy x 0.95 = 1,368 MPa

∴ 평균fjs1= 1,368 MPa

3) 도입시 긴장력 Pjs1 = 19,733.40 kN
4) 지간 중앙 단면의 거더 상연에서 긴장재 도심거리 dp1 = 2,360 mm
5) 지간 중앙단면의 편심거리(실제값) ep1 = 1,073 mm

5.2.5 부재에 작용하는 긴장력

1) 초기 손실 후 긴장응력 fi1 = 1,151 MPa
2) 잔류 긴장력 Pi1 = Aps1 × fi1 = 16,603.18 kN
3) 유효 긴장력(내측거더) Pe1 = 0.827 × Pi1 = 13,730.83 kN
유효 긴장력(외측거더) Pe1 = 0.840 × Pi1 = 13,946.67 kN
4) 긴장력 유효율(내측거더) R = 0.827
긴장력 유효율(외측거더) R = 0.840

5.2.6 강선 긴장에 의한 응력 검토

1) 초기인장에 의한 응력 검토 (내측거더,외측거더 동일)

- ft = Pi1 / Ao - Pi1 × ep / Zto
= 16,603,180 / 1,284,289 - 16,603,180 ×1,145 / 953,999,047 = -7.00 MPa
- fb = Pi1 / Ao + Pi1 × ep / Zbo
= 16,603,180 / 1,284,289 + 16,603,180 ×1,145 / 902,030,227 = 34.00 MPa

단 면	긴장재의 편심	상연 응력(MPa)	하연 응력(MPa)
지간 중앙	1,145	-7.00	34.00

(⇒ep = dp1-Yto), dp1은 거더순단면 상연에서긴장재도심

2) 유효긴장에 의한 응력 검토(내측거더)

- ft = f × 0.827 = -7 × 0.827 = -5.79 MPa
- fb = f × 0.827 = 34 × 0.827 = 28.12 MPa

단 면	긴장재의 편심	상연 응력(MPa)	하연 응력(MPa)
지간 중앙	1,145	-5.79	28.12

3) 유효인장에 의한 응력 검토(외측거더)

- ft = f × 0.840 = -7 × 0.84 = -5.88 MPa
- fb = f × 0.84 = 34 × 0.84 = 28.56 MPa

단 면	긴장재의 편심	상연 응력(MPa)	하연 응력(MPa)
지간 중앙	1,145	-5.88	28.56

5.3 바닥판 타설 단계에 대한 응력 검토

5.3.1 바닥판 콘크리트 타설 직후 추가로 발생되는 외력

- 바닥판 콘크리트의 고정하중에 의한 구간별 단면력 계((MIDAS OUTPUT참조)

지간중앙부	내 측 거 더	외 측 거 더
추가되는 전단력(kN)	0.79	10.05
추가되는 모멘트(kN.m)	6,313.22	6,589.53
요소번호	507	107

5.3.2 바닥판 콘크리트 타설 직후 거더에 작용하는 응력

- 단면계수 = 긴장재 환산단면

1) 내측거더

- ft = M / Zte2 = 6,313,220,000 / 984,507,813 = 6.41 MPa
- fb = M / Zbe2 = 6,313,220,000 / 1,044,568,471 = -6.04 MPa

내측거더 단면	상연 응력(MPa)	하연 응력(MPa)
지간 중앙	6.41	-6.04

2) 외측거더

- ft = M / Zte2 = 6,589,530,000 / 984,507,813 = 6.69 MPa
- fb = M / Zbe2 = 6,589,530,000 / 1,044,568,471 = -6.31 MPa

외측거더 단면	상연 응력(MPa)	하연 응력(MPa)
지간 중앙	6.69	-6.31

5.4 일체화된 합성단면의 응력 검토

5.4.1 바닥판 콘크리트 경화 후 허용 응력

1) 사용 단계 거더 콘크리트의 설계기준강도 fckg = 50 MPa (fci' = 40 MPa)
2) 사용 단계 거더 콘크리트의 허용 휨압축응력 fcag = 0.45 x fckg = 23 MPa
3) 사용 단계 거더 콘크리트의 허용 휨압축응력(전체하중) ftag = 0.60 x fckg = 30 MPa
4) 사용 단계 거더 콘크리트의 균열인장응력 ftcr = -0.63 x √ fckg = -4.45 MPa
5) 사용 단계 바닥판 콘크리트의 설계기준강도 fcks = 27 MPa
6) 사용 단계 바닥판 콘크리트의 허용 휨압축응력 fcas = 0.4 x fcks = 10.8 MPa
7) 사용 단계 바닥판 콘크리트의 허용 휨인장응력 ftas = -0.63 x √ fcks = -3.27 MPa

5.4.2 합성 단면의 긴장력

- 바닥판 콘크리트 경화 완료 시점의 긴장력 손실량 계산을 용이하게 하기 위하여 P.S 긴장력 손실율의 50%를 사용한다.(4주후)

1) 합성 단면의 높이 H = 2,650 mm
2) 바닥판 타설단계까지 소요된 긴장재의 총 단면적 Aps1 = 14,425 mm²
3) 바닥판 콘크리트 경화완료 시점의 긴장력 손실량
- ΔP = 0.5 × (R - 1) × fi1 × Aps1 = -1,436.18 kN
4) 시간적 손실 발생 후 총 긴장력 Pe = 13,730.83 kN
5) 시공도중의 긴장력 $P_{(i+e)/2}$ = 15,167.01 kN

5.5 응력합성표

5.5.1 단계별 하중 응력 집계표

1) 내측거더 : 유효율 = 0.827

응 력(MPa) / 하중 단계	비합성 단면		합성 단면			
	거 더		바닥판		거 더	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연
부재의 자중	15.36	-16.25			15.36	-16.25
긴장응력(초기)	-7.00	34.00				
(유효 긴장응력)					(-5.8)	(28.1)
바닥판의 자중	6.41	-6.04			6.41	-6.04
시공 도중 긴장력의 감소			0.36	0.22	0.26	-2.45
추가 고정하중			0.51	0.44	0.52	-0.77
최종 긴장력 감소			0.72	0.45	0.53	-4.91
활하중			2.20	1.92	2.27	-3.34

2) 외측거더 : 유효율 = 0.840

응 력(MPa) / 하중 단계	비합성 단면		합성 단면			
	거 더		바닥판		거 더	
	상연	하연	상연	하연	상연	하연
부재의 자중	15.36	-16.25			15.36	-16.25
긴장응력(초기)	-7.00	34.00				
(유효 긴장응력)					(-5.8)	(28.1)
바닥판의 자중	6.69	-6.31			6.69	-6.31
시공 도중 긴장력의 감소			0.36	0.22	0.26	-2.45
추가 고정하중			1.73	1.51	1.79	-2.63
최종 긴장력 감소			0.67	0.41	0.49	-4.54
활하중			2.38	2.07	2.45	-3.61

10. 반력 검토

10.1 격자해석에 의한 거더별 반력집계 - 격자해석 모델링

- SHOE당 반력임

거더 번호	구분	자중	합성전 고정하중	합성후 추가하중	소 계	합성후활하중 사측편재하	계
G1	ABUT 1	1102.80	441.92	486.27	2030.99	411.44	2442.42
	PIER1	1102.80	495.51	832.79	2431.10	1193.14	3624.25
	PIER1	1018.22	402.65	502.01	1922.88	958.76	2891.64
	ABUT 2	1018.22	450.94	456.13	1925.30	405.16	2330.46
G2	ABUT 1	1102.80	446.65	51.22	1600.67	467.79	2068.46
	PIER1	1102.80	427.87	250.04	1780.71	1193.20	2973.91
	PIER1	1018.22	406.33	39.83	1464.38	977.96	2442.34
	ABUT 2	1018.22	388.83	3.79	1410.85	445.39	1856.24
G3	ABUT 1	1102.80	444.65	85.38	1632.83	433.90	2086.73
	PIER1	1102.80	444.28	216.98	1764.05	1168.53	2932.58
	PIER1	1018.22	406.68	61.60	1486.51	921.62	2408.13
	ABUT 2	1018.22	406.06	69.50	1493.78	425.20	1918.99
G4	ABUT 1	1102.80	442.11	93.42	1638.33	433.09	2071.42
	PIER1	1102.80	445.68	217.69	1766.16	1167.30	2933.47
	PIER1	1018.22	401.49	82.41	1502.13	919.21	2421.34
	ABUT 2	1018.22	405.38	82.71	1506.31	423.58	1929.89
G5	ABUT 1	1102.80	442.89	165.61	1711.30	436.22	2147.52
	PIER1	1102.80	442.74	314.00	1859.54	1107.16	2966.70
	PIER1	1018.22	406.82	183.77	1608.82	879.62	2488.44
	ABUT 2	1018.22	404.92	155.05	1578.20	424.03	2002.23
G6	ABUT 1	1102.80	443.92	99.56	1646.27	439.88	2086.15
	PIER1	1102.80	440.85	226.97	1770.62	1022.62	2793.23
	PIER1	1018.22	403.31	86.55	1508.08	820.99	2329.07
	ABUT 2	1018.22	403.01	80.85	1502.08	421.31	1923.39
G7	ABUT 1	1102.80	438.50	90.72	1632.02	345.69	1977.71
	PIER1	1102.80	439.70	231.79	1774.29	814.09	2588.38
	PIER1	1018.22	402.54	56.97	1477.74	665.14	2142.88
	ABUT 2	1018.22	401.96	70.82	1491.00	332.62	1823.62
G8	ABUT 1	1102.80	428.67	31.17	1562.64	132.61	1695.25
	PIER1	1102.80	440.49	210.20	1753.49	442.56	2196.05
	PIER1	1018.22	390.38	-19.64	1388.96	365.69	1754.65
	ABUT 2	1018.22	402.30	33.69	1454.22	100.10	1554.32
G9	ABUT 1	1102.80	435.42	486.78	2025.00	-51.82	1973.18
	PIER1	1102.80	387.47	840.90	2331.17	188.19	2519.36
	PIER1	1018.22	398.89	583.88	2000.99	-184.10	1816.89
	ABUT 2	1018.22	355.38	424.00	1797.61	-37.60	1760.01
계	ABUT 1	9925.17	3964.75	1590.11	15480.03	3048.80	18528.83
	PIER1	9925.18	3964.60	3341.35	17231.13	8296.79	25527.92
	PIER1	9164.01	3619.08	1577.39	14360.49	6334.89	20695.38
	ABUT 2	9164.02	3618.77	1376.56	14159.34	2939.80	17099.14

11. 처짐 검토

11.1.1 1차 긴장재에 의한 솟음 (1.3경간)

Pi1 = 16,608.71 kN

M = Pi1 × ep = 16,608.71 × 1.145 = 19,016.98 kN-m

$$\delta = \frac{5 \times M \times L^2}{48 \times Ec \times I} + \frac{Pi1 \times ep2 \times L^2}{8 \times Ec \times I}$$

- L = 58.45 m
- Ec = 32,902 MPa
- I = 1,159,108,841,546 mm⁴

구 분	내 측 거 더			외 측 거 더		
	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)
1차 긴장	19,016.98	1,159,108,841,546	-213	19,016.98	1,159,108,841,546	-213

11.1.2 고정하중에 의한 처짐 계산 (1.3경간)

구 분	내 측 거 더			외 측 거 더		
	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)
거 더	14657.73	1,159,108,841,546	137	14657.73	1,159,108,841,546	137
슬래브	6313.22	1,159,108,841,546	59	6589.53	1,159,108,841,546	61

11.1.3 1차 장기 손실(50%)에 의한 처짐 계산 (1.3경간)

내측거더ΔPi1 = 16,608.71 × (1 - 0.827) / 2 = 1,436.65 kN

외측거더ΔPi1 = 16,608.71 × (1 - 0.84) / 2 = 1,328.70 kN

내측거더 ΔM = 1,436.65 × 1.073 = 1,541.53 kN-m

외측거더 ΔM = 1,328.70 × 1.073 = 1,425.70 kN-m

구 분	내 측 거 더			외 측 거 더		
	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)
1차 긴장	1,541.53	1,782,835,086,230	9	1,425.70	1,782,835,086,230	9

11.1.4 추가고정하중에 의한 처짐 계산 (1.3경간)

구 분	내 측 거 더			외 측 거 더		
	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)
추가고정하중	918.63	1,782,835,086,230	6	3148.25	1,782,835,086,230	19

11.1.5 장기손실(50%) 에 의한 처짐 계산 (1.3경간)

내측거더ΔPi1 = 16,608.71 × (1 - 0.827) / 2 = 1,436.65 kN

외측거더ΔPi1 = 16,608.71 × (1 - 0.84) / 2 = 1,328.70 kN

내측거더 ΔM = 1,436.65 × 1.349 = 1,938.04 kN-m

외측거더 ΔM = 1,328.70 × 1.349 = 1,792.42 kN-m

구 분	내 측 거 더			외 측 거 더		
	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)	M (kN-m)	I (mm⁴)	δ (mm)
장기손실	1,938.04	1,782,835,086,230	12	1,792.42	1,782,835,086,230	11

12. 휨강도의 검토

12.1 중앙부 검토

12.1.1 내측거더

(1) 극한모멘트 (Factored Moment)

Mu = 1.3 MD + 2.15 ML = 37,067 kN·m

(2) 극한저항모멘트

b = 2,750 mm
dp = 2,510 mm
Ap = 14,425 mm²
fpe = 952 MPa
0.5 fpu = 950 MPa < fpe

Pp = Ap / (b dp) = 0.0021
rp = 0.28 (저릴렉세이션 긴장재)
β1 = 0.696

추가 배근 철근을 무시하면

fps = fpu {1 - (rp/β1) Pp (fpu / fck)}= 1,839 MPa

a = dp Pp fps / φfck = 420.385 mm > 250 mm (슬래브 높이)

(바닥판이 포함되므로 fck의 값은 바닥판의 값을 적용)

==>> 중립축이 슬래브에 있지 않으므로 합성단면은 T형보로 가정한다

Apf fps = 0.85 fck tf (b-bw) = 0.85 × 27 × 250 ×(2,750 - 240)= 14401125 N

Apw fps = Ap fps - Apf fps = 14,425 × 1,839 - 14,401,125 = 12,130,408 N

$$a = \frac{Apw\ fps}{0.85\ fck\ bw} = \frac{12130408}{0.85 \times 50 \times 240} = 1189 \text{ mm}$$

Mn = Apw fps(d p - a/2) + Apf fps (d p - tf/2)
= 12,130,408 x(2,510 - 1189 /2) + 14401125 x (2,510 - 250 /2)
= 57,580,929,206 N·mm = 57580.93 kN·m

∴ φMn = 48,944 kN·m > Mu = 37,067 kN·m ==>> O.K

13. 전단 응력 검토 (도.설.기 4.6.3.8)

13.1 위험단면에서의 검토

13.1.1 내측거더

1) 극한전단력 Vu

Vu = 1.3 ×(1071.9 + 435.40 + 257.31) + 2.15 × 383.69
= 3,119.00 kN

2) 콘크리트가 부담하는 전단강도 Vc

- Vc 는 Vci 또는 Vcw 중에서 작은 값으로 한다.

(1) 전단강도 Vci (휨 전단강도)

Vci = 0.05 × √fck × bw × d + Vd + (Vi × Mcr) / Mmax

Mcr = Zbo × (0.5 × √fck + fbe - fd) = 7,040 kN·m

fbe = 유효 프리스트레스에 의한 단면 하연의 응력
= Pe / Ac + (Pe e_{po}) / Zbo = 4.8096027 MPa

fd = Md1 / Zbo = 0.01 MPa

Mmax = 1.3 × Md2 + 2.15 × Ml = 11944.139 kN·m

d = 2,040 - 0 = 2,040 mm > 0.8 × H = 1,632 mm

∴ d = 2,040 mm

Vd = 1071.9 kN

Vi = 1.3 × Vd2 + 2.15 × Vl = 1725.46 kN

∴ Vci = 2,594 kN < 0.14 √fck x bo x d = 6,833 kN

위험단면 단면력(내측거더)

	V	M
자중	1,071.90	7.72
바닥판	435.40	31.45
추가고정하중	257.31	2,188.91
활하중	383.69	4,212.87

Md2 = 31.45 + 2188.9 = 2220.4 kN·m

Ml = 4212.9 kN·m

Vd2 = 435.4 + 257.31 = 692.71 kN

Vl = 383.69 kN

(2) 전단강도 Vcw (복부 전단강도)

Vcw = (0.29 × √fck + 0.3 × fpc) × bw × d + Vp

fpc = Pe / Ac = 3,838,740 / 2,489,770 = 1.54 MPa

Pe : 유효 프리스트레스

Ac : 순단면적

Vp = Pe ×sinΘ (Pe 의 수직분력)
= 3,838,740 × 0 / 1000 = 0 kN

Vcw = 3588.0066 kN

∴ Vc = min [Vci, Vcw]=Vci = 2,594 kN

(3) øVc = 0.8 × 2,594 = 2,075 kN

1/2 øVc = 1,038 < Vu = 3,119 이므로 최소전단보강 필요

17. 합성에 의한 2차응력 검토

합성후 BH 거더의 소성변형이 바닥판에 의하여 구속되고, 콘크리트의 타설시기(재령)차이에 의한 건조수축, 크리이프가 상이하므로 내부응력이 발생한다.

본 검토에서 공사진행시기는 다음과 같이 시행하는 것으로 본다.

- 바닥판 콘크리트 타설은 BH 거더 P.S 도입시점에서 90일이내
- 바닥판 콘크리트 타설후 동바리 제거는 15일이후

17.1 2차응력 계산용 제정수 산정(도.설.기 P226)

1) 크리이프 계수(Φ)

(1) 바닥판의 크리이프 계수 (Φs, t'=15일, t=∞일, RH=70%)

$Φs(t,t') = Φ_0 × β_c(t-t')$

$Φ_0 = Φ_{RH} × β(f_{cu}) × β(t')$

$Φ_{RH} = 1 + (1 - 0.01 × RH) / 0.10\ \sqrt[3]{h}$
= 1.47

여기서, h = (2 × Ac) / u = {2 ×(교폭 ×슬라브두께)} / {2 ×(교폭 + 슬라브두께)}
= 260 (u는 외기와 접촉하는 단면둘레로서 상부플랜지는 제외

$β(f_{cu}) = 16.8 / \sqrt{f_{cu}}$ = 2.206

여기서, $f_{cu} = f_{ck} + 8$ = 58

$β(t') = 1 / \{ 0.1 + (t')^{0.2} \} = 1 / \{ 0.1 + (15)^{0.2} \}$ = 0.55

$β_c(t-t') = [(t-t') / \{ β_H + (t-t')\}]^{0.3}$ = 1.0

여기서, $β_H = 1.5 [1 + (0.012\ RH)^{18}]h + 250$ = 657 일 < 1500일

따라서, $Φ_0 = Φ_{RH} × β(f_{cu}) × β(t')$
= 1.47 ×2.206 ×0.55 = 1.784

∴ $Φ_s(t, t') = Φ_0 × β_c(t-t')$
= 1.784 ×1 = 1.784

(2) BH 거더의 크리이프 계수 (Φb, t' = 90일, t = ∞일, RH = 70%)

$Φ_b(t-t') = Φ_0 × β_c(t-t')$

$Φ_0 = Φ_{RH} × β(f_{cu}) × β(t')$

$Φ_{RH} = 1 + (1 - 0.01 × RH) / 0.10\ \sqrt[3]{h}$ = 1.453

여기서, h = 2 ×Ac / u
= (2 ×거더단면적(mm²) ×거더갯수) / (거더단면둘레(mm) ×거더갯수)
= 291 mm

$β(f_{cu}) = 16.8 / \sqrt{f_{cu}}$ = 2.206

여기서, $f_{cu} = f_{ck} + 8$ = 58

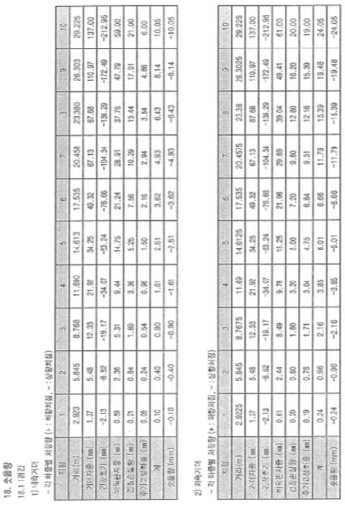
$β(t') = 1 / \{ 0.1 + (t')^{0.2} \} = 1 / \{ 0.1 + (90)^{0.2} \}$ = 0.39

$β_c(t-t') = [(t-t') / \{ β_H + (t-t')\}]^{0.3}$ = 1.0

여기서, $β_H = 1.5 [1 + (0.012\ RH)^{18}]h + 250$ = 705 일 < 1500일

따라서, $Φ_0 = Φ_{RH} × β(f_{cu}) × β(t')$
= 1.453 ×2.206 ×0.391 = 1.253

∴ $Φ_b(t, t') = Φ_0 × β_c(t-t')$
= 1.253 ×1 = 1.253



19. 신축이음량 계산

19.1 시점측(A1)

1) 온도변화에 의한 이동량

ΔT : 온도변화 → 보통지방 : -5℃ ~ +35℃

α : 선팽창 계수 = 1.00E-05 (RC교, PSC교)

2) 건조수축, 크리프에 의한 이동량 (단,2개월 경과후 시공으로 가정)

경과기간	2개월	6개월	12개월	18개월	24개월	5년경과
건조수축	0.1L	0.08L	0.04L	0.03L	0.02L	0
크리프	0.2L	0.12L	0.08L	0.06L	0.04L	0
계	0.3L	0.18L	0.12L	0.09L	0.06L	0

3) 신축 여유량 = 0.14 L + 10

4) 산식 (단위 : mm)

구 분	상부 지간	온도변화 0.4L	건조수축 0.1L	크리프 0.2L	신축 여유량 0.14L+10	합 계 0.84L+10	비 고
A1	60.0m	24.00	6.00	12.00	18.40	60.40	

5) 계산 신축량 (∑ ΔL + 전 이동 가능량)

= 24.000 + 6.000 + 12.000 + 18.400 = 60.4 mm

※ 시계획 적용시 용간 = 69.74 mm

6) 신축이음량시 규격결정

※ 신축이음장치 TYPE = MONO CELL JOINT

※ 신축이음장치 규격 = NO.80 (유간 80mm)

2. 설계대상 교량

2.1 설계조건

○ 교량 제원

(1) 구조형식

구 조 형 식					
상부형식	구조형식	BH Girder	하부형식	교각형식	H형교각(H=24m)
	지간구성	60.075 + 54.913= 115.175m		사용재료	콘크리트 f_{ck}=40 MPa
	사용재료	콘크리트 콘크리트 f_{ck}=50 MPa		기초형식	직접기초
				사용재료	콘크리트 f_{ck}=27 MPa

(2) 내진등급과 설계지진 수준

내진등급	위험도계수	가속도계수	지반계수
I	0.11	1.4	구역계수 x 위험도계수 = 0.154g	II (내진1.2,면진1.5)

(3) 해석 방법

구 분	내진설계	면진설계
입력지진	지반계수에 맞는 응답스펙트럼	4개의 인공지진파
해석방법	다중모드 응답 스펙트럼 해석	시간이력 해석
	5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz Vector 해석법 사용	5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz Vector 해석법 사용
	질량참여율 90% 이상	질량참여율 90% 이상

(4) 적용 받침

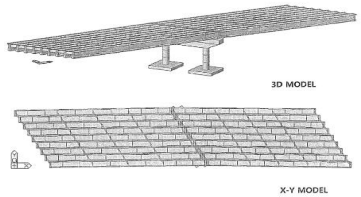
구 분	내진설계
적용 받침	탄성받침(PAD)

2.2 참고문헌

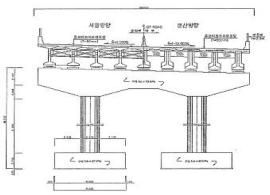
① 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2010년)
② 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2007년)
③ 도로설계요령 (한국도로공사, 2002년)
④ 설계 실무 자료집 (한국도로공사, 1996년)

3. 해석 모델

3.1 모델링

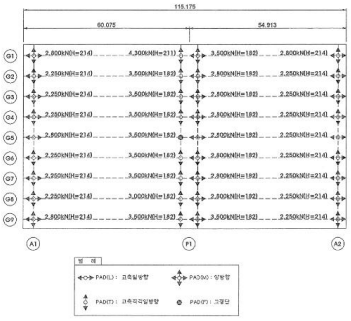


3.2 단면 특성



4. 받침특성치 검토

4.1 받침배치도



4.2 받침특성치

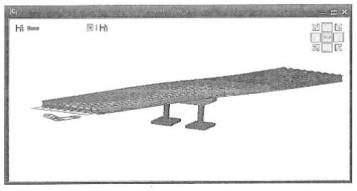
받침규격		압축강성 Kv(kN/m)	전단강성 Kh(kN/m)	고무층수	위치
받침	용량	받침높이			
PAD	2,250 kN	H=214mm	697,000	2,397	8층	A1, A2
	2,800 kN	H=182mm	1,275,500	3,834	6층	P1후
	2,800 kN	H=214mm	956,700	2,876	8층	A1, A2
	3,000 kN	H=182mm	1,616,900	4,314	6층	P1전
	3,500 kN	H=182mm	1,981,200	4,793	6층	P1,2후
	4,300 kN	H=211mm	1,339,100	4,314	6층	A1, A2

5. 고유치 해석결과

5.1 Mode Shape

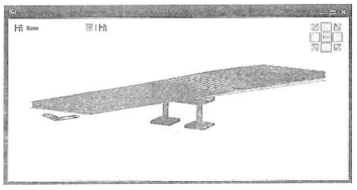
(1) 교축방향 모드형상 (3차모드)

- 고유주기 : 1.5060초



(2) 교축직각방향 모드형상 (2차모드)

- 고유주기 : 1.6223초



6. 내진해석 결과

6.1 받침 부재력 해석결과

(단위 : kN)

교각		받침	용량	교축방향 해석시		교축직각방향 해석시	
				고정	고정	고정	고정
A1	1	PAD	2,800	266	58	98	247
	2	PAD	2,250	222	49	80	207
	3	PAD	2,250	223	49	78	206
	4	PAD	2,250	223	49	77	205
	5	PAD	2,800	267	59	90	245
	6	PAD	2,250	223	49	74	204
	7	PAD	2,250	222	49	73	204
	8	PAD	2,250	222	50	72	203
	9	PAD	2,800	266	60	86	241
P1전	10	PAD	4,300	310	98	107	274
	11	PAD	3,500	345	111	114	309
	12	PAD	3,500	345	112	111	310
	13	PAD	3,500	345	113	107	310
	14	PAD	3,500	345	114	104	311
	15	PAD	3,500	345	116	102	312
	16	PAD	3,500	344	117	100	313
	17	PAD	3,000	309	107	88	283
	18	PAD	3,500	341	119	96	311
P1후	19	PAD	3,500	345	107	118	304
	20	PAD	2,800	277	88	91	247
	21	PAD	2,800	277	88	88	247
	22	PAD	2,800	277	90	85	248
	23	PAD	2,800	277	91	82	249
	24	PAD	2,800	277	92	80	250
	25	PAD	2,800	276	93	78	251
	26	PAD	2,800	276	95	77	252
	27	PAD	3,500	343	119	94	312
A2	28	PAD	2,800	266	116	95	252
	29	PAD	2,250	222	98	77	213
	30	PAD	2,250	223	99	76	215
	31	PAD	2,250	223	100	74	216
	32	PAD	2,250	222	101	73	218
	33	PAD	2,250	222	102	72	219
	34	PAD	2,250	222	103	71	221
	35	PAD	2,250	222	104	70	223
	36	PAD	2,250	221	105	69	224

7. 하부구조 내진해석 결과

7.1 교각하단 부재력

구 분			교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
			모멘트(kN-m)		전단력(kN)		모멘트(kN-m)		전단력(kN)		
교각		높이	고정	고정	고정	고정	고정	고정	고정	고정	
P1	좌	9.10	24,144	9,808	2,519	2,129	16,905	11,645	1,781	2,556	
	우		24,261	9,807	2,544	2,129	16,805	11,642	1,759	2,555	

※ 교각의 높이는 프팅과 기초를 제외한 높이임.

7.2 교각하단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진

2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

구 분			하중경우 1				하중경우 2				비고
			모멘트(kN-m)		전단력(kN)		모멘트(kN-m)		전단력(kN)		
교각		높이	고축	고직	고축	고직	고축	고직	고축	고직	
P1	좌	9.10	29,216	13,301	3,053	2,896	24,149	14,587	2,537	3,194	
	우		29,302	13,299	3,072	2,895	24,083	14,584	2,523	3,194	

※ 교각의 높이는 프팅과 기초를 제외한 높이임.

7.3 교각상단 부재력

구 분			교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
			모멘트(kN-m)		전단력(kN)		모멘트(kN-m)		전단력(kN)		
교각		높이	고축	고직	고축	고직	고축	고직	고축	고직	
P1	좌	9.10	1,858	9,462	2,496	2,103	1,385	11,384	1,768	2,498	
	우		1,764	9,460	2,521	2,102	1,472	11,382	1,747	2,498	

※ 교각의 높이는 프팅과 기초를 제외한 높이임.

7.4 교각상단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진

2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

구 분			하중경우 1				하중경우 2				비고
			모멘트(kN-m)		전단력(kN)		모멘트(kN-m)		전단력(kN)		
교각		높이	고축	고직	고축	고직	고축	고직	고축	고직	
P1	좌	9.10	2,274	12,877	3,026	2,857	1,942	14,233	2,517	3,229	
	우		2,205	12,875	3,045	2,852	2,001	14,220	2,503	3,229	

※ 교각의 높이는 프팅과 기초를 제외한 높이임.

7.5 기둥 상단 변위

(단위 : mm)

구 분			교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
교각		높이	고축	고직	고축	고직	
P1	좌	9.10	13.3	5.6	7.3	7.6	
	우		13.3	5.7	7.2	7.6	

7.6 기둥 상단 변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진

2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

구 분			하중경우 1		하중경우 2		비 고
교각		높이	고축	고직	고축	고직	
P1	좌	9.10	15.5	7.9	11.2	9.2	
	우		15.5	7.9	11.2	9.3	

7.7 상부변위

(단위 : mm)

구 분		교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
교각	높이	고축	고직	고축	고직	
A1	-	92.5	20.4	29.3	83.8	
P1	9.10	91.2	26.0	28.9	74.9	
A2	-	92.0	44.2	29.4	93.0	

7.8 상부변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진

2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

구 분		하중경우 1		하중경우 2		비 고
교각	높이	고축	고직	고축	고직	
A1	-	101.3	45.5	57.1	90.0	
P1	9.10	99.9	48.5	56.3	82.7	
A2	-	100.8	72.1	57.0	106.3	

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	957.6	784.703	O.K
	허용인발력(kN/EA)	469.742	-	O.K
	휨응력(MPa)	140	122.526	O.K
	전단응력(MPa)	80	13.452	O.K
	수평변위(mm)	15	11.857	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1436.4	1121.482	O.K
	허용인발력(kN/EA)	704.613	-163.221	O.K
	휨응력(MPa)	210	154.122	O.K
	전단응력(MPa)	120	20.985	O.K
	수평변위(mm)	25	10.422	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1800	150	2528.74	3096.8	1051.978	1264.997	1.222	O.K
후면저판		1800	100	5806.41	6353.6	2453.865	2678.595	1.092	O.K
벽체 : H=11.529		2700	100	5908.51	8923.2	3808.5	5701.263	1.497	O.K
흉벽		800	100	875.627	1588.8	154.862	278.858	1.801	O.K
좌측날개벽	A(T=800 mm)	800	80	3983.09	5139.2	701.549	894.036	1.274	O.K
	화부(T=620	620	80	2514.34	5139.2	334.37	658.147	1.968	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	3869.01	5139.2	682.283	894.036	1.31	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	5816.47	6353.6	1004.47	1090.831	1.086	O.K
우측날개벽	A(T=1000 mm)	1000	80	3443.55	5139.2	785.623	1156.135	1.472	O.K
	화부(T=620	620	80	1447.08	5139.2	195.336	658.147	3.369	O.K
	B(T=1000 mm)	1000	80	3302.29	5139.2	754.271	1156.135	1.533	O.K
	C(T=1000 mm)	1000	80	4886.27	6353.6	1101.553	1414.864	1.284	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
전면저판		146.587	150	125	189.725	O.K
후면저판		142.643	150	125	342.077	O.K
벽체 : H=11.529		78.048	150	125	798.994	O.K
흉벽		105.134	150	125	519.044	O.K
좌측날개벽	A(T=800 mm)	119.077	150	125	497.587	O.K
	화부(T=620	75.215	150	125	837.597	O.K
	B(T=800 mm)	116.234	150	125	513.762	O.K
	C(T=800 mm)	140.203	150	125	401.685	O.K
우측날개벽	A(T=1000 mm)	103.606	150	125	596.342	O.K
	화부(T=620	43.8	150	125	1436.347	O.K
	B(T=1000 mm)	99.828	150	125	625.109	O.K
	C(T=1000 mm)	119.256	150	125	500.351	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
(3) 교 량 등 급 : 1 등교
(4) 교 대 총 폭 : B = 28.452 M
(5) 교 대 총높이 : H = 13.329 M
(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
(7) SKEW : 120.000˚

2) 하 중
(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 544.075 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 108.169 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

3) 지 반 조 건
(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000˚
(2) 기초지반의 N치 : N = 50.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 42.386˚ {Φ2 = 15 + √15N}
(4) 기초지반의 점착력 : C = 17.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.537 ; TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 28000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
(1) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
(2) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
(3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
(4) 도로설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

4. 안 정 검 토

1) 하중집계 및 조합
① 작용하중 집계표 : 「하중계산 참조」

구 분	수직력	수평력	작용거리 X(m)	작용거리 Y(m)	모멘트 Mr(kN.m)	모멘트 Mo(kN.m)
1. 교대구체(평상시)	1027.949	-	3.821	4.258	3927.495	-
2. 교대구체(지진시)	1027.949	79.152	3.821	4.258	3927.495	337.041
3. 뒷채움재(평상시)	1042.435	-	6.839	7.589	7129.160	-
4. 뒷채움재(지진시)	1042.435	80.268	6.839	7.589	7129.160	609.181
5. 배면토압(평상시)	-	481.485	-	4.443	-	2139.283
6. 배면토압(지진시)	-	557.883	-	6.665	-	3718.089
7. 뒷채움 상재하중	48.000	36.122	6.700	6.665	321.600	240.740
8. 상부 고정하중반력	544.075	-	2.883	-	1568.558	-
9. 상부 활하중반력	108.169	-	2.883	-	311.851	-
10. 교량받침마찰력	-	29.191	-	10.492	-	306.268
11. 상부관성력	-	135.701	-	10.492	-	1423.757

② 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	2118.384	517.607	11378.255	2380.023
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7)	2118.384	517.607	11378.255	2380.023
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	2070.384	717.303	11056.655	4664.311
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)	2770.628	517.607	13258.674	2380.023
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+	2770.628	546.798	13258.674	2686.291
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+8+11)	2614.459	853.004	12625.223	6088.008

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6. 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시
가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.

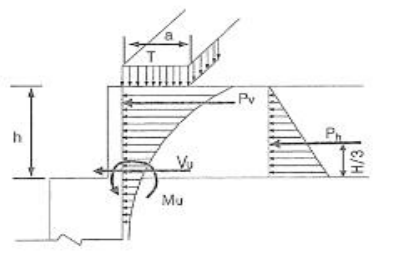
2) 전도에 대한 안정
- 말뚝기초 이므로 불필요 : 「10. 말뚝검토」 참조

3) 활동에 대한 안정
- 말뚝기초 이므로 불필요 : 「10. 말뚝검토」 참조

4) 지지력에 대한 안정
- 말뚝기초 이므로 불필요 : 「10. 말뚝검토」 참조

5. 단 면 설 계

1) 흉벽 설계
① 평상시 : 『도로교 설계기준 해설』 p73



- 윤하중에 의한 부재력
Pv = 114.60 x Ka
= 114.60 x 0.251 = 28.765 kN
Mp = 114.60 x Ka x (H - 0.36)
= 114.60 x 0.251 x (3.244 - 0.36) = 82.960 kN.m
- 토압에 의한 부재력
Ph = 1/2 x Ka x r x H² x cos δ
= 1/2 x 0.251 x 20.000 x 3.244² x cos11.667 = 25.870 kN
Me = 1/3 x H x Ph
= 1/3 x 3.244 x 25.870 = 27.975 kN.m
- 설계 단면력 산정
Vu = 1.30 x Pv + 1.70 x Ph
= 1.30 x 28.765 + 1.70 x 25.870 = 81.373 kN
Mu = 1.30 x Mp + 1.70 x Me
= 1.30 x 82.960 + 1.70 x 27.975 = 155.407 kN.m

② 지진시
- 구체관성력
p1 = 2.444 x 0.800 x 25.000 x 0.077 = 3.764 kN
p2 = 0.800 x 0.500 x 25.000 x 0.077 = 0.770 kN
Pw = 3.764 + 0.770 = 4.534 kN
Mw = 3.764 x 2.444/2 + 0.770 x (2.444 + 0.800/2) = 6.790 kN.m
- 토압에 의한 부재력
Ph = 1/2 x Kae x r x H² x cos δ
= 1/2 x 0.314 x 20.000 x 3.244² x cos0.000 = 33.046 kN
Me = 1/2 x H x Ph
= 1/2 x 3.244 x 33.046 = 53.603 kN.m

4) 사용성 검토
(1) 전면저판
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 663.408 x 1000000 / [3096.800 x (1650.000 - 246.662/3)]
= 136.641 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x3096.800/1000.0 + 7x3096.800/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1650.0/(7x3096.800)]
= 246.662 mm
사용철근량 = 3096.8 mm² (철근도심 : 150.0 mm)
1단 : D22 - 8.0 EA (= 3096.8 mm²)

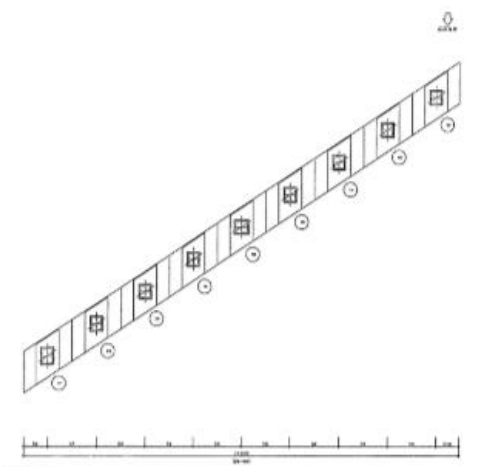
② 철근의 최대 중심간격
Cc = 150.00 - 22/2 = 139.00 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 136.64) - 2.5 x 139.00 = 228.83 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 136.64) = 461.06 mm
Sa는 작은 값인 228.83 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 228.83 mm) ∴ O.K

(2) 후면저판
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 874.368 x 1000000 / [4053.600 x (1700.000 - 283.524/3)]
= 134.352 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x4053.600/1000.0 + 7x4053.600/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1700.0/(7x4053.600)]
= 283.524 mm
사용철근량 = 4053.6 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D25 - 8.0 EA (= 4053.6 mm²)

② 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 25/2 = 87.50 mm
여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 134.35) - 2.5 x 87.50 = 367.40 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 134.35) = 468.92 mm
Sa는 작은 값인 367.40 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 367.40 mm) ∴ O.K

(3) 벽체 : H=10.527
① 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 1283.625 x 1000000 / [6353.600 x (2600.000 - 438.483/3)]
= 82.333 MPa
χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x6353.600/1000.0 + 7x6353.600/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x2600.0/(7x6353.600)]
= 438.483 mm
사용철근량 = 6353.6 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D32 - 8.0 EA (= 6353.6 mm²)

9. 교좌부 검토



1) 받침 연단거리 검토
① 필요 연단거리
- 거더의 경간길이가 100m 이하이므로 S = 200 + 5.0L
S = 200 + 5.0 x 55.009 = 475.044 mm

② 실제 연단거리

구 분	필요연단	받침 규격 교축방향	받침 규격 직각방향	연단거리	비 고
1	475.044	760.000	560.000	507.357	O.K
2	475.044	630.000	530.000	570.375	O.K
3	475.044	630.000	530.000	570.326	O.K
4	475.044	630.000	530.000	570.276	O.K
5	475.044	600.000	650.000	550.937	O.K
6	475.044	630.000	530.000	570.178	O.K
7	475.044	630.000	530.000	569.129	O.K
8	475.044	630.000	530.000	569.080	O.K
9	475.044	630.000	530.000	568.031	O.K

10. 기둥 설계(기둥2)

10.1 교축직각방향
10.1.1 기둥 상단 지점 검토
1) 기둥부재력 집계 : 상단

구 분	Pe(kN)	Pu(kN)	M1(kN.m)	M2(kN.m)	V(kN)	Δ(m)	비 고
UL003	-25709.284	-46377.962	5834.112	6211.725	-1384.587	0.00144	축력최대
UL001	-25709.284	-42703.463	6532.708	8678.927	-1748.474	0.00081	모멘트최대
UL022	-19776.372	-19776.372	14121.203	15107.354	3059.066	0.00930	탄성설계
UL022	-19776.372	-19776.372	2745.203	3440.154	3059.066	0.00930	소성설계
UE018	-18787.553	-25069.699	6284.171	7259.888	-1547.010	0.00127	편심최대

註) Pe : 장기지속축력 (= 고정하중에 의한 축력 x 고정하중계수)
Pu : 전체축력, M1, M2 : 검토위치 모멘트
Vu : 전단력, Δ : 기둥상단의 변위량
※ 소성설계시 지진시 모멘트에 대하여 응답수정계수(R=5.000)로 나눈 값을 적용한다

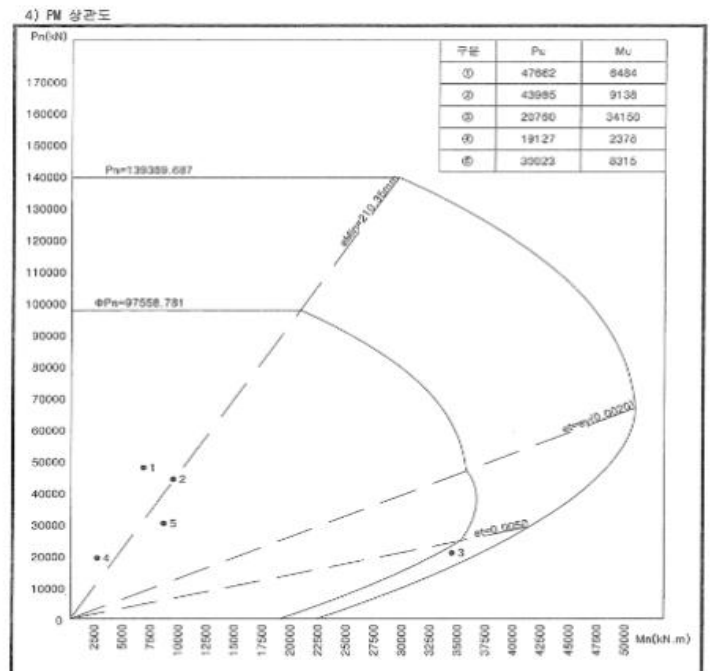
① P-Δ 적용 부재력 집계

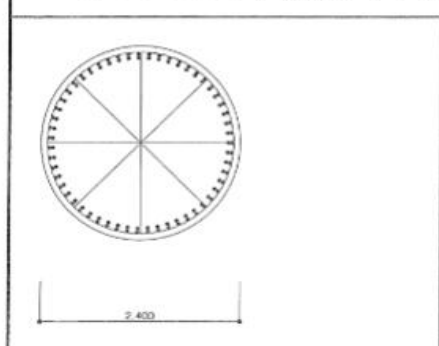
구 분	모멘트확대(kN.m)	P-Δ적용(kN.m)	적용 부재력	P-Δ구분	비 고
UL003	6211.730	6241.613	6241.613	UL003	축력최대
UL001	8678.930	8701.368	8701.368	UL001	모멘트최대
UL022	15107.350	15107.354	15107.350	UL022	탄성설계
UL022	3440.150	3440.154	3440.150	UL022	소성설계
UE018	7259.890	7272.896	7272.896	UE018	편심최대

2) 기둥검토 요약

구 분	철근비 Pmin	철근비 Puse	철근비 Pmax	철근비 비고	축방향력, 휨 ΦPn	축방향력, 휨 Pu	축방향력, 휨 Mu	안전도	비 고
축력최대	0.005	0.012	0.060	O.K	97558.786	46383.306	6241.613	2.103	O.K
모멘트최대	0.005	0.012	0.060	O.K	97558.786	42706.227	8701.368	2.284	O.K
탄성설계	0.005	0.012	0.060	O.K	66190.759	19776.372	15107.350	3.347	O.K
편심최대	0.005	0.012	0.060	O.K	88454.024	25069.928	7272.896	3.528	O.K

4) PM 상관도





▣ 단면제원
R = 1200.000 mm
D = 2287.356 mm
Ag = 4523893.421 mm²
Aeff = 2261946.711 mm²

▣ 사용 철근
Ast = 55737.000 mm²
Puse = 0.01232
1단 : H25-55Ea
2단 : H25-55Ea

12. 기초 2방향전단(펀칭) 검토

1) 최대 연직하중(Vu) : -48375.553 kN

2) PUNCHING SHEAR 검토위치 : 기둥전면 d/2

3) 위험단면 길이(bo) = 15.237 m



4) 콘크리트가 부담하는 전단강도
※ βc = 1.000, αs = 40

① Vc1 = 1/6 x (1 + 2/βc) x √(Fck) x bo x d
= 1/6 x (1 + 2/1.00) x √(27) x 15.237 x 2.450
= 96986.121 kN

② Vc2 = 1/6 x (1 + (αs · d)/(2 · bo)) x √(Fck) x bo x d
= 1/6 x (1 + (40 · 2.450)/(2 · 15.237)) x √(27) x 15.237 x 2.450
= 136295.057 kN

③ Vc3 = 1/3 x √(Fck) x bo x d
= 1/3 x √(27) x 15.237 x 2.450
= 64657.414 kN

—— 이중 작은 값 사용
∴ 콘크리트가 부담하는 전단강도(φVc) = 0.80 x 64657.414 = 51725.931 kN

※ ΦVc > Vu ——— O.K

33.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 33.2.1】 대원2교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	대원2교는 주요 손상현황으로는 교대 균열부백태 및 백태, 체수 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	대원2교는 주요 손상현황으로는 바닥판하면 파손, 배수시설 배수관 누수, 교대 신축이음 하부 누수, 균열부백태 및 백태, 체수 등이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡에 의한 손상으로 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	바닥판하면 파손, 배수시설 배수관 누수, 교대 균열부백태 및 백태, 체수 신축이음 하부 누수	양호

33.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

33.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 기 손상인 바닥판하면 파손, 배수관 누수, 교대 백태, 신축이음 하부 누수 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

33.2.5 시설물 보수 이력

【표 33.2.2】 대원2교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

33.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 33.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

33.3 현장조사

33.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S2	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



제원조사



비파괴시험

【사진 33.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

33.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 대원2교의 바닥판하면은 차량하중을 직접적으로 지지하는 동시에 거더에 하중을 분산시키는 역할을 하는 주요 부재로 총 2경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=115.0m 폭 24.6m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 33.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 바닥판 측면에 국부적인 파손이 조사되었다.

【표 33.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	파손 (㎡/개소)	
S1	0.15	1
S2	-	-
합계	0.15	1

	
S1 측면 파손(0.3×0.5)	바닥판 하면 상태양호

【사진 33.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대(A1측)에 접하는 바닥판하면에 발생한 파손은 다짐불량, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 교량의 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

나. BH Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 BH거더는 2경간 9열로 시공되었다.
- 거더에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
거더 전경	거더 전경

【사진 33.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 33.3.2】 거더 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-

	
거더 상태양호	거더 상태양호

【사진 33.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 거더는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 STEEL과 콘크리트로 시공되어 있다.
- 가로보에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경



가로보 전경

【사진 33.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 33.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 33.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 대원2교 교대는 상부 구조물로부터의 하중을 기초로 전달하는 부재로써, 역T형으로 A1, A2 강관말뚝기초로 시공되어있다.
- 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 33.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 폭 0.3㎜ 미만 균열 및 망상균열, 균열부 백태, 체수흔적 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 33.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		균열부 백태 (㎡/개소)		체수흔적 (㎡/개소)	
A1	15.00	5	-	-	0.15	3	-	-
A2	-	-	34.80	1	-	-	9.00	3
합계	15.00	5	34.80	1	0.15	3	9.00	3

	
A1 균열(Cw=0.3㎜미만)	A1 흉벽 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
A1 균열부 백태(0.1×0.5)	A2 누수흔적-조사당시 양호
	
A2 망상균열(29.0×1.2)	A2 망상균열(29.0×1.2)

【사진 33.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적이 확인되었고, 그 외의 손상인 균열, 백태의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하다.
- 신축이음 하부를 통한 누수에 대해 지속적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 대원2교의 교각은 π형 1기로, 기초는 직접기초로 시공되었다.
- 교각에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
교각 전경	교각 전경

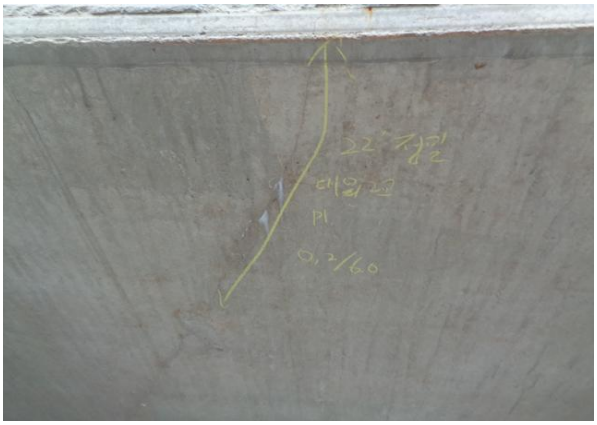
【사진 33.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열이 조사되었다.

【표 33.3.5】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
P1	26.00	2
합계	26.00	2

	
P1 코핑부 균열(Cw=0.3㎜미만)	P1 코핑부 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 33.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

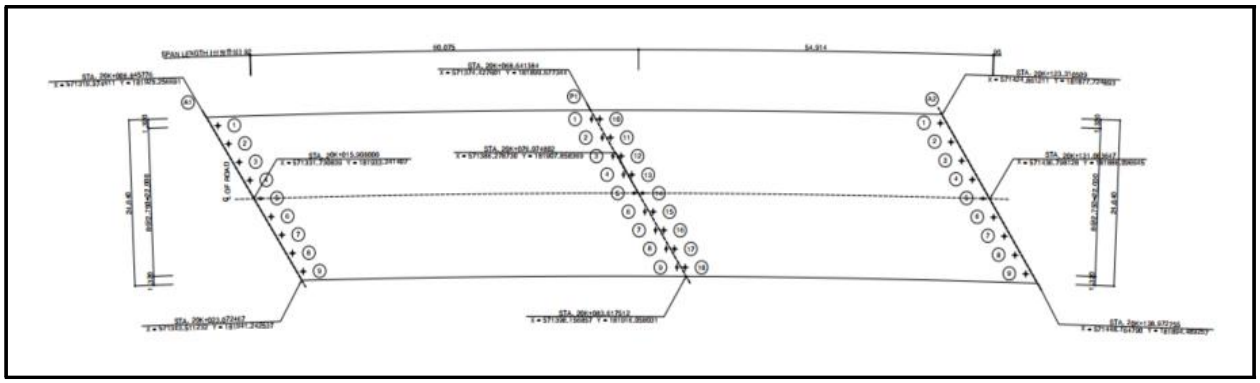
4) 검토의견

■ 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 대원2교의 받침은 탄성받침으로 총 36기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 33.3.1】 교량받침 배치도

		
탄성받침(일방향) 전경	탄성받침(양방향) 전경	탄성받침(고정) 전경

【사진 33.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 전반적으로 양호한 것으로 확인되었다.

【표 33.3.6】 교량받침 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
P1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
A1-Sh9 상태양호	P1-Sh7 상태양호

【사진 33.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

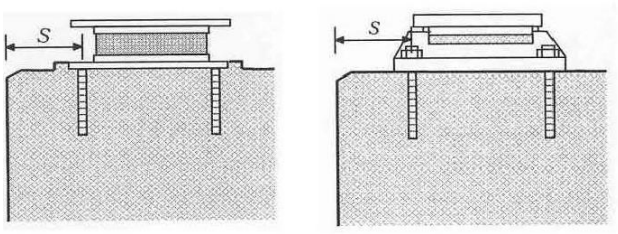
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 받침본체 및 몰탈, 콘크리트 모두 양호한 상태로 조사되었으나, 플레이트 도장 및 콘크리트 균열 등에 대하여 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 33.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

	
받침장치 연단거리 측정	받침장치 연단거리 측정

【사진 33.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=55.0m) : 200+5×55.0 = 475(㎜)
- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×50.0 = 500(㎜)

【표 33.3.7】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)									검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	Sh7	Sh8	Sh9	
A1		500	660	680	650	660	650	660	680	660	660	O.K
P1	A1측	500	720	720	720	720	720	720	720	720	700	O.K
	A2측	475	740	730	730	720	720	720	720	740	740	O.K
A2		475	560	570	600	600	570	600	590	580	600	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 33.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 33.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	26.2	23.8	0.00001	60.0	15.7	14.3	
P1	고정단						
A2	26.2	23.8	0.00001	55.0	14.4	13.1	
1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)							

【표 33.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	+10	74	54	15.7	14.3	±64	O.K
	SH2	+10	74	54			±64	O.K
	SH3	+10	74	54			±64	O.K
	SH4	+10	74	54			±64	O.K
	SH5	+10	74	54			±64	O.K
	SH6	+10	74	54			±64	O.K
	SH7	+10	74	54			±64	O.K
	SH8	+10	74	54			±64	O.K
	SH9	+10	74	54			±64	O.K
P1	고정단							
A2	SH1	+20	84	44	14.4	13.1	±64	O.K
	SH2	+20	84	44			±64	O.K
	SH3	+20	84	44			±64	O.K
	SH4	+20	84	44			±64	O.K
	SH5	+20	84	44			±64	O.K
	SH6	+20	84	44			±64	O.K
	SH7	+20	84	44			±64	O.K
	SH8	+20	84	44			±64	O.K
	SH9	+20	84	44			±64	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K
허용변위 = 받침높이 × 0.3

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 교량받침 이동량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 신축이음장치는 직접 차량하중을 받는 부재로써, 설계 및 시공의 결함은 차량통행자에게 불쾌감 및 위협감을 줄 뿐만 아니라 경우에 따라서는 교량구조에도 악영향을 미칠 수 있는 장치이다.
- 본 교량의 신축이음장치는 A1(NO.80), A2(NO.80) 뉴모노셀로 시공된 상태이다.
- 신축이음의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사 및 측정을 실시하였다.



EXP.J1(A1) 전경



EXP.J2(A2) 전경

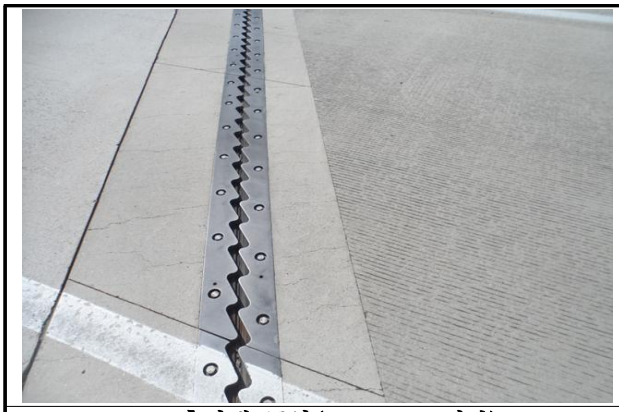
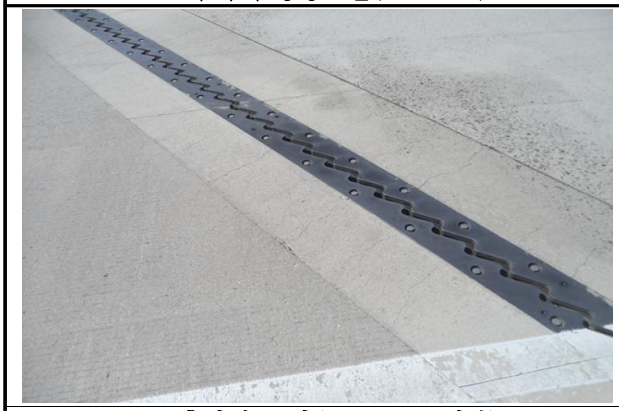
【사진 33.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 하부 누수, 차수판 앵커탈락 등의 손상이 조사되었다.

【표 33.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 망상균열 (㎡/개소)		하부 누수 (m/개소)		차수판 앵커탈락 (개소/개소)	
A1 (EXP J1)	18.00	44	6.00	2	2.00	2	1.00	1
A2 (EXP J2)	16.00	40	0.90	1	0.60	3	1.00	1
합계	34.00	84	6.90	3	2.60	5	2.00	2

	
A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	A1 차수판 앵커탈락
	
A1 후타재 망상균열(0.5×0.6)	A1 하부 누수
	
A2 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	A2 후타재 망상균열(0.3×3.0)

【사진 33.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 신축이음에 발생한 후타재 균열, 하부 누수의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 균열 보수 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 17. 기온 적용: 11.2℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃−11.2℃ = 23.8℃
△T(수축시) : −15.0℃−(11.2℃) = 26.2℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 33.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 33.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	26.2	23.8	0.00001	60.0	15.7	14.3	46	50	140	
A2	26.2	23.8	0.00001	55.0	14.4	13.1	20	70	225	
1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 33.3.12】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	15.7	14.3	46	80	61.7	31.7	O.K
	바닥판			50	-	-	35.7	O.K
	거더			140	-	-	125.7	O.K
A2	신축이음	14.4	13.1	20	80	34.4	6.9	O.K
	바닥판			70	-	-	56.9	O.K
	거더			225	-	-	211.9	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

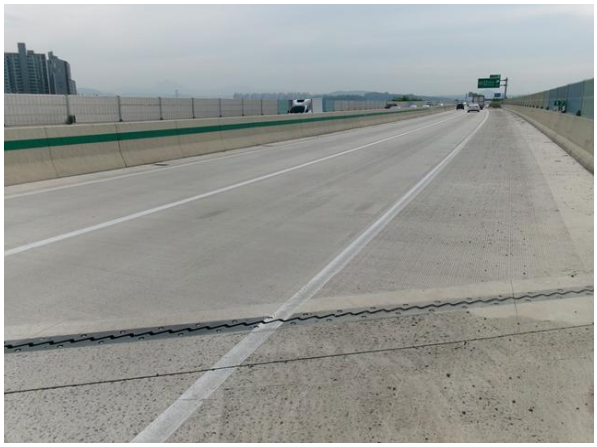
아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 대원2교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.
- 교면포장의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사를 실시하였다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

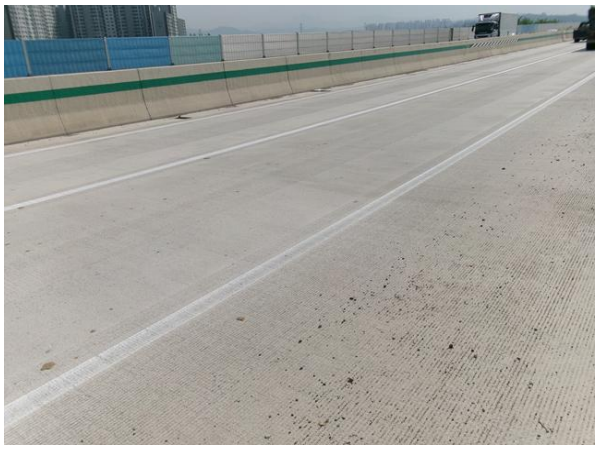
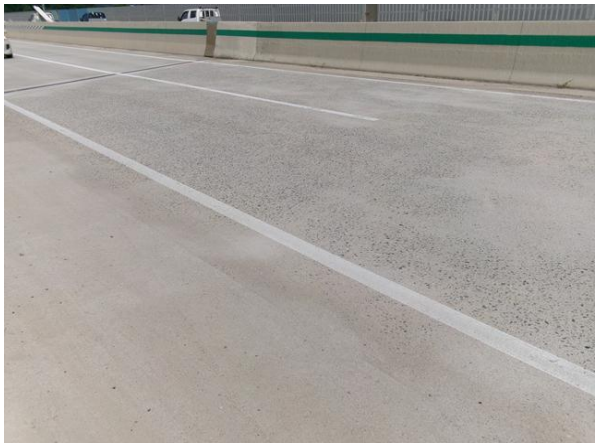
【사진 33.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 포장부 및 접속도로 망상균열이 확인되었다.

【표 33.3.13】 교면포장 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		접속부 망상균열 (㎡/개소)	
S1	-	-	38.50	1
S2	330.00	1	38.50	1
합계	330.00	1	77.00	2

	
S2 서울방향 망상균열(6.0×60.0)	S2 서울방향 망상균열(6.0×60.0)
	
S1 서울방향 접속부 망상균열(5.5×7.0)	S2 서울방향 접속부 망상균열(5.5×7.0)

【사진 33.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장은 구배불량에 의한 물고임 현상은 없는 상태이며, 포장부 콘크리트 망상균열이 조사되었다. 상기 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 대원2교의 상부는 그레이팅 덮개로 마감된 배수구가 하부는 육교형 배수관이 시공되어있고, 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.
- 배수시설에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



배수구 전경



배수관 전경

【사진 33.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 33.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
합계	-	-



배수관 상태 양호



배수관 상태 양호

【사진 33.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

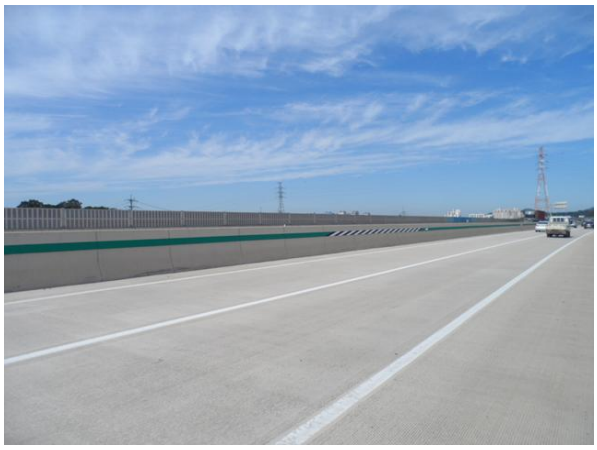
차. 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다. 부속시설로 방음벽이 시공되어 있다.
- 방호벽에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



방호벽 전경



중분대 전경

【사진 33.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만의 균열 및 백태, 접속부 방호벽 파손, 백태, 단차가 확인되었다.

【표 33.3.15】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		백태 (㎡/개소)		접속부 파손 (㎡/개소)		접속부 백태 (㎡/개소)		접속부 단차 (m/개소)	
S1	5.50	4	0.06	1	0.15	1	-	-	-	-
S2	19.00	29	-	-	2.25	2	1.00	1	1.50	1
합계	24.50	33	0.06	1	2.40	3	1.00	1	1.50	1

	
S1 백태(0.2×0.3)	S1 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
S2 균열(Cw=0.3㎜미만)	S2 접속부 방호벽 파손(0.1×1.5)
	
S2 접속부 방호벽 단차(T=1.5cm)	S2 접속부 방호벽 백태(1.0×1.0)

【사진 33.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

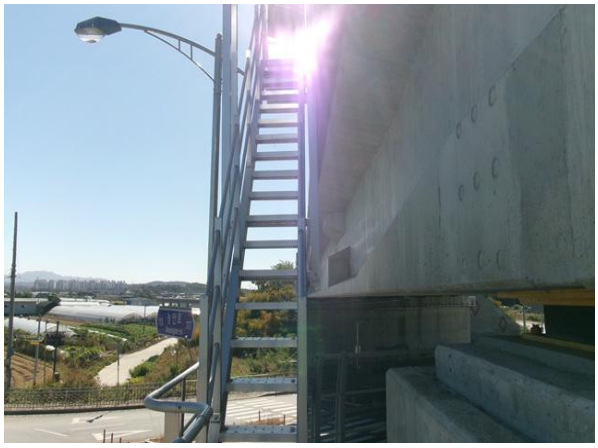
4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열 및 백태, 파손, 단차는 건조수축, 공용기간 증가, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성확보를 위한 표면보수 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 대원2교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1, A2, P1에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.
- 교량 점검시설에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

【사진 33.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 및 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 33.3.16】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
P1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 33.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

33.3.3 외관조사 총괄표

【표 33.3.17】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	파손	㎡	0.15	1	
거더	상태양호	-	-	-	
가로보	상태양호	-	-	-	
교대	균열(0.3㎜미만)	m	15.00	5	
	망상균열	㎡	34.80	1	
	균열부 백태	㎡	0.15	3	
	체수흔적	㎡	9.00	3	
교각	균열(0.3㎜미만)	m	26.00	2	
교량받침	상태양호	-	-	-	
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	34.00	84	
	후타재 망상균열	㎡	6.90	3	
	하부 누수	m	2.60	5	
	차수판 앵커탈락	EA	2.00	2	
교면포장	망상균열	㎡	330.00	1	
	접속부 망상균열	㎡	77.00	2	
배수시설	상태양호	-	-	-	
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	24.50	33	
	백태	㎡	0.06	1	
	접속부 파손	㎡	2.40	3	
	접속부 백태	㎡	1.00	1	
	접속부 단차	m	1.50	1	
점검시설	상태양호	-	-	-	

33.3.4 전회차 손상물량 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

33.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

33.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 33.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	3	3	3	3	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



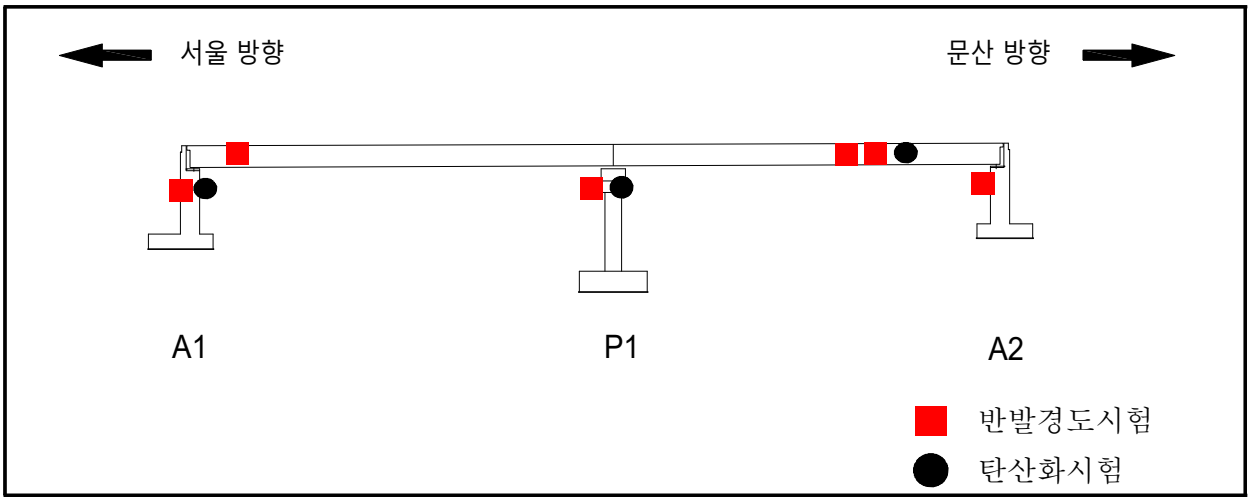
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 33.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 33.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

33.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(각 3개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 33.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	48.3	29.0	29.7	0.67	27.0	
	S2	바닥판	46.5	27.5	28.8			

【표 33.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
상부구조	S2	거더	53.6	46.1	56.7	0.67	40.0	

【표 33.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	흉벽	44.3	25.6	27.8	0.67	24.0	
	A2	흉벽	42.6	24.2	27.0			

【표 33.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
하부구조	P1	코핑부	50.6	43.1	52.1	0.67	40.0	

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.5~29.0㎫, 거더 46.1㎫, 하부구조 교대 24.2~25.6㎫, 교각 43.1㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 33.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.5~29.0	27.0	101.8~107.6
	거더	46.1	40.0	115.2
하부구조	교대	24.2~25.6	24.0	100.8~106.8
	교각	43.1	40.0	107.7

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 33.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S2 바닥판하면	4.0	40.0	36.0	2.83	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	4.5	100.0	95.5	3.18	100년이상	a
	P1 코핑부	4.0	100.0	96.0	2.83	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 4.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 4.0~4.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 33.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	4.0	36.0	
하부구조	4.0~4.5	95.5~96.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 33.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.5~29.0	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	46.1	40.0	
	하부구조	교대	24.2~25.6	24.0	
		교각	43.1	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5~96.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

33.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

33.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 33.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	BH	b	a	a	a	a	b	c	a	b	q	-	a
S2	P1	BH	a	a	a	d	a	b	-	a	b	q	a	a
	A2								c	a	c	q	-	-
평균			0.150	0.100	0.100	0.400	0.100	0.200	0.400	0.100	0.267	-	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.027	0.020	0.005	0.028	0.003	0.004	0.036	0.009	0.053	-	0.004	0.003
													0.192	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.192) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 33.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
대원2교	0.192	B	115.0	4	460	1.000	0.192
합계(∑)			115.0	4	460	1.000	0.192
1. 평가지수 =							0.192
2. 상태평가결과 =							B

33.5.2 기 점검 결과와의 비교

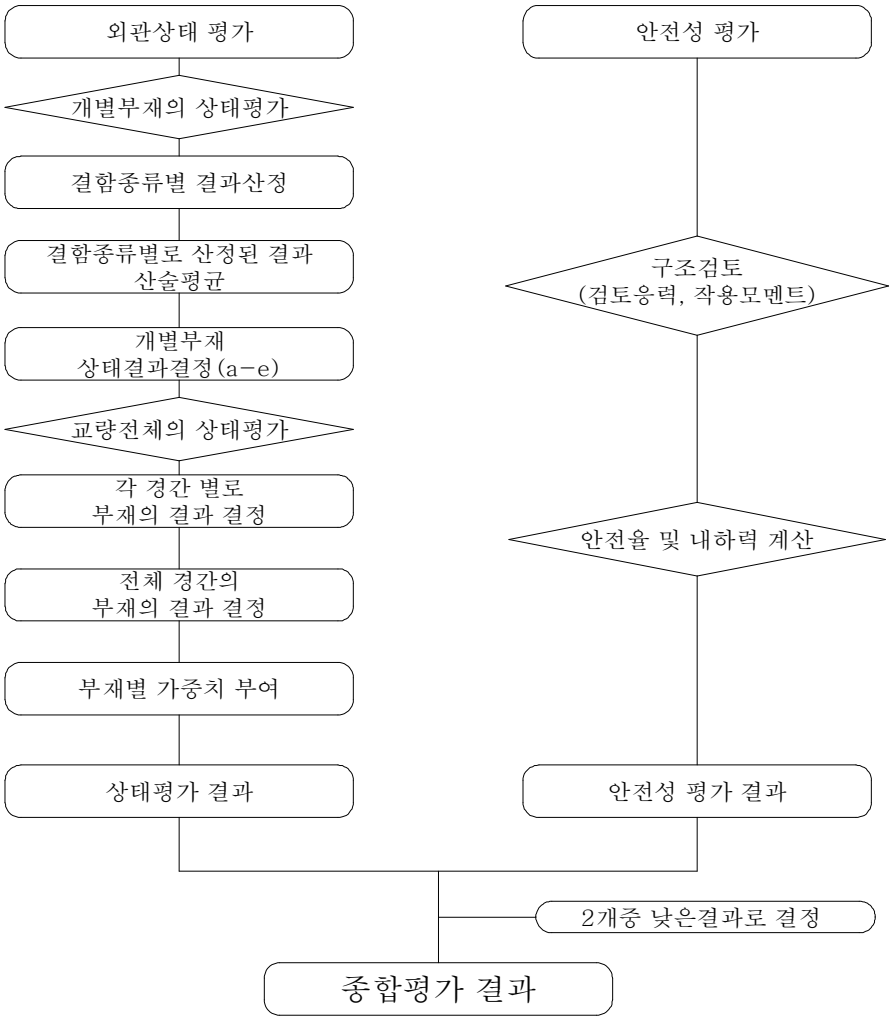
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

33.6 종합평가 및 안전등급 지정

33.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 33.6.1】 종합평가 결과 산정절차

33.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 33.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
대원2교	0.192	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

33.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 33.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

33.7 보수·보강 및 유지관리방안

33.7.1 보수·보강 방안

【표 33.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	파손	㎡	0.15	1	단면보수	하자
거더	상태양호	-	-	-	-	-
가로보	상태양호	-	-	-	-	-
교대	균열(0.3㎜미만)	m	15.00	5	표면처리	하자
	망상균열	㎡	34.80	1	표면처리	하자
	균열부 백태	㎡	0.15	3	표면처리	하자
	체수흔적	㎡	9.00	3	주의관찰	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	m	26.00	2	표면처리	하자
교량받침	상태양호	-	-	-	-	-
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	34.00	84	표면처리	하자
	후타재 망상균열	㎡	6.90	3	표면처리	하자
	하부 누수	m	2.60	5	재설치	하자
	차수판 앵커탈락	EA	2.00	2	정비	하자
교면포장	망상균열	㎡	330.00	1	표면처리	하자
	접속부 망상균열	㎡	77.00	2	표면처리	하자
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	24.50	33	표면처리	하자
	백태	㎡	0.06	1	표면처리	하자
	접속부 파손	㎡	2.40	3	단면보수	하자
	접속부 백태	㎡	1.00	1	표면처리	하자
	접속부 단차	m	1.50	1	주의관찰	하자
점검시설	상태양호	-	-	-	-	-

33.7.2 개략공사비

【표 33.7.2】 개략공사비

구분	손상 내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	파손	단면보수	0.15	0.22	㎡	-	-	하자
교대	균열(0.3㎜미만)	표면처리	15.00	5.63	㎡	-	-	하자
	망상균열	표면처리	34.80	52.20	㎡	-	-	하자
	균열부 백태	표면처리	0.15	0.22	㎡	-	-	하자
	체수흔적	주의관찰	9.00	13.50	㎡	-	-	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	표면처리	26.00	9.75	㎡	-	-	하자
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	표면처리	34.00	12.75	㎡	-	-	하자
	후타재 망상균열	표면처리	6.90	10.35	㎡	-	-	하자
	하부 누수	재설치	2.60	3.90	m	-	-	하자
	차수판 앵커탈락	정비	2.00	3.00	EA	-	-	하자
교면포장	망상균열	표면처리	330.00	495.00	㎡	-	-	하자
	접속부 망상균열	표면처리	77.00	115.50	㎡	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	24.50	9.19	㎡	-	-	하자
	백태	표면처리	0.06	0.09	㎡	-	-	하자
	접속부 파손	단면보수	2.40	3.60	㎡	-	-	하자
	접속부 백태	표면처리	1.00	1.50	㎡	-	-	하자
	접속부 단차	주의관찰	1.50	2.25	m	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

33.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 33.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

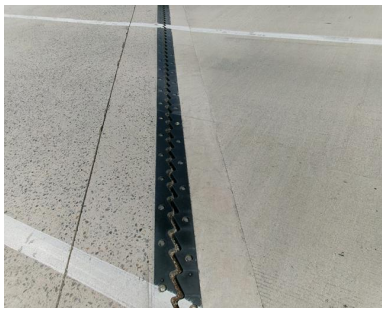
◎ 부재별 중점점검 손상



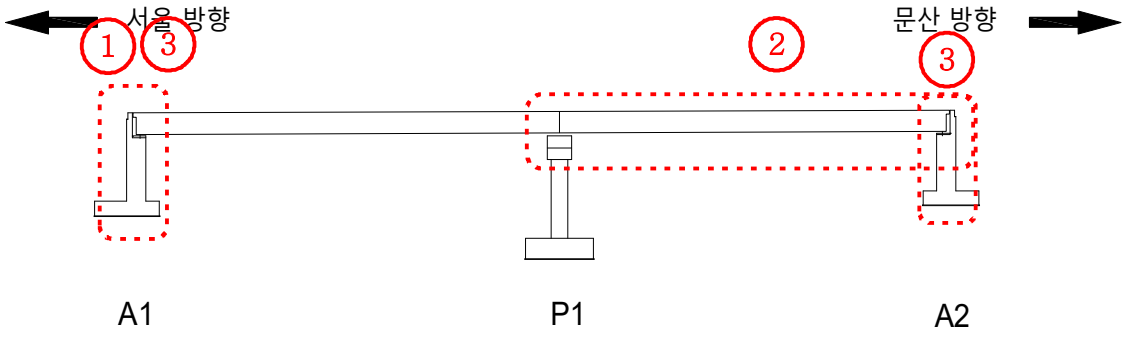

① 교대 균열, 백태 등 – 진전 여부확인



② 교면포장 망상균열 등 – 진전 여부확인

③ 신축이음 후타재 균열, 하부 누수 – 진전 여부확인



33.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 대원리 1333-3에 위치한 교량으로 총 연장 115.0m, 폭 24.6m의 BH Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

33.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면 현장조사 결과 바닥판 측면에 국부적인 파손이 조사되었다.
- 교대(A1측)에 접하는 바닥판하면에 발생한 파손은 다짐불량, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 교량의 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

2) BH Girder

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 거더는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 폭 0.3㎜ 미만 균열 및 망상균열, 균열부 백태, 체수흔적 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.
- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 누수흔적이 확인되었고, 그 외의 손상인 균열, 백태의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하다.
- 신축이음 하부를 통한 누수에 대해 지속적인 주의관찰을 실시하는 유지관리가 요구된다.

5) 교각

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열이 조사되었다.
- 교각 코핑부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

6) 교량받침

- 현장조사 결과 전반적으로 양호한 것으로 확인되었다.
- 받침본체 및 몰탈, 콘크리트 모두 양호한 상태로 조사되었으나, 플레이트 도장 및 콘크리트 균열 등에 대하여 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 교량받침 이동량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 하부 누수, 차수판 앵커탈락 등의 손상이 조사되었다.
- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 하부 누수의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 균열 보수 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 현장조사 결과 포장부 및 접속도로 망상균열이 확인되었다.
- 교면포장은 구배불량에 의한 물고임 현상은 없는 상태이며, 포장부 콘크리트 망상균열이 조사되었다. 상기 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

9) 배수시설

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만의 균열 및 백태, 접속부 방호벽 파손, 백태, 단차가 확인되었다.
- 방호벽에 발생한 균열 및 백태, 파손, 단차는 건조수축, 공용기간 증가, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성확보를 위한 표면보수 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

11) 교량 점검시설

- 교대 및 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.
- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.5~29.0㎫, 거더 46.1㎫, 하부구조 교대 24.2~25.6㎫, 교각 43.1㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 4.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 4.0~4.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 대원2교의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 대원2교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

33.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

33.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

34. 신공릉천교(서울)

34.1 시설물 개요
34.2 자료수집 및 분석
34.3 현장조사
34.4 콘크리트 내구성조사
34.5 상태평가
34.6 종합평가 및 안전등급 지정
34.7 보수·보강 및 유지관리 방안
34.8 종합결론

34. 신공릉천교(서울)

34.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 능안리 23-4에 위치한 교량으로 총 연장 320.0m, 폭 12.3m로 시공되어 있다.

34.1.1 일반사항

【표 34.1.1】 신공릉천교(서울) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000123	관리번호		-
시설물위치		경기도 파주시 조리읍 능안리 23-4	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		본선구간 18.000km	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=320.0m(6@35+50+60=320.0m)			
	폭	B=12.3m			
구조형식	상부	PSC빔+BH거더	기초형식	교 대	A1: 직접기초 A2: 강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형 교각: T형		교 각	P1,2,7: 강관말뚝기초 P3,4,5,6: 직접기초
교량받침		지진격리받침, 탄성받침	신축이음		핑거, 뉴모노셀
교차시설물		공릉천, 국지도56호선	통과높이		5.0m
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		지에스건설㈜	관리주체		㈜신성엔지니어링
감 리 자		동남이엔씨㈜	관리주체		서울문산고속도로주식회사

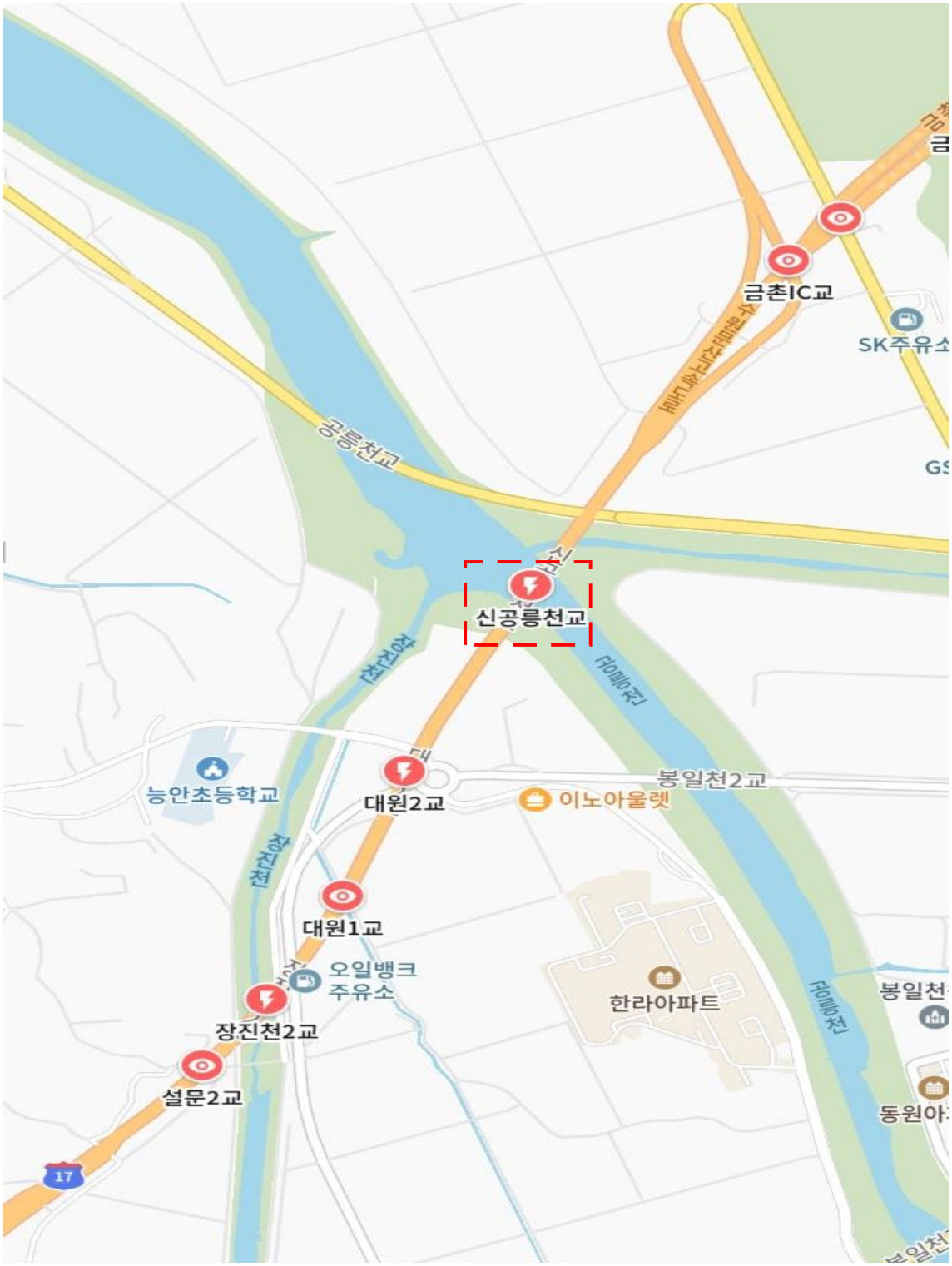


측면 전경



상부 전경

34.1.2 위치도 및 전경사진



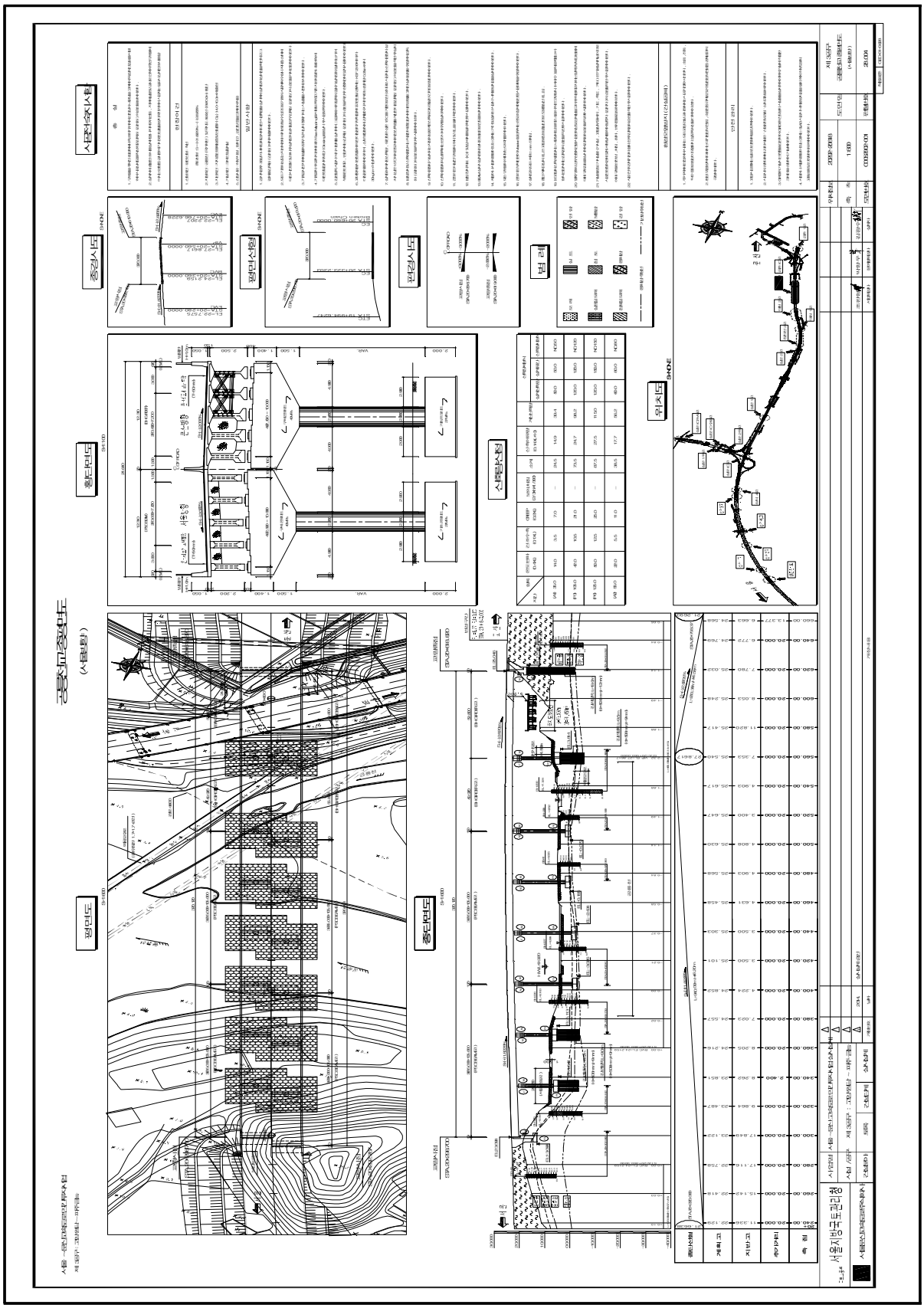
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S8	도보, 굴절차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 34.1.1】 위치도

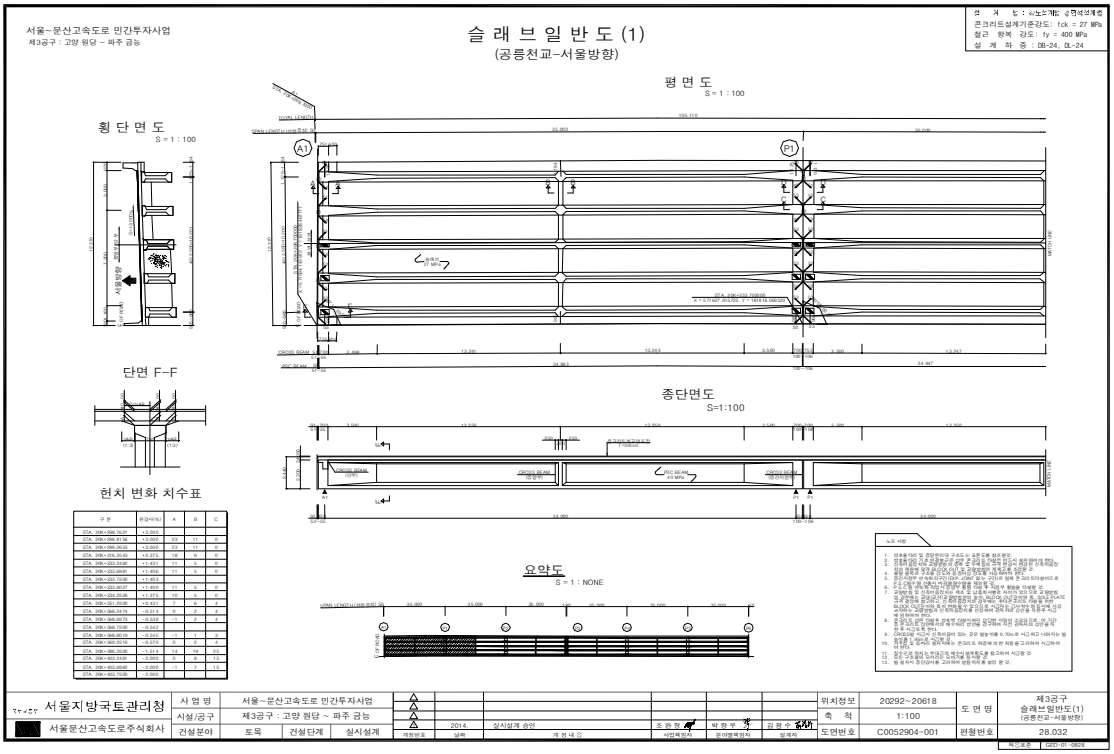
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더(PSC) 전경	거더(BH) 전경
	
교대(A1) 전경	교대(A2) 전경
	
교각 전경	교량받침 전경

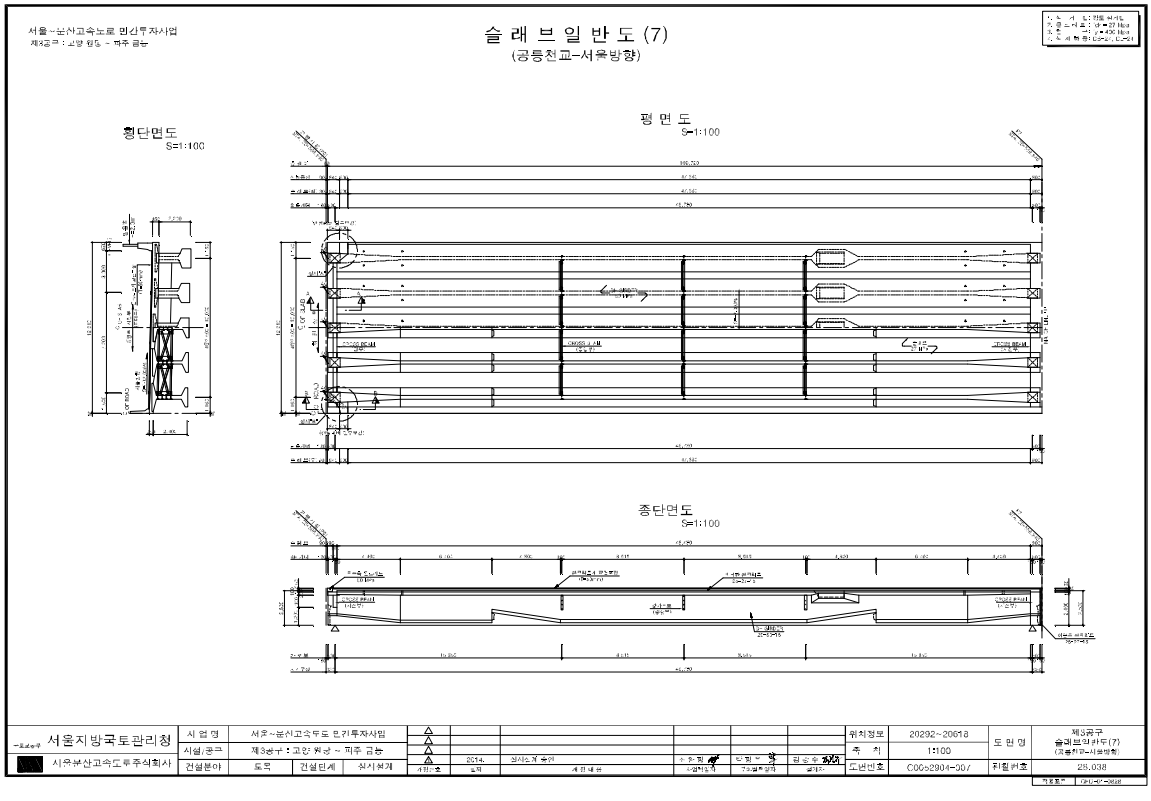
【그림 34.1.2】 부재별 현황

34.1.3 시설물 일반도

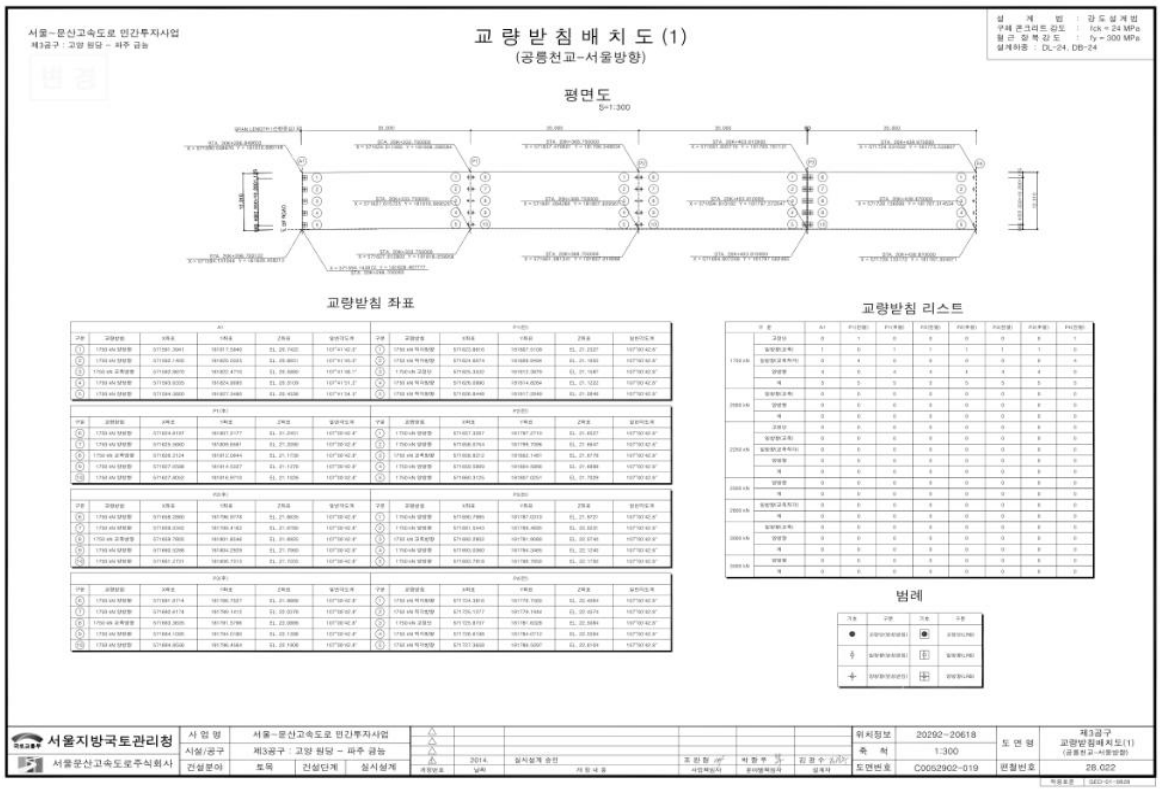


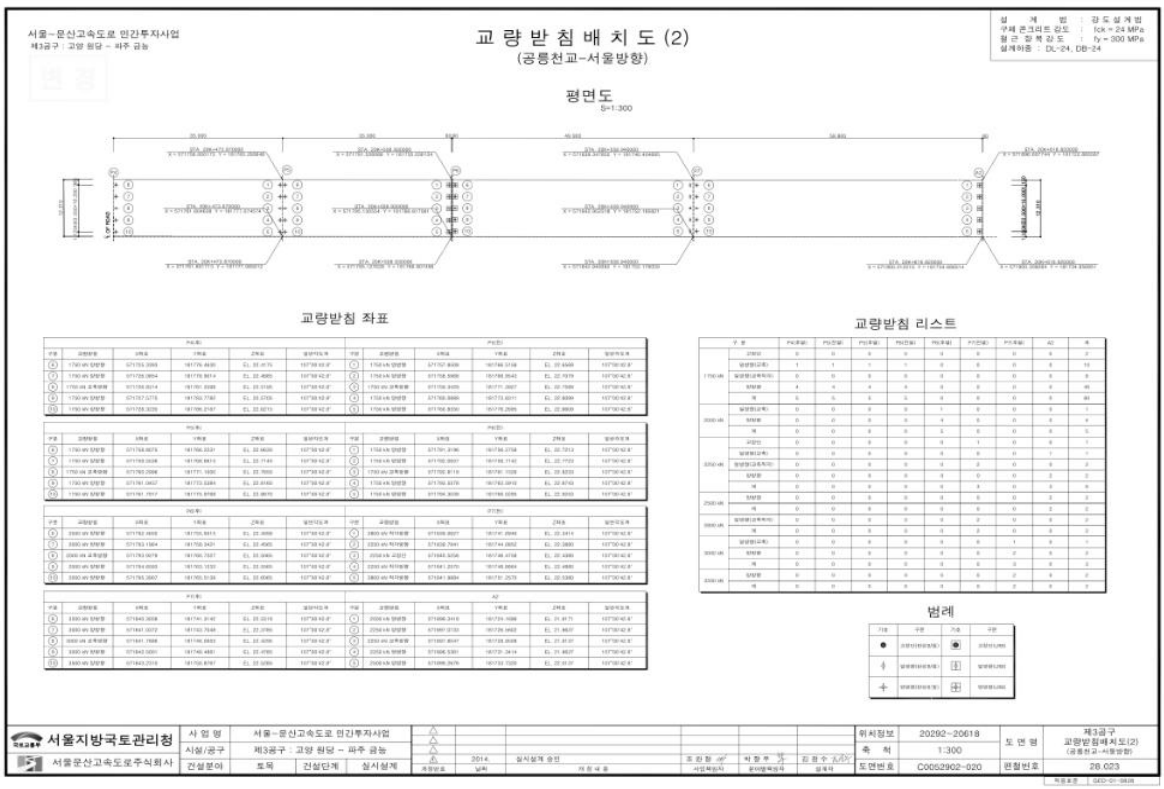
【그림 34.1.3】 평면 및 종단면도



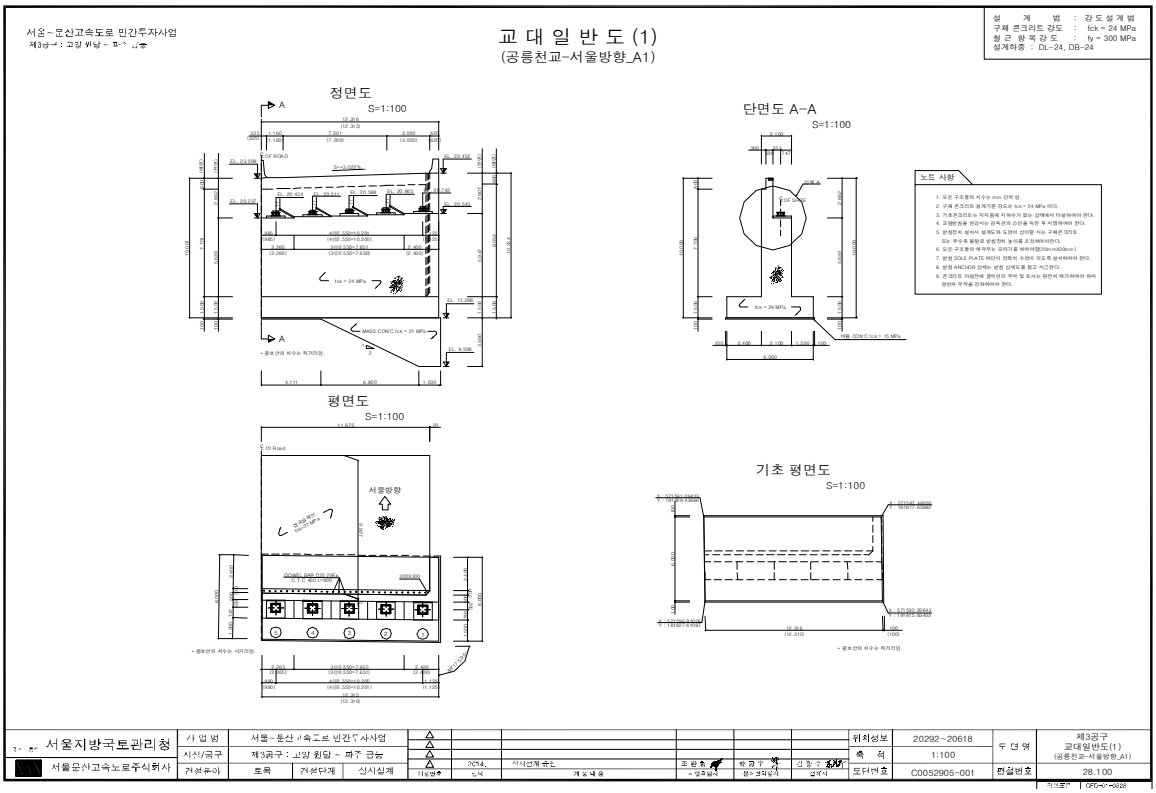


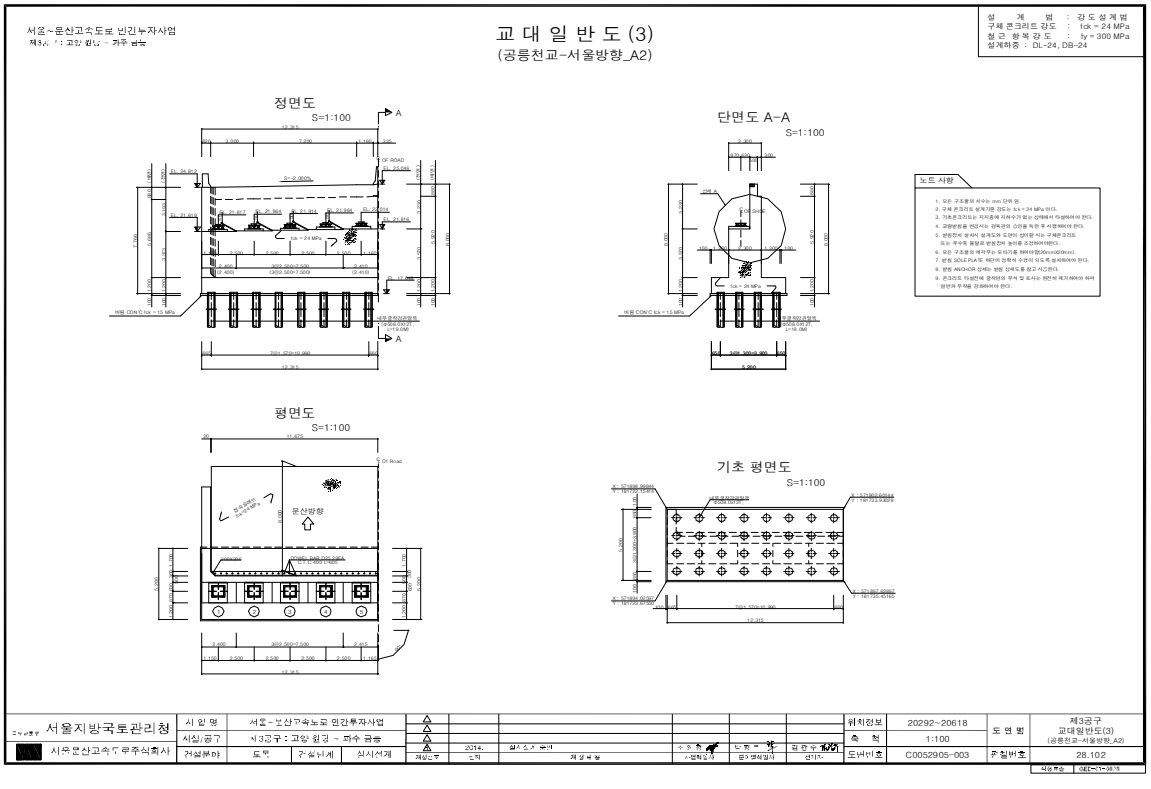
【그림 34.1.4】 바닥판하면, 거더 일반도



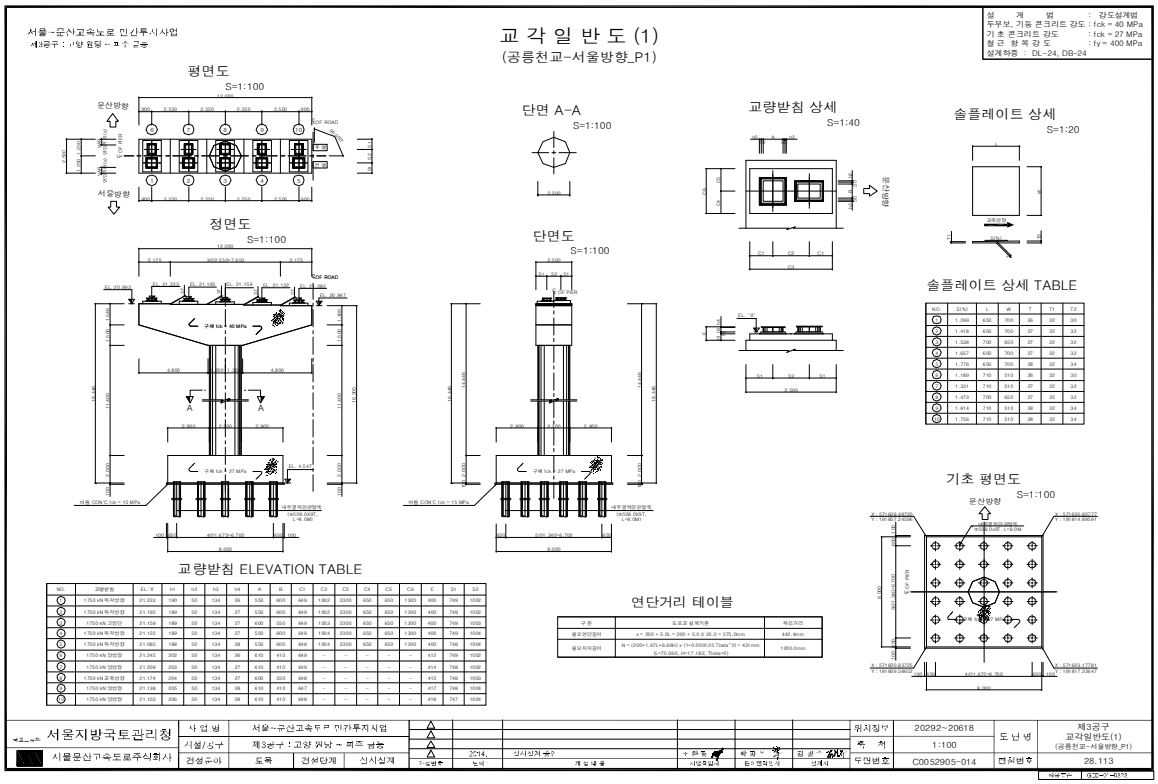


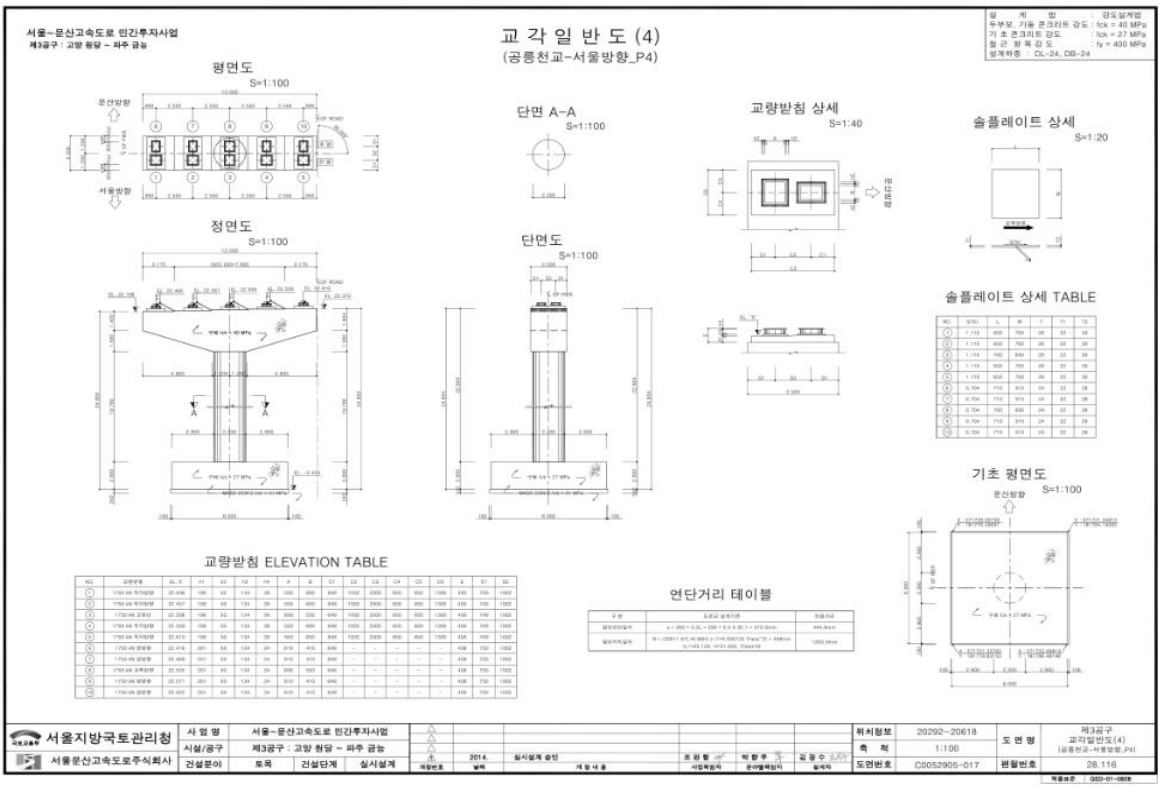
【그림 34.1.5】 교량받침 배치도



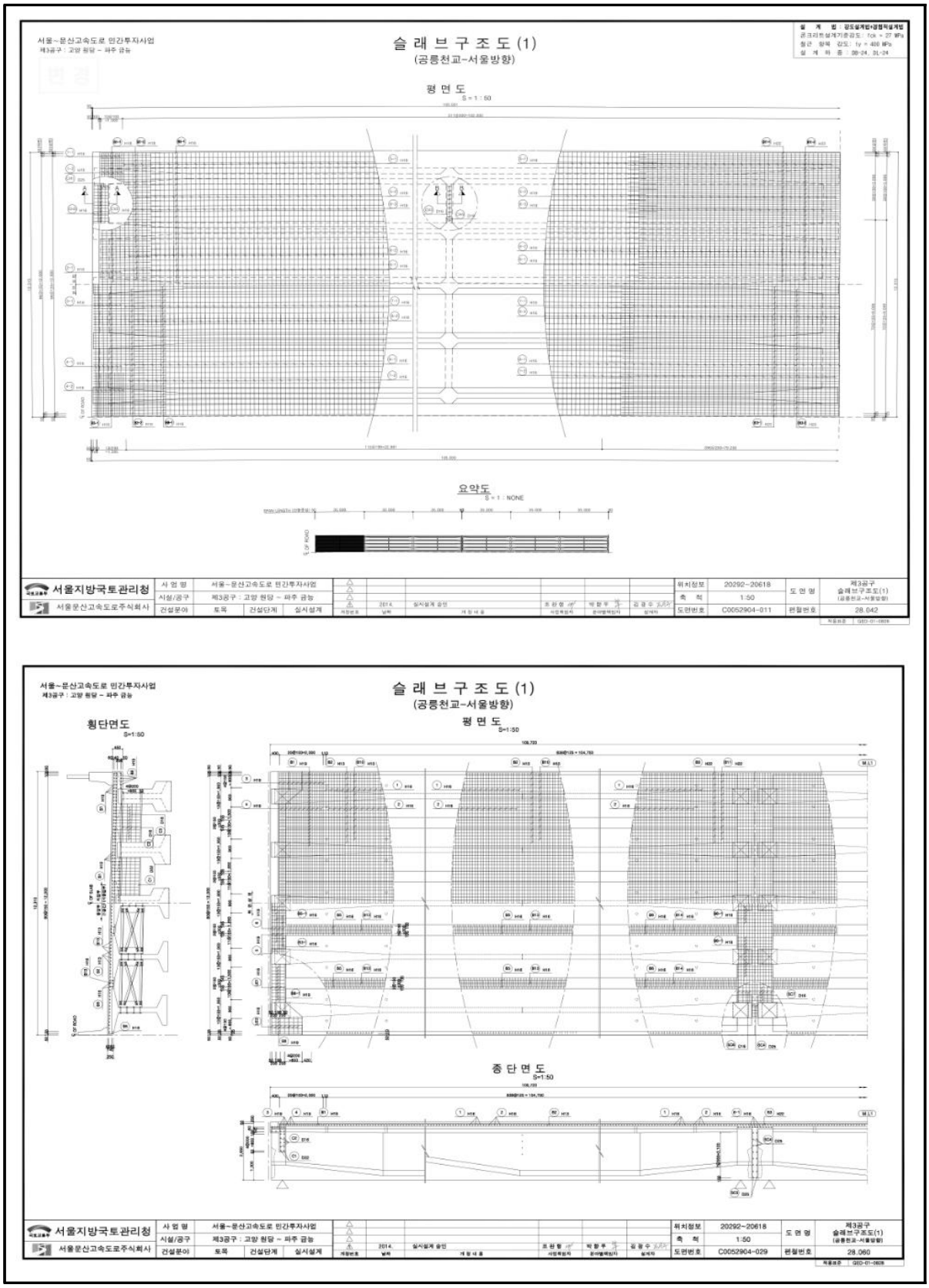


【그림 34.1.6】 교대 일반도

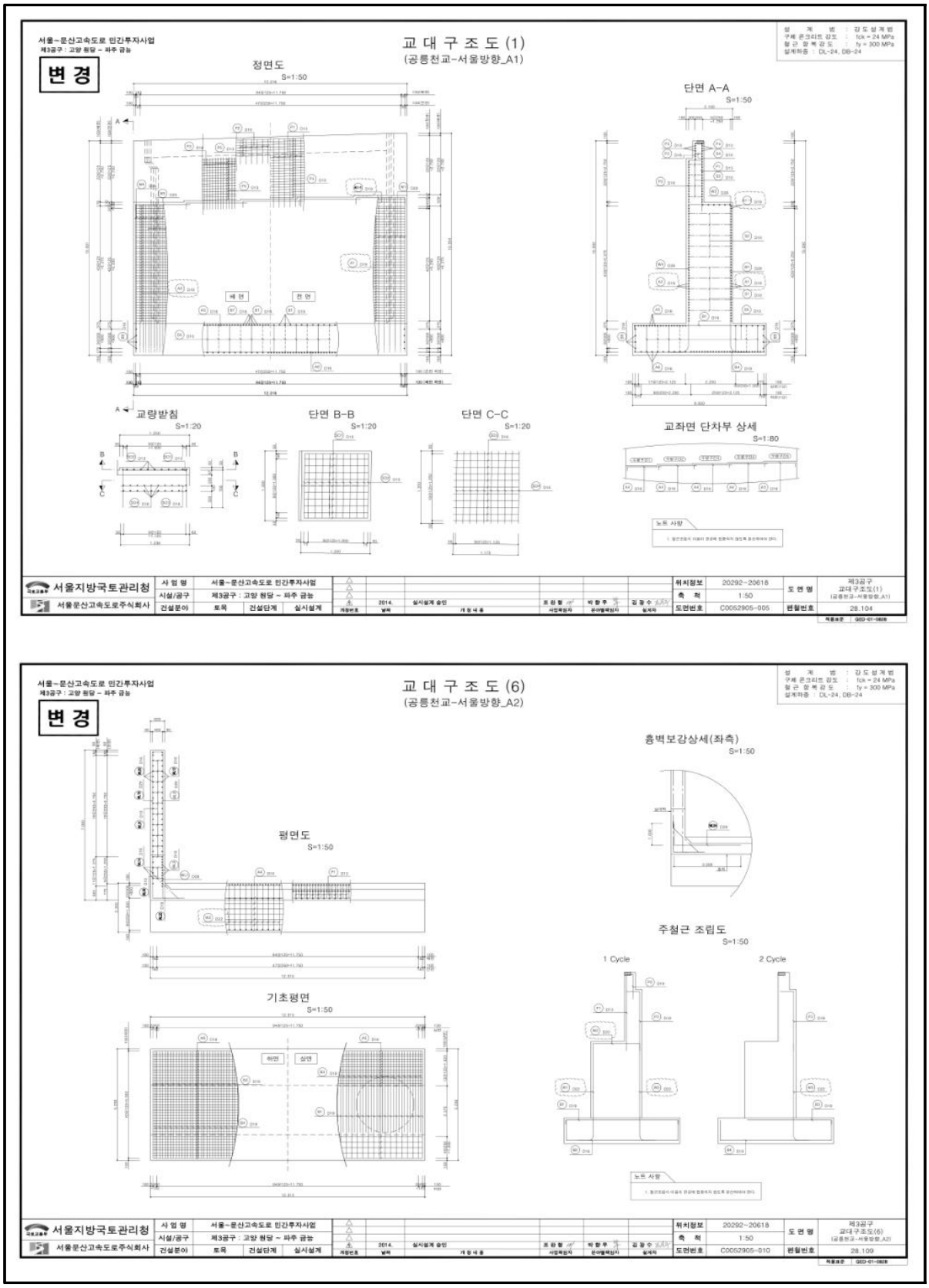




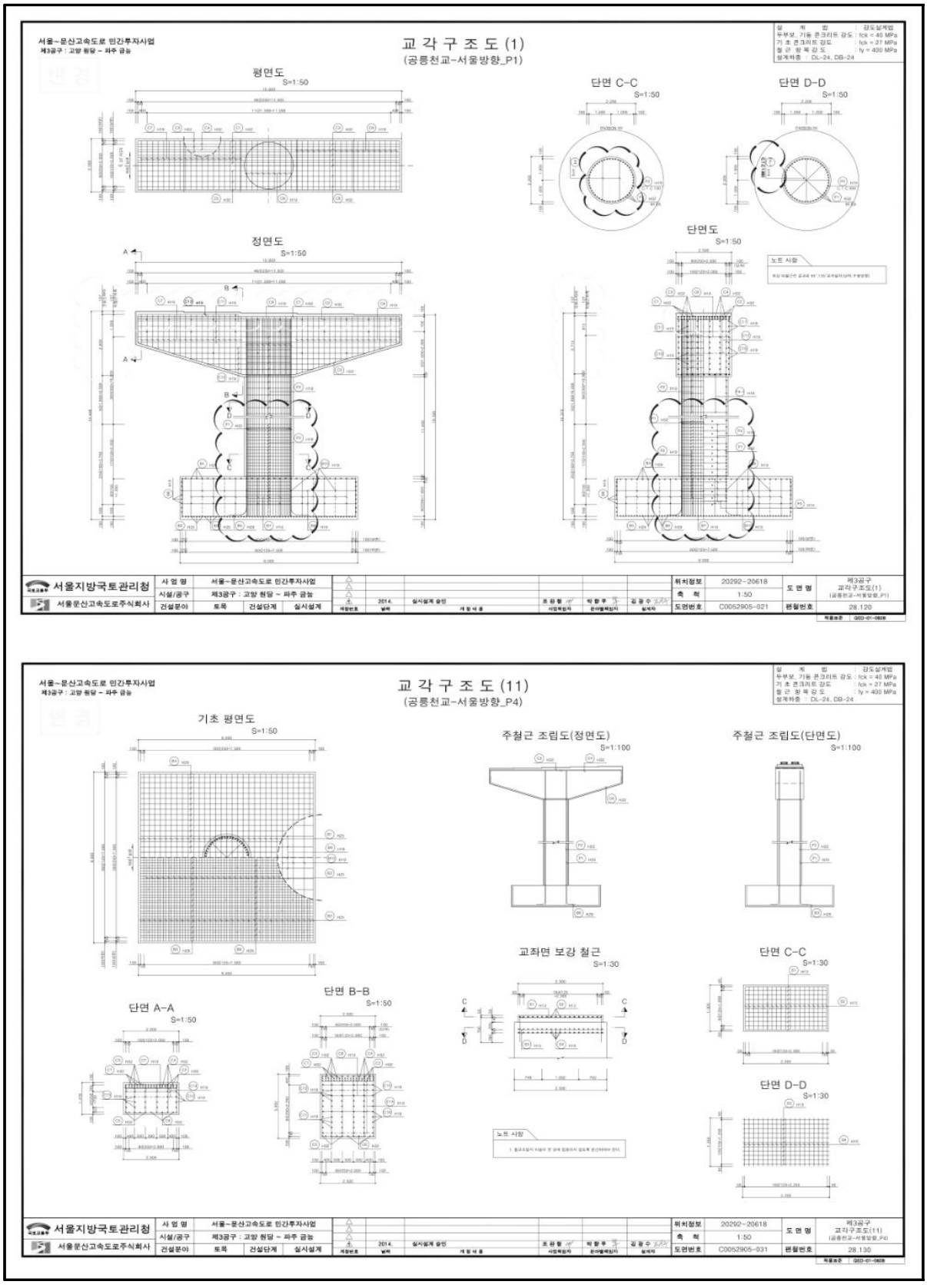
【그림 34.1.7】 교각 일반도



【그림 34.1.8】 바닥판하면 배근도



【그림 34.1.9】 교대 배근도



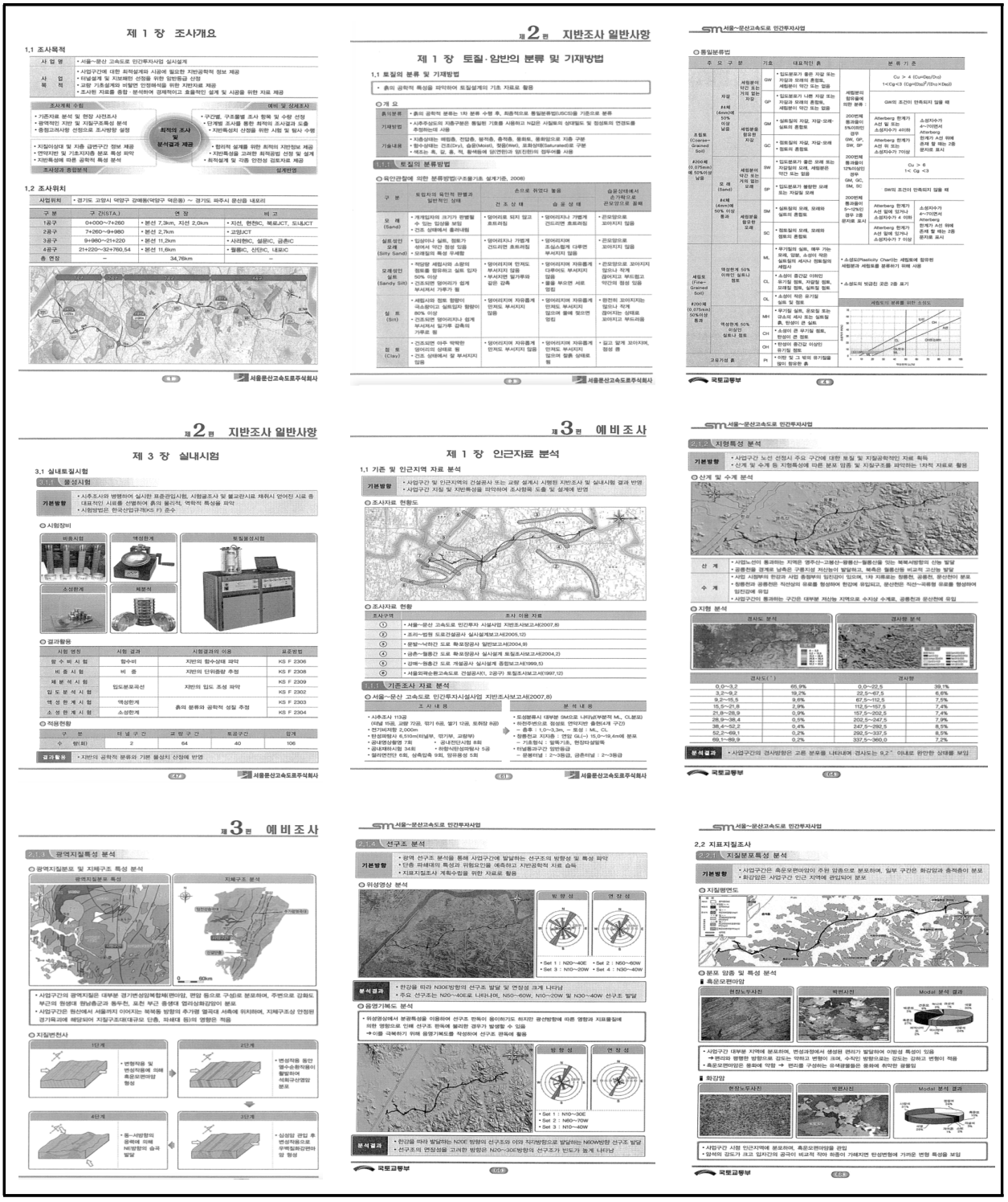
【그림 34.1.10】 교각 배근도

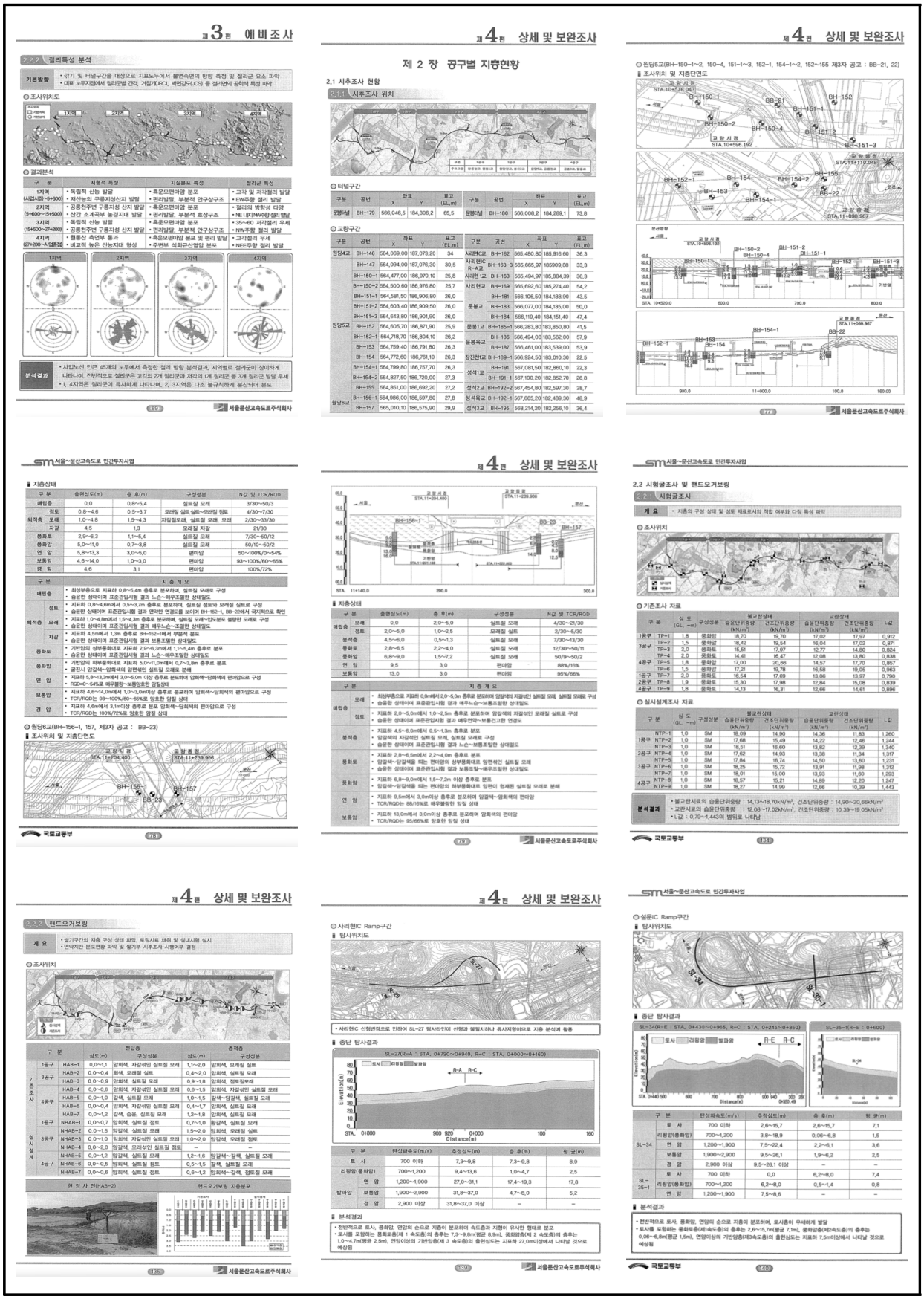
34.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

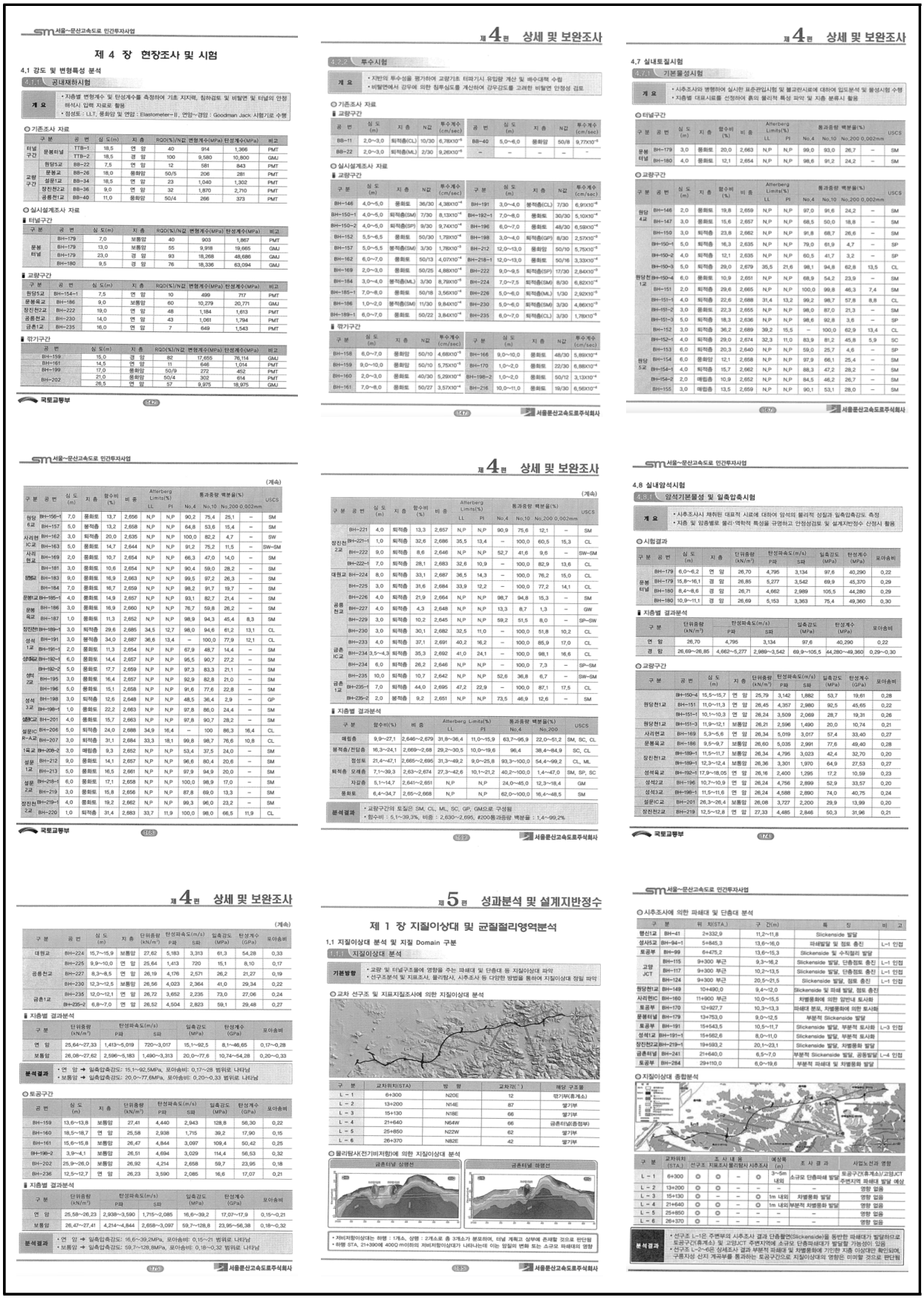
34.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질




제3편 예비조사
2.2.2 절리특성 분석
기본방향
• 막기 및 터널구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악
• 대표 노두지점에서 절리군별 간격, 개방기(JFC), 버컨심도(JCS) 등 절리면의 공학적 특성 파악
조사위치도
결과분석
분석결과
• 사업노선 인근 45개의 노두에서 측정한 절리 방향 분석결과, 지역별로 절리군이 상이하게 나타나며, 전반적으로 절리군은 고각의 2개 절리군과 저각의 1개 절리군 등 3개 절리군 발달 우세
• 1, 4지역은 절리군이 유사하게 나타나며, 2, 3지역은 다소 불규칙하게 분산되어 분포.
69
서울문산고속도로주식회사
제4편 상세 및 보완조사
제 2 장 공구별 지층현황
2,1 시추조사 현황
2.1.1 시추조사 위치
터널구간
교량구간
원당5교(BH-156~1, 157, 제3자 공고 : BB-23)
조사위치 및 지층단면도
지층상태
지층 개 요
69
서울문산고속도로주식회사
제4편 상세 및 보완조사
원당5교(BH-150~1~2, 150~4, 151~1~3, 152~1, 154~1~2, 152~155 제3자 공고 : BB-21, 22)
조사위치 및 지층단면도
77
서울문산고속도로주식회사
제4편 상세 및 보완조사
지층상태
지층 개 요
원당5교(BH-156~1, 157, 제3자 공고 : BB-23)
조사위치 및 지층단면도
78
국토교통부
제4편 상세 및 보완조사
지층상태
지층 개 요
79
서울문산고속도로주식회사
제4편 상세 및 보완조사
2,2 시험굴조사 및 핸드오거보링
2.2.1 시험굴조사
개 요
• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악
조사위치
기존조사 자료
실시설계조사 자료
분석결과
• 평균시료의 습윤단위중량 : 14,13~18,70kN/m³, 건조단위중량 : 14,90~20,66kN/m³
• 교란시료의 습윤단위중량 : 12,08~17,02kN/m³, 건조단위중량 : 10,39~19,05kN/m³
• L값 : 0,79~1,443의 범위로 나타남
121
국토교통부
제4편 상세 및 보완조사
2.2.7 핸드오거보링
개 요
• 설기구간의 지층 구성 상태 파악, 토질시료 채취 및 실내시험 실시
• 연약지반 분포현황 파악 및 설기부 시추조사 시행여부 결정
조사위치
135
서울문산고속도로주식회사
제4편 상세 및 보완조사
사리현IC Ramp구간
탐사위치도
종단 탐사결과
분석결과
• 전반적으로 토사, 풍화암, 연암의 순으로 지층이 분포하며, 토사층이 우세하게 발달
• 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 7,3~9,8m(평균 8,9m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 1,0~4,7m(평균 2,5m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 27,0m이상에서 나타날 것으로 예상됨
139
서울문산고속도로주식회사
제4편 상세 및 보완조사
설문IC Ramp구간
탐사위치도
종단 탐사결과
분석결과
• 전반적으로 토사, 풍화암, 연암의 순으로 지층이 분포하며, 토사층이 우세하게 발달
• 토사를 포함하는 풍화토층(제1속도층)의 층후는 2,6~15,7m(평균 7,1m), 풍화암층(제2속도층)의 층후는 0,06~6,8m(평균 1,5m), 연암이상의 기반암층(제3속도층)의 출현심도는 지표하 7,5m이상에서 나타날 것으로 예상됨
140
국토교통부

나. 지반 및 지질 조사보고서



제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공대재하시험

개 요
- 지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용
- 정성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 기존조사 자료

구분		공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
터널구간	문봉터널	TTB-1	18,5	연 암	40	914	1,366	PMT
		TTB-2	18,5	경 암	100	9,580	10,800	GMJ
교량구간	한당5교	BB-22	7,5	연 암	12	581	843	PMT
	문봉교	BB-26	18,0	풍화암	50/5	206	281	PMT
	설문1교	BB-34	18,5	연 암	23	1,040	1,302	PMT
	장진천2교	BB-36	9,0	연 암	32	1,870	2,710	PMT
	공릉천1교	BB-40	11,0	풍화암	50/4	266	373	PMT

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
문봉터널	BH-179	7,0	보통암	40	903	1,867	PMT
	BH-179	13,0	보통암	55	9,918	19,665	GMJ
	BH-179	23,0	경 암	93	18,268	48,686	GMJ
	BH-180	9,5	경 암	76	18,336	63,094	GMJ

▮ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
한당5교	BH-154-1	7,5	연 암	10	499	717	PMT
문봉육교	BH-186	9,0	보통암	60	10,279	20,771	GMJ
장진천2교	BH-222	19,0	연 암	48	1,184	1,613	PMT
공릉천2교	BH-230	14,0	연 암	43	1,061	1,794	PMT
금촌1교	BH-235	16,0	연 암	7	649	1,543	PMT

▮ 암기구간

공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-159	15,0	경 암	82	17,655	76,114	GMJ
BH-161	14,5	연 암	11	646	1,014	PMT
BH-199	17,0	풍화암	50/9	272	452	PMT
BH-202	21,0	풍화암	50/4	302	614	PMT
	26,5	연 암	57	9,975	18,975	GMJ

4.2.2 투수시험

개 요
- 지반의 투수성을 평가하여 교량기초 터파기시 유입량 계산 및 배수대책 수립
- 비탈면에서 강우에 의한 침투심도를 계산하여 강우강도를 고려한 비탈면 안정성 검토

○ 기존조사 자료

▮ 교량구간

공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BB-11	2,0~3,0	퇴적층(CL)	10/30	$6.78X10^{-6}$	BB-40	5,0~6,0	풍화암	50/8	$9.77X10^{-5}$
BB-22	2,0~3,0	퇴적층(ML)	2/30	$9.26X10^{-6}$	-	-	-	-	-

○ 실시설계조사 자료

▮ 교량구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-146	4,0~5,0	풍화토	36/30	$4.38X10^{-6}$	BH-191	3,0~4,0	붕적층(CL)	7/30	$6.91X10^{-6}$
BH-150-1	4,0~5,0	퇴적층(SM)	7/30	$8.13X10^{-6}$	BH-192-1	7,0~8,0	풍화토	30/30	$5.10X10^{-6}$
BH-150-2	4,0~5,0	퇴적층(SP)	9/30	$9.74X10^{-6}$	BH-196	6,0~7,0	풍화토	48/30	$6.59X10^{-6}$
BH-152	5,5~6,5	풍화토	50/30	$1.79X10^{-6}$	BH-198	3,0~4,0	퇴적층(GP)	8/30	$2.57X10^{-5}$
BH-157	5,0~5,5	붕적층(SM)	3/30	$1.78X10^{-5}$	BH-212	12,0~13,0	풍화암	50/10	$5.75X10^{-6}$
BH-162	6,0~7,0	풍화토	50/13	$4.07X10^{-6}$	BH-218-1	12,0~13,0	풍화토	50/16	$3.33X10^{-6}$
BH-169	2,0~3,0	풍화토	50/25	$4.88X10^{-6}$	BH-222	9,0~9,5	퇴적층(SP)	17/30	$2.84X10^{-5}$
BH-184	3,0~4,0	붕적층(ML)	3/30	$8.79X10^{-6}$	BH-224	7,0~7,5	퇴적층(SM)	8/30	$6.82X10^{-6}$
BH-185-1	7,0~8,0	풍화토	50/18	$3.56X10^{-6}$	BH-226	5,0~6,0	퇴적층(ML)	1/30	$2.92X10^{-5}$
BH-186	1,0~2,0	붕적층(SM)	11/30	$9.84X10^{-6}$	BH-230	5,0~6,0	퇴적층(SM)	3/30	$4.86X10^{-5}$
BH-189-1	6,0~7,0	풍화토	50/22	$3.84X10^{-6}$	BH-235	6,0~7,0	퇴적층(CL)	3/30	$1.78X10^{-5}$

▮ 암기구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-158	6,0~7,0	풍화암	50/10	$4.68X10^{-6}$	BH-166	9,0~10,0	풍화토	48/30	$5.89X10^{-6}$
BH-159	9,0~10,0	풍화암	50/10	$5.75X10^{-6}$	BH-170	1,0~2,0	풍화토	22/30	$6.88X10^{-6}$
BH-160	2,0~3,0	풍화토	40/30	$5.29X10^{-6}$	BH-198-2	1,0~2,0	풍화토	50/12	$3.13X10^{-6}$
BH-161	7,0~8,0	풍화토	50/27	$3.57X10^{-6}$	BH-216	10,0~11,0	풍화토	19/30	$6.56X10^{-6}$

4.7 실내토질시험

4.7.1 기본물성시험

개 요
- 시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
- 지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
문봉터널	BH-179	3,0	풍화토	20,0	2,663	N.P	N.P	99,0	93,0	26,7	-	SM
	BH-180	4,0	풍화토	12,1	2,654	N.P	N.P	98,6	91,2	24,2	-	SM

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
한당4교	BH-146	2,0	풍화토	19,8	2,659	N.P	N.P	97,0	91,6	24,2	-	SM
	BH-147	3,0	퇴적층	15,6	2,657	N.P	N.P	68,5	50,0	18,8	-	SM
한당천1교	BH-150	3,0	퇴적층	23,8	2,662	N.P	N.P	91,8	68,7	26,6	-	SM
	BH-150-1	5,0	퇴적층	16,3	2,635	N.P	N.P	79,0	61,9	4,7	-	SP
	BH-150-2	4,0	퇴적층	12,1	2,635	N.P	N.P	60,5	41,7	3,2	-	SP
	BH-150-3	5,0	퇴적층	29,0	2,679	35,5	21,6	98,1	94,8	62,8	13,5	CL
	BH-150-4	6,0	풍화토	10,9	2,651	N.P	N.P	68,9	54,2	23,9	-	SM
	BH-151	2,0	퇴적층	29,6	2,665	N.P	N.P	100,0	99,8	46,3	7,4	SM
	BH-151-1	4,0	퇴적층	22,6	2,688	31,4	13,2	99,2	98,7	57,8	8,8	CL
	BH-151-2	3,0	풍화토	22,3	2,655	N.P	N.P	98,0	87,0	21,3	-	SM
	BH-151-3	5,0	퇴적층	18,3	2,636	N.P	N.P	98,6	92,8	3,6	-	SP
	BH-152	3,0	퇴적층	36,2	2,689	39,2	15,5	-	100,0	62,9	13,4	CL
	BH-152-1	4,0	퇴적층	29,0	2,674	32,3	11,0	83,9	81,2	45,8	5,9	SC
	BH-153	6,0	퇴적층	20,3	2,640	N.P	N.P	59,0	25,7	4,6	-	SP
한당5교	BH-154	6,0	풍화암	12,1	2,658	N.P	N.P	97,9	66,1	25,4	-	SM
	BH-154-1	4,0	퇴적층	15,7	2,662	N.P	N.P	88,3	47,2	28,2	-	SM
	BH-154-2	2,0	매립층	10,9	2,652	N.P	N.P	84,5	46,2	26,7	-	SM
	BH-155	3,0	매립층	13,5	2,659	N.P	N.P	90,1	53,1	28,0	-	SM

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
한당5교	BH-156-1	7,0	풍화토	13,7	2,656	N.P	N.P	90,2	75,4	25,1	-	SM
	BH-157	5,0	붕적층	13,2	2,658	N.P	N.P	64,8	53,6	15,4	-	SM
사리현IC-2교	BH-162	3,0	퇴적층	20,0	2,635	N.P	N.P	100,0	82,2	4,7	-	SW
	BH-163	5,0	풍화토	14,7	2,644	N.P	N.P	91,2	75,2	11,5	-	SW-SM
사리현교	BH-169	2,0	풍화토	10,7	2,654	N.P	N.P	66,3	47,0	14,0	-	SM
	BH-181	3,0	풍화토	10,6	2,654	N.P	N.P	90,4	59,0	28,2	-	SM
본동2교	BH-183	9,0	풍화토	16,9	2,663	N.P	N.P	99,5	97,2	26,3	-	SM
	BH-184	7,0	풍화토	16,7	2,659	N.P	N.P	98,2	91,7	19,7	-	SM
문봉1교	BH-185-1	4,0	풍화토	14,9	2,657	N.P	N.P	93,1	82,7	21,4	-	SM
문봉육교	BH-186	3,0	풍화토	16,9	2,660	N.P	N.P	76,7	59,8	26,2	-	SM
	BH-187	1,0	풍화토	11,3	2,652	N.P	N.P	98,9	94,3	45,4	8,3	SM
장진천4교	BH-189-1	3,0	퇴적층	29,6	2,685	34,5	12,7	98,0	94,6	61,2	13,1	CL
설문1교	BH-191	3,0	붕적층	34,0	2,687	38,6	13,4	-	100,0	77,9	12,1	CL
	BH-191-1	2,0	풍화토	11,3	2,654	N.P	N.P	67,9	48,7	14,4	-	SM
설문IC교	BH-192-1	6,0	풍화토	14,4	2,657	N.P	N.P	95,5	90,7	27,2	-	SM
장진천2교	BH-192-2	5,0	풍화토	17,7	2,659	N.P	N.P	97,3	83,3	21,1	-	SM
	BH-195	3,0	풍화토	16,4	2,657	N.P	N.P	92,9	82,8	21,0	-	SM
	BH-196	5,0	풍화토	15,1	2,658	N.P	N.P	91,6	77,6	22,8	-	SM
설문3교	BH-198	3,0	퇴적층	12,6	2,648	N.P	N.P	48,5	36,4	2,9	-	GP
	BH-198-1	1,0	풍화토	22,2	2,663	N.P	N.P	97,8	86,0	24,4	-	SM
설문IC교	BH-201	4,0	풍화토	15,7	2,663	N.P	N.P	97,8	90,7	28,2	-	SM
설문IC-2교	BH-206	5,0	퇴적층	24,0	2,688	34,9	16,4	-	100	86,3	16,4	CL
	BH-207	3,0	퇴적층	31,1	2,684	33,3	18,1	99,8	98,7	76,6	10,8	CL
1육교	BH-208-2	3,0	매립층	9,3	2,652	N.P	N.P	53,4	37,5	24,0	-	SM
설문1교	BH-212	9,0	풍화토	14,1	2,657	N.P	N.P	96,6	80,4	20,6	-	SM
	BH-213	5,0	풍화토	16,5	2,661	N.P	N.P	97,9	94,9	20,0	-	SM
설문2교	BH-218-1	6,0	풍화토	17,1	2,658	N.P	N.P	100,0	98,9	17,0	-	SM
	BH-219	3,0	풍화토	15,8	2,656	N.P	N.P	87,8	69,0	13,3	-	SM
장진천2교	BH-219-1	4,0	풍화토	19,2	2,662	N.P	N.P	99,3	96,0	23,2	-	SM
	BH-220	1,0	퇴적층	31,4	2,683	33,7	11,9	100,0	98,0	66,5	11,9	CL

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200	0.002mm	USCS
장진천2교	BH-221	4,0	퇴적층	13,3	2,657	N.P	N.P	90,9	75,6	12,1	-	SM
	BH-221-1	1,0	퇴적층	32,6	2,686	35,5	13,4	-	100,0	60,5	15,3	CL
	BH-222	9,0	퇴적층	8,6	2,646	N.P	N.P	52,7	41,6	9,6	-	SW-SM
	BH-222-1	7,0	퇴적층	28,1	2,683	32,6	10,9	-	100,0	82,9	13,6	CL
대현교	BH-224	8,0	퇴적층	33,1	2,687	36,5	14,3	-	100,0	76,2	15,0	CL
공릉천교	BH-225	3,0	퇴적층	31,6	2,684	33,9	12,2	-	100,0	77,2	14,1	CL
	BH-226	4,0	퇴적층	21,9	2,664	N.P	N.P	98,7	94,8	15,3	-	SM
	BH-227	4,0	퇴적층	4,3	2,648	N.P	N.P	13,3	8,7	1,3	-	GW
	BH-229	3,0	퇴적층	10,2	2,645	N.P	N.P	59,2	51,5	8,0	-	SP-SW
	BH-230	3,0	퇴적층	30,1	2,682	32,5	11,0	-	100,0	51,8	10,2	CL
금촌IC교	BH-233	4,0	퇴적층	37,1	2,691	40,2	16,2	-	100,0	85,9	17,0	CL
	BH-234	3,5~4,3	퇴적층	35,3	2,692	41,0	24,1	-	100,0	98,1	16,6	CL
	BH-234	6,0	퇴적층	26,2	2,646	N.P	N.P	-	100,0	7,3	-	SP-SM
금촌1교	BH-235	10,0	퇴적층	10,7	2,642	N.P	N.P	52,6	36,8	6,7	-	SW-SM
	BH-235-1	7,0	퇴적층	44,0	2,695	47,2	22,9	-	100,0	87,1	17,5	CL
	BH-235-2	2,0	붕적층	9,2	2,651	N.P	N.P	73,5	46,9	12,6	-	SM

▮ 지층별 결과분석

구분	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.200	USCS
매립층	9,9~27,1	2,646~2,679	31,8~36,4	11,0~15,9	63,7~95,9	22,0~51,2	SM, SC, CL
붕적층/한당층	16,3~24,1	2,669~2,68	29,2~30,5	10,0~19,6	98,4	38,4~84,9	SC, CL
퇴적층	점성토 21,4~47,1	2,665~2,695	31,3~49,2	9,0~25,8	93,3~100,0	54,4~99,2	CL, ML
	모래층 7,1~39,3	2,63~2,674	27,3~42,6	10,1~21,2	40,2~100,0	1,4~47,0	SM, SP, SC
	자갈층 5,1~14,7	2,641~2,651	N.P	N.P	24,0~45,0	12,3~18,4	GM
풍화토	6,4~34,7	2,65~2,668	N.P	N.P	62,0~100,0	16,4~48,5	SM

분석결과
- 교량구간의 토질은 SM, CL, ML, SC, GP, GM으로 구성됨
- 함수비 : 5,1~39,3%, 비중 : 2,630~2,695, #200통과중량 백분율 : 1,4~99,2%

4.8 실내암석시험

4.8.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요
- 시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정
- 지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 시험결과

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
문봉터널	BH-179	6,0~6,2	연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
	BH-179	15,8~16,1	경 암	26,85	5,277	3,542	69,9	45,370	0,29
	BH-180	8,4~8,6	경 암	26,71	4,662	2,989	105,5	44,280	0,29
	BH-180	10,9~11,1	경 암	26,69	5,153	3,363	75,4	49,360	0,30

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
경 암	26,69~26,85	4,662~5,277	2,989~3,542	69,9~105,5	44,280~49,360	0,29~0,30

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
한당천1교	BH-150-4	15,5~15,7	연 암	25,79	3,142	1,882	53,7	19,61	0,28
	BH-151	11,0~11,3	연 암	26,45	4,357	2,980	92,5	45,65	0,22
	BH-151-1	10,1~10,3	연 암	26,24	3,509	2,069	28,7	19,31	0,26
한당천1교	BH-151-3	11,9~12,1	보통암	26,21	2,596	1,490	20,0	10,74	0,21
사리현교	BH-169	5,3~5,5	연 암	26,34	5,019	3,017	57,4	33,40	0,27
문봉육교	BH-186	9,5~9,7	보통암	26,60	5,035	2,991	77,5	49,40	0,28
장진천1교	BH-189-1	11,5~11,7	보통암	26,34	4,795	3,023	42,4	32,70	0,20
	BH-189-1	12,3~12,4	보통암	26,36	3,301	1,970	64,9	27,53	0,27
설문육교	BH-192-1	17,9~18,05	연 암	26,16	2,400	1,295	17,2	10,59	0,23
설문2교	BH-196	10,7~10,9	연 암	26,24	4,756	2,899	52,9	33,57	0,20
설문3교	BH-198-1	11,5~11,6	연 암	26,24	4,588	2,890	74,0	40,75	0,24
설문IC교	BH-201	26,3~26,4	보통암	26,08	3,727	2,200	29,9	13,99	0,20
장진천2교	BH-219	12,5~12,8	연 암	27,33	4,485	2,846	50,3	31,96	0,21

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
대현교	BH-224	15,7~15,9	보통암	27,62	5,183	3,313	61,3	54,28	0,33
공릉천교	BH-225	9,9~10,0	연 암	25,64	1,413	720	15,1	8,10	0,17
	BH-227	8,3~8,5	연 암	26,19	4,176	2,571	26,2	21,27	0,19
	BH-230	12,3~12,5	보통암	26,56	4,023	2,364	41,0	29,34	0,22
금촌1교	BH-235	12,0~12,1	연 암	26,72	3,652	2,235	73,0	27,06	0,24
	BH-235-2	6,8~7,0	연 암	26,52	4,504	2,823	59,1	29,48	0,27

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,64~27,33	1,413~5,019	720~3,017	15,1~92,5	8,1~46,65	0,17~0,28
보통암	26,08~27,62	2,596~5,183	1,490~3,313	20,0~77,6	10,74~54,28	0,20~0,33

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 15,1~92,5MPa, 포아송비: 0,17~.28 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 20,0~77,6MPa, 포아송비: 0,20~0,33 범위로 나타남

○ 토공구간

공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
BH-159	13,6~13,8	보통암	27,41	4,440	2,943	128,8	56,30	0,22
BH-160	18,5~18,7	연 암	25,58	2,938	1,715	39,2	17,90	0,15
BH-161	15,6~15,8	보통암	26,47	4,844	3,097	109,4	50,42	0,25
BH-196-2	3,9~4,1	보통암	26,51	4,694	3,029	114,4	56,53	0,32
BH-202	25,9~26,0	보통암	26,92	4,214	2,658	59,7	23,95	0,18
BH-236	12,5~12,7	연 암	26,23	3,590	2,085	16,6	17,07	0,21

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,58~26,23	2,938~3,590	1,715~2,085	16,6~39,2	17,07~17,9	0,15~0,21
보통암	26,47~27,41	4,214~4,844	2,658~3,097	59,7~128,8	23,95~56,38	0,18~0,32

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 16,6~39,2MPa, 포아송비: 0,15~21 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 59,7~128,8MPa, 포아송비: 0,18~0,32 범위로 나타남

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

기본방향
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

○ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석

구분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	예상 구조물
L-1	6+300	N20E	12	램기부(휴게소)
L-2	13+200	N14E	87	쌓기부
L-3	15+130	N18E	66	쌓기부
L-4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)
L-5	25+850	N22W	62	쌓기부
L-6	26+370	N82E	42	쌓기부

○ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석

- 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 하행 STA. 21+390에 400Ω m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구분	위치(STA.)	구간(m)	특징	비고
램산1교	BH-41	2+332,9	11,2~11,8	Slickenside 발달	
설사5교	BH-94-1	5+845,3	13,6~16,0	파쇄말대 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	15+475,2	13,6~15,3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양JCT	BH-115	9+300 부근	9,3~16,2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10,2~13,5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20,5~21,5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
한당천2교	BH-149	10+490,0	9,4~12,0	Slickenside 및 파쇄 발달, 점토 충진	
사리현IC	BH-160	11+900 부근	10,0~15,5	차별풍화에 의한 암반내 토사화	
토공부	BH-170	12+927,7	10,3~13,3	파쇄대 분포, 차별풍화에 의한 토사화	
문봉터널	BH-179	13+753,0	9,0~12,5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543,5	10,5~11,7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
설석2교	BH-191-1	15+562,6	8,0~11,0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천2교	BH-219-1	19+993,2	20,1~23,1	Slickenside 발달, 차별풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640,0	6,5~7,0	부분적 Slickenside 발달, 공동발달	L-4 인접
토공부	BH-284	29+110,0	6,0~19,6	부분적 파쇄대 및 차별풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석

구분	교차위치(STA.)	조사내용 선구조	지표조사	물리탐사	시추조사	예상폭(m)	조사결과	사업노선과 영향
L-1	6+300	○	○	-	○	3~5m 내외	소규모 단층파쇄대 발달	토공구간(휴게소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L-2	13+200	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-3	15+130	○	○	-	○	1m 내외	차별풍화 발달	영향 없음
L-4	21+640	○	○	-	○	1m 내외	부분적 차별풍화 발달	영향 없음
L-5	25+850	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-6	26+370	○	○	-	-	-	-	영향 없음

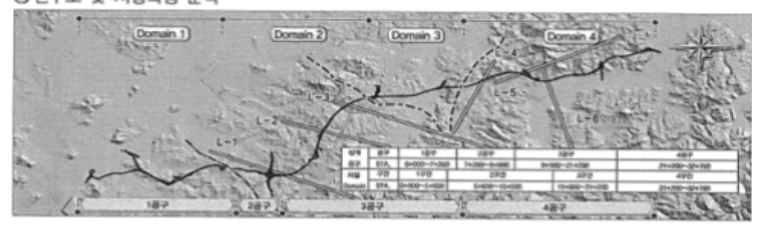
분석결과
- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층면(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(휴게소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~L-6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 차별풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구릉지성 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

제5편 성과분석 및 설계지반정수

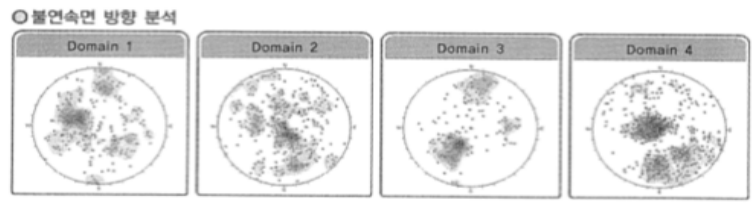
1.1.2 지질 Domain 구분

기본방향	• 사업구간의 지형과 지질특성을 비교·분석하여 동일한 지질특성을 보이는 지질 Domain 구분 • 지질 Domain별 설계지반정수 적용구간 선정 및 균질절리영역분석시 1차적 분류요소로 활용

○ 선구조 및 지형특성 분석



○ 불연속면 방향 분석



○ 지질 Domain 구분

구 분	Domain 1	Domain 2	Domain 3	Domain 4
STA.(km+m)	• 사업시점~5+600	• 5+600~15+500	• 15+500~21+200	• 21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마 타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
선구조 특성	• 한강/창릉천 수계 방향 NE~NW 선구조 발달	• 공릉천주변 NNE방향 선구조 발달 • 선구조 L-1~3 발달	• 공릉천주변 NW방향 선구조 발달	• 월롱산 주변 NE~NW 방향 선구조 발달 • 선구조 L-4~6 발달
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약
지형적 요소	• 한강 및 창릉천 주변 퇴적지대 발달	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 공릉천주변 퇴적지대 및 구릉산지 발달	• 월롱산 측면부 통과
사업공구	1공구	2공구	3공구	4공구

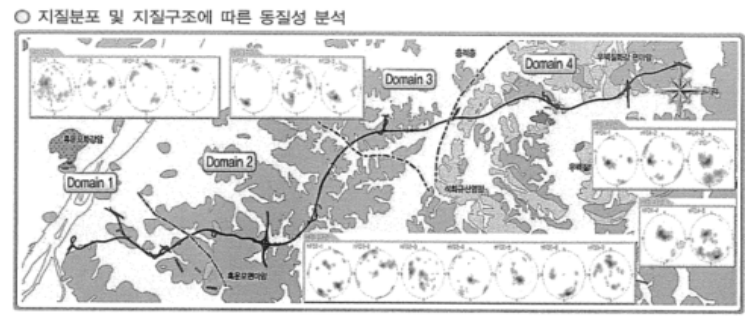
분석결과	• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분 • 지질 Domain과 사업공구 구간의 차이는 있으나 지질 Domain을 기준으로 각 구간별 설계정수

187 서울문산고속도로주식회사

제5편 성과분석 및 설계지반정수

1.2.2 동질성 검토결과

○ 지질분포 및 지질구조에 따른 동질성 분석



○ 절리방향에 따른 동질성 분석

▮ Miller Patch 방법(공내영상촬영)

구 분		0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	170°	X²합 평균	우측 p값	검 증
BH-29 vs BH-34	BH-29	18,4	17,8	18,9	22,2	20,5	19,8	20,0	17,9	16,2	21,4	45,4	0,074	동 질
	BH-34	25,2	24,4	25,9	30,4	28,1	27,2	27,4	24,5	22,1	29,4			
BH-34 vs BH-37	BH-34	45,3	51,4	41,4	48,5	55,2	39,3	48,1	50,3	37,4	53,7	62,6	0,001	비동질
	BH-37	15,7	17,8	14,3	16,8	19,1	13,6	16,6	17,4	12,9	18,6			
BH-37 vs BH-109	BH-37	14,1	13,9	14,4	14,2	14,2	15,0	15,3	13,4	14,2	14,3	45,1	0,079	동 질
	BH-109	30,1	29,6	30,9	30,3	30,4	32,1	32,6	28,6	30,3	30,5			
BH-109 vs BH-159	BH-109	44,0	38,1	38,8	43,5	39,5	39,6	43,3	37,9	38,8	40,7	68,9	0,000	비동질
	BH-159	31,2	27,0	27,5	30,8	28,0	28,0	30,7	26,8	27,5	28,8			
BH-159 vs BH-180	BH-159	54,4	50,9	51,9	54,3	50,7	51,6	53,5	51,0	51,9	50,8	124,0	0,000	비동질
	BH-180	74,7	69,9	71,2	74,5	69,6	70,9	73,5	70,0	71,3	69,8			
BH-180 vs CCB-2	BH-180	38,7	41,2	39,9	38,1	41,3	40,0	38,2	41,3	40,2	40,2	91,1	0,000	비동질
	CCB-2	50,1	53,2	51,6	49,3	53,5	51,7	49,4	53,5	52,0	51,9			
CCB-2 vs TTB-4	CCB-2	20,4	19,5	18,6	19,2	18,6	18,9	20,4	19,5	19,8	21,7	45,3	0,075	동 질
	TTB-4	26,9	25,7	24,5	25,3	24,6	24,9	26,9	25,7	26,1	28,5			
TTB-4 vs BH-241	TTB-4	44,2	44,8	50,2	44,6	37,9	41,3	38,2	36,9	43,6	44,5	58,4	0,004	비동질
	BH-241	15,1	15,3	17,1	15,2	12,9	14,1	13,0	12,6	14,9	15,2			
BH-241 vs TTB-6	BH-241	12,1	11,7	10,5	10,4	10,5	9,8	10,9	11,0	10,6	10,5	62,1	0,002	비동질
	TTB-6	55,8	53,9	48,5	48,1	48,6	45,0	50,1	50,8	48,8	48,6			
TTB-6 vs TTB-13	TTB-6	96,3	113,3	111,7	97,9	118,9	128,9	109,3	116,3	117,9	125,4	127,8	0,000	비동질
	TTB-13	8,8	10,3	10,2	8,9	10,8	11,7	9,9	10,6	10,7	11,4			
TTB-13 vs BH-282	TTB-13	90,1	94,1	93,4	90,8	93,8	93,2	90,7	93,8	92,7	92,1	236,0	0,000	비동질
	BH-282	137,4	143,4	142,4	138,4	143,0	142,1	138,3	143,1	141,4	140,5			

제5편 성과분석 및 설계지반정수

2.2 교량구간 성과분석

2.2.1 교량별 지층현황

○ 지층현황

교량명	위치		해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N치	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
원당3교	A2		*BB-20	–	–	–	–	1,9	37	–	–
원당4교	A1		BH-146	7,0	50/12~5	12,5	20	–	–	–	–
	A2		BH-147	–	–	6,0	0	–	–	–	–
원당천 1교	문산	A1	BH-150-2	11,0	50/10	13,0	13~23	–	–	–	–
	서울	A1	BH-150-1	–	–	9,0	5	–	–	–	–
	문산	P1	BH-150-4	10,0	50/10~4	13,0	22	–	–	–	–
	서울	P1	BH-150-3	10,0	50/7	11,0	0	–	–	14,0	65
	문산	P2	BH-150-2	11,0	50/10~5	13,0	13~23	–	–	–	–
	서울	P2	BH-150-1	–	–	9,0	5	–	–	–	–
	문산	A2	BH-151-3	9,0	50/7~3	–	–	11,5	54	–	–
원당5교	문산	P1	BH-153	11,0	50/7~2	13,3	12	–	–	–	–
	서울	P1	BH-152-1	10,3	50/8	11,5	7	–	–	–	–
	문산	P2	BH-154-1	5,0	50/7	5,8	10~20	–	–	–	–
	서울	P2	BH-154	5,4	50/2	6,5	18	–	–	–	–
	문산	P3	*BB-22	5,0	50/6~5	6,1	12	–	–	–	–
	서울	P3	BH-154-2	5,0	50/7	5,7	60	–	–	–	–
	서울	P4	BH-155	–	–	–	–	–	–	41,6	72
원당6교	A1		BH-156-1	9,0	50/5	–	–	13,0	66	–	–
	A2		BH-157	8,0	50/7~2	9,5	16	–	–	–	–
사리현 IC교	A1		BH-162	8,0	50/7~4	12,0	31	–	–	13,7	83
	A2		BH-163	9,0	50/10~8	11,0	37	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

서울~문산고속도로 민간투자사업

(계속)

교량명	위치		해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
사리현교	A1		*BB-25	2,0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
	A2		BH-169	–	–	5,0	9	–	–	6,8	96
문봉교	문산	A1	BH-181	15,0	50/4~2	17,0	10	–	–	–	–
	문산	A2	BH-184	8,0	50/10~3	–	–	–	–	–	–
	서울	A2	BH-183	17,0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
문봉 1교	A1		*BB-27	3,0	50/9~4	6,5	24	–	–	–	–
	A2		BH-185-1	11,0	50/3	12,0	17	–	–	–	–
문봉 육교	A1		BH-186	6,0	50/3	7,8	0	8,1	60	–	–
	A2		BH-187	3,0	50/8	3,5	0~10	–	–	–	–
장진천 1교	A1		BH-189-1	8,0	50/4	8,9	7	10,3	43	–	–
	P1		*BB-28	7,0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
성석1교	A1		BH-191	8,0	50/7	10,5	20	–	–	–	–
	A2		BH-191-1	6,0	50/9	8,0	7	–	–	–	–
성석 육교	A1		BH-192-1	13,0	50/9~6	15,5	39	–	–	–	–
	A2		*BB-30	8,0	50/10~6			–	–	–	–
성석2교	A1		BH-195	6,0	50/10~7	9,7	8	–	–	–	–
	A2		BH-196	9,0	50/6	9,5	26	–	–	–	–
성석3교	A1		BH-198	8,0	50/4	9,0	0	–	–	9,4	83
	A2		BH-198-1	3,0	50/5	10,0	28	–	–	–	–
설문 IC교	A1		BH-201	20,0	50/10~5	24,6	0	26,2	46	–	–
	A2		*BB-32	–	–	4,0	31	–	–	–	–
설문 1육교	A1		BH-208-1	9,8	50/2	–	–	11,3	58	–	–
	A2		*BB-33	–	–	7,5	12	–	–	8,5	84
설문 R-A교	A1		BH-207	12,6	50/7~1	–	–	–	–	–	–
	A2		BH-206	10,8	50/5~1	–	–	–	–	–	–
설문1교	A1		BH-212	10,0	50/10~3	–	–	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

국토교통부 218

제5편 성과분석 및 설계지반정수

(계속)

교량명	위치		해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
설문1교	A2		BH-213	12,0	50/9~4	16,0	36	–	–	–	–
설문2교	A1		BH-218-1	14,0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
장진천 2교	문산	A1	BH-219	11,0	50/8~6	12,2	40~60	–	–	–	–
	서울	A1	BH-219-1	14,0	50/10~8	20,1	35	–	–	–	–
	서울	P1	BH-220	6,0	50/10~5	11,8	46~76	–	–	–	–
장진천 2교	서울	P2	BH-222-1	6,0	50/10~7	12,0	38	–	–	–	–
	문산	A2	BH-222	15,0	50/10	–	–	18,4	48	–	–
	서울	A2	BH-222-1	13,0	50/10~8	14,8	0~29	–	–	–	–
대원교	A1		*BB-40	4,3	50/9~4	–	–	–	–	–	–
	P1		BH-225	–	–	9,8	11	–	–	–	–
공릉 천교	P2		BH-226	10,0	50/10~5	12,0	25	–	–	–	–
	P3		BH-227	7,0	50/6	7,3	39	–	–	–	–
	P5		*BB-41	4,6	50/5	5,8	0	–	–	–	–
	P6		BH-229	4,0	50/10~4	5,1	17	–	–	–	–
	P7		BH-230	10,0	50/5	10,3	10	12,3	43	15,0	78~95
	A2		*BB-42	7,7	50/6~5	9,9	0	10,9	37	–	–
	P7		BH-230	10,0	50/5	10,3	10	12,3	43	15,0	78~95
	A2		BB-42	7,7	50/6~5	9,9	0	10,9	37	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

○ 지층 분포 현황

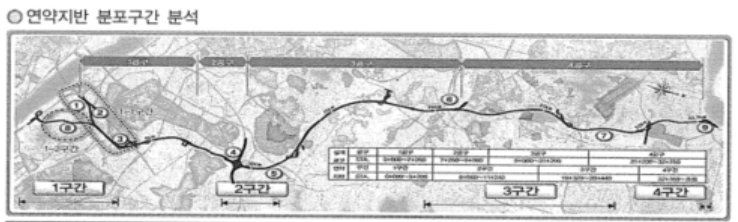
구분	풍화암	연 암	보통암	경 암
출현심도(m)	2,0~20,0	3,5~24,6	1,9~26,2	6,8~41,6

분석결과	• 지지층인 풍화암:GL.(-)2,0~20,0m, 연암:GL.(-)3,5~24,6m, 보통암:GL.(-)1,9~26,2m, 경암:GL.(-)6,8~41,6m로 분포 • 구조물, 위치별 및 지층별로 출현심도의 편차가 큼

제5편 성과분석 및 설계지반정수

2.4.2 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 분포구간 분석



위 치(STA.)	구성토질	출현심도 (G.L(-)m)	층후(m)	N 값	대상 지층	연약층 하부지층	비 고
① 사업시점~0+300	CL	1,8~14,5	0,9~1,5	1/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP)	
	ML	1,0~12,0	0,5~6,5	2/30~4/30			
② 1+000~1+318	ML	1,9~9,0	1,0~1,1	4/30	퇴적층	퇴적층(SM), 풍화토	
③ 3+000~3+200	CL	0,0	8,0	1/30~2/30	퇴적층	퇴적층(SM, SC)	
	ML	4,0	2,5	3/30~4/30			
④ 8+660~9+540	CL	0,0~4,0	0,7~2,2	1/30~4/30	매립, 봉적, 퇴적층	퇴적층(SM, SC, SP, GP) 풍화토	부분적 분 포
	ML	3,5	3,5	2/30~3/30			
⑤ 10+640~11+240	CL	0,0~0,8	1,2~2,2	3/30~4/30	매립, 봉적, 퇴적층	퇴적층(SM, GP) 봉적층(SM)	부분적 분 포
	ML	1,4~5,0	1,0~2,0	2/30~3/30			
⑥ 19+320~21+160	CL	0,0~8,0	1,0~6,4	2/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, SW) 풍화토	
	ML	1,0~4,7	0,7~2,9	1/30~4/30			
⑦ 27+900~28+440	CL	1,5~9,0	1,0~3,5	3/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SP, SW)	
⑧ (지선) 0+060~1+760	CL	0,8~5,4	1,0~11,9	3/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP) 풍화토	
	ML	2,6~9,0	1,0~4,0	2/30~6/30			
⑨ 32+760~종점, 내포IC Ramp-B	CL	3,0~4,5	2,0~6,1	2/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, SP), 풍화토	
	ML	4,0~7,5	2,0~10,0	2/30~6/30			

○ 점토(CL) 연약지반구간 선정

구 분		지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간	1-1구간 (①~③지역)	• 창릉천 하류 농경지구간 통과	• 출현심도 : 1,8~14,5m • 층후 : 0,9~8,0m(평균 2,4m)	사업시점~3+200
	1-2구간 (⑧지역)	• 한강 주변 및 창릉천 하류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0,8~5,4m • 층후 : 1,0~11,9m(평균 4,4m)	지선0+0~1+381
2구간 (④~⑤지역)		• 공릉천 지류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0,0~4,0m • 층후 : 0,7~2,2m(평균 1,6m)	8+660~9+540
3구간 (⑥~⑦지역)		• 공릉천 및 문산천 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 0,0~8,0m • 층후 : 1,0~6,4m(평균 3,3m)	19+320~28+600
4구간(⑨지역)		• 임진강 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 3,0~4,5m • 층후 : 2,0~6,1m(평균 4,0m)	32+760~내포IC Ramp

• 사업 3공구(본선 STA.9+980~21+200)는 연약지반 3구간(본선 STA.19+600~28+600)에 해당

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 3 장 설계지반정수 산정

3.1 개요

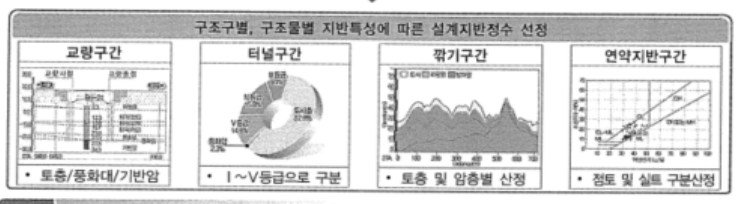
개 요	• 지표지질조사 성과분석에 의한 사업구간내 구조구 특성을 고려한 구간별 설계지반정수 산정 • 문헌자료, 인근지역 분석 자료 및 기존자료(제3자공고안, 보완설계)에 대한 분석을 수행하고, 각종 경험식 및 현장시험 값을 고려한 설계지반정수 유도

3.1.1 기본방향

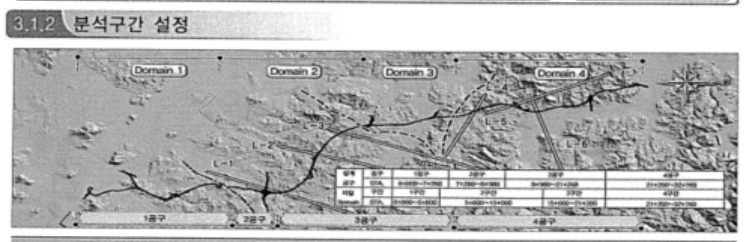
기존자료 및 현장시험에 따른 결과분석에 의한 구조구별 설계지반정수 선정

문헌자료 분석 / 인근조사자료 분석 / 기존자료 분석 → 경험식 적용 설계지반정수 도출 / 현장시험 결과 적용 → 지질 구조구별 설계지반정수 산정

구조구별, 구조물별 지반특성에 따른 설계지반정수 선정



3.1.2 분석구간 설정



구 분	1구간(Domain 1)	2구간(Domain 2)	3구간(Domain 3)	4구간(Domain 4)
STA.(km+m)	사업시점~5+600	5+600~15+500	15+500~21+200	21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약

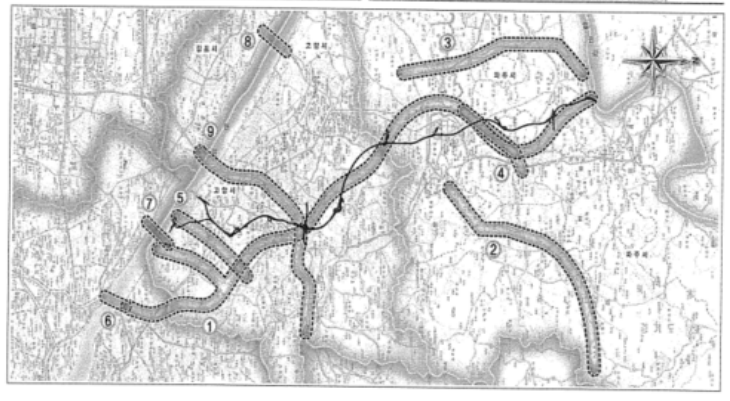
• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분
• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain-Ⅱ~Ⅲ)에 해당

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.3.2 인근지역 적용사례 분석

○ 기존자료 현황

구분	사 업 명	사업년도	구분	사업명	사업년도
①	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업(보완분)	2005.01	⑥	월드컵대교 건설공사	2006.10
②	조리~법원 도로개설공사	2005.12	⑦	인천국제공항 철도 2단계	2002.10
③	문발~낙하간 도로 확포장공사	2004.09	⑧	일산대교 건설 민간투자사업	1999.12
④	금촌~월롱간 도로 확포장공사	2004.02	⑨	서울외곽순환도로 건설공사(1,2공구) 토질조사보고서	1997.12
⑤	강매~원흥간 도로개설공사	1999.05			



○ 기존자료 분석결과

지 층	토 질 구 성	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)
매립층	사질토	18~20	0~5	28~33	10~80	0,33~0,35
	자갈층	19~20	0~17	25~39	15~35	0,3
붕적층	사질토	17~19	0~30	25~32	10~32	0,35
	점성토	18	0~20	–	–	–
	자갈층	20	0~50	39	35	0,30
충적층	사질토	17~20	0~10	25~33	15~80	0,35
	점성토	17~18	10~30	–	5~10	0,50
	자갈층	18~20	0~20	35~39	35	0,30
풍화토		18~19	15~200	25~30	35~50	0,30~0,33

서울~문산고속도로 민간투자사업

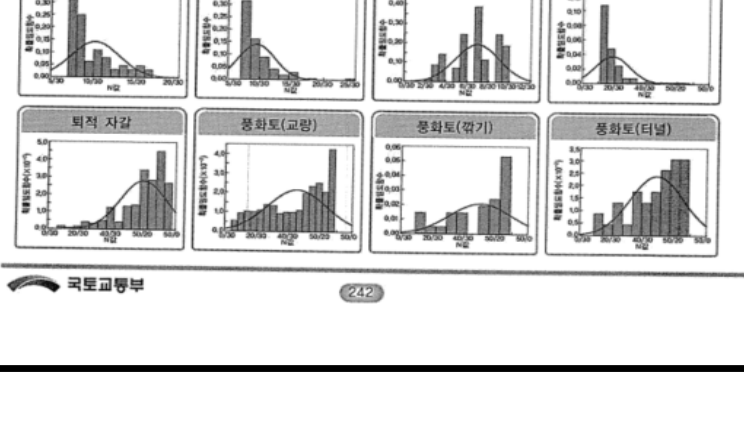
3.3.3 지층별 대표 N값 산정

기본방향	• 사업구간내 토사층이 광역적으로 분포함에 따라 지형적 · 지질적 요인에 따른 토질 특성을 고려 • 선행된 지표지질조사 결과에 의한 지질 구조구 및 구조물 특성, 토질입자의 특성 등을 고려하여 분류 • 각종 물성값의 기초 자료가 되는 구간별, 구조물별, 지층별, 토성별 N값을 선정

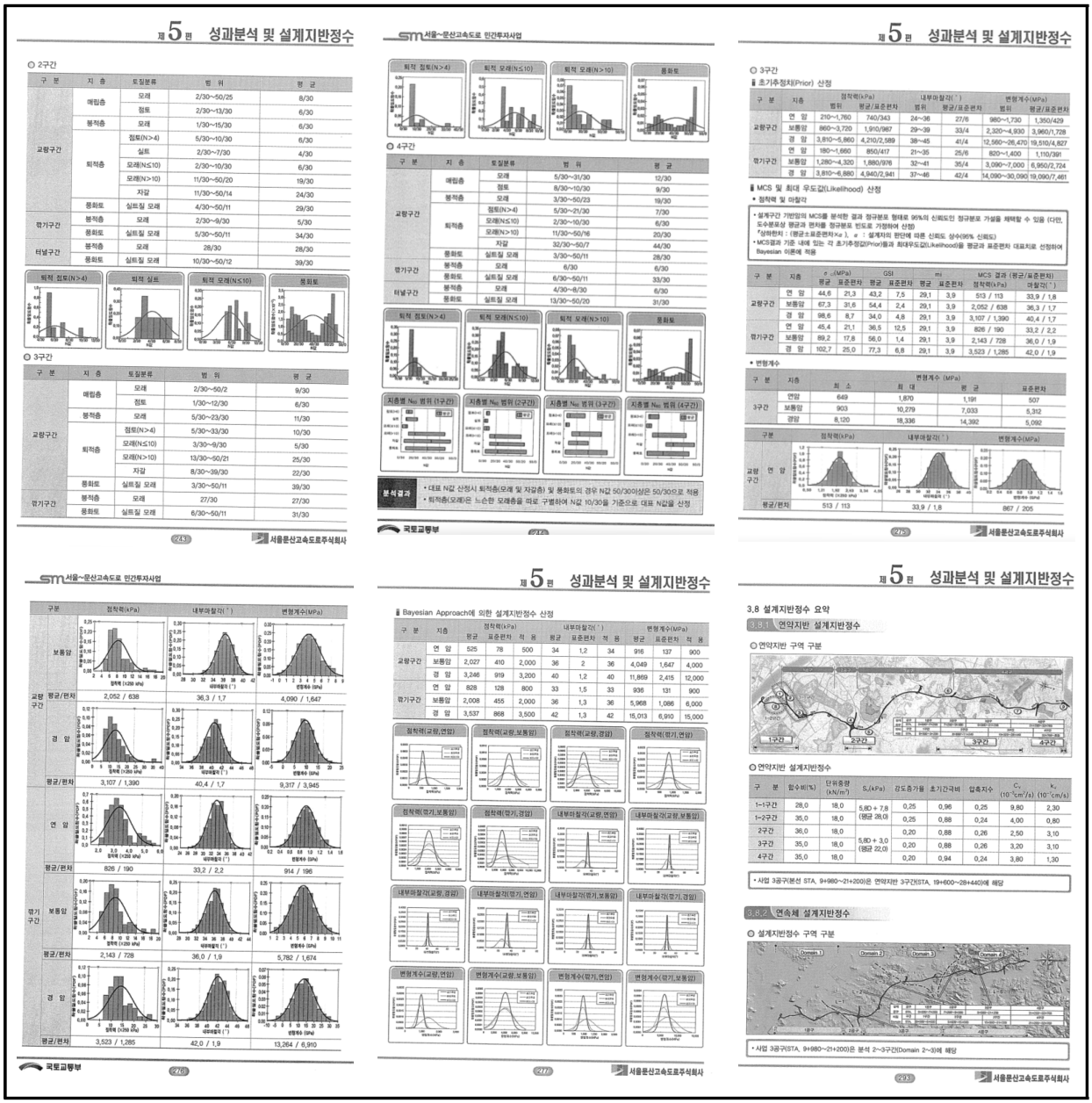
구간별	구조물별	지층별	토성별
• 제1구간, 제2구간, 제3구간, 제4구간으로 구분	• 구조물의 특성에 따라 교량구간, 터널구간, 깎기구간으로 구분	• 분포하는 지층에 따라 매립층, 붕적층, 퇴적층, 풍화토층 등으로 분류	• 사업구간내 분포하는 토성에 따라 점토, 실트, 모래, 자갈 등으로 분류

○ 1구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	1/30~50/1	10/30
		점토	10/30~11/30	11/30
	붕적층	모래	4/30~18/30	9/30
	퇴적층	점토(N>6)	7/30~17/30	11/30
		실트	7/30~25/30	8/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	7/30
		모래(N>10)	11/30~50/12	22/30
		자갈	5/30~50/3	47/30
	풍화토	실트질 모래	7/30~50/11	41/30
깎기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	38/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	43/30



국토교통부 242



제5편 성과분석 및 설계지반정수

○ 2구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/25	8/30
		점토	2/30~13/30	6/30
	붕적층	모래	1/30~15/30	6/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~10/30	6/30
		실트	2/30~7/30	4/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/20	19/30
		자갈	11/30~50/14	24/30
	풍화토	실트질 모래	4/30~50/11	29/30
램가구간	붕적층	모래	2/30~9/30	5/30
	풍화토	실트질 모래	5/30~50/11	34/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	10/30~50/12	39/30

○ 3구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/2	9/30
		점토	1/30~12/30	6/30
	붕적층	모래	5/30~23/30	11/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~33/30	10/30
		모래(N≤10)	3/30~9/30	5/30
		모래(N>10)	13/30~50/21	25/30
		자갈	8/30~39/30	22/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	39/30
램가구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	31/30

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 4구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	5/30~31/30	12/30
		점토	8/30~10/30	9/30
	붕적층	모래	3/30~50/23	19/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~21/30	7/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/16	20/30
		자갈	32/30~50/7	44/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	28/30
램가구간	붕적층	모래	6/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	33/30
터널구간	붕적층	모래	4/30~8/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	13/30~50/20	31/30

분석결과
- 대표 N값 산정시 퇴적층(모래 및 자갈층) 및 풍화토의 경우 N값 50/30이상은 50/30으로 적용
- 퇴적층(모래)은 느슨한 모래층을 따로 구별하여 N값 10/30을 기준으로 대표 N값을 산정

국토교통부

제5편 성과분석 및 설계지반정수

○ 3구간

초기추정치(Prior) 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 범위	점착력(kPa) 평균/표준편차	내부마찰각(°) 범위	내부마찰각(°) 평균/표준편차	변형계수(MPa) 범위	변형계수(MPa) 평균/표준편차
교량구간	연 암	210~1,760	740/343	24~36	27/6	980~1,730	1,350/429
	보통암	860~3,720	1,910/987	29~39	33/4	2,320~4,930	3,960/1,728
	경 암	3,810~5,860	4,210/2,589	38~45	41/4	12,560~26,470	19,510/4,827
램가구간	연 암	180~1,660	850/417	21~35	25/6	820~1,400	1,110/391
	보통암	1,280~4,320	1,880/976	32~41	35/4	3,090~7,000	6,950/2,724
	경 암	3,810~6,880	4,940/2,941	37~46	42/4	14,090~30,090	19,090/7,461

MCS 및 최대 우도값(Likelihood) 산정

• 점착력 및 마찰각

• 설계구간 기반암의 MCS를 분석한 결과 정규분포 형태로 95%의 신뢰도인 정규분포 가설을 채택할 수 있음 (다만, 도수분포상 평균과 편차를 정규분포 빈도로 가정하여 산정)
*정하한치 : (평균±표준편차×α), α : 설계자의 판단에 따른 신뢰도 상수(95% 신뢰도)
• MCS결과 기존 내재 있는 각 초기추정값(Prior)들과 최대우도값(Likelihood)을 평균과 표준편차 대표치로 선정하여 Bayesian 이론에 적용

구 분	지층	σ ci(MPa) 평균	σ ci(MPa) 표준편차	GSI 평균	GSI 표준편차	mi 평균	mi 표준편차	MCS 결과 (평균/표준편차) 점착력(kPa)	MCS 결과 (평균/표준편차) 마찰각(°)
교량구간	연 암	44.6	21.3	43.2	7.5	29.1	3.9	513 / 113	33.9 / 1.8
	보통암	67.3	31.6	54.4	2.4	29.1	3.9	2,052 / 638	36.3 / 1.7
	경 암	98.6	8.7	34.0	4.8	29.1	3.9	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7
램가구간	연 암	45.4	21.1	36.5	12.5	29.1	3.9	826 / 190	33.2 / 2.2
	보통암	89.2	17.8	56.0	1.4	29.1	3.9	2,143 / 728	36.0 / 1.9
	경 암	102.7	25.0	77.3	6.8	29.1	3.9	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9

• 변형계수

구 분	지층	변형계수 (MPa) 최 소	변형계수 (MPa) 최 대	변형계수 (MPa) 평 균	변형계수 (MPa) 표준편차
3구간	연암	649	1,870	1,191	507
	보통암	903	10,279	7,033	5,312
	경암	8,120	18,336	14,392	5,092

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

국토교통부

제5편 성과분석 및 설계지반정수

Bayesian Approach에 의한 설계지반정수 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 평균	점착력(kPa) 표준편차	점착력(kPa) 적 용	내부마찰각(°) 평균	내부마찰각(°) 표준편차	내부마찰각(°) 적 용	변형계수(MPa) 평균	변형계수(MPa) 표준편차	변형계수(MPa) 적 용
교량구간	연 암	525	78	500	34	1.2	34	916	137	900
	보통암	2,027	410	2,000	36	2	36	4,049	1,647	4,000
	경 암	3,246	919	3,200	40	1.2	40	11,869	2,415	12,000
램가구간	연 암	828	128	800	33	1.5	33	936	131	900
	보통암	2,008	455	2,000	36	1.3	36	5,968	1,086	6,000
	경 암	3,537	868	3,500	42	1.3	42	15,013	6,910	15,000

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.8 설계지반정수 요약

3.8.1 연약지반 설계지반정수

○ 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 설계지반정수

구 분	함수비(%)	단위중량 (kN/m³)	S_u(kPa)	강도증가율	초기간극비	압축지수	C_v (10^{-3}cm²/s)	k_v (10^{-7}cm/s)
1-1구간	28,0	18,0	5.8D + 7.8 (평균 28.0)	0,25	0,96	0,25	9,80	2,30
1-2구간	35,0	18,0		0,25	0,88	0,24	4,00	0,80
2구간	36,0	18,0	5.8D + 3.0 (평균 22.0)	0,20	0,88	0,26	2,50	3,10
3구간	35,0	18,0		0,20	0,88	0,26	3,20	3,10
4구간	35,0	18,0		0,20	0,94	0,24	3,80	1,30

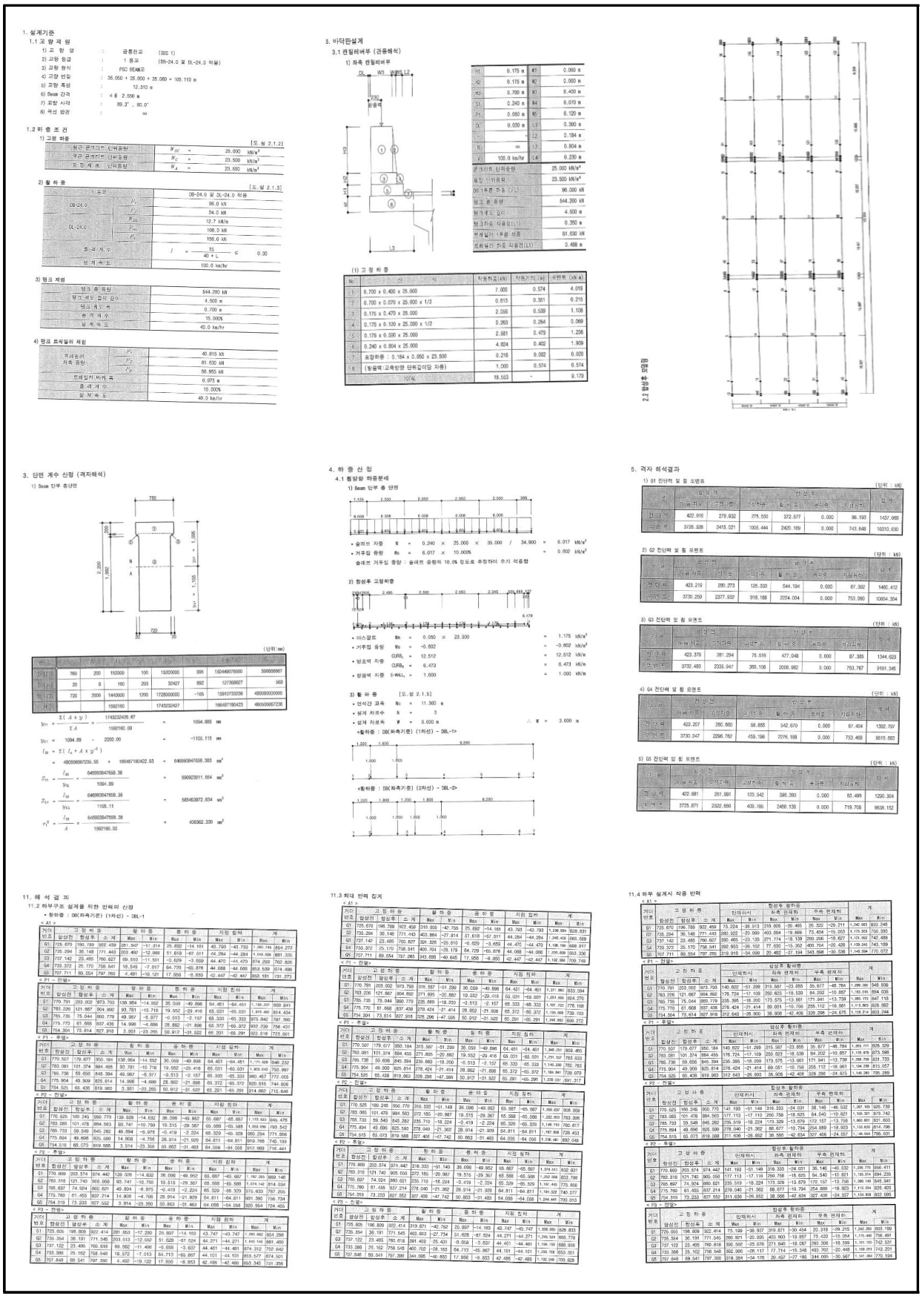
• 사업 3공구(본선 STA. 9+980~21+200)은 연약지반 3구간(STA. 19+600~28+440)에 해당

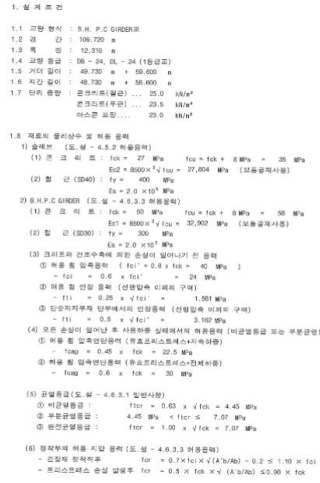
3.8.2 연속체 설계지반정수

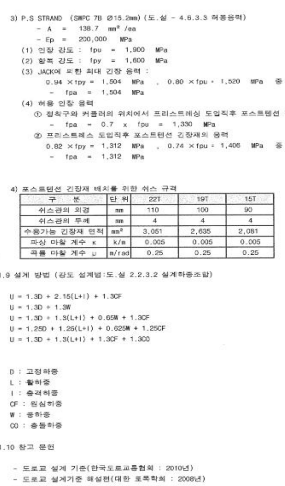
○ 설계지반정수 구역 구분

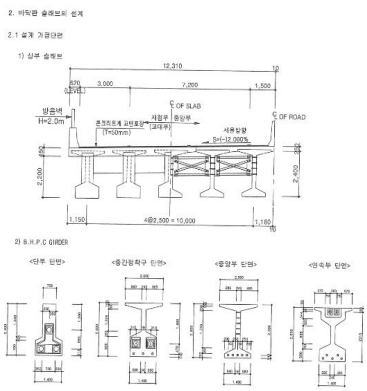
• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain 2~3)에 해당

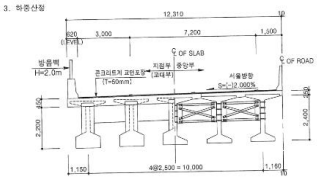
다. 구조계산서 및 내진설계

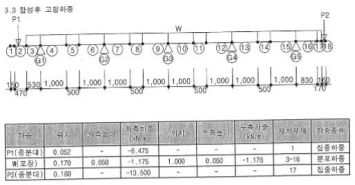




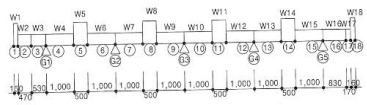


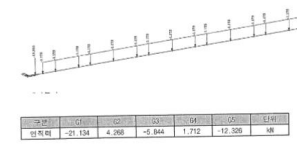


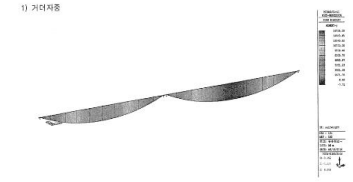




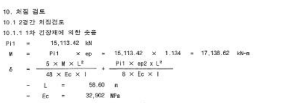


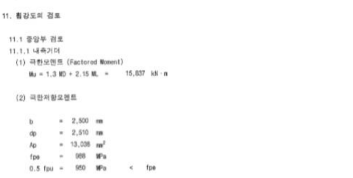


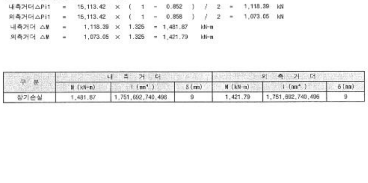


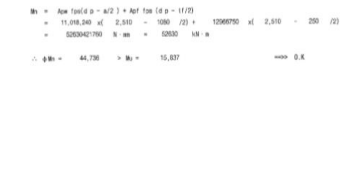












12. 전단 응력 검토 (도.설.기 4.6.3.8)
12.1 위험단면에서의 검토
12.1.1 내측거더
1) 극한전단력 Vu
Vu = 1.3 ×(913.2 + 286.62 + 141.73) + 2.15 × 322.97
= 2,438 kN
2) 콘크리트가 부담하는 전단강도 Vc

(1) 전단강도 Vci (휨 전단강도)
Vci = 0.05 × √fck × bw × d + Vd + (Vi × Mcr) / Mmax
Mcr = Zbo × (0.5 × √fck + fbe - fd) = 7,027 kN · m
fbe = 유효 프리스트레스에 의한 단면 하면의 응력
= Pe / Ac + (Pe e_ss) / Zbo = 4.80 MPa
fd = Md1 / Zbo = 0.01 MPa
Mmax = 1.3 × Md2 + 2.15 × Ml = 9,834.39 kN · m
d = 2,040 - 140 = 1,900 mm > 0.8 × H = 1,632 mm

∴ d = 1,900 mm
Vd = 913.21 kN
Vi = 1.3 × Vd2 + 2.15 × Vl = 1,251.24 kN
∴ Vci = 2,428 kN < 0.14 √fck x bo x d = 6,212 kN

위험단면 단면력(내측거더)

	V	M
자중	913.21	7.72
바닥판	286.62	1.83
추가고정하중	141.73	1,591.96
활하중	322.97	3,610.45

Md2 = 1.83 + 1,591.96 = 1,593.79 kN · m
Ml = 3,610.45 kN · m
Vd2 = 286.62 + 141.73 = 428.35 kN
Vl = 322.97 kN

(2) 전단강도 Vcw (복부 전단강도)
Vcw = (0.29 × √fck + 0.3 × fpc) × bw × d + Vp
fpc = Pe / Ac = 3,830,330 / 2,489,520 = 1.54 MPa
Pe : 유효 프리스트레스
Ac : 순단면적
Vp = Pe ×sinΘ (Pe 의 수직분력)
= 3,830,330 × 0.0000 / 1,000 = 0 kN
Vcw = 4,415 kN

∴ Vc = min [Vci, Vcw]=Vci = 2,428 kN

(3) øVc = 0.80 × 2,428 = 1,943 kN
1/2 øVc = 971 < Vu = 2,438 ∴ 전단보강 필요

(4) 전단 철근 배치
전단 철근 간격 s = 200 mm
Av(min) = 0.00625 √fck bw s / fyt = 20.624 mm²
Av(min) = $\frac{Aps\ fpu\ s}{80\ fyt\ d}\sqrt{\frac{d}{bw}}$ = 40 mm²
Av(min) = 0.35 × bo × s / fy 163.3 mm² (최소철근량)

Used Av = D19 × 2 EA = 573.0 mm² > Av(min) = 163 mm²

17. 솟음량
17.1 2경간
1) 내측거더
- 각 하중별 처짐량 (+ : 하향처짐, - : 상향처짐)

지점	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
거리(m)	2.930	5.860	8.790	11.720	14.650	17.580	20.510	23.440	26.370	29.300
거더자중 (mm)	1.36	5.44	12.24	21.76	34.00	48.96	66.64	87.04	110.16	136.00
긴장초기 (mm)	-1.90	-7.60	-17.11	-30.41	-47.52	-68.43	-93.14	-121.65	-153.97	-190.08
바닥판자중 (mm)	0.46	1.84	4.14	7.36	11.50	16.56	22.54	29.44	37.26	46.00
긴장손실량 (mm)	0.16	0.64	1.44	2.56	4.00	5.76	7.84	10.24	12.96	16.00
추가고정하중 (mm)	0.08	0.32	0.72	1.28	2.00	2.88	3.92	5.12	6.48	8.00
계	0.16	0.64	1.43	2.55	3.98	5.73	7.80	10.19	12.89	15.92
선형보정	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
솟음량 (mm)	-0.16	-0.64	-1.43	-2.55	-3.98	-5.73	-7.80	-10.19	-12.89	-15.92

2) 외측거더
- 각 하중별 처짐량 (+ : 하향처짐, - : 상향처짐)

지점	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
거리(m)	2.93	5.86	8.79	11.72	14.65	17.58	20.51	23.44	26.37	29.3
거더자중 (mm)	1.36	5.44	12.24	21.76	34.00	48.96	66.64	87.04	110.16	136.00
긴장초기 (mm)	-1.90	-7.60	-17.11	-30.41	-47.52	-68.43	-93.14	-121.65	-153.97	-190.08
바닥판자중 (mm)	0.46	1.84	4.14	7.36	11.50	16.56	22.54	29.44	37.26	46.00
긴장손실량 (mm)	0.16	0.64	1.44	2.56	4.00	5.76	7.84	10.24	12.96	16.00
추가고정하중 (mm)	0.15	0.60	1.35	2.40	3.75	5.40	7.35	9.60	12.15	15.00
계	0.23	0.92	2.06	3.67	5.73	8.25	11.23	14.67	18.56	22.92
선형보정	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
솟음량 (mm)	-0.23	-0.92	-2.06	-3.67	-5.73	-8.25	-11.23	-14.67	-18.58	-22.92

18. 신축이음량 계산
18.1 시점측(A1)
1) 온도변화에 의한 이동량
ΔT : 온도변화 → 보통지방 : -5℃ ~ +35℃
α : 선팽창 계수 = 1.00E-05 (RC교, PSC교)

2) 건조수축, 크리프에 의한 이동량 (단,2개월 경과후 시공으로 가정)

경과기간	2개월	6개월	12개월	18개월	24개월	5년경과
건조수축	0.1L	0.06L	0.04L	0.03L	0.02L	0
크리프	0.2L	0.12L	0.08L	0.06L	0.04L	0
계	0.3L	0.18L	0.12L	0.09L	0.06L	0

3) 신축 여유량 = 10 + 20 = 30 mm

4) 산식 (단위 : mm)

구 분	항목 지간	온도변화 0.4L	건조수축 0.1L	크리프 0.2L	신축 여유량 30	합 계 0.7L+30	비 고
A1	50.0m	20.00	5.00	10.00	30.00	65.00	

5) 계산 신축량 (Σ ΔL = 전 이동 가능량)
= 20.000 + 5.000 + 10.000 + 30.000 = 65 mm
거더처짐에 의한 이동량 = 5.56 mm
70.56 mm

⊙ 시거리 적용시 유간 =
6) 신축이음장치 규격결정
⊙ 신축이음장치 TYPE = FINGER JOINT
⊙ 신축이음장치 규격 = NO.150 (유간 150mm)

1. 설계대상 교량제원 및 설계상수

1.1 교량형식 : PSC BEAM + 개량형 BEAM교

1.2 해석 대상 교량 총연장 :
3@35 + 3@35 + 50 + 60 = 320.0m

1.3 교 폭 : 12.310 m

1.4 교각형식
T형 교각

1.5 교각기초형식 : 직접기초 + 말뚝기초

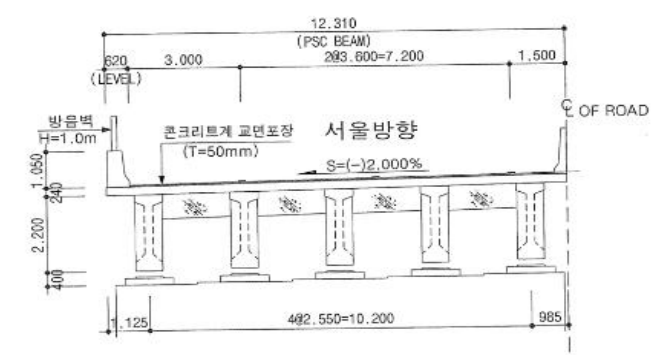
1.6 내진설계상수
(1) 내진등급 : 내진 1 등급교 (도로교 설계기준 pp.456)
(2) 지진구역계수 : 0.11 (도로교 설계기준 pp.456)
(3) 위험도계수 : I = 1.4 (도로교 설계기준 pp.456)
(4) 가속도계수 : A = 0.154 (도로교 설계기준 pp.455)
(5) 지반계수 : S = 1.5 (지반종류 2 , 도로교 설계기준 pp.457)
(6) 응답수정계수 (도로교 설계기준 p.458)
(7) 고유치 해석방법 : Ritz Vector
(8) 받침형식 : 납면진 받침 + 탄성받침

1.7 해석방법

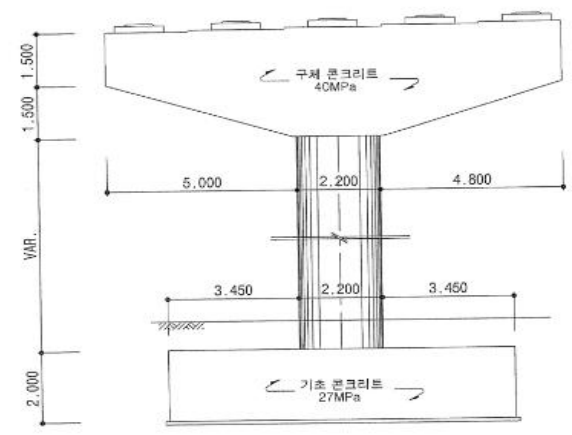
(1) 해석방법 선정
비선형 시간이력 해석
(2) 방향조합방법 : 100-30%방법

1.8 해석모델
(1) 사용프로그램 : MIDAS
(2) 모델링 : Frame요소사용
(3) 질량산정 : 1,2차 고정하중 및 자중을 각 요소에 단위길이당 분포질량으로 입력

2. 단면특성
2.1 상부구조
: 상부구조는 PSC BEAM + 개량형 BEAM 으로 이루어져 있으며 교폭은 12.310 M이다.

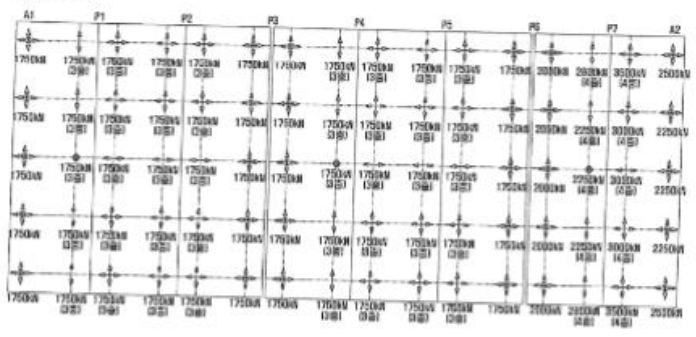


2.2 하부구조
: 하부구조는 T형교각으로 구성되어져 있으며 개략적인 제원은 다음과 같다.



2.3 적용 받침 특성

1) 받침배치

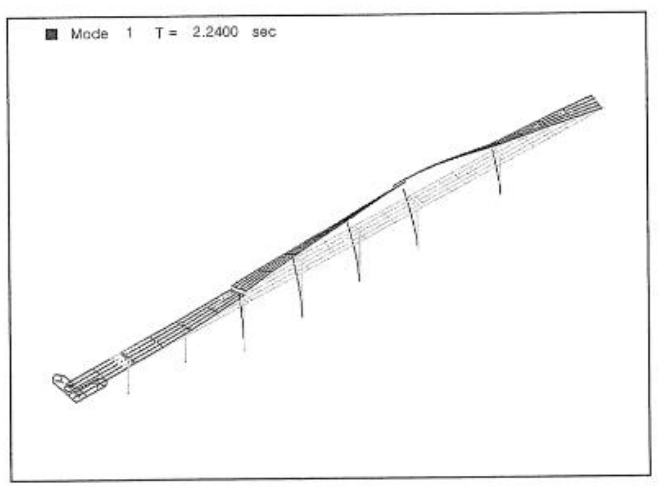


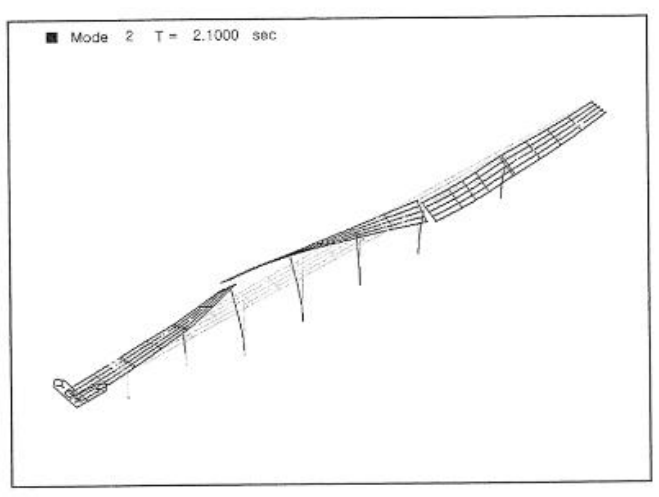
A1 - P6 (전열) : 탄성받침 적용
P6 (후열) - A2 : 면진받침(LRB) 적용

* MIDAS Non-Liner Link-PROPERTY

L1750, FORCE, LRBI, 0, 0.5, NO, 0, 0.5, NO, 0.5, 0.5,
YES, 709953, 0, NO
YES, 2787.48, 0, YES, 12834.5, 58.862, 0.099, 0.5, 0.5
YES, 2787.48, 0, YES, 12834.5, 58.862, 0.099, 0.5, 0.5
L2000(P6), FORCE, LRBI, 0, 0.5, NO, 0, 0.5, NO, 0.5, 0.5,
YES, 1.16414e+006, 0, NO
YES, 2996.64, 0, YES, 16241.9, 72.778, 0.1, 0.5, 0.5
YES, 2996.64, 0, YES, 16241.9, 72.778, 0.1, 0.5, 0.5
L2500(A2), FORCE, LRBI, 0, 0.5, NO, 0, 0.5, NO, 0.5, 0.5,
YES, 2.6633e+006, 0, NO
YES, 5726.45, 0, YES, 27587.8, 105.756, 0.109, 0.5, 0.5
YES, 5726.45, 0, YES, 27587.8, 105.756, 0.109, 0.5, 0.5
L2250(A2), FORCE, LRBI, 0, 0.5, NO, 0, 0.5, NO, 0.5, 0.5,
YES, 2.6633e+006, 0, NO
YES, 5726.45, 0, YES, 27587.8, 105.756, 0.109, 0.5, 0.5
YES, 5726.45, 0, YES, 27587.8, 105.756, 0.109, 0.5, 0.5

4.3 모드형상(Mode Shape)





6.내진해석결과
◎ 지진력의 조합
하중경우 1 : 1.0 × (종방향축의 해석) + 0.3 × (횡방향축의 해석)
하중경우 2 : 1.0 × (횡방향축의 해석) + 0.3 × (종방향축의 해석)

1) 교량받침
- 전단설계력 (kN)

PIER NO	Element	COM1 교축	COM1 교직	COM2 교축	COM2 교직	교량받침 수직용량	구분(용량)	수평용량	검토	비고
A1	1	140.55	37.95	78.81	125.60	1750	M	197.97	O.K.	LRB
	2	135.89	38.02	63.29	125.79	1750	M	197.97	O.K.	LRB
	3	128.82	38.04	39.71	125.87	1750	M	197.97	O.K.	LRB
	4	133.07	38.02	60.79	125.79	1750	M	197.97	O.K.	LRB
	5	136.94	37.96	75.94	125.60	1750	M	197.97	O.K.	LRB
P1L	6	164.56	32.27	67.05	107.08	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	7	161.72	32.27	57.63	107.09	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	8	158.78	32.27	47.85	107.10	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	9	161.63	32.27	57.38	107.10	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	10	164.39	32.27	66.63	107.09	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
P1R	11	164.57	32.18	67.09	106.80	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	12	161.73	32.18	57.63	106.79	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	13	158.78	32.18	47.85	106.78	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	14	161.63	32.18	57.39	106.78	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	15	164.41	32.18	66.67	106.78	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
P2L	16	165.94	33.98	69.20	112.73	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	17	162.62	33.98	58.16	112.73	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	18	159.59	33.98	48.11	112.72	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	19	162.55	33.98	58.01	112.71	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	20	165.74	33.97	68.65	112.69	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
P2R	21	165.96	34.74	69.24	115.23	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	22	162.63	34.73	58.17	115.21	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	23	159.60	34.73	48.11	115.20	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	24	162.56	34.73	58.02	115.19	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	25	165.76	34.72	68.69	115.19	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
P3L	26	111.45	21.06	70.91	69.46	1750	M	197.97	O.K.	LRB
	27	105.87	20.97	52.15	69.16	1750	M	197.97	O.K.	LRB
	28	99.67	20.72	31.49	68.34	1750	M	197.97	O.K.	LRB
	29	106.13	20.93	53.06	69.05	1750	M	197.97	O.K.	LRB

-594-

07. 상부구조의 여유간격 검토

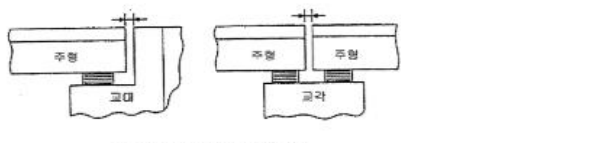
지진시에 상부구조와 교대 혹은 인접하는 상부구조간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지하고, 설계시 고려된 내진성능이 충분히 발휘할 수 있도록 하기 위하여 상부구조의 단부에는 여유간격을 설치하여야 한다. 상부구조의 여유간격은 다음식에 의한 값보다 작아서는 안된다.

Δ l i = d + Δls + Δls + 0.4Δlt

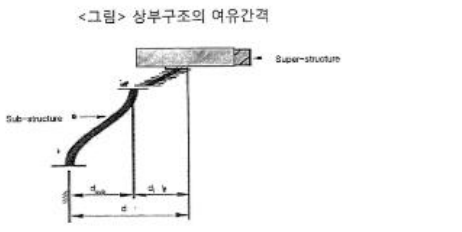
여기서, Δli : 상부구조의 여유간격
d : 지반에 대한 상부구조의 총변위 (di + dsub)
Δls : 콘크리트의 건조수축에 의 한 이동량 (mm)
Δlc : 콘크리트의 크리프에 의한 이동량 (mm)
Δlt : 온도변화에 의한 이동량 (mm)
(Δls 와 Δlc 는 수축량이므로 고려하지 않음)

- 상부구조의 여유간격 검토
상부구조의 여유간격은 도로교설계기준 2.4.1.3 page.42에서 규정하는 여유량을 고려한 가동받침의 이동량보다 커야 하며, 또한 교축직각방향의 지진시 변위에 의한 인접상부구조 및 주요구조부재간의 충돌 가능성이 있을 때는 이를 방지하기 위한 여유간격을 설치한다.
(단위:mm)

구 분	상부구조의 총변위 (d) 받침변위 (di)	교각변위 (dsub)	상부변위 (di+dsub)	온도변위 (Δlt)	총변위 (Δli)	여유간격	검토결과
A1	60.9	0.0	60.9	21.0	69.3	290	O.K
P3	59.3	83.4	142.7	42.0	159.5	220	O.K
P6	48.0	26.4	74.4	43.0	91.6	250	O.K
A2	71.4	0.0	71.4	22.0	80.2	110	O.K



<그림> 상부구조의 여유간격



<그림> 지반에 대한 상부구조의 총변위 (d = di + dsub)

▣ 결과 요약

■ 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	전도에 대한 안정	3818.634	1148.017	O.K
	활동에 대한 안정	627.7	318.595	O.K
	지지력에 대한 안정	600	399.635	O.K
지진시	전도에 대한 안정	4425.083	2514.139	O.K
	활동에 대한 안정	611.5	415.111	O.K
	지지력에 대한 안정	900	630.912	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1500	150	1737.12	2292	592.346	779.171	1.315	O.K
후면저판		1500	100	1727.79	2292	611.225	808.394	1.323	O.K
벽체 : H=8.854		2100	100	3030.9	4596.4	1528.532	2304.551	1.508	O.K
흉벽		800	100	1086.55	1588.8	191.736	278.868	1.454	O.K
우측날개벽	A(T=620 mm)	620	80	1361.57	2292	186.663	305.759	1.638	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	1224.63	2292	165.819	305.759	1.844	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	1581.42	2292	213.072	305.759	1.435	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		126.341	150	125	272.065	O.K
후면저판		105.753	150	125	518.413	O.K
벽체 : H=8.854		86.408	150	125	697.621	O.K
흉벽		88.801	150	125	656.814	O.K
우측날개벽	A(T=620 mm)	93.269	150	125	668.086	O.K
	B(T=620 mm)	83.135	150	125	757.802	O.K
	C(T=620 mm)	106.962	150	125	559.992	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
- (1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
- (2) 상 부 형 식 : PSC BEAM
- (3) 교 량 등 급 : 1 등교
- (4) 교 대 총 폭 : B = 12.316 M
- (5) 교 대 총높이 : H = 10.354 M
- (6) 기 초 형 식 : 직접기초
- (7) SKEW : 89.300 °

2) 하 중
- (1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
- (4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m
- (5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 325.622 kN/m
- (6) 상부 활하중 반력 : Rl = 118.268 kN/m
- (7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

3) 지 반 조 건
- (1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
- (2) 기초지반의 N치 : N = 50.000
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 42.386 ° {Φ2 = 15 + √15N}
- (4) 기초지반의 점착력 : C = 28.000 kN/m²
- (5) 기초지반의 최대 허용지지력 : Qa = 600.00 kN/m²
- (6) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.600 ; tanΦb = 0.60, Cb = 0 : 암과 콘크리트
- (7) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수
  - 내진 등급 : Ⅰ 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
  - 지진 구역 : Ⅰ 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
  - 탄성계수 : Ec = 28000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
  - 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
- (1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
- (2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
- (1) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
- (2) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
- (3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
- (4) 도로설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

4) 사용성 검토

(1) 전면저판

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 372.322 x 1000000 / [2292.000 x (1350.000 - 192.705/3)]
= 126.341 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1350.0/(7x2292.000)]
= 192.705 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 150.0 mm)
1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 150.00 - 19/2 = 140.50 mm

여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 126.34) - 2.5 x 140.50 = 272.07 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 126.34) = 498.65 mm

Sa는 작은 값인 272.07 mm 를 적용

S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 272.07 mm) ∴ O.K

(2) 후면저판

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 323.461 x 1000000 / [2292.000 x (1400.000 - 196.513/3)]
= 105.753 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1400.0/(7x2292.000)]
= 196.513 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 19/2 = 90.50 mm

여기서 Cc : 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 105.75) - 2.5 x 90.50 = 518.41 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 105.75) = 595.73 mm

Sa는 작은 값인 518.41 mm 를 적용

S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 518.41 mm) ∴ O.K

(3) 벽체 : H=8.854

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 750.909 x 1000000 / [4596.400 x (2000.000 - 328.012/3)]
= 86.408 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x4596.400/1000.0 + 7x4596.400/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x2000.0/(7x4596.400)]
= 328.012 mm

사용철근량 = 4596.4 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D29 - 4.0 EA, D25 - 4.0 EA (= 4596.4 mm²)

2. 해석결과 요약

▣ 말뚝 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	비 고
교축방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	863.970	678.915	O.K
		허용인발력(kN/EA)	274.720	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	64.873	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	0.750	O.K
		수평변위(mm)	15.000	1.948	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1295.960	1105.713	O.K
		허용인발력(kN/EA)	412.079	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	181.248	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	14.082	O.K
		수평변위(mm)	25.000	20.594	O.K
교축직각 방향	평상시	허용지지력(kN/EA)	863.970	777.378	O.K
		허용인발력(kN/EA)	274.720	-	O.K
		휨 응력(MPa)	140.000	87.255	O.K
		전단응력(MPa)	80.000	2.874	O.K
		수평변위(mm)	15.000	7.458	O.K
	지진시	허용지지력(kN/EA)	1295.960	742.833	O.K
		허용인발력(kN/EA)	412.079	-	O.K
		휨 응력(MPa)	210.000	108.993	O.K
		전단응력(MPa)	120.000	6.700	O.K
		수평변위(mm)	25.000	9.798	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

① 기둥 상단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.010	18853.700	80516.230	4.271	O.K
	모멘트최대	0.010	13935.326	92018.548	6.603	O.K
	탄성설계	0.010	10719.481	13594.958	1.268	O.K
	편심최대	0.010	9647.533	92018.548	9.538	O.K
교축직각방향	축력최대	0.010	18853.700	80516.230	4.271	O.K
	모멘트최대	0.010	17666.625	38024.271	2.152	O.K
	탄성설계	0.010	10719.481	77842.097	7.262	O.K
	편심최대	0.010	14450.780	38137.945	2.639	O.K
합성부재력	축력최대	0.010	18853.700	80516.230	4.271	O.K
	모멘트최대	0.010	13935.326	47707.429	3.423	O.K
	탄성설계	0.010	10719.481	12955.040	1.209	O.K
	편심최대	0.010	9647.533	33285.302	3.450	O.K
	모멘트최대	0.010	17666.625	37714.911	2.135	O.K
	편심최대	0.010	14450.780	37800.400	2.616	O.K

② 기둥 하단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.010	20262.087	80516.230	3.974	O.K
	모멘트최대	0.010	15343.712	80516.230	5.248	O.K
	탄성설계	0.010	11802.856	15438.741	1.308	O.K
	편심최대	0.010	10622.570	92018.548	8.663	O.K
교축직각방향	축력최대	0.010	20262.087	80516.230	3.974	O.K
	모멘트최대	0.010	19075.011	40047.825	2.099	O.K
	탄성설계	0.010	11802.856	82476.124	6.988	O.K
	편심최대	0.010	10622.570	38335.938	3.609	O.K
합성부재력	축력최대	0.010	20262.087	80516.230	3.974	O.K
	모멘트최대	0.010	15343.712	44915.379	2.927	O.K
	탄성설계	0.010	11802.856	14689.991	1.245	O.K
	편심최대	0.010	10622.570	37207.124	3.503	O.K
	모멘트최대	0.010	19075.011	39618.187	2.077	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		길이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	2899.9	100.0	25573.036	30179.600	23386.723	27488.239	1.175	O.K
	우측내민보	2899.9	100.0	23776.959	30179.600	21778.362	27488.239	1.262	O.K
	좌측내민보수	2500.0	100.0	2664.315	5247.600	2169.185	4263.050	1.965	O.K
	우측내민보수	2500.0	100.0	2662.270	5247.600	2167.524	4263.050	1.967	O.K
	교량받침1	1827.3	100.0	94.627	30179.600	53.955	16481.723	305.470	O.K
	교량받침7	2587.6	100.0	13146.403	30179.600	10757.292	24283.783	2.257	O.K
	교량받침4	2514.6	100.0	12269.943	30179.600	9743.964	23534.206	2.415	O.K
	교량받침10	1681.1	100.0	94.428	30179.600	49.151	14982.568	304.828	O.K
기초	교축방향	2000.0	150.0	23097.336	31922.100	14330.636	19701.586	1.375	O.K
	교직-지점부	2000.0	150.0	24524.010	40471.200	15202.852	24849.748	1.635	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
두부보	좌측내민보	203.951	180.000	131.579	176.121	O.K
	우측내민보	190.402	180.000	131.579	203.598	O.K
	좌측내민보수평	177.606	180.000	223.069	233.397	O.K
	우측내민보수평	177.470	180.000	223.069	233.737	O.K
	교량받침1	1.988	180.000	131.579	31686.318	O.K
	교량받침7	105.789	180.000	131.579	534.406	O.K
	교량받침4	101.577	180.000	131.579	565.273	O.K
	교량받침10	4.068	180.000	131.579	15487.242	O.K
기초	교축방향	144.763	180.000	126.984	200.244	O.K
	교직-지점부	150.724	180.000	126.984	183.729	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항
- 1) 구 조 형 식 : T형 교각
- 2) 상 부 형 식 : PSC BEAM
- 3) 교 량 등 급 : 1 등교
- 4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중
- 1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
- 2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
- 3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.15

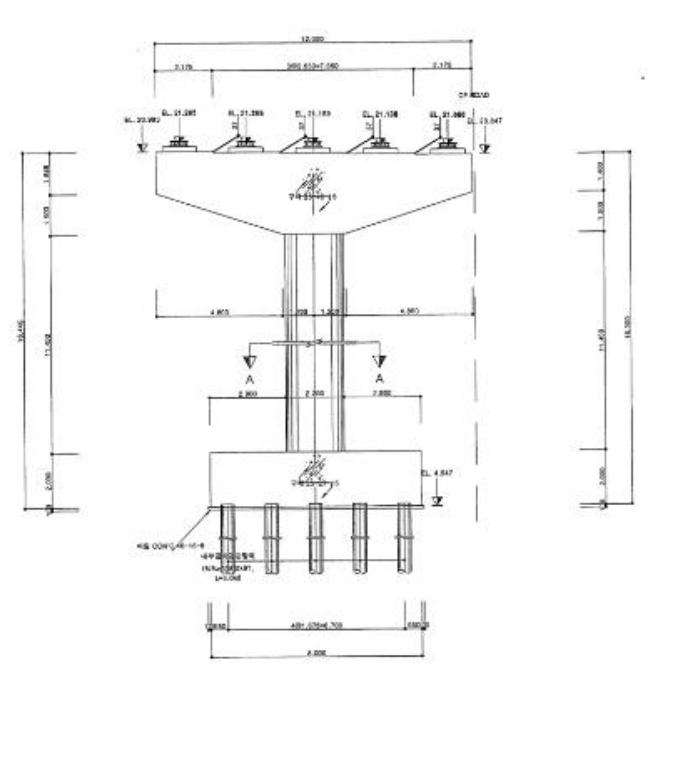
3.3 지 반 조 건
- 1) 기초지반의 N치 : N = 4
- 2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 22.746 ° ; 15 + √15N
- 3) 기초지반의 점착력 : C = 17 kN/m²
- 4) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.271 ; TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
- 5) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도 계수 x 지진구역계수
  - 내진 등급 : Ⅰ 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
  - 지진 구역 : Ⅰ 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도
- 1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa, 기둥: 40 MPa, 기초: 27 MPa
  - 탄성계수 : Ec = 두부보: 32000 MPa, 기둥: 32000 MPa, 기초: 29000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- 2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa, 기둥: 400 MPa, 기초: 400 MPa
  - 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

3.5 설 계 방 법
- 1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
- 2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

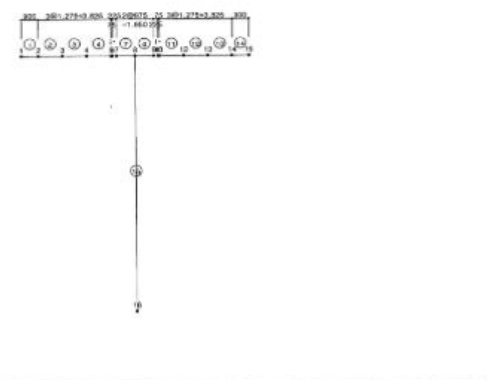
3.6 참 고 문 헌
- 1) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
- 2) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
- 3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
- 4) 도로 설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

4. 단 면 가 정



6. 구 조 해 석

6.1 해석 모델링



6.2 절점 좌표

절점	X	Z	절점	X	Z	절점	X	Z	절점	X	Z
1	0.000	13.600	5	4.725	13.600	9	6.975	13.600	13	9.825	13.600
2	0.900	13.600	6	4.800	13.600	10	7.200	13.600	14	11.100	13.600
3	2.175	13.600	7	5.025	13.600	11	7.275	13.600	15	12.000	13.600
4	3.450	13.600	8	6.000	13.600	12	8.550	13.600	16	6.000	0.000

6.3 단면 제원

구 분	B(m)	H(m)	A(m²)	I22(m⁴)	I33(m⁴)	적용절점
①	2.500	1.400	3.500	1.822917	0.571667	15
②	2.500	1.546	3.865	2.013021	0.769817	1
③	2.500	1.681	4.203	2.188802	0.989605	14
④	2.500	1.827	4.567	2.378906	1.270499	2
⑤	2.500	2.080	5.200	2.708333	1.874773	13
⑥	2.500	2.116	5.290	2.755208	1.973812	
⑦	2.500	2.189	5.473	2.850260	2.185224	3
⑧	2.500	2.226	5.565	2.898438	2.297916	
⑨	2.500	2.515	6.288	3.274740	3.314154	12
⑩	2.500	2.588	6.470	3.369792	3.611200	4
⑪	2.500	2.913	7.282	3.792969	5.149680	11
⑫	2.500	2.950	7.375	3.841146	5.348411	5
⑬	2.500	2.973	7.432	3.871094	5.474488	6~10
⑭	2.500	2.986	7.465	3.888021	5.546617	
⑮	2.200	0.000	3.801	1.149901	1.149901	기둥상단
16	2.200	0.000	3.801	1.149901	1.149901	기둥하단

34.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 34.2.1】 신공릉천교(서울) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	신공릉천교(서울)의 주요 손상현황으로는 방호벽 균열부백태, 교량받침 받침몰탈 균열, 받침몰탈 파손 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡 및 외부충격 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	신공릉천교(서울)의 주요 손상현황으로는 배수시설 배수관 접합부 누수, 방호벽 균열부백태, 교량받침 받침몰탈 균열, 받침몰탈 파손, 교대 신축이음 하부 누수 등의 손상이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡 및 외부충격 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	방호벽 균열부백태 배수시설 배수관 접합부 누수 신축이음 하부 누수	양호

34.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

34.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 기 손상인 방호벽 백태, 배수관 누수, 신축이음 하부 누수 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

34.2.5 시설물 보수 이력

【표 34.2.2】 신공릉천교(서울) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

34.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 34.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

34.3 현장조사

34.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 굴절차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

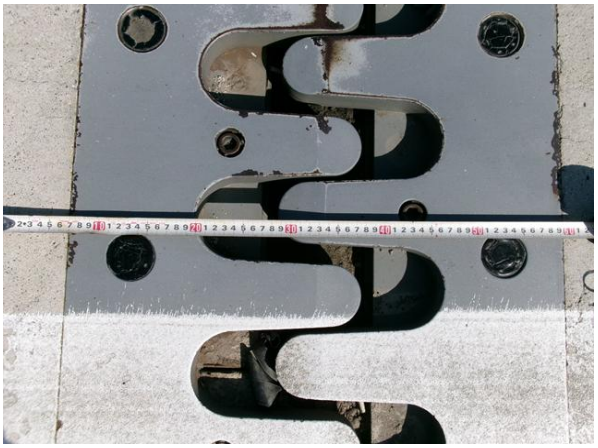
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S8	도보, 굴절차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



제원조사



비파괴시험

【사진 34.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

34.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 신공릉천교(서울)는 총 8경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=320.0m 폭 12.3m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 굴절차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 34.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 34.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
S8	-	-
합계	-	-

	
바닥판 하면 상태양호	바닥판 하면 상태양호

【사진 34.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. PSC Girder + BH Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 S1~S6 PSC 거더, S7~8 BH 거더로서, 각 5열로 시공되었다.
- 거더에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 굴절차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>PSC 거더 전경</td><td>PSC 거더 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>BH 거더 전경</td><td>BH 거더 전경</td></tr>
</table>

【사진 34.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 인양홀 주변 파손 및 거더측면 망상균열이 일부 확인되었다.

【표 34.3.2】 거더 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		파손, 인양홀 파손 (㎡/개소)	
S1	-	-	-	-
S2	-	-	-	-
S3	-	-	-	-
S4	-	-	-	-
S5	-	-	0.08	1
S6	-	-	0.01	1
S7	2.50	1	-	-
S8	19.36	8	-	-
합계	21.86	9	0.09	2



S5-G5 파손(0.2×0.4)



S6-G1 인양홀 파손(0.1×0.1)



S7-G1 망상균열(2.5×1.0)



굴절차를 이용한 거더 근접조사

【사진 34.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더에 발생한 망상균열 및 파손은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 조치가 필요하다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 STEEL과 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 굴절차를 통한 근접조사를 실시하였다.
- 가로보에 대한 현장조사는 상세한 조사를 위해 도보 및 굴절차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

		
PSC 거더 가로보 전경	PSC 거더 가로보 전경	BH 거더 가로보 전경

【사진 34.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 34.3.3】 가로보 현장조사 결과(PSC)

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
합계		-	-

【표 34.3.4】 가로보 현장조사 결과(BH)

구분		상태양호	
가로보	S7	-	-
	S8	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 34.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 신공릉천교(서울) 교대는 상부 구조물로부터의 하중을 기초로 전달하는 부재로써, 역T형으로 A1 직접기초, A2 강관말뚝기초로 시공되어있다.
- 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 34.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 폭 0.3㎜ 미만 균열이 조사되었다.

【표 34.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
A1	5.00	2
A2	-	-
합계	5.00	2



A1 균열(Cw=0.3㎜미만)



A1 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 34.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교대에 균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 신축이음을 통한 우수유입에 대해 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 요망된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 신공릉천교(서울)의 교각은 T형 7기로, 기초는 P1, 2, 7 강관말뚝기초, P3~6 직접기초로 시공되었다.
- 교각에 대한 외관조사는 도보 및 굴절차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교각 전경



교각 전경

【사진 34.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열 및 망상균열이 조사되었다.

【표 34.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
P1	5.20	4	-	-
P2	-	-	34.50	1
P3	-	-	12.00	1
P4	3.50	1	2.00	1
P5	-	-	-	-
P6	-	-	-	-
P7	-	-	-	-
합계	8.50	5	48.50	3

	
P4 코핑부 망상균열(2.0×1.0)	P4 코핑부 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 34.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

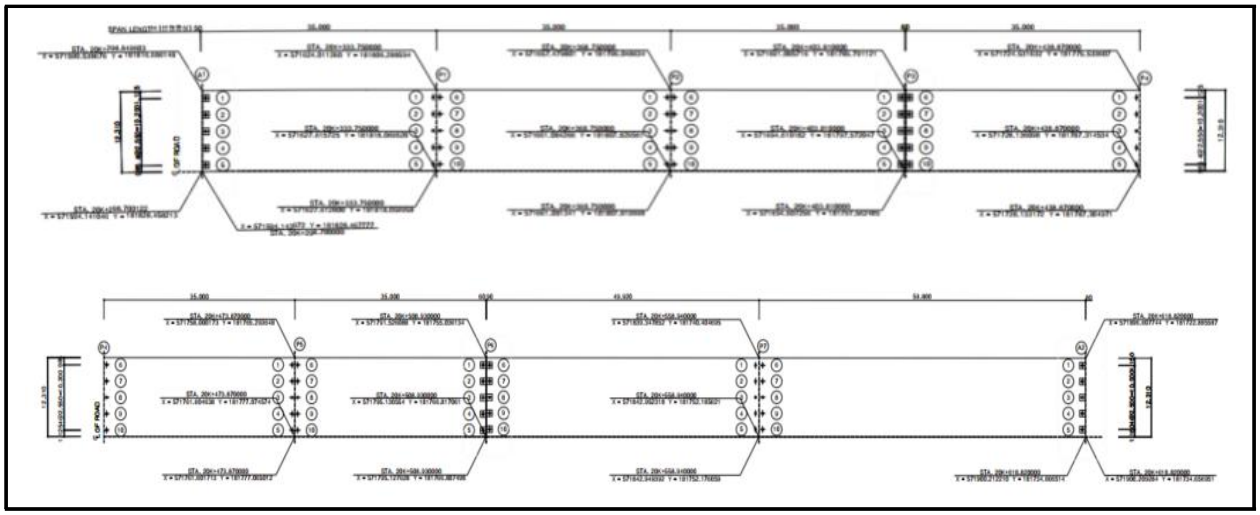
4) 검토의견

- 교각에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 신공릉천교(서울)의 받침은 총 80기(LRB 30기, 탄성받침 50기)가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 34.3.1】 교량받침 배치도

		
LRB받침 전경	LRB받침 전경	LRB받침 전경
		
탄성받침(일방향) 전경	탄성받침(양방향) 전경	탄성받침(고정) 전경

【사진 34.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 무수축몰탈 균열 및 플레이트 부식이 확인되었다.

【표 34.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	무수축몰탈 균열 (m/개소)		플레이트 부식 (개소/개소)	
A1	-	-	-	-
P1	-	-	-	-
P2	0.20	1	-	-
P3	-	-	4.00	4
P4	-	-	-	-
P5	-	-	-	-
P6	0.90	9	-	-
P7	-	-	-	-
A2	-	-	-	-
합계	1.10	10	4.00	4



P2-Sh6 무수축몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)



P6-Sh6 무수축몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만)



P3-Sh1 플레이트 부식



P3-Sh6 플레이트 부식

【사진 34.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

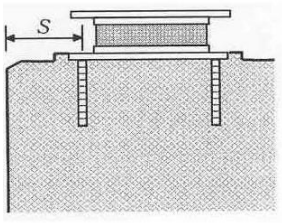
4) 검토의견

■ 무수축몰탈에서 발생된 균열 및 플레이트 부식은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열 및 도장열화로 금회 일괄보수 보다는 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 시 표면보수 등의 일괄보수가 필요할 것으로 판단된다.

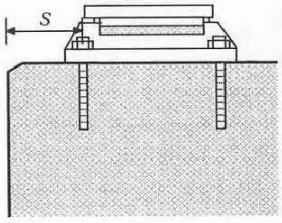
5) 연단거리 검토

■ 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.

■ 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침



(b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 34.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 34.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : 200+5×35.0 = 375(㎜)
- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450(㎜)
- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500(㎜)

【표 34.3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)					검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
A1		375	580	580	580	580	560	O.K
P1	A1측	375	590	590	510	590	590	O.K
	A2측	375	480	490	480	480	480	O.K
P2	A1측	375	450	450	450	450	460	O.K
	A2측	375	470	480	480	480	480	O.K
P3	A1측	375	480	480	490	490	500	O.K
	A2측	375	490	490	490	490	490	O.K
P4	A1측	375	420	430	440	440	440	O.K
	A2측	375	530	540	540	540	540	O.K
P5	A1측	375	470	480	490	480	490	O.K
	A2측	375	460	450	450	450	450	O.K
P6	A1측	375	610	620	620	630	620	O.K
	A2측	450	750	760	770	750	760	O.K
P7	A1측	450	750	750	750	730	760	O.K
	A2측	500	700	700	700	710	710	O.K
A2		500	550	550	540	550	550	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 34.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 34.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	26.2	23.8	0.00001	35.0	9.2	8.3	
P1	고정단						
P2	26.2	23.8	0.00001	35.0	9.2	8.3	
P3(A1측)	26.2	23.8	0.00001	70.0	18.3	16.7	
P3(A2측)	26.2	23.8	0.00001	35.0	9.2	8.3	
P4	고정단						
P5	26.2	23.8	0.00001	35.0	9.2	8.3	
P6(A1측)	26.2	23.8	0.00001	70.0	18.3	16.7	
P6(A2측)	26.2	23.8	0.00001	50.0	13.1	11.9	
P7	고정단						
A2	26.2	23.8	0.00001	60.0	15.7	14.3	

1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)

【표 34.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	−10	43	63	9.2	8.3	±53	O.K
	SH2	−10	43	63			±53	O.K
	SH3	−10	43	63			±53	O.K
	SH4	−10	43	63			±53	O.K
	SH5	−10	43	63			±53	O.K
P1	고정단							
P2	SH1	0	40	40	9.2	8.3	±40	O.K
	SH2	0	40	40			±40	O.K
	SH3	0	40	40			±40	O.K
	SH4	0	40	40			±40	O.K
	SH5	0	40	40			±40	O.K
	SH6	0	40	40			±40	O.K
	SH7	0	40	40			±40	O.K
	SH8	0	40	40			±40	O.K
	SH9	0	40	40			±40	O.K
	SH10	0	40	40			±40	O.K
P3	SH1	−5	48	58	18.3	16.7	±53	O.K
	SH2	−5	48	58			±53	O.K
	SH3	−5	48	58			±53	O.K
	SH4	−5	48	58			±53	O.K
	SH5	−5	48	58			±53	O.K
	SH6	−5	48	58	9.2	8.3	±53	O.K
	SH7	−5	48	58			±53	O.K
	SH8	−5	48	58			±53	O.K
	SH9	−5	48	58			±53	O.K
	SH10	−5	48	58			±53	O.K
P4	고정단							
P5	SH1	0	40	40	9.2	8.3	±40	O.K
	SH2	0	40	40			±40	O.K
	SH3	0	40	40			±40	O.K
	SH4	0	40	40			±40	O.K
	SH5	0	40	40			±40	O.K
	SH6	0	40	40			±40	O.K
	SH7	0	40	40			±40	O.K
	SH8	0	40	40			±40	O.K
	SH9	0	40	40			±40	O.K
	SH10	0	40	40			±40	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K
허용변위 = 받침높이 × 0.3

【표 34.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P6	SH1	−10	30	50	18.3	16.7	±40	O.K
	SH2	−10	30	50			±40	O.K
	SH3	−10	30	50			±40	O.K
	SH4	−10	30	50			±40	O.K
	SH5	−10	30	50			±40	O.K
	SH6	+10	50	30	13.1	11.9	±40	O.K
	SH7	+10	50	30			±40	O.K
	SH8	+10	50	30			±40	O.K
	SH9	+10	50	30			±40	O.K
	SH10	+10	50	30			±40	O.K
P7	고정단							
A2	SH1	+15	68	38	15.7	14.3	±53	O.K
	SH2	+15	68	38			±53	O.K
	SH3	+15	68	38			±53	O.K
	SH4	+15	68	38			±53	O.K
	SH5	+15	68	38			±53	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K
허용변위 = 받침높이 × 0.3

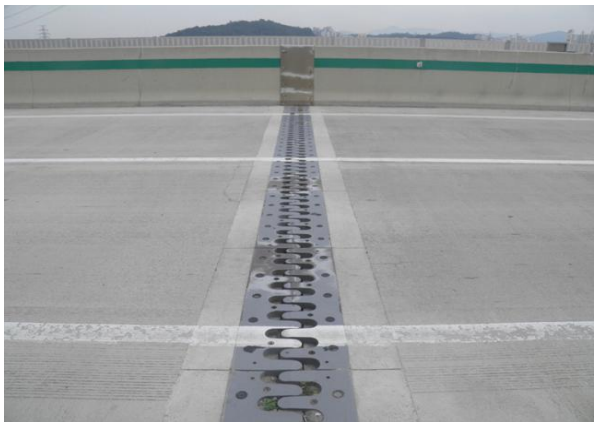
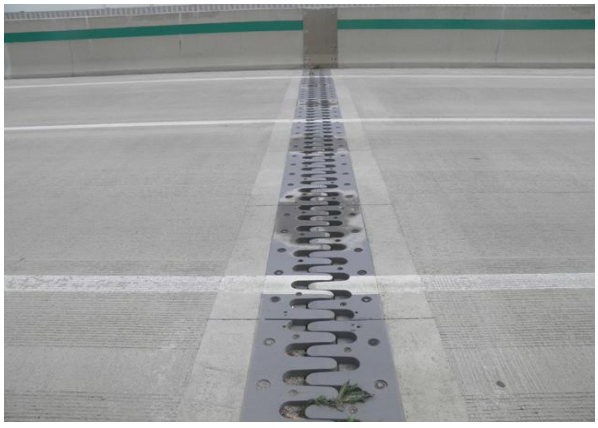
② 교량받침 이동량 검토의견

■ 교량받침 이동량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 신축이음장치는 직접 차량하중을 받는 부재로써, 설계 및 시공의 결함은 차량통행자에게 불쾌감 및 위협감을 줄 뿐만 아니라 경우에 따라서는 교량구조에도 악영향을 미칠 수 있는 장치이다.
- 본 교량의 신축이음장치는 A1(NO.50) 뉴모노셀, A2(NO.80), P3(NO.120), P6(NO.150) 강핑거조인트로 시공된 상태이다.
- 신축이음의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사 및 측정을 실시하였다.

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>EXP.J1(A1) 전경</td><td>EXP.J2(P3) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>EXP.J3(P6) 전경</td><td>EXP.J4(A2) 전경</td></tr>
</table>

【사진 34.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 후타재 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 파손, 본체 볼트 파손 및 탈락, 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.

【표 34.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

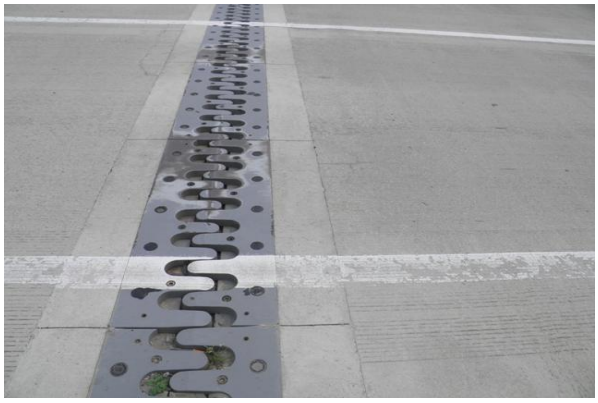
구분	후타재 균열 (0.3㎜미만) (m/개소)		후타재 망상균열 (㎡/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		본체 볼트파손, 탈락 (개소/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	-	-	1.59	2	0.10	1	4.00	4	1.00	5
P3 (EXP J2)	8.40	28	-	-	-	-	-	-	-	-
P6 (EXP J3)	8.40	28	-	-	-	-	-	-	-	-
A2 (EXP J4)	5.00	10	-	-	-	-	-	-	0.50	2
합계	21.80	66	1.59	2	0.10	1	4.00	4	1.50	7



A1 후타재 파손(0.1×1.0), 본체 볼트 탈락(4EA)



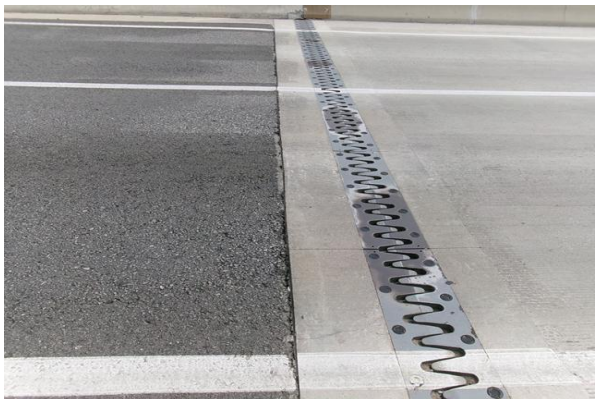
A1 후타재 망상균열(0.5×3.0, 0.3×3.0)



P3 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)



P6 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)



A2 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)



A1 하부 누수

【사진 34.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

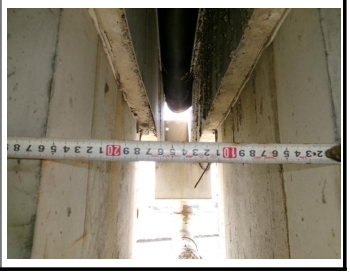
4) 검토의견

■ 신축이음에 발생한 후타재 파손 및 본체 볼트 탈락, 파손은 차량 통행하중 및 충격 등에 의한 손상으로, 주행차량 및 교량의 안전성에 영향을 미치므로 즉각 보수가 필요한 상태이다.

■ 후타재 균열 및 하부 누수의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 균열 보수 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 17. 기온 적용: 11.2℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃−11.2℃ = 23.8℃
△T(수축시) : −15.0℃−(11.2℃) = 26.2℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 34.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 34.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	26.2	23.8	0.00001	35.0	9.2	8.3	32	60	100	
P3	26.2	23.8	0.00001	105.0	27.5	25.0	85	150	260	
P6	26.2	23.8	0.00001	120.0	31.4	28.6	90	100	300	
A2	26.2	23.8	0.00001	60.0	15.7	14.3	45	65	130	
1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 34.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③−②)	
A1	신축이음	9.2	8.3	32	50	41.2	23.7	O.K
	바닥판			60	−	−	51.7	O.K
	거더			100	−	−	91.7	O.K
P3	신축이음	27.5	25.0	85	120	112.5	60.0	O.K
	바닥판			150	−	−	125.0	O.K
	거더			260	−	−	235.0	O.K
P6	신축이음	31.4	28.6	90	150	121.4	61.4	O.K
	바닥판			100	−	−	71.4	O.K
	거더			300	−	−	271.4	O.K
A2	신축이음	15.7	14.3	45	80	60.7	30.7	O.K
	바닥판			65	−	−	50.7	O.K
	거더			130	−	−	115.7	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 신공릉천교(서울)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.
- 교면포장의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사를 실시하였다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

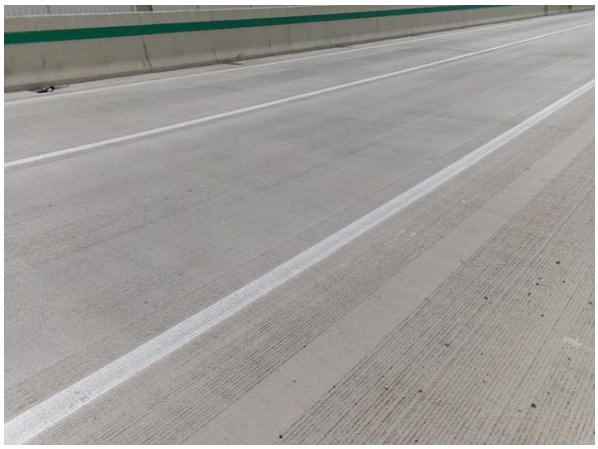
【사진 34.3.19】교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 포장부 균열이 일부 조사되었다.

【표 34.3.14】교면포장 현장조사 결과

구분	포장부 균열 (m/개소)	
S1	32.00	4
S2	-	-
S3	-	-
S4	3.00	1
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
S8	-	-
합계	35.00	5

	
S1 포장 균열	S1 포장 균열
	
S4 포장 균열	S8 교면포장 상태양호

【사진 34.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장은 구배불량에 의한 물고임 현상은 발생하지 않은 상태이다. 다만, 콘크리트 포장 균열이 일부 조사되었고, 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 신공릉천교(서울)의 상부는 그레이팅 덮개로 마감된 배수구가 하부는 육교형 배수관이 시공되어있고, 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌측에 배수시설이 설치되어 있다.
- 배수시설에 대한 외관조사는 도보 및 굴절차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



배수구 전경



배수관 전경

【사진 34.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수관 이음부에 누수가 발생한 것으로 조사되었다.

【표 34.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수관 이음부 누수 (개소/개소)	
S1	1.00	1
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
S8	-	-
합계	1.00	1

	
S1 배수관 이음부 누수	배수구 상태양호
	
배수관 상태양호	배수관 상태양호

【사진 34.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수관 이음부 누수가 발생하였고, 접합부 열화 및 이물질퇴적에 의한 체수 등의 원인으로 발생한 것으로 판단되며, 경미한 손상으로 주의관찰 후 진전, 추가손상 발생시 일괄보수하는 유지관리가 요망된다.
- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다. 부속시설로 방음벽이 시공되어 있다.
- 방호벽에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



방호벽 전경



중분대 전경

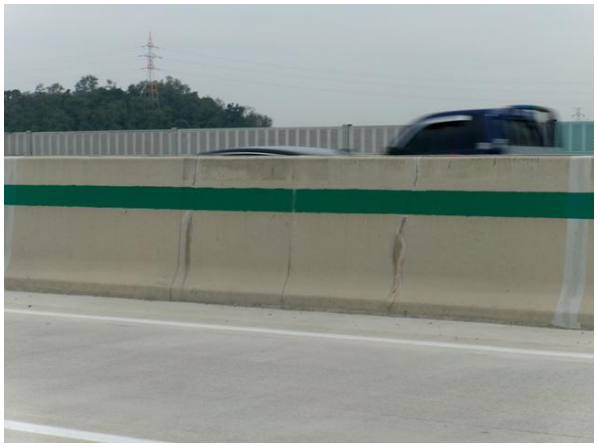
【사진 34.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 중앙분리대 균열 및 균열부 백태가 확인되었다.

【표 34.3.16】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열부 백태 (㎡/개소)	
S1	-	-	-	-
S2	15.00	10	-	-
S3	18.00	12	-	-
S4	-	-	2.00	10
S5	-	-	1.60	16
S6	-	-	0.80	8
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-
합계	33.00	22	4.40	34

	
S2 중앙분리대 균열(Cw=0.3㎜미만)	S3 중앙분리대 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
S4 중앙분리대 균열부 백태(0.2×1.0×10EA)	S6 중앙분리대 균열부 백태(0.1×1.0×8EA)

【사진 34.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열 및 균열부 백태는 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 현재 경미한 상태로 시급한 보수 보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 신공릉천교(서울)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1~P7에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.
- 교량 점검시설에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

【사진 34.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 34.3.17】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
P4	-	-
P5	-	-
P6	-	-
P7	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 34.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

34.3.3 외관조사 총괄표

【표 34.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	
PSC	거더	파손, 인양홀주위 파손	㎡	0.09	2	
	가로보	상태양호	-	-	-	
BH	거더	망상균열	㎡	21.86	9	
	가로보	상태양호	-	-	-	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	5.00	2	
교각		균열(0.3㎜미만)	m	8.50	5	
		망상균열	㎡	48.50	3	
교량받침		무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	1.10	10	
		플레이트 부식	EA	4.00	4	
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	21.80	66	
		후타재 망상균열	㎡	1.59	2	
		후타재 파손	㎡	0.10	1	
		본체 볼트탈락, 파손	EA	4.00	4	
		하부 누수	m	1.50	7	
교면포장		포장부 균열	m	35.00	5	
배수시설		배수관 이음부 누수	EA	1.00	1	
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	33.00	22	
		균열부 백태	㎡	4.40	34	
점검시설		상태양호	-	-	-	

34.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

34.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

34.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 34.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	7	7	7	7	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		2	4	2	4	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



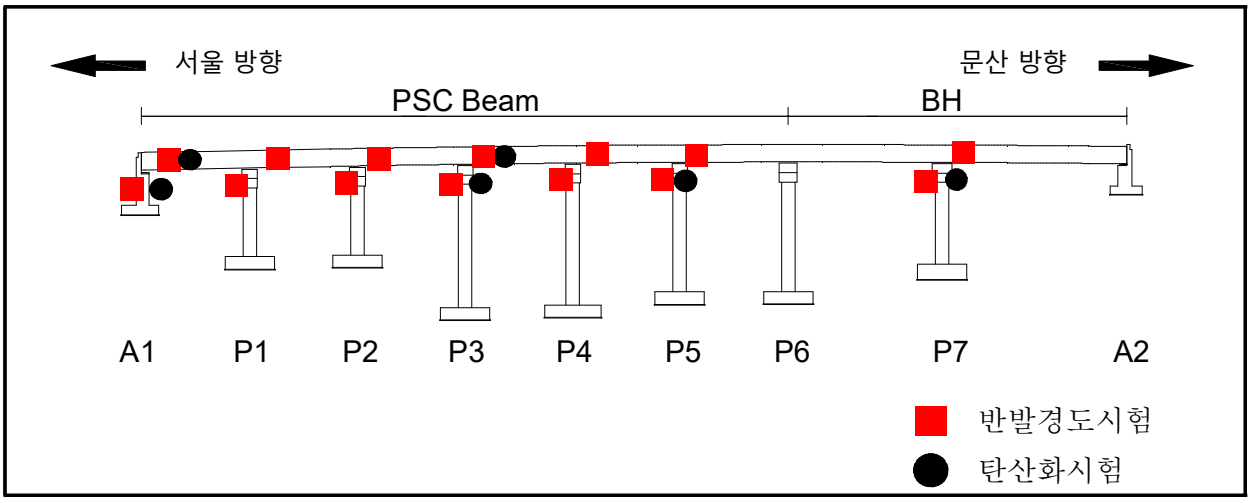
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 34.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 34.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

34.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(각 7개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 34.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	46.4	27.4	28.8	0.67	27.0	
	S2	바닥판	46.6	27.6	28.9			
	S3	바닥판	46.4	27.4	28.8			
	S8	바닥판	46.5	27.5	28.8			

【표 34.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
상부구조	S4	거더	49.4	41.9	50.2	0.67	40.0	
	S5	거더	47.7	40.2	47.6			
	S6	거더	48.4	40.9	48.7			

【표 34.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	흉벽	43.9	25.3	27.6	0.67	24.0	

【표 34.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(㎫)				설계기준 강도 (㎫)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	코핑부	49.3	41.8	50.1	0.67	40.0	
	P2	코핑부	48.1	40.6	48.3			
	P3	코핑부	49.7	42.2	50.7			
	P4	코핑부	50.6	43.1	52.1			
	P5	코핑부	49.5	42.0	50.4			
	P7	코핑부	48.2	40.7	48.4			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.4~27.6㎫, 거더 40.2~41.9㎫, 하부구조 교대 25.3㎫, 교각 40.6~43.1㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 34.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.4~27.6	27.0	101.4~102.1
	거더	40.2~41.9	40.0	100.4~104.7
하부구조	교대	25.3	24.0	105.4
	교각	40.6~43.1	40.0	101.5~107.7

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 34.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판하면	3.0	40.0	37.0	2.12	100년이상	a
	S4 거더	3.5	40.0	36.5	2.47	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	4.5	100.0	95.5	3.18	100년이상	a
	P3 코핑부	4.5	100.0	95.5	3.18	100년이상	a
	P5 코핑부	4.0	100.0	96.0	2.83	100년이상	a
	P7 코핑부	3.5	100.0	96.5	2.47	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.0~3.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 3.5~4.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 34.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	3.0~3.5	36.5~37.0	
하부구조	3.5~4.5	95.5~96.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 34.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.4~27.6	27.0	■설계강도 이상(양호)
		거더	40.2~41.9	40.0	
	하부구조	교대	25.3	24.0	
		교각	40.6~43.1	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.5~37.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5~96.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

34.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

34.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 34.5.1】 상태평가 결과표(PSC)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	PSC	a	a	a	c	c	a	c	a	b	q	a	a
S2	P1	PSC	a	a	a	a	a	b	–	a	b	q	–	–
S3	P2	PSC	a	a	a	a	a	b	–	b	b	q	–	–
S4	P3	PSC	a	a	a	b	a	b	c	b	b	q	a	a
S5	P4	PSC	a	b	a	a	a	b	–	a	b	q	–	–
S6	P5	PSC	a	b	a	a	a	b	–	a	a	q	–	a
평균			0.100	0.133	0.100	0.167	0.150	0.183	0.400	0.133	0.183	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.027	0.005	0.012	0.005	0.004	0.036	0.012	0.037	–	0.004	0.003
													0.161	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.161) < 0.260

【표 34.5.2】 상태평가 결과표(BH)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S7	P6	BH	a	b	a	a	a	a	c	b	a	q	-	-
S8	P7	BH	a	b	a	a	a	a	-	a	a	q	-	a
	A2	BH							c	a	a	q	-	-
평균			0.100	0.200	0.100	0.100	0.100	0.100	0.400	0.133	0.100	-	-	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	-	7
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.040	0.005	0.007	0.003	0.002	0.036	0.012	0.020	-	-	0.007
													0.150	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.150) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 34.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
신공릉천교(서울)(PSC)	0.161	B	210.0	2	420.0	0.656	0.106
신공릉천교(서울)(BH)	0.150	B	110.0	2	220.0	0.344	0.052
합계(Σ)			320.0	4	640.0	1.000	0.157
1. 평가지수 =							0.157
2. 상태평가결과 =							B

34.5.2 기 점검 결과와의 비교

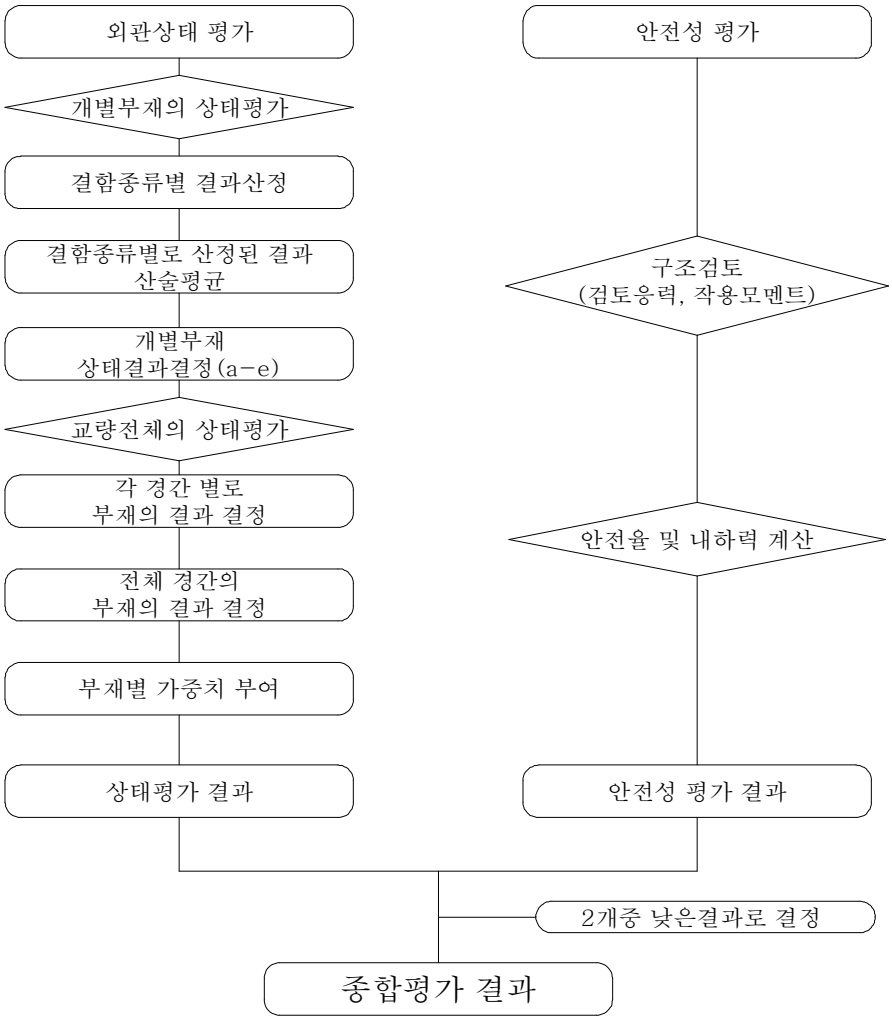
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

34.6 종합평가 및 안전등급 지정

34.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 34.6.1】 종합평가 결과 산정절차

34.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 34.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
신공릉천교(서울)	0.157	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

34.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 34.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

34.7 보수·보강 및 유지관리방안

34.7.1 보수·보강 방안

【표 34.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	-	-
PSC	거더	파손, 인양홀주위 파손	㎡	0.09	2	단면보수	하자
	가로보	상태양호	-	-	-	-	-
BH	거더	망상균열	㎡	21.86	9	표면처리	하자
	가로보	상태양호	-	-	-	-	-
교대		균열(0.3㎜미만)	m	5.00	2	표면처리	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	m	8.50	5	표면처리	하자
		망상균열	㎡	48.50	3	표면처리	하자
교량받침		무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	1.10	10	표면처리	하자
		플레이트 부식	EA	4.00	4	재도장	하자
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	21.80	66	표면처리	하자
		후타재 망상균열	㎡	1.59	2	표면처리	하자
		후타재 파손	㎡	0.10	1	단면보수	하자
		본체 볼트탈락, 파손	EA	4.00	4	재설치	하자
		하부 누수	m	1.50	7	재설치	하자
교면포장		포장부 균열	m	35.00	5	표면처리	하자
배수시설		배수관 이음부 누수	EA	1.00	1	정비	하자
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	33.00	22	표면처리	하자
		균열부 백태	㎡	4.40	34	표면처리	하자
점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

34.7.2 개략공사비

【표 34.7.2】 개략공사비

구분		손상 내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
PSC	거더	파손	단면보수	0.09	0.14	㎡	-	-	하자
BH	거더	망상균열	표면처리	21.86	32.79	㎡	-	-	하자
교대		균열(0.3㎜미만)	표면처리	5.00	1.88	㎡	-	-	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	표면처리	8.50	3.19	㎡	-	-	하자
		망상균열	표면처리	48.50	72.75	㎡	-	-	하자
교량받침		무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)	표면처리	1.10	0.41	㎡	-	-	하자
		플레이트 부식	재도장	4.00	6.00	EA	-	-	하자
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	표면처리	21.80	8.18	㎡	-	-	하자
		후타재 망상균열	표면처리	1.59	2.39	㎡	-	-	하자
		후타재 파손	단면보수	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
		본체 볼트탈락, 파손	재설치	4.00	6.00	EA	-	-	하자
		하부 누수	재설치	1.50	2.25	m	-	-	하자
교면포장		포장부 균열	표면처리	35.00	13.13	㎡	-	-	하자
배수시설		배수관 이음부 누수	정비	1.00	1.50	EA	-	-	하자
방호벽		균열(0.3㎜미만)	표면처리	33.00	12.38	㎡	-	-	하자
		균열부 백태	표면처리	4.40	6.60	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)		구 분	1순위		2순위			3순위	
		순공사비	-		-			-	
		재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
		합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)			-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

34.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 34.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상





① 교각 균열, 망상균열 등 – 진전 여부확인



② 교량받침 플에이트 부식 등 – 진전 여부확인

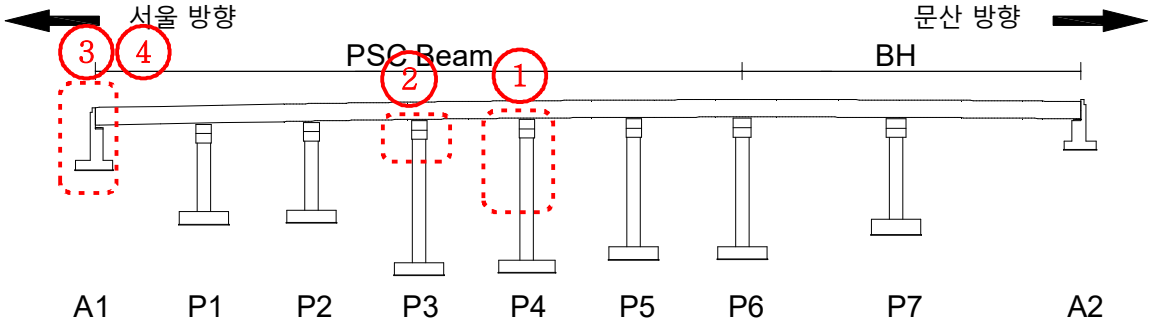




③ 신축이음 후타재 파손, 본체 볼트탈락 및 파손 – 진전 여부확인



④ 배수관 누수 등 - 진전 여부확인



34.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 능안리 23-4에 위치한 교량으로 총 연장 320.0m, 폭 12.3m의 PSC + BH Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

34.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) PSC Girder + BH Girder

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 인양홀 주변 파손 및 거더측면 망상균열이 일부 확인되었다.
- 거더에 발생한 망상균열 및 파손은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 조치가 필요하다.

3) 가로보

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 폭 0.3㎜ 미만 균열이 조사되었다.
- 교대에 균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하며, 신축이음을 통한 우수유입에 대해 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 요망된다.

5) 교각

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열 및 망상균열이 조사되었다.
- 교각에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

6) 교량받침

- 현장조사 결과 무수축몰탈 균열 및 플레이트 부식이 확인되었다.
- 무수축몰탈에서 발생된 균열 및 플레이트 부식은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열 및 도장열화로 금회 일괄보수 보다는 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 시 표면보수 등의 일괄보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 교량받침 이동량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 후타재 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 파손, 본체 볼트 파손 및 탈락, 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.
- 신축이음에 발생한 후타재 파손 및 본체 볼트 탈락, 파손은 차량 통행하중 및 충격 등에 의한 손상으로, 주행차량 및 교량의 안전성에 영향을 미치므로 즉각 보수가 필요한 상태이다.
- 후타재 균열 및 하부 누수의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 균열 보수 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 현장조사 결과 포장부 균열이 일부 조사되었다.
- 교면포장은 구배불량에 의한 물고임 현상은 발생하지 않은 상태이다. 다만, 콘크리트 포장 균열이 일부 조사되었고, 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

9) 배수시설

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수관 이음부에 누수가 발생한 것으로 조사되었다.
- 배수관 이음부 누수가 발생하였고, 접합부 열화 및 이물질퇴적에 의한 체수 등의 원인으로 발생한 것으로 판단되며, 경미한 손상으로 주의관찰 후 진전, 추가손상 발생시 일괄보수하는 유지관리가 요망된다.
- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 중앙분리대 균열 및 균열부 백태가 확인되었다.
- 방호벽에 발생한 균열 및 균열부 백태는 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 현재 경미한 상태로 시급한 보수 보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

11) 교량 점검시설

- 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.
- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.4~27.6㎫, 거더 40.2~41.9㎫, 하부구조 교대 25.3㎫, 교각 40.6~43.1㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 3.0~3.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 3.5~4.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 신공릉천교(서울)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 신공릉천교(서울)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

34.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

34.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

35. 신공릉천교(문산)

35.1 시설물 개요
35.2 자료수집 및 분석
35.3 현장조사
35.4 콘크리트 내구성조사
35.5 상태평가
35.6 종합평가 및 안전등급 지정
35.7 보수·보강 및 유지관리 방안
35.8 종합결론

35. 신공릉천교(문산)

35.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 능안리 23-4에 위치한 교량으로 총 연장 326.0m, 폭 12.3m로 시공되어 있다.

35.1.1 일반사항

【표 35.1.1】 신공릉천교(문산) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000124	관리번호		-
시설물위치		경기도 파주시 조리읍 능안리 23-4	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		본선구간 18.000km	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=326.0m(6@35+56+60=326.0m)			
	폭	B=12.3m			
구조형식	상부	PSC거더+BH거더	기초형식	교 대	A1: 직접기초 A2: 강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형 교각: T형		교 각	P1,2,7: 강관말뚝기초 P3,4,5,6: 직접기초
교량받침		지진격리받침, 탄성받침	신축이음		뉴모노셀, 핑거
교차시설물		공릉천, 국지도56호선	통과높이		5.0m
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		지에스건설㈜	관리주체		㈜신성엔지니어링
감 리 자		동남이엔씨㈜	관리주체		서울문산고속도로주식회사

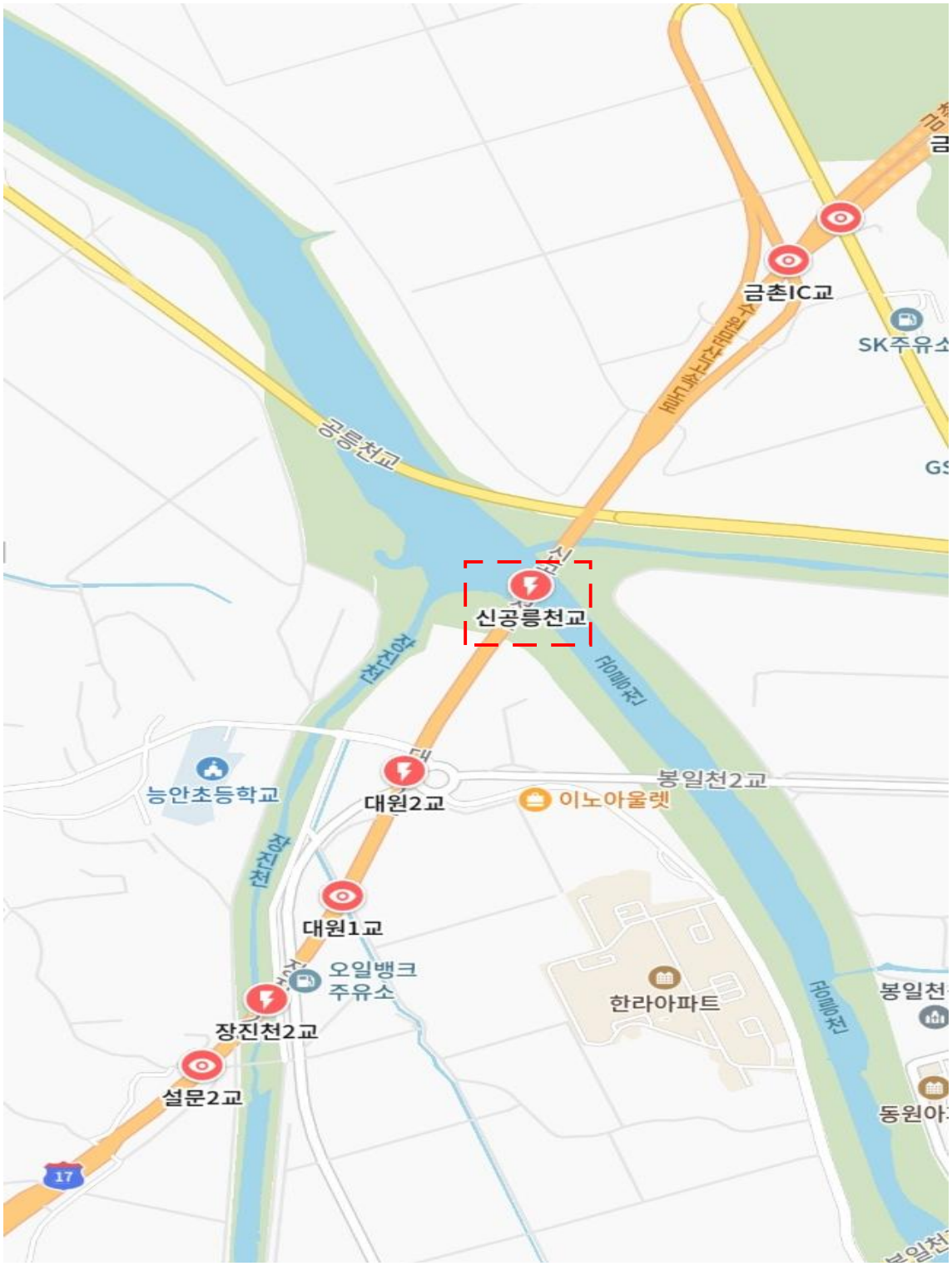


측면 전경



상부 전경

35.1.2 위치도 및 전경사진



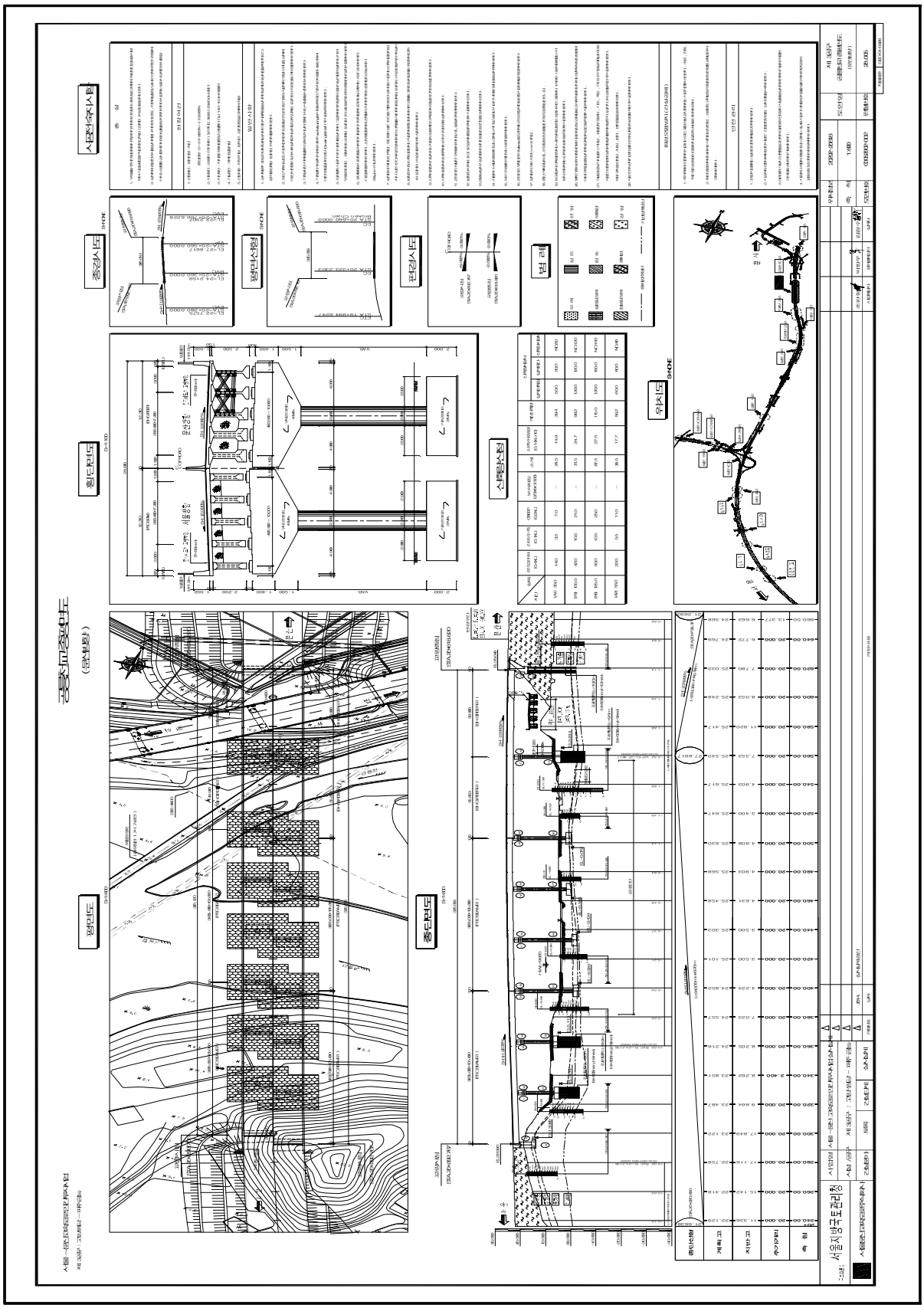
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S8	도보, 굴절차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 35.1.1】 위치도

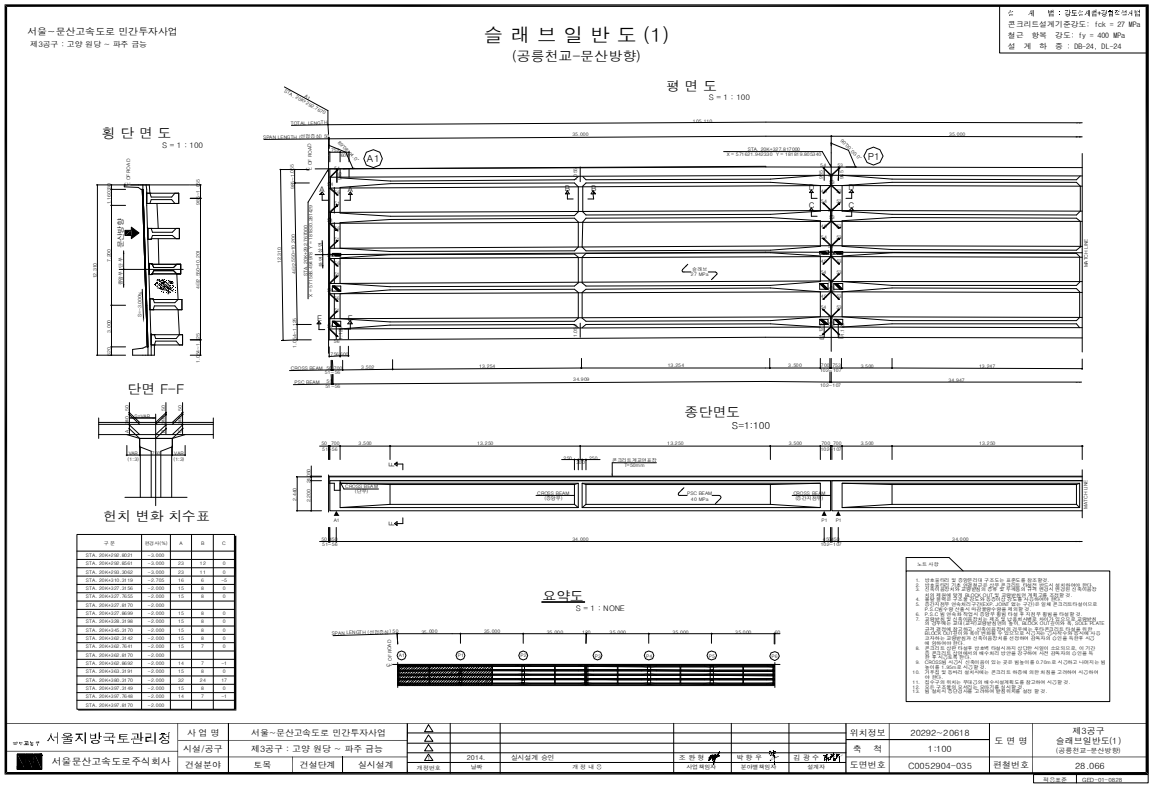
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더(PSC) 전경	거더(BH) 전경
	
교대(A1) 전경	교대(A2) 전경
	
교각 전경	교량받침 전경

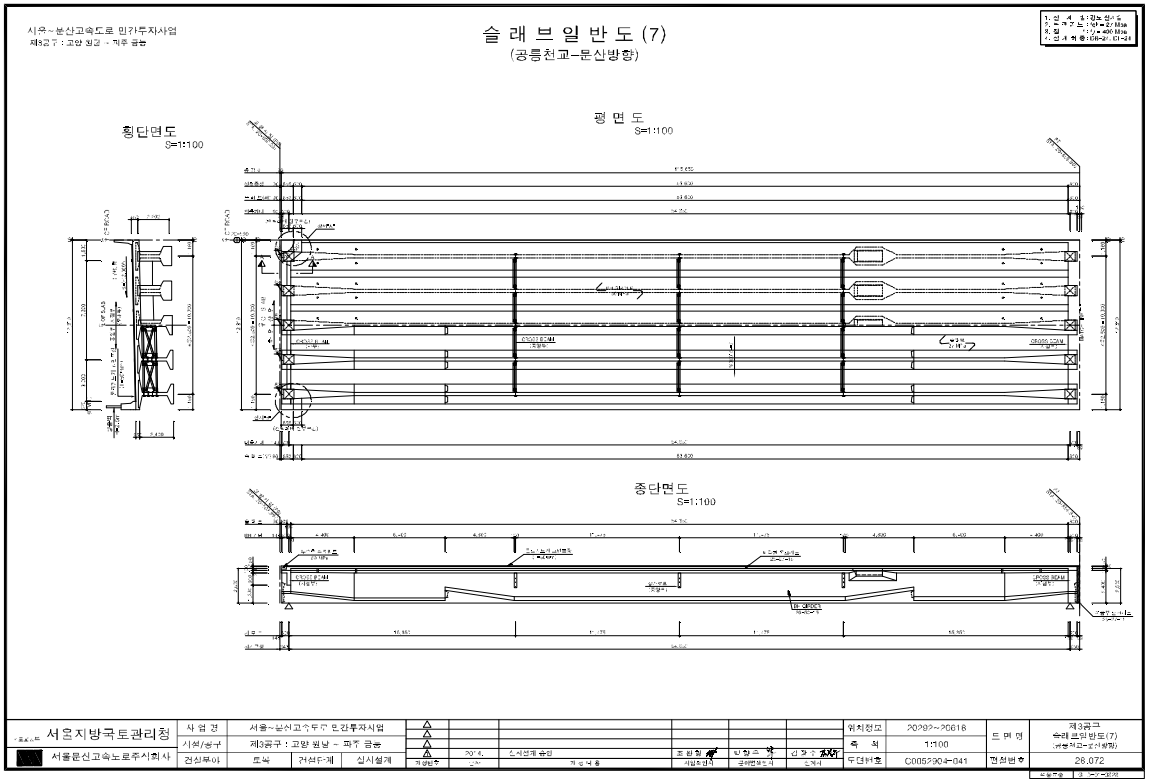
【그림 35.1.2】 부재별 현황

35.1.3 시설물 일반도

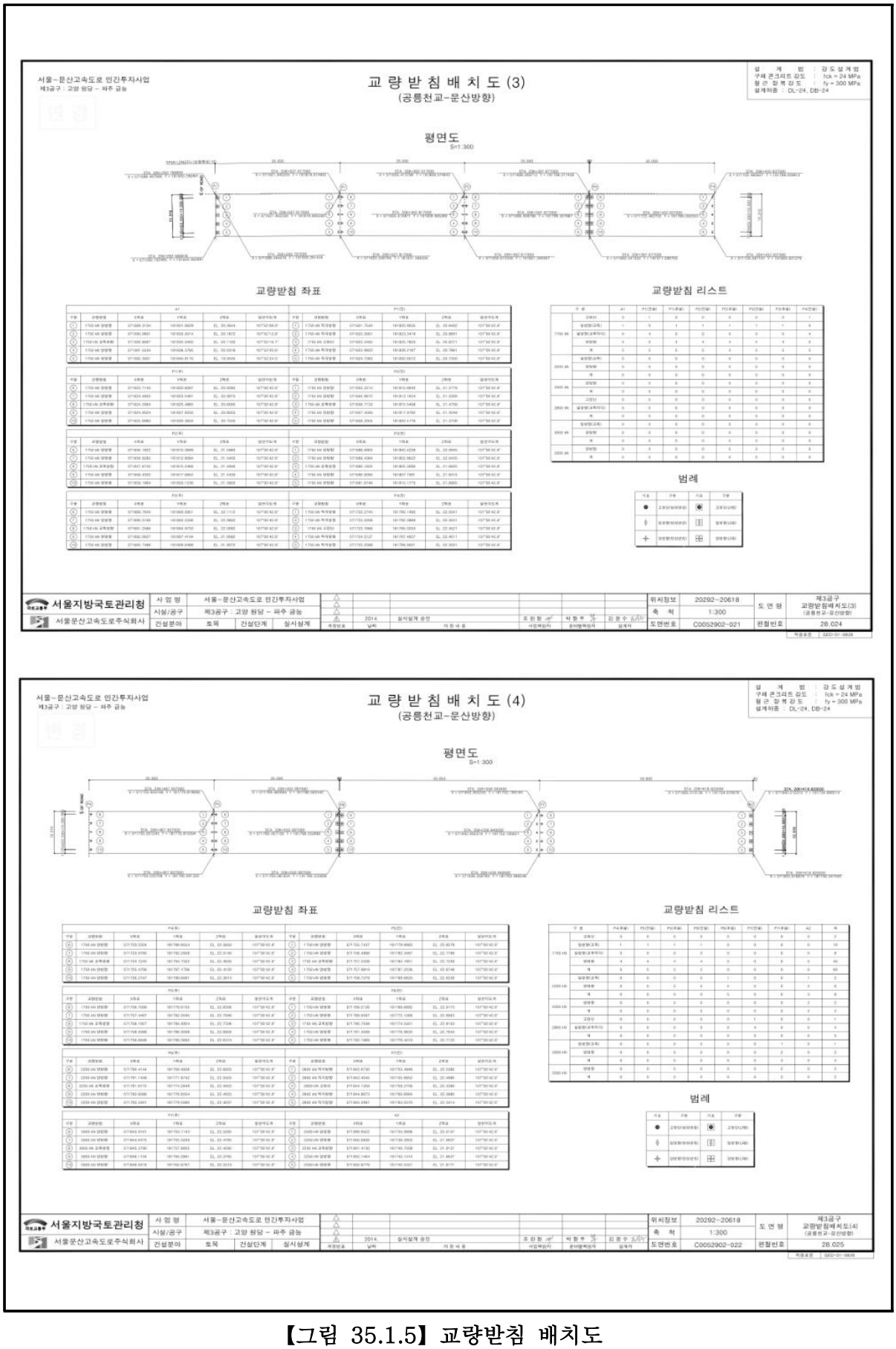


【그림 35.1.3】 평면 및 종단면도

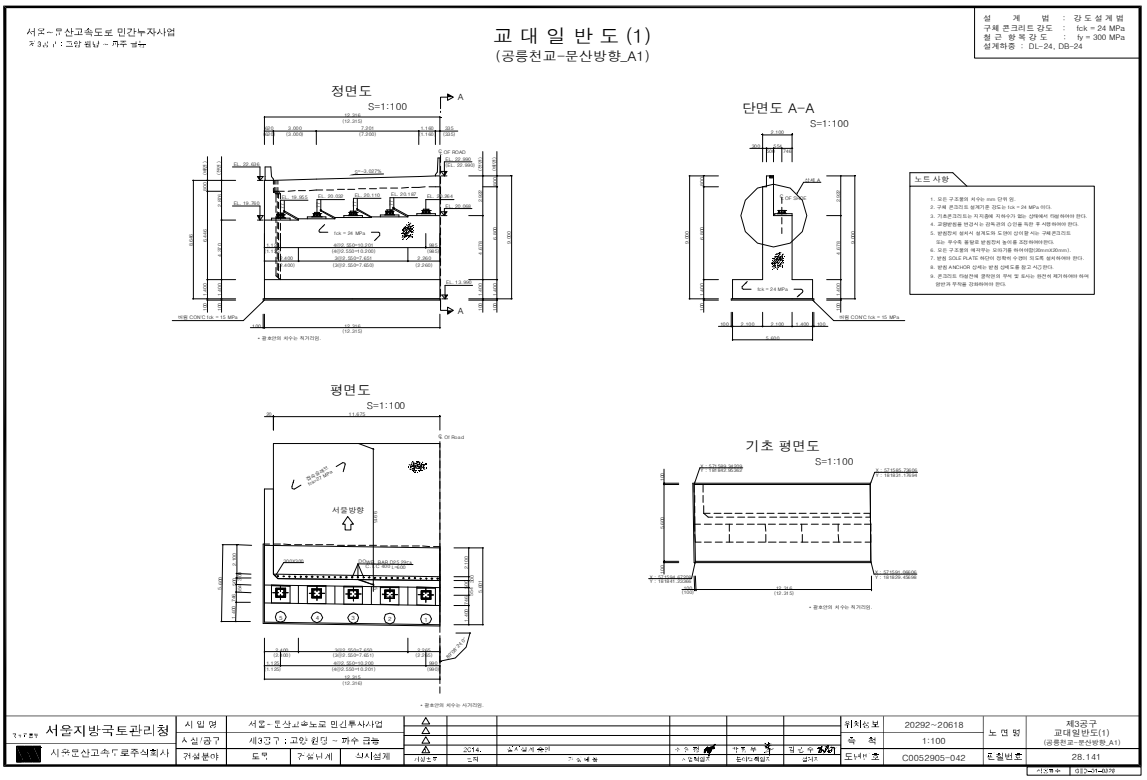


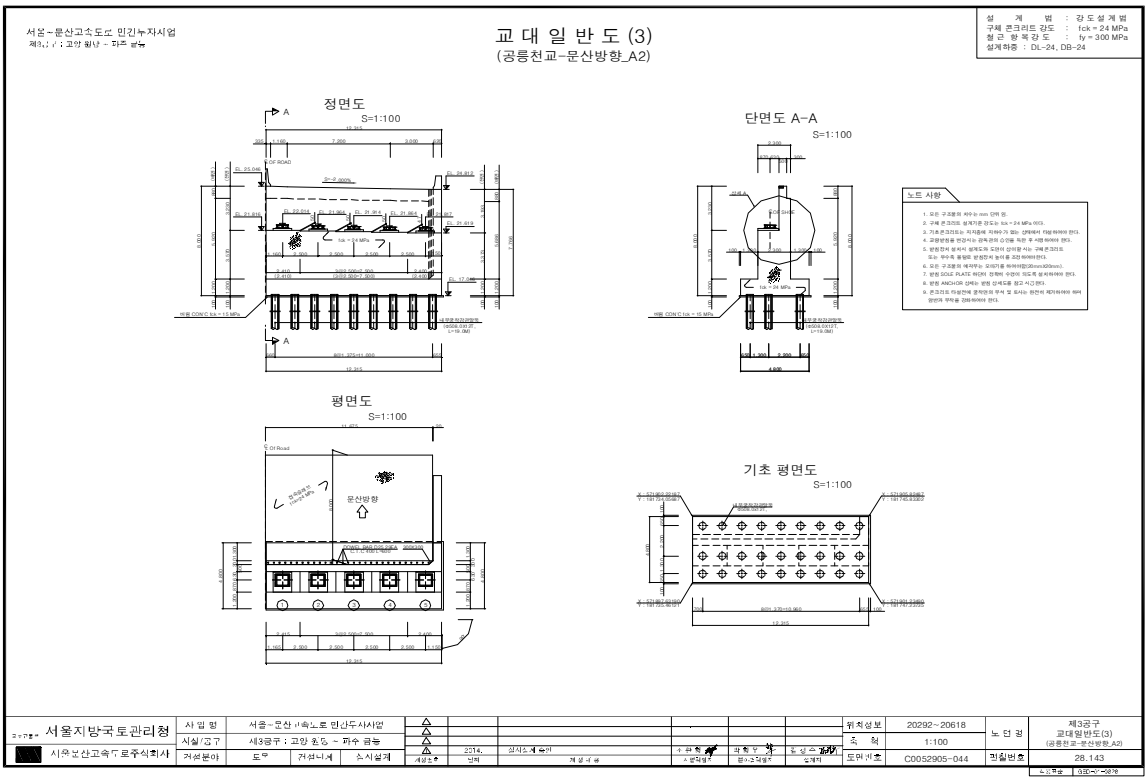


【그림 35.1.4】 바닥판하면, 거더 일반도

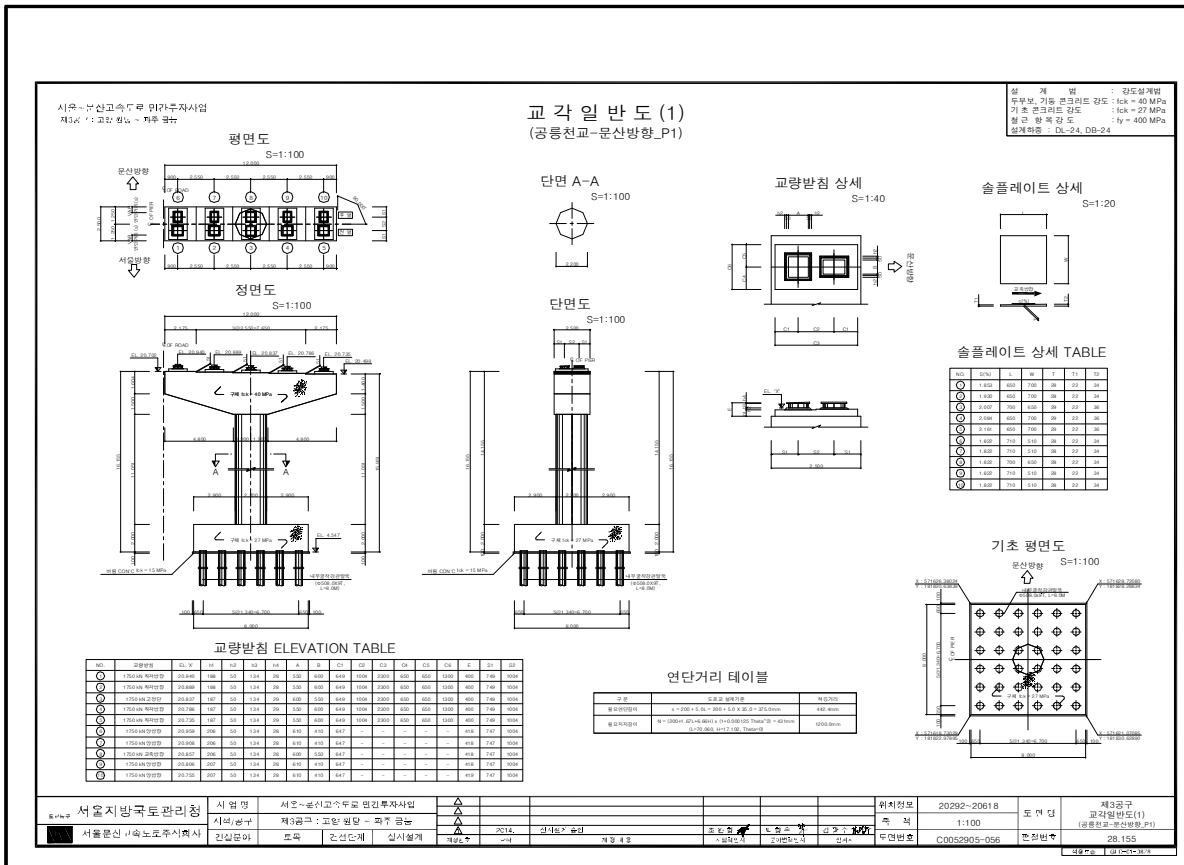


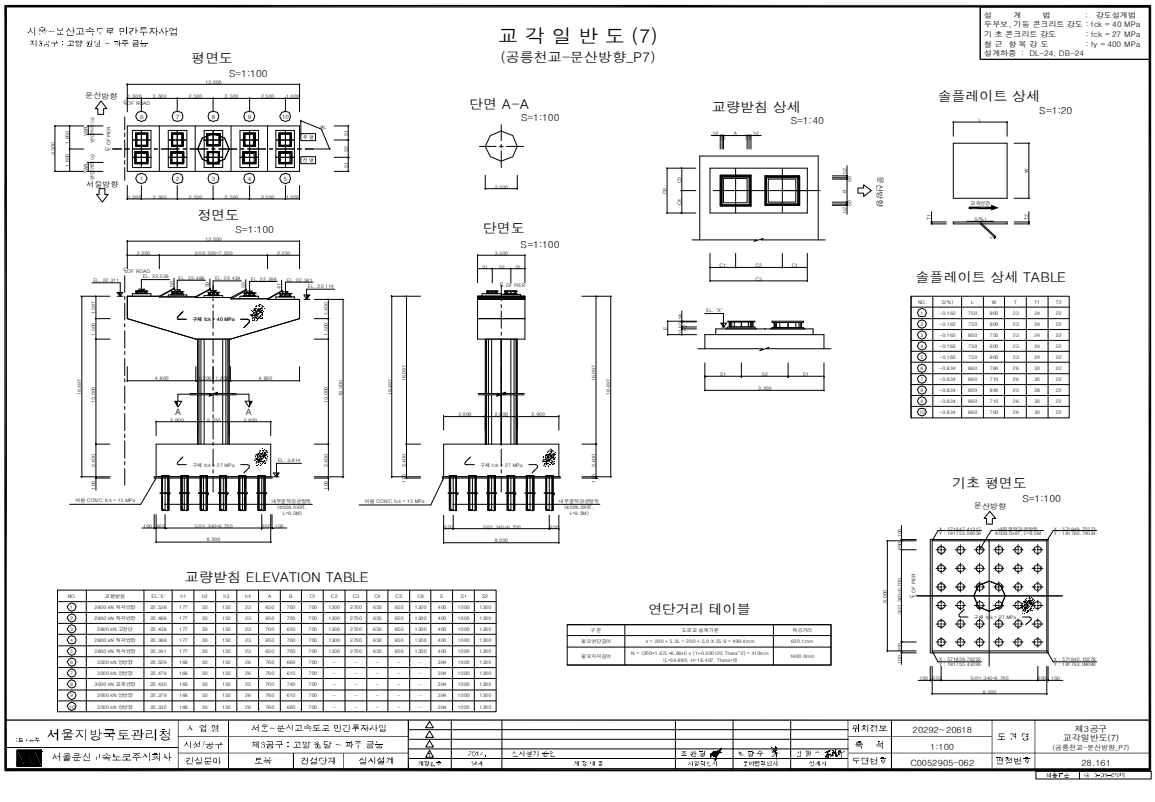
【그림 35.1.5】 교량받침 배치도



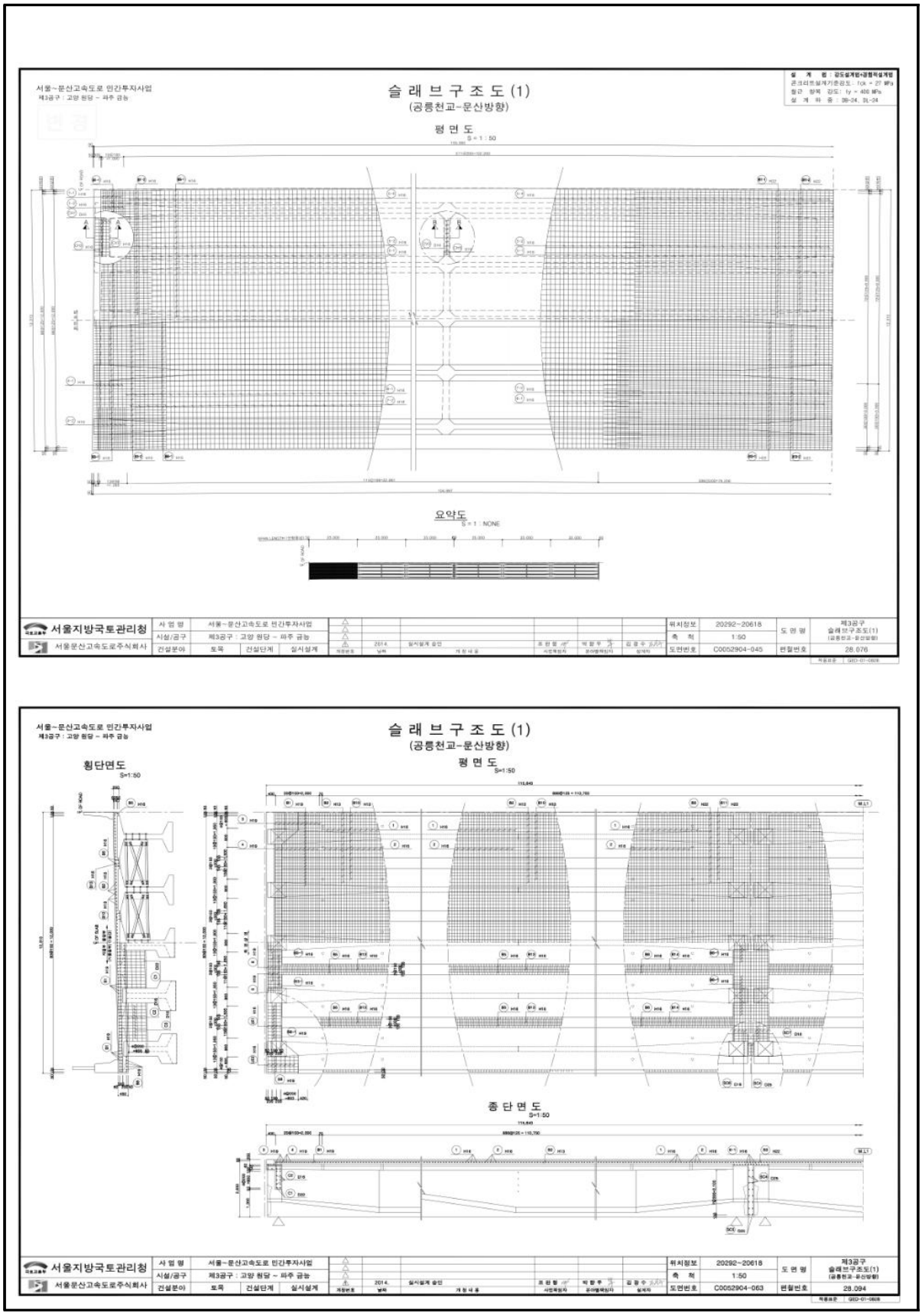


【그림 35.1.6】 교대 일반도

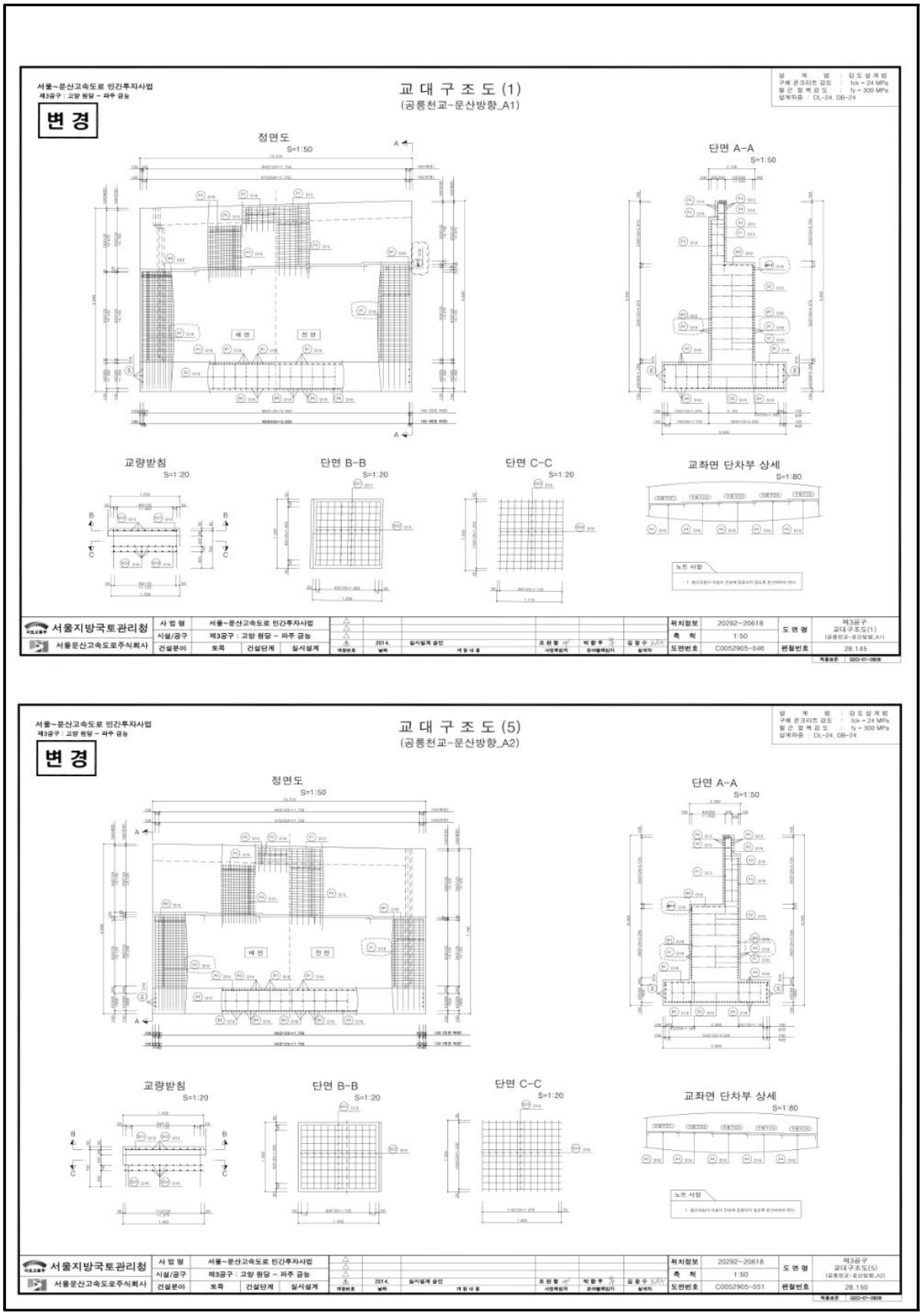




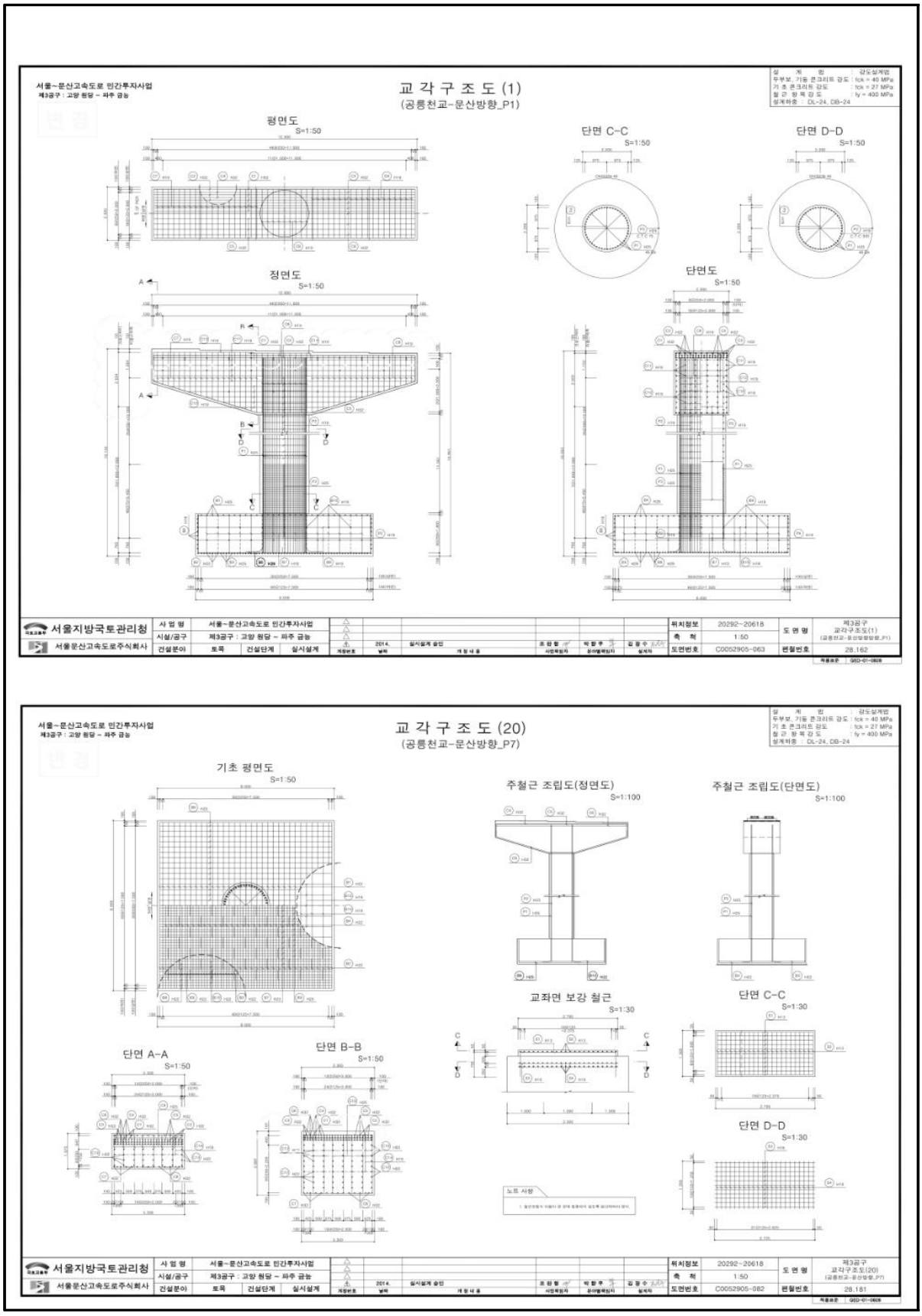
【그림 35.1.7】 교각 일반도



【그림 35.1.8】 바닥판하면 배근도



【그림 35.1.9】 교대 배근도



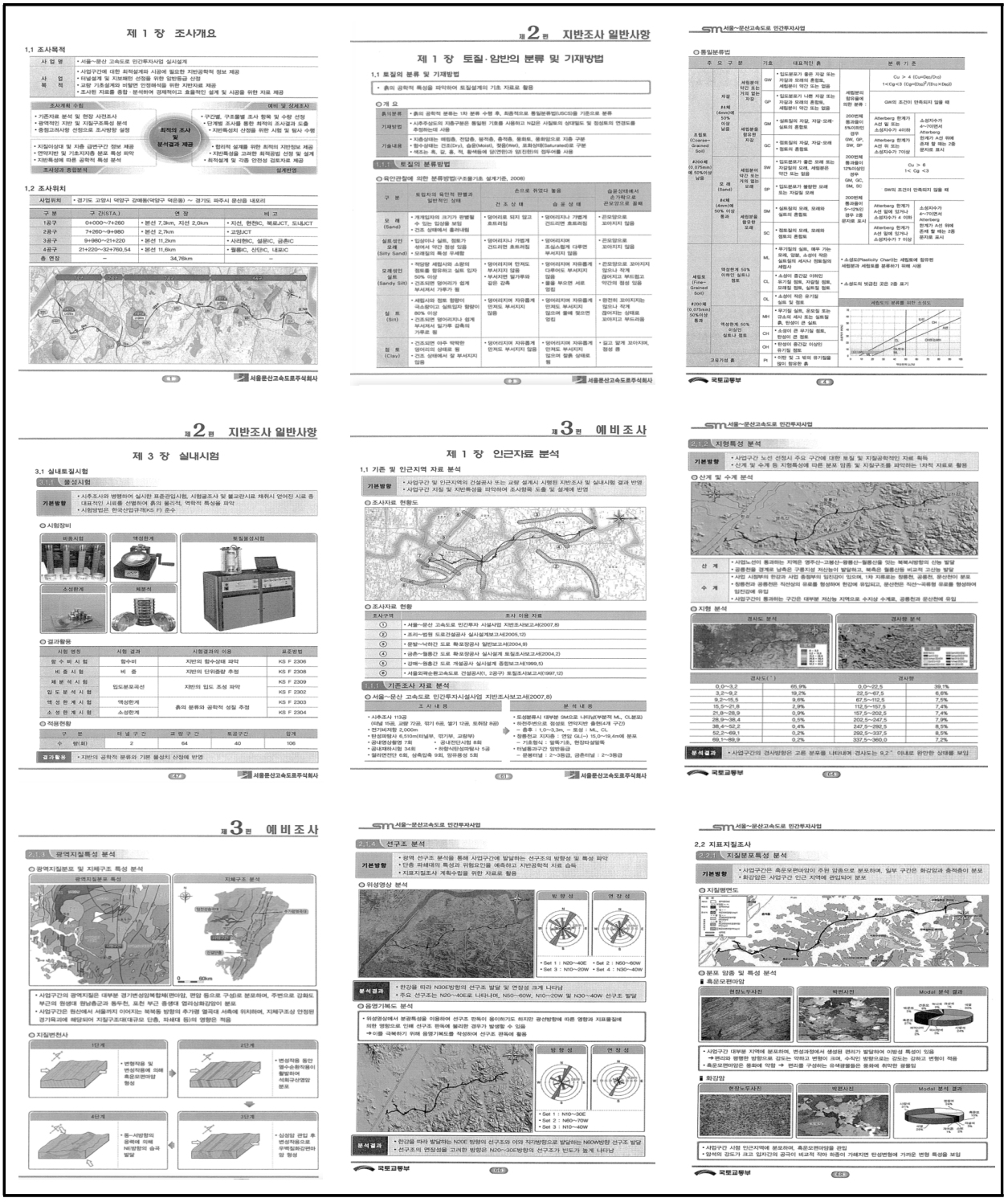
【그림 35.1.10】 교각 배근도

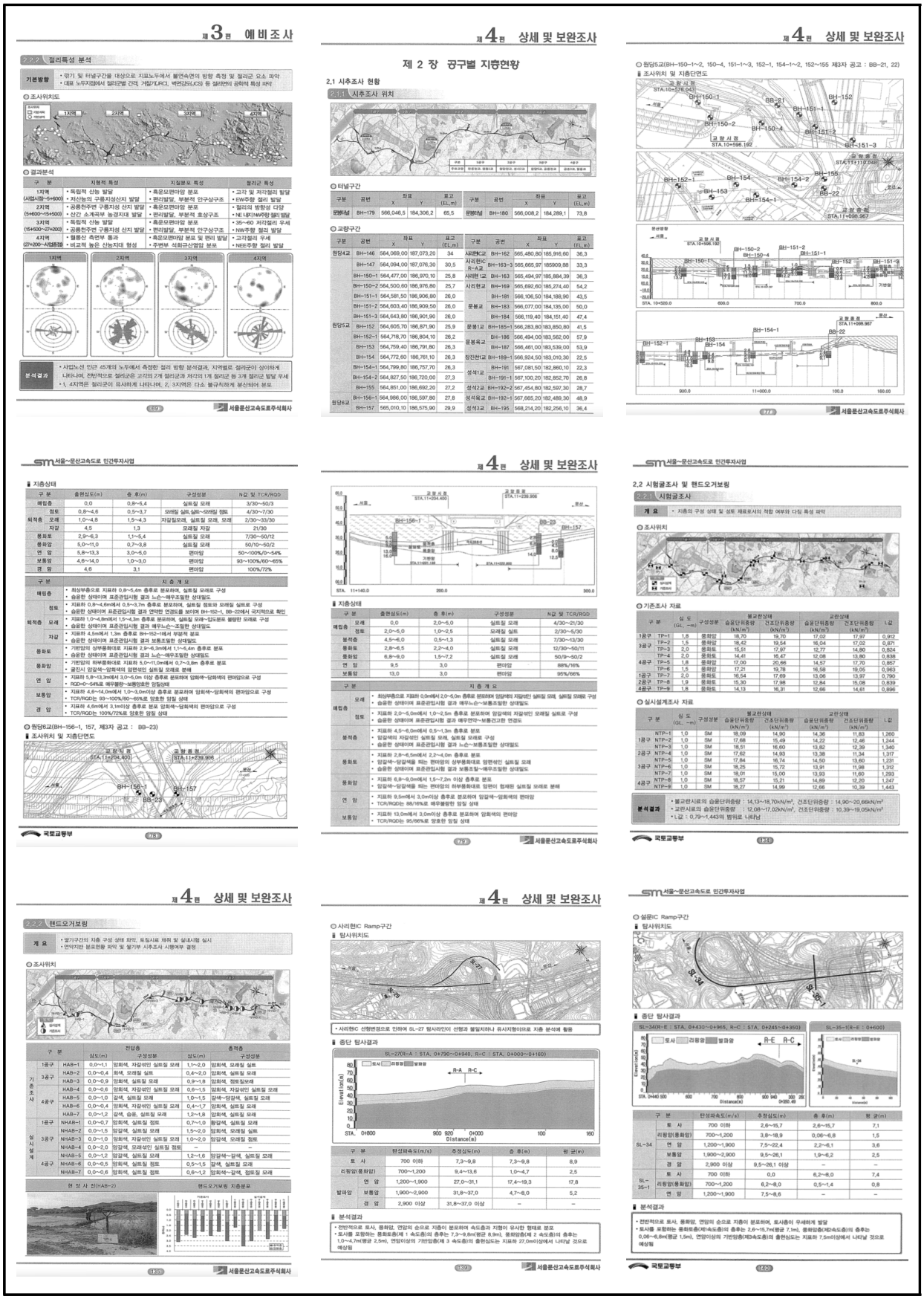
35.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

35.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질





제3편 예비조사

2.2.2 절리특성 분석

기본방향
- 깎기 및 터널구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악
- 대표 노두지점에서 절리군별 간격, 거칠기(JRC), 벽면강도(JCS) 등 절리면의 공학적 특성 파악

조사위치도

결과분석

구 분	지형적 특성	지질분포 특성	절리군 특성
1지역 (사업시점~5+600)	• 독립적 산능 발달 • 저산능의 구릉지성산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 고각 및 저각절리 발달 • EW주향 절리 발달
2지역 (5+600~15+500)	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달 • 산간 소계곡부 농경지대 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 호상구조	• 절리의 방향성 다양 • NE내지NW주향 절리 발달
3지역 (15+500~27+200)	• 독립적 산능 발달 • 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 35~60 저각절리 우세 • NW주향 절리 발달
4지역 (27+200~사업종점)	• 월롱산 측면부 통과 • 비교적 높은 산능지대 형성	• 흑운모편마암 분포 및 편리 발달 • 주변부 석회규산염암 분포	• 고각절리 우세 • NEE주향 절리 발달

분석결과
- 사업노선 인근 45개의 노두에서 측정한 절리 방향 분석결과, 지역별로 절리군이 상이하게 나타나며, 전반적으로 절리군은 고각의 2개 절리군과 저각의 1개 절리군 등 3개 절리군 발달 우세
- 1, 4지역은 절리군이 유사하게 나타나며, 2, 3지역은 다소 불규칙하게 분산되어 분포

69 서울문산고속도로주식회사

제4편 상세 및 보완조사

제 2 장 공구별 지층현황

2.1 시추조사 현황

2.1.1 시추조사 위치

터널구간

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
문봉터널	BH-179	566,046.5	184,306.2	65.5	문봉터널	BH-180	566,008.2	184,289.1	73.8

교량구간

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)	구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
원당4교	BH-146	564,069.00	187,073.20	34	사리현C교	BH-162	565,480.80	185,916.60	36.3
	BH-147	564,094.00	187,076.30	30.5	사리현C R-A교	BH-163-3	565,665.97	185909.88	33.3
	BH-150-1	564,477.00	186,970.10	25.8	사리현 1교	BH-163	565,494.97	185,884.39	36.3
	BH-150-2	564,500.60	186,976.80	25.7	사리현교	BH-169	565,692.60	185,274.40	54.2
	BH-151-1	564,581.50	186,906.80	26.0		BH-181	566,106.50	184,188.90	43.5
	BH-151-2	564,603.40	186,909.50	26.0	문봉교	BH-183	566,077.00	184,135.00	50.0
	BH-151-3	564,643.80	186,901.90	26.0		BH-184	566,119.40	184,151.40	47.4
원당5교	BH-152	564,605.70	186,871.90	25.9	문봉1교	BH-185-1	566,283.80	183,850.80	41.5
	BH-152-1	564,718.70	186,804.10	26.2	문봉육교	BH-186	566,494.00	183,562.00	57.9
	BH-153	564,759.40	186,791.80	26.3		BH-187	566,461.00	183,539.00	53.9
	BH-154	564,772.60	186,761.10	26.3	장진천교	BH-189-1	566,924.50	183,010.30	22.5
	BH-154-1	564,799.80	186,757.70	26.3	성석1교	BH-191	567,081.50	182,860.10	22.3
	BH-154-2	564,827.50	186,720.00	27.3		BH-191-1	567,100.20	182,852.70	26.8
	BH-155	564,851.00	186,692.20	27.2	성석2교	BH-192-2	567,454.80	182,597.30	28.7
원당6교	BH-156-1	564,986.00	186,597.80	27.8	성석육교	BH-192-1	567,665.20	182,489.30	48.9
	BH-157	565,010.10	186,575.90	29.9	성석3교	BH-195	568,214.20	182,256.10	36.4

제4편 상세 및 보완조사

원당5교(BH-150-1~2, 150-4, 151-1~3, 152-1, 154-1~2, 152~155 제3자 공고 : BB-21, 22)

조사위치 및 지층단면도

77 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	0.8~5.4	실트질 모래	3/30~50/3
퇴적층	점토	0.8~4.6	0.5~3.7	모래질 실트, 실트~모래질 점토	4/30~7/30
	모래	1.0~4.8	1.5~4.3	자갈질모래, 실트질 모래, 모래	2/30~33/30
	자갈	4.5	1.3	모래질 자갈	21/30
풍화토		2.9~6.3	1.1~5.4	실트질 모래	7/30~50/12
풍화암		5.0~11.0	0.7~3.8	실트질 모래	50/10~50/2
연 암		5.8~13.3	3.0~5.0	편마암	50~100%/0~54%
보통암		4.6~14.0	1.0~3.0	편마암	93~100%/60~65%
경 암		4.6	3.1	편마암	100%/72%

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 0.8~5.4m 층후로 분포하며, 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
퇴적층	점토	• 지표하 0.8~4.6m에서 0.5~3.7m 층후로 분포하며, 실트질 점토와 모래질 실트로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 연약한 연경도를 보이며 BH-152-1, BB-22에서 국지적으로 확인
	모래	• 지표하 1.0~4.8m에서 1.5~4.3m 층후로 분포하며, 실트질 모래~입도분포 불량한 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~조밀한 상대밀도
	자갈	• 지표하 4.5m에서 1.3m 층후로 BH-152-1에서 부분적 분포 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 2.9~6.3m에서 1.1~5.4m 층후로 분포 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 5.0~11.0m에서 0.7~3.8m 층후로 분포 • 굴진시 암갈색~암회색의 일반석인 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 5.8~13.3m에서 3.0~5.0m 이상 층후로 분포하며 암회색~담회색의 편마암으로 구성 • RQD=0~54%로 매우불량~보통양호한 암질상태
보통암		• 지표하 4.6~14.0m에서 1.0~3.0m이상 층후로 분포하며 암회색~담회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 93~100%/60~65%로 양호한 암질 상태
경 암		• 지표하 4.6m에서 3.1m이상 층후로 분포 암회색~담회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 100%/72%로 양호한 암질 상태

원당6교(BH-156-1, 157, 제3자 공고 : BB-23)

조사위치 및 지층단면도

국토교통부 78

제4편 상세 및 보완조사

지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층	모래	0.0	2.0~5.0	실트질 모래	4/30~21/30
	점토	2.0~5.0	1.0~2.5	모래질 실트	2/30~5/30
퇴적층		4.5~6.0	0.5~1.3	실트질 모래	7/30~13/30
풍화토		2.8~6.5	2.2~4.0	실트질 모래	12/30~50/11
풍화암		6.8~9.0	1.5~7.2	실트질 모래	50/9~50/2
연 암		9.5	3.0	편마암	88%/16%
보통암		13.0	3.0	편마암	95%/66%

구 분		지 층 개 요
매립층	모래	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 2.0~5.0m 층후로 분포하며 암갈색의 자갈석인 실트질 모래, 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~보통조밀한 상대밀도
	점토	• 지표하 2.0~5.0m에서 1.0~2.5m 층후로 분포하며 암갈색의 자갈석인 모래질 실트로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우연약~보통견고한 연경도
퇴적층		• 지표하 4.5~6.0m에서 0.5~1.3m 층후로 분포 • 암갈색의 자갈석인 실트질 모래, 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 지표하 2.8~6.5m에서 2.2~4.0m 층후로 분포 • 암갈색~담갈색을 띄는 편마암의 상부풍화대로 암편석인 실트질 모래 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 6.8~9.0m에서 1.5~7.2m 이상 층후로 분포 • 암갈색~담갈색을 띄는 편마암의 하부풍화대로 암편이 혼재된 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 9.5m에서 3.0m이상 층후로 분포하며 암갈색~암회색의 편마암 • TCR/RQD는 88/16%로 매우불량한 암질 상태
보통암		• 지표하 13.0m에서 3.0m이상 층후로 분포하며 암회색의 편마암 • TCR/RQD는 95/66%로 양호한 암질 상태

79 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

2.2 시험굴조사 및 핸드오거보링

2.2.1 시험굴조사

개 요
- 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

조사위치

기존조사 자료

구 분		심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
1공구	TP-1	1.8	풍화암	18.70	19.70	17.02	17.97	0.912
3공구	TP-2	1.5	풍화암	18.42	19.54	16.04	17.02	0.871
	TP-3	2.0	풍화토	15.51	17.97	12.77	14.80	0.824
	TP-4	2.0	풍화토	14.41	16.47	12.08	13.80	0.838
4공구	TP-5	1.8	풍화암	17.00	20.66	14.57	17.70	0.857
	TP-6	1.5	풍화암	17.21	19.78	16.58	19.05	0.963
1공구	TP-7	2.0	풍화토	16.54	17.69	13.06	13.97	0.790
2공구	TP-8	1.9	풍화토	15.30	17.98	12.84	15.08	0.839
4공구	TP-9	1.8	풍화토	14.13	16.31	12.66	14.61	0.896

실시설계조사 자료

구 분		심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
	NTP-1	1.0	SM	18.09	14.90	14.36	11.83	1.260
1공구	NTP-2	1.0	SM	17.68	15.49	14.22	12.46	1.244
	NTP-3	1.0	SM	18.51	16.60	13.82	12.39	1.340
2공구	NTP-4	1.0	SM	17.62	14.93	13.38	11.34	1.317
	NTP-5	1.0	SM	17.84	16.74	14.50	13.60	1.231
3공구	NTP-6	1.0	SM	18.25	15.72	13.91	11.98	1.312
	NTP-7	1.0	SM	18.01	15.00	13.93	11.60	1.293
4공구	NTP-8	1.0	SM	18.57	15.21	14.89	12.20	1.247
	NTP-9	1.0	SM	18.27	14.99	12.66	10.39	1.443

분석결과
- 불교란시료의 습윤단위중량 : 14.13~18.70kN/m³, 건조단위중량 : 14.90~20.66kN/m³
- 교란시료의 습윤단위중량 : 12.08~17.02kN/m³, 건조단위중량 : 10.39~19.05kN/m³
- L값 : 0.79~1.443의 범위로 나타남

국토교통부 134

제4편 상세 및 보완조사

2.2.2 핸드오거보링

개 요
- 쌀가구간의 지층 구성 상태 파악, 토질시료 채취 및 실내시험 실시
- 연약지반 분포현황 파악 및 쌀가부 시추조사 시행여부 결정

조사위치

구 분		전답층 심도(m)	전답층 구성성분	충적층 심도(m)	충적층 구성성분
기존조사	1공구	HAB-1	0.0~1.1	암회색, 자갈석인 실트질 모래	1.1~2.0 암회색, 모래질 실트
	3공구	HAB-2	0.0~0.4	회색, 모래질 실트	0.4~2.0 암회색, 실트질 모래
		HAB-3	0.0~0.9	암회색, 실트질 모래	0.9~1.8 암회색, 점토질모래
	4공구	HAB-4	0.0~0.6	암회색, 자갈석인 실트질 모래	0.6~1.5 암회색, 자갈석인 실트질 모래
		HAB-5	0.0~1.0	갈색, 실트질 모래	1.0~1.5 갈색~담갈색, 실트질 모래
		HAB-6	0.0~0.4	암회색, 자갈석인 실트질 모래	0.4~1.7 암회색, 실트질 모래
		HAB-7	0.0~1.2	갈색, 습윤, 실트질 모래	1.2~1.8 암회색, 실트질 모래
실시설계	1공구	NHAB-1	0.0~0.7	암회색, 실트질 점토	0.7~1.0 암갈색, 실트질 모래
	3공구	NHAB-2	0.0~1.5	암갈색, 실트질 모래	1.5~2.0 암회색, 모래질 실트
		NHAB-3	0.0~1.0	암회색, 자갈석인 실트질 모래	1.0~2.0 암갈색, 모래질 점토
	4공구	NHAB-4	0.0~2.0	암갈색, 모래석인 실트질 점토	–
		NHAB-5	0.0~1.2	암갈색, 실트질 모래	1.2~1.6 암갈색~갈색, 실트질 모래
		NHAB-6	0.0~0.5	암회색, 실트질 점토	0.5~1.5 갈색, 실트질 모래
		NHAB-7	0.0~0.6	암회색, 실트질 점토	0.6~1.2 암회색~갈색, 점토질 모래

현 장 사 진(HAB-2)

핸드오거보링 지층분포

135 서울문산고속도로주식회사

제4편 상세 및 보완조사

사리현C Ramp구간

탐사위치도

- 사리현C 선형변경으로 인하여 SL-27 탐사라인이 선형과 불일치하나 유사지형이므로 지층 분석에 활용

종단 탐사결과

구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	7.3~9.8	7.3~9.8	8.9
리팅암(풍화암)		700~1,200	9.4~13.6	1.0~4.7	2.5
발파암	연 암	1,200~1,900	27.0~31.1	17.4~19.3	17.8
	보통암	1,900~2,900	31.8~37.0	4.7~8.0	5.2
	경 암	2,900 이상	31.8~37.0 이상	–	–

분석결과
- 전반적으로 토사, 풍화암, 연암의 순으로 지층이 분포하여 속도층과 지형이 유사한 형태로 분포
- 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 7.3~9.8m(평균 8.9m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 1.0~4.7m(평균 2.5m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 27.0m이상에서 나타날 것으로 예상됨

132 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

설문IC Ramp구간

탐사위치도

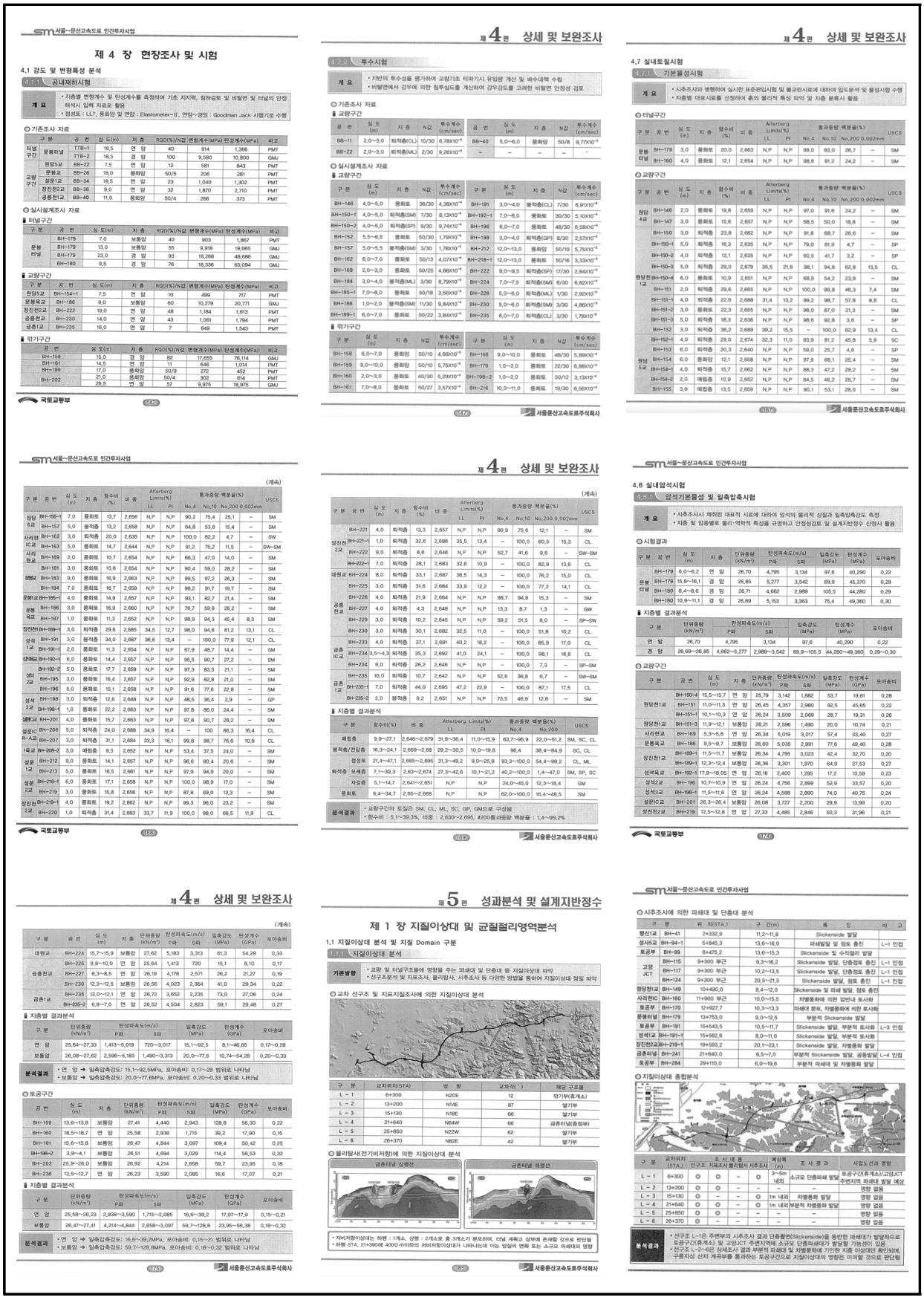
종단 탐사결과

구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
SL-34	토 사	700 이하	2.6~15.7	2.6~15.7	7.1
	리팅암(풍화암)	700~1,200	3.8~18.9	0.06~6.8	1.5
	연 암	1,200~1,900	7.5~22.4	2.2~6.1	3.6
	보통암	1,900~2,900	9.5~26.1	1.9~6.2	2.5
	경 암	2,900 이상	9.5~26.1 이상	–	–
SL-35-1	토 사	700 이하	0.0	6.2~8.0	7.4
	리팅암(풍화암)	700~1,200	6.2~8.0	0.5~1.4	0.8
	연 암	1,200~1,900	7.5~8.6	–	–

분석결과
- 전반적으로 토사, 풍화암, 연암의 순으로 지층이 분포하여, 토사층이 우세하게 발달
- 토사를 포함하는 풍화토층(제1속도층)의 층후는 2.6~15.7m(평균 7.1m), 풍화암층(제2속도층)의 층후는 0.06~6.8m(평균 1.5m), 연암이상의 기반암층(제3속도층)의 출현심도는 지표하 7.5m이상에서 나타날 것으로 예상됨

국토교통부 140

나. 지반 및 지질 조사보고서



제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공대재하시험

개 요
- 지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용
- 장성도 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 기존조사 자료

구분		공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
터널구간	문봉터널	TTB-1	18,5	연 암	40	914	1,366	PMT
		TTB-2	18,5	경 암	100	9,580	10,800	GMJ
교량구간	한당5교	BB-22	7,5	연 암	12	581	843	PMT
	분봉교	BB-26	18,0	풍화암	50/5	206	281	PMT
	설문1교	BB-34	18,5	연 암	23	1,040	1,302	PMT
	장진천2교	BB-36	9,0	연 암	32	1,870	2,710	PMT
	공릉천1교	BB-40	11,0	풍화암	50/4	266	373	PMT

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
문봉터널	BH-179	7,0	보통암	40	903	1,867	PMT
	BH-179	13,0	보통암	55	9,918	19,665	GMJ
	BH-179	23,0	경 암	93	18,268	48,686	GMJ
	BH-180	9,5	경 암	76	18,336	63,094	GMJ

▮ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
한당5교	BH-154-1	7,5	연 암	10	499	717	PMT
분봉육교	BH-186	9,0	보통암	60	10,279	20,771	GMJ
장진천2교	BH-222	19,0	연 암	48	1,184	1,613	PMT
공릉천2교	BH-230	14,0	연 암	43	1,061	1,794	PMT
금촌1교	BH-235	16,0	연 암	7	649	1,543	PMT

▮ 암가구간

공번	심도(m)	지층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-159	15,0	경 암	82	17,655	76,114	GMJ
BH-161	14,5	연 암	11	646	1,014	PMT
BH-199	17,0	풍화암	50/9	272	452	PMT
BH-202	21,0	풍화암	50/4	302	614	PMT
	26,5	연 암	57	9,975	18,975	GMJ

국토교통부 142

제 4 편 상세 및 보완조사

4.2.2 투수시험

개 요
- 지반의 투수성을 평가하여 교량기초 터파기시 유입량 계산 및 배수대책 수립
- 비탈면에서 강우에 의한 침투심도를 계산하여 강우강도를 고려한 비탈면 안정성 검토

○ 기존조사 자료

▮ 교량구간

공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	공번	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BB-11	2,0~3,0	퇴적층(CL)	10/30	$6.78X10^{-6}$	BB-40	5,0~6,0	풍화암	50/8	$9.77X10^{-5}$
BB-22	2,0~3,0	퇴적층(ML)	2/30	$9.26X10^{-6}$	-	-	-	-	-

○ 실시설계조사 자료

▮ 교량구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-146	4,0~5,0	풍화토	36/30	$4.38X10^{-6}$	BH-191	3,0~4,0	붕적층(CL)	7/30	$6.91X10^{-6}$
BH-150-1	4,0~5,0	퇴적층(SM)	7/30	$8.13X10^{-6}$	BH-192-1	7,0~8,0	풍화토	30/30	$5.10X10^{-6}$
BH-150-2	4,0~5,0	퇴적층(SP)	9/30	$9.74X10^{-6}$	BH-196	6,0~7,0	풍화토	48/30	$6.59X10^{-6}$
BH-152	5,5~6,5	풍화토	50/30	$1.79X10^{-6}$	BH-198	3,0~4,0	퇴적층(GP)	8/30	$2.57X10^{-6}$
BH-157	5,0~5,5	붕적층(SM)	3/30	$1.78X10^{-5}$	BH-212	12,0~13,0	풍화암	50/10	$5.75X10^{-6}$
BH-162	6,0~7,0	풍화토	50/13	$4.07X10^{-6}$	BH-218-1	12,0~13,0	풍화토	50/16	$3.33X10^{-6}$
BH-169	2,0~3,0	풍화토	50/25	$4.88X10^{-6}$	BH-222	9,0~9,5	퇴적층(SP)	17/30	$2.84X10^{-6}$
BH-184	3,0~4,0	붕적층(ML)	3/30	$8.79X10^{-6}$	BH-224	7,0~7,5	퇴적층(SM)	8/30	$6.82X10^{-6}$
BH-185-1	7,0~8,0	풍화토	50/18	$3.56X10^{-6}$	BH-226	5,0~6,0	퇴적층(ML)	1/30	$2.92X10^{-5}$
BH-186	1,0~2,0	붕적층(SM)	11/30	$9.84X10^{-6}$	BH-230	5,0~6,0	퇴적층(SM)	3/30	$4.86X10^{-5}$
BH-189-1	6,0~7,0	풍화토	50/22	$3.84X10^{-6}$	BH-235	6,0~7,0	퇴적층(CL)	3/30	$1.78X10^{-5}$

▮ 암가구간

구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)	구분	심도(m)	지층	N값	투수계수(cm/sec)
BH-158	6,0~7,0	풍화암	50/10	$4.68X10^{-6}$	BH-166	9,0~10,0	풍화토	48/30	$5.89X10^{-6}$
BH-159	9,0~10,0	풍화암	50/10	$5.75X10^{-6}$	BH-170	1,0~2,0	풍화토	22/30	$6.88X10^{-6}$
BH-160	2,0~3,0	풍화토	40/30	$5.29X10^{-6}$	BH-198-2	1,0~2,0	풍화토	50/12	$3.13X10^{-6}$
BH-161	7,0~8,0	풍화토	50/27	$3.57X10^{-6}$	BH-216	10,0~11,0	풍화토	19/30	$6.56X10^{-6}$

147 서울문산고속도로주식회사

제 4 편 상세 및 보완조사

4.7 실내토질시험

4.7.1 기본물성시험

개 요
- 시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
- 지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 터널구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200 0.002mm	USCS
문봉터널	BH-179	3,0	풍화토	20,0	2,663	N.P	N.P	99,0	93,0	26,7	-	SM
	BH-180	4,0	풍화토	12,1	2,654	N.P	N.P	98,6	91,2	24,2	-	SM

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200 0.002mm	USCS
한당4교	BH-146	2,0	풍화토	19,8	2,659	N.P	N.P	97,0	91,6	24,2	-	SM
	BH-147	3,0	퇴적층	15,6	2,657	N.P	N.P	68,5	50,0	18,8	-	SM
한당천1교	BH-150	3,0	퇴적층	23,8	2,662	N.P	N.P	91,8	68,7	26,6	-	SM
	BH-150-1	5,0	퇴적층	16,3	2,635	N.P	N.P	79,0	61,9	4,7	-	SP
	BH-150-2	4,0	퇴적층	12,1	2,635	N.P	N.P	60,5	41,7	3,2	-	SP
	BH-150-3	5,0	퇴적층	29,0	2,679	35,5	21,6	98,1	94,8	62,8	13,5	CL
	BH-150-4	6,0	풍화토	10,9	2,651	N.P	N.P	68,9	54,2	23,9	-	SM
	BH-151	2,0	퇴적층	29,6	2,665	N.P	N.P	100,0	99,8	46,3	7,4	SM
	BH-151-1	4,0	퇴적층	22,6	2,688	31,4	13,2	99,2	98,7	57,8	8,8	CL
	BH-151-2	3,0	풍화토	22,3	2,655	N.P	N.P	98,0	87,0	21,3	-	SM
	BH-151-3	5,0	퇴적층	18,3	2,636	N.P	N.P	98,6	92,8	3,6	-	SP
	BH-152	3,0	퇴적층	36,2	2,689	39,2	15,5	-	100,0	62,9	13,4	CL
	BH-152-1	4,0	퇴적층	29,0	2,674	32,3	11,0	83,9	81,2	45,8	5,9	SC
	BH-153	6,0	퇴적층	20,3	2,640	N.P	N.P	59,0	25,7	4,6	-	SP
한당5교	BH-154	6,0	풍화암	12,1	2,658	N.P	N.P	97,9	66,1	25,4	-	SM
	BH-154-1	4,0	퇴적층	15,7	2,662	N.P	N.P	88,3	47,2	28,2	-	SM
	BH-154-2	2,0	매립층	10,9	2,652	N.P	N.P	84,5	46,2	26,7	-	SM
	BH-155	3,0	매립층	13,5	2,659	N.P	N.P	90,1	53,1	28,0	-	SM

167 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200 0.002mm	USCS
한당5교	BH-156-1	7,0	풍화토	13,7	2,656	N.P	N.P	90,2	75,4	25,1	-	SM
	BH-157	5,0	붕적층	13,2	2,658	N.P	N.P	64,8	53,6	15,4	-	SM
사리현IC-2교	BH-162	3,0	퇴적층	20,0	2,635	N.P	N.P	100,0	82,2	4,7	-	SW
	BH-163	5,0	풍화토	14,7	2,644	N.P	N.P	91,2	75,2	11,5	-	SW-SM
사리현교	BH-169	2,0	풍화토	10,7	2,654	N.P	N.P	66,3	47,0	14,0	-	SM
	BH-181	3,0	풍화토	10,6	2,654	N.P	N.P	90,4	59,0	28,2	-	SM
분봉2교	BH-183	9,0	풍화토	16,9	2,663	N.P	N.P	99,5	97,2	26,3	-	SM
	BH-184	7,0	풍화토	16,7	2,659	N.P	N.P	98,2	91,7	19,7	-	SM
문봉1교	BH-185-1	4,0	풍화토	14,9	2,657	N.P	N.P	93,1	82,7	21,4	-	SM
문봉육교	BH-186	3,0	풍화토	16,9	2,660	N.P	N.P	76,7	59,8	26,2	-	SM
	BH-187	1,0	풍화토	11,3	2,652	N.P	N.P	98,9	94,3	45,4	8,3	SM
장진천한BH-189-1		3,0	퇴적층	29,6	2,685	34,5	12,7	98,0	94,6	61,2	13,1	CL
설문1교	BH-191	3,0	붕적층	34,0	2,687	38,8	13,4	-	100,0	77,9	12,1	CL
	BH-191-1	2,0	풍화토	11,3	2,654	N.P	N.P	67,9	48,7	14,4	-	SM
설문IC교	BH-192-1	6,0	풍화토	14,4	2,657	N.P	N.P	95,5	90,7	27,2	-	SM
	BH-192-2	5,0	풍화토	17,7	2,659	N.P	N.P	97,3	83,3	21,1	-	SM
장진2교	BH-195	3,0	풍화토	16,4	2,657	N.P	N.P	92,9	82,8	21,0	-	SM
	BH-196	5,0	풍화토	15,1	2,658	N.P	N.P	91,6	77,6	22,8	-	SM
설문3교	BH-198	3,0	퇴적층	12,6	2,648	N.P	N.P	48,5	36,4	2,9	-	GP
	BH-198-1	1,0	풍화토	22,2	2,663	N.P	N.P	97,8	86,0	24,4	-	SM
설문IC교	BH-201	4,0	풍화토	15,7	2,663	N.P	N.P	97,8	90,7	28,2	-	SM
설문IC R-A교	BH-206	5,0	퇴적층	24,0	2,688	34,9	16,4	-	100	86,3	16,4	CL
	BH-207	3,0	퇴적층	31,1	2,684	33,3	18,1	99,8	98,7	76,6	10,8	CL
1육교	BH-208-2	3,0	매립층	9,3	2,652	N.P	N.P	53,4	37,5	24,0	-	SM
설문1교	BH-212	9,0	풍화토	14,1	2,657	N.P	N.P	96,6	80,4	20,6	-	SM
	BH-213	5,0	풍화토	16,5	2,661	N.P	N.P	97,9	94,9	20,0	-	SM
설문2교	BH-218-1	6,0	풍화토	17,1	2,658	N.P	N.P	100,0	98,9	17,0	-	SM
	BH-219	3,0	풍화토	15,8	2,656	N.P	N.P	87,8	69,0	13,3	-	SM
장진천2교	BH-219-1	4,0	풍화토	19,2	2,662	N.P	N.P	99,3	96,0	23,2	-	SM
	BH-220	1,0	퇴적층	31,4	2,683	33,7	11,9	100,0	98,0	66,5	11,9	CL

국토교통부 168

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.10	No.200 0.002mm	USCS
장진천2교	BH-221	4,0	퇴적층	13,3	2,657	N.P	N.P	90,9	75,6	12,1	-	SM
	BH-221-1	1,0	퇴적층	32,6	2,686	35,5	13,4	-	100,0	60,5	15,3	CL
	BH-222	9,0	퇴적층	8,6	2,646	N.P	N.P	52,7	41,6	9,6	-	SW-SM
	BH-222-1	7,0	퇴적층	28,1	2,683	32,6	10,9	-	100,0	82,9	13,6	CL
대청교	BH-224	8,0	퇴적층	33,1	2,687	36,5	14,3	-	100,0	76,2	15,0	CL
공릉천교	BH-225	3,0	퇴적층	31,6	2,684	33,9	12,2	-	100,0	77,2	14,1	CL
	BH-226	4,0	퇴적층	21,9	2,664	N.P	N.P	98,7	94,8	15,3	-	SM
	BH-227	4,0	퇴적층	4,3	2,648	N.P	N.P	13,3	8,7	1,3	-	GW
	BH-229	3,0	퇴적층	10,2	2,645	N.P	N.P	59,2	51,5	8,0	-	SP-SW
	BH-230	3,0	퇴적층	30,1	2,682	32,5	11,0	-	100,0	51,8	10,2	CL
금촌IC교	BH-233	4,0	퇴적층	37,1	2,691	40,2	16,2	-	100,0	85,9	17,0	CL
	BH-234	3,5~4,3	퇴적층	35,3	2,692	41,0	24,1	-	100,0	98,1	16,6	CL
	BH-234	6,0	퇴적층	26,2	2,646	N.P	N.P	-	100,0	7,3	-	SP-SM
금촌1교	BH-235	10,0	퇴적층	10,7	2,642	N.P	N.P	52,6	36,8	6,7	-	SW-SM
	BH-235-1	7,0	퇴적층	44,0	2,695	47,2	22,9	-	100,0	87,1	17,5	CL
	BH-235-2	2,0	붕적층	9,2	2,651	N.P	N.P	73,5	46,9	12,6	-	SM

▮ 지층별 결과분석

구분	함수비(%)	비중	Atterberg Limits(%) LL	PI	통과중량 백분율(%) No.4	No.200	USCS
매립층	9,9~27,1	2,646~2,679	31,8~36,4	11,0~15,9	63,7~95,9	22,0~51,2	SM, SC, CL
붕적층/한당층	16,3~24,1	2,669~2,68	29,2~30,5	10,0~19,6	98,4	38,4~84,9	SC, CL
퇴적층	점성토 21,4~47,1	2,665~2,695	31,3~49,2	9,0~25,8	93,3~100,0	54,4~99,2	CL, ML
	모래층 7,1~39,3	2,63~2,674	27,3~42,6	10,1~21,2	40,2~100,0	1,4~47,0	SM, SP, SC
	자갈층 5,1~14,7	2,641~2,651	N.P	N.P	24,0~45,0	12,3~18,4	GM
풍화토	6,4~34,7	2,65~2,668	N.P	N.P	62,0~100,0	16,4~48,5	SM

분석결과
- 교량구간의 토질은 SM, CL, ML, SC, GP, GM으로 구성됨
- 함수비 : 5,1~39,3%, 비중 : 2,630~2,695, #200통과중량 백분율 : 1,4~99,2%

169 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.8 실내압석시험

4.8.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요
- 시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정
- 지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 시험결과

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
문봉터널	BH-179	6,0~6,2	연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
	BH-179	15,8~16,1	경 암	26,85	5,277	3,542	69,9	45,370	0,29
	BH-180	8,4~8,6	경 암	26,71	4,662	2,989	105,5	44,280	0,29
	BH-180	10,9~11,1	경 암	26,69	5,153	3,363	75,4	49,360	0,30

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(MPa)	포아송비
연 암	26,70	4,795	3,134	97,6	40,290	0,22
경 암	26,69~26,85	4,662~5,277	2,989~3,542	69,9~105,5	44,280~49,360	0,29~0,30

○ 교량구간

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
한당천1교	BH-150-4	15,5~15,7	연 암	25,79	3,142	1,882	53,7	19,61	0,28
	BH-151	11,0~11,3	연 암	26,45	4,357	2,980	92,5	45,65	0,22
	BH-151-1	10,1~10,3	연 암	26,24	3,509	2,069	28,7	19,31	0,26
한당천1교	BH-151-3	11,9~12,1	보통암	26,21	2,596	1,490	20,0	10,74	0,21
사리현교	BH-169	5,3~5,6	연 암	26,34	5,019	3,017	57,4	33,40	0,27
분봉육교	BH-186	9,5~9,7	보통암	26,60	5,035	2,991	77,6	49,40	0,28
장진천1교	BH-189-1	11,5~11,7	보통암	26,34	4,795	3,023	42,4	32,70	0,20
	BH-189-1	12,3~12,4	보통암	26,36	3,301	1,970	64,9	27,53	0,27
설석육교	BH-192-1	17,9~18,05	연 암	26,16	2,400	1,295	17,2	10,59	0,23
설석2교	BH-196	10,7~10,9	연 암	26,24	4,756	2,899	52,9	33,57	0,20
설석3교	BH-198-1	11,5~11,6	연 암	26,24	4,588	2,890	74,0	40,75	0,24
설문IC교	BH-201	26,3~26,4	보통암	26,08	3,727	2,200	29,9	13,99	0,20
장진천2교	BH-219	12,5~12,8	연 암	27,33	4,485	2,846	50,3	31,96	0,21

국토교통부 174

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

구분	공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
대청교	BH-224	15,7~15,9	보통암	27,62	5,183	3,313	61,3	54,28	0,33
공릉천교	BH-225	9,9~10,0	연 암	25,64	1,413	720	15,1	8,10	0,17
	BH-227	8,3~8,5	연 암	26,19	4,176	2,571	26,2	21,27	0,19
	BH-230	12,3~12,5	보통암	26,56	4,023	2,364	41,0	29,34	0,22
금촌1교	BH-235	12,0~12,1	연 암	26,72	3,652	2,235	73,0	27,06	0,24
	BH-235-2	6,8~7,0	연 암	26,52	4,504	2,823	59,1	29,48	0,27

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,64~27,33	1,413~5,019	720~3,017	15,1~92,5	8,1~46,65	0,17~0,28
보통암	26,08~27,62	2,596~5,183	1,490~3,313	20,0~77,6	10,74~54,28	0,20~0,33

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 15,1~92,5MPa, 포아송비: 0,17~.28 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 20,0~77,6MPa, 포아송비: 0.20~0.33 범위로 나타남

○ 토공구간

공번	심도(m)	지층	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
BH-159	13,6~13,8	보통암	27,41	4,440	2,943	128,8	56,30	0,22
BH-160	18,5~18,7	연 암	25,58	2,938	1,715	39,2	17,90	0,15
BH-161	15,6~15,8	보통암	26,47	4,844	3,097	109,4	50,42	0,25
BH-196-2	3,9~4,1	보통암	26,51	4,694	3,029	114,4	56,53	0,32
BH-202	25,9~26,0	보통암	26,92	4,214	2,658	59,7	23,95	0,18
BH-236	12,5~12,7	연 암	26,23	3,590	2,085	16,6	17,07	0,21

▮ 지층별 결과분석

구분	단위중량(kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	S파	일축강도(MPa)	탄성계수(GPa)	포아송비
연 암	25,58~26,23	2,938~3,590	1,715~2,085	16,6~39,2	17,07~17,9	0,15~0,21
보통암	26,47~27,41	4,214~4,844	2,658~3,097	59,7~128,8	23,95~56,38	0,18~0,32

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 16,6~39,2MPa, 포아송비: 0,15~21 범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 59,7~128,8MPa, 포아송비: 0,18~0,32 범위로 나타남

175 서울문산고속도로주식회사

제 5 편 성과분석 및 설계지반정수

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

기본방향
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

○ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석

구분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	예상 구조물
L-1	6+300	N20E	12	암가부(흐계소)
L-2	13+200	N14E	87	쌓기부
L-3	15+130	N18E	66	쌓기부
L-4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)
L-5	25+850	N22W	62	쌓기부
L-6	26+370	N82E	42	쌓기부

○ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석

- 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 하행 STA. 21+390에 400Ω m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

185 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구분	위치(STA.)	구간(m)	특징	비고
행신1교	BH-41	2+332,9	11,2~11,8	Slickenside 발달	
설서5교	BH-94-1	5+845,3	13,6~16,0	파쇄발달 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	6+475,2	13,6~15,3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양JCT	BH-115	9+300 부근	9,3~16,2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10,2~13,5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20,5~21,5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
한당천2교	BH-149	10+490,0	9,4~12,0	Slickenside 및 파쇄 발달, 점토 충진	
사리현IC	BH-160	11+900 부근	10,0~15,5	차별풍화에 의한 암반내 토사화	
토공부	BH-170	12+927,7	10,3~13,3	파쇄대 분포, 차별풍화에 의한 토사화	
문봉터널	BH-179	13+753,0	9,0~12,5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543,5	10,5~11,7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
설석2교	BH-191-1	15+562,6	8,0~11,0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천2교	BH-219-1	19+993,2	20,1~23,1	Slickenside 발달, 차별풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640,0	6,5~7,0	부분적 Slickenside 발달, 광물점토	L-4 인접
토공부	BH-284	29+110,0	6,0~19,6	부분적 파쇄대 및 차별풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석

구분	교차위치(STA.)	조사내용 선구조	지표조사	물리탐사	시추조사	예상폭(m)	조사결과	사업노선과 영향
L-1	6+300	○	○	-	○	3~5m 내외	소규모 단층파쇄 발달	토공구간(흐계소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L-2	13+200	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-3	15+130	○	○	-	○	1m 내외	차별풍화 발달	영향 없음
L-4	21+640	○	○	-	○	1m 내외	부분적 차별풍화 발달	영향 없음
L-5	25+850	○	○	-	-	-	-	영향 없음
L-6	26+370	○	○	-	-	-	-	영향 없음

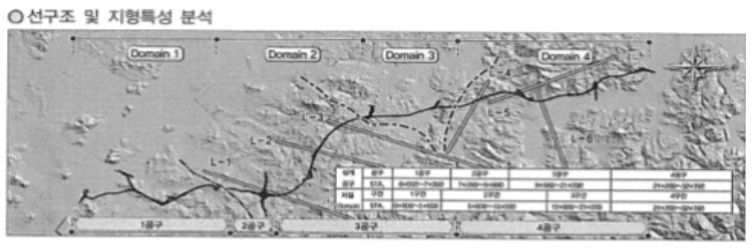
분석결과
- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층면(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(흐계소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~-6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 차별풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구릉지성 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

제5편 성과분석 및 설계지반정수

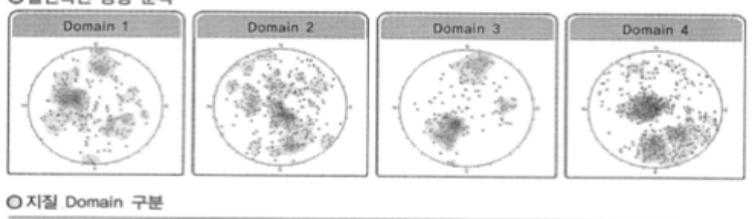
1.1.2 지질 Domain 구분

기본방향	• 사업구간의 지형과 지질특성을 비교·분석하여 동일한 지질특성을 보이는 지질 Domain 구분 • 지질 Domain별 설계지반정수 적용구간 선정 및 균질절리영역분석시 1차적 분류요소로 활용

○ 선구조 및 지형특성 분석



○ 불연속면 방향 분석



○ 지질 Domain 구분

구분	Domain 1	Domain 2	Domain 3	Domain 4
STA.(km+m)	• 사업시점~5+600	• 5+600~15+500	• 15+500~21+200	• 21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마 타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
선구조 특성	• 한강/창릉천 수계 방향 NE~NW 선구조 발달	• 공릉천주변 NNE방향 선구조 발달 • 선구조 L-1~3 발달	• 공릉천주변 NW방향 선구조 발달	• 월롱산 주변 NE~NW 방향 선구조 발달 • 선구조 L-4~6 발달
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약
지형적 요소	• 한강 및 창릉천 주변 퇴적지대 발달	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 공릉천주변 퇴적지대 및 구릉산지 발달	• 월롱산 측면부 통과
사업공구	1공구	2공구	3공구	4공구

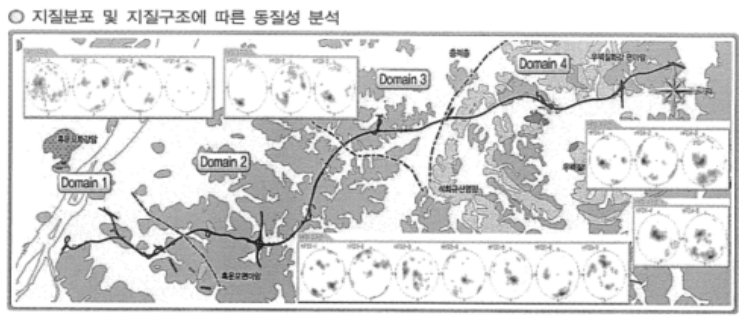
분석결과	• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분 • 지질 Domain과 사업공구 구간의 차이는 있으나 지질 Domain을 기준으로 각 구간별 설계정수

187 서울문산고속도로주식회사

제5편 성과분석 및 설계지반정수

1.2.2 동질성 검토결과

○ 지질분포 및 지질구조에 따른 동질성 분석



○ 절리방향에 따른 동질성 분석

Miller Patch 방법(공내영상촬영)

구분		0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	170°	X^2합 평균	우측 p값	검증
BH-29 vs BH-34	BH-29	18.4	17.8	18.9	22.2	20.5	19.8	20.0	17.9	16.2	21.4	45.4	0.074	동질
	BH-34	25.2	24.4	25.9	30.4	28.1	27.2	27.4	24.5	22.1	29.4			
BH-34 vs BH-37	BH-34	45.3	51.4	41.4	48.5	55.2	39.3	48.1	50.3	37.4	53.7	62.6	0.001	비동질
	BH-37	15.7	17.8	14.3	16.8	19.1	13.6	16.6	17.4	12.9	18.6			
BH-37 vs BH-109	BH-37	14.1	13.9	14.4	14.2	14.2	15.0	15.3	13.4	14.2	14.3	45.1	0.079	동질
	BH-109	30.1	29.6	30.9	30.3	30.4	32.1	32.6	28.6	30.3	30.5			
BH-109 vs BH-159	BH-109	44.0	38.1	38.8	43.5	39.5	39.6	43.3	37.9	38.8	40.7	68.9	0.000	비동질
	BH-159	31.2	27.0	27.5	30.8	28.0	28.0	30.7	26.8	27.5	28.8			
BH-159 vs BH-180	BH-159	54.4	50.9	51.9	54.3	50.7	51.6	53.5	51.0	51.9	50.8	124.0	0.000	비동질
	BH-180	74.7	69.9	71.2	74.5	69.6	70.9	73.5	70.0	71.3	69.8			
BH-180 vs CCB-2	BH-180	38.7	41.2	39.9	38.1	41.3	40.0	38.2	41.3	40.2	40.2	91.1	0.000	비동질
	CCB-2	50.1	53.2	51.6	49.3	53.5	51.7	49.4	53.5	52.0	51.9			
CCB-2 vs TTB-4	CCB-2	20.4	19.5	18.6	19.2	18.6	18.9	20.4	19.5	19.8	21.7	45.3	0.075	동질
	TTB-4	26.9	25.7	24.5	25.3	24.6	24.9	26.9	25.7	26.1	28.5			
TTB-4 vs BH-241	TTB-4	44.2	44.8	50.2	44.6	37.9	41.3	38.2	36.9	43.6	44.5	58.4	0.004	비동질
	BH-241	15.1	15.3	17.1	15.2	12.9	14.1	13.0	12.6	14.9	15.2			
BH-241 vs TTB-6	BH-241	12.1	11.7	10.5	10.4	10.5	9.8	10.9	11.0	10.6	10.5	62.1	0.002	비동질
	TTB-6	55.8	53.9	48.5	48.1	48.6	45.0	50.1	50.8	48.8	48.6			
TTB-6 vs TTB-13	TTB-6	96.3	113.3	111.7	97.9	118.9	128.9	109.3	116.3	117.9	125.4	127.8	0.000	비동질
	TTB-13	8.8	10.3	10.2	8.9	10.8	11.7	9.9	10.6	10.7	11.4			
TTB-13 vs BH-282	TTB-13	90.1	94.1	93.4	90.8	93.8	93.2	90.7	93.8	92.7	92.1	236.0	0.000	비동질
	BH-282	137.4	143.4	142.4	138.4	143.0	142.1	138.3	143.1	141.4	140.5			

제5편 성과분석 및 설계지반정수

2.2 교량구간 성과분석

2.2.1 교량별 지층현황

○ 지층현황

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N치	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
원당3교	A2	*BB-20	–	–	–	–	1.9	37	–	–
원당4교	A1	BH-146	7.0	50/12~5	12.5	20	–	–	–	–
	A2	BH-147	–	–	6.0	0	–	–	–	–
원당천 1교	문산 A1	BH-150-2	11.0	50/10	13.0	13~23	–	–	–	–
	서울 A1	BH-150-1	–	–	9.0	5	–	–	–	–
	문산 P1	BH-150-4	10.0	50/10~4	13.0	22	–	–	–	–
	서울 P1	BH-150-3	10.0	50/7	11.0	0	–	–	14.0	65
	문산 P2	BH-150-2	11.0	50/10~5	13.0	13~23	–	–	–	–
	서울 P2	BH-150-1	–	–	9.0	5	–	–	–	–
	문산 A2	BH-151-3	9.0	50/7~3	–	–	11.5	54	–	–
원당5교	문산 P1	BH-153	11.0	50/7~2	13.3	12	–	–	–	–
	서울 P1	BH-152-1	10.3	50/8	11.5	7	–	–	–	–
	문산 P2	BH-154-1	5.0	50/7	5.8	10~20	–	–	–	–
	서울 P2	BH-154	5.4	50/2	6.5	18	–	–	–	–
	문산 P3	*BB-22	5.0	50/6~5	6.1	12	–	–	–	–
	서울 P3	BH-154-2	5.0	50/7	5.7	60	–	–	–	–
	서울 P4	BH-155	–	–	–	–	–	–	41.6	72
원당6교	A1	BH-156-1	9.0	50/5	–	–	13.0	66	–	–
	A2	BH-157	8.0	50/7~2	9.5	16	–	–	–	–
사리현 IC교	A1	BH-162	8.0	50/7~4	12.0	31	–	–	13.7	83
	A2	BH-163	9.0	50/10~8	11.0	37	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

(계속)

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
사리현교	A1	*BB-25	2.0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
	A2	BH-169	–	–	5.0	9	–	–	6.8	96
문봉교	문산 A1	BH-181	15.0	50/4~2	17.0	10	–	–	–	–
	문산 A2	BH-184	8.0	50/10~3	–	–	–	–	–	–
	서울 A2	BH-183	17.0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
문봉 1교	A1	*BB-27	3.0	50/9~4	6.5	24	–	–	–	–
	A2	BH-185-1	11.0	50/3	12.0	17	–	–	–	–
문봉 육교	A1	BH-186	6.0	50/3	7.8	0	8.1	60	–	–
	A2	BH-187	3.0	50/8	3.5	0~10	–	–	–	–
장진천 1교	A1	BH-189-1	8.0	50/4	8.9	7	10.3	43	–	–
	P1	*BB-28	7.0	50/10~4	–	–	–	–	–	–
성석1교	A1	BH-191	8.0	50/7	10.5	20	–	–	–	–
	A2	BH-191-1	6.0	50/9	8.0	7	–	–	–	–
성석 육교	A1	BH-192-1	13.0	50/9~6	15.5	39	–	–	–	–
	A2	*BB-30	8.0	50/10~6			–	–	–	–
성석2교	A1	BH-195	6.0	50/10~7	9.7	8	–	–	–	–
	A2	BH-196	9.0	50/6	9.5	26	–	–	–	–
성석3교	A1	BH-198	8.0	50/4	9.0	0	–	–	9.4	83
	A2	BH-198-1	3.0	50/5	10.0	28	–	–	–	–
설문 IC교	A1	BH-201	20.0	50/10~5	24.6	0	26.2	46	–	–
	A2	*BB-32	–	–	4.0	31	–	–	–	–
설문 1육교	A1	BH-208-1	9.8	50/2	–	–	11.3	58	–	–
	A2	*BB-33	–	–	7.5	12	–	–	8.5	84
설문 R-A교	A1	BH-207	12.6	50/7~1	–	–	–	–	–	–
	A2	BH-206	10.8	50/5~1	–	–	–	–	–	–
설문1교	A1	BH-212	10.0	50/10~3	–	–	–	–	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

국토교통부 218

제5편 성과분석 및 설계지반정수

(계속)

교량명	위치	해당공번	풍화암 출현심도	풍화암 N값	연암 출현심도	연암 RQD(%)	보통암 출현심도	보통암 RQD(%)	경암 출현심도	경암 RQD(%)
설문1교	A2	BH-213	12.0	50/9~4	16.0	36	–	–	–	–
설문2교	A1	BH-218-1	14.0	50/9~5	–	–	–	–	–	–
장진천 2교	문산 A1	BH-219	11.0	50/8~6	12.2	40~60	–	–	–	–
	서울 A1	BH-219-1	14.0	50/10~8	20.1	35	–	–	–	–
	서울 P1	BH-220	6.0	50/10~5	11.8	46~76	–	–	–	–
장진천 2교	서울 P2	BH-222-1	6.0	50/10~7	12.0	38	–	–	–	–
	문산 A2	BH-222	15.0	50/10	–	–	18.4	48	–	–
	서울 A2	BH-222-1	13.0	50/10~8	14.8	0~29	–	–	–	–
대원교	A1	*BB-40	4.3	50/9~4	–	–	–	–	–	–
	P1	BH-225	–	–	9.8	11	–	–	–	–
공릉 천교	P2	BH-226	10.0	50/10~5	12.0	25	–	–	–	–
	P3	BH-227	7.0	50/6	7.3	39	–	–	–	–
	P5	*BB-41	4.6	50/5	5.8	0	–	–	–	–
	P6	BH-229	4.0	50/10~4	5.1	17	–	–	–	–
	P7	BH-230	10.0	50/5	10.3	10	12.3	43	15.0	78~95
	A2	*BB-42	7.7	50/6~5	9.9	0	10.9	37	–	–
	P7	BH-230	10.0	50/5	10.3	10	12.3	43	15.0	78~95
	A2	BB-42	7.7	50/6~5	9.9	0	10.9	37	–	–

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

○ 지층 분포 현황

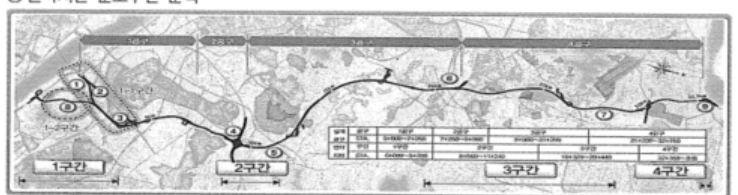
구분	풍화암	연암	보통암	경암
출현심도(m)	2.0~20.0	3.5~24.6	1.9~26.2	6.8~41.6

분석결과	• 지지층인 풍화암:GL.(-)2.0~20.0m, 연암:GL.(-)3.5~24.6m, 보통암:GL.(-)1.9~26.2m, 경암:GL.(-)6.8~41.6m로 분포 • 구조물, 위치별 및 지층별로 출현심도의 편차가 큼

제5편 성과분석 및 설계지반정수

2.4.2 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 분포구간 분석



위치(STA.)	구성토질	출현심도(G.L(-)m)	층후(m)	N값	대상 지층	연약층 하부지층	비고
① 사업시점~0+300	CL	1.8~14.5	0.9~1.5	1/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP)	
	ML	1.0~12.0	0.5~6.5	2/30~4/30			
② 1+000~1+318	ML	1.9~9.0	1.0~1.1	4/30	퇴적층	퇴적층(SM), 풍화토	
③ 3+000~3+200	CL	0.0	8.0	1/30~2/30	퇴적층	퇴적층(SM, SC)	
	ML	4.0	2.5	3/30~4/30			
④ 8+660~9+540	CL	0.0~4.0	0.7~2.2	1/30~4/30	매립, 봉적, 퇴적층	퇴적층(SM, SC, SP, GP) 풍화토	부분적 분포
	ML	3.5	3.5	2/30~3/30			
⑤ 10+640~11+240	CL	0.0~0.8	1.2~2.2	3/30~4/30	매립, 봉적, 퇴적층	퇴적층(SM, GP) 붕적층(SM)	부분적 분포
	ML	1.4~5.0	1.0~2.0	2/30~3/30			
⑥ 19+320~21+160	CL	0.0~8.0	1.0~6.4	2/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, SW) 풍화토	
	ML	1.0~4.7	0.7~2.9	1/30~4/30			
⑦ 27+900~28+440	CL	1.5~9.0	1.0~3.5	3/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SP, SW)	
⑧ (지선) 0+060~1+760	CL	0.8~5.4	1.0~11.9	3/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP) 풍화토	
	ML	2.6~9.0	1.0~4.0	2/30~6/30			
⑨ 32+760~종점, 내포IC Ramp-B	CL	3.0~4.5	2.0~6.1	2/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, SP), 풍화토	
	ML	4.0~7.5	2.0~10.0	2/30~6/30			

○ 점토(CL) 연약지반구간 선정

구분		지형적 조건	연약지반 분포현황	비고
1구간	1-1구간 (①~③지역)	• 창릉천 하류 농경지구간 통과	• 출현심도 : 1.8~14.5m • 층후 : 0.9~8.0m(평균 2.4m)	사업시점~3+200
	1-2구간 (⑧지역)	• 한강 주변 및 창릉천 하류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0.8~5.4m • 층후 : 1.0~11.9m(평균 4.4m)	지선0+0~1+381
2구간 (④~⑤지역)		• 공릉천 지류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0.0~4.0m • 층후 : 0.7~2.2m(평균 1.6m)	8+660~9+540
3구간 (⑥~⑦지역)		• 공릉천 및 문산천 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 0.0~8.0m • 층후 : 1.0~6.4m(평균 3.3m)	19+320~28+600
4구간(⑨지역)		• 임진강 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 3.0~4.5m • 층후 : 2.0~6.1m(평균 4.0m)	32+760~내포IC Ramp

• 사업 3공구(본선 STA.9+980~21+200)는 연약지반 3구간(본선 STA.19+600~28+600)에 해당

sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

제 3 장 설계지반정수 산정

3.1 개요

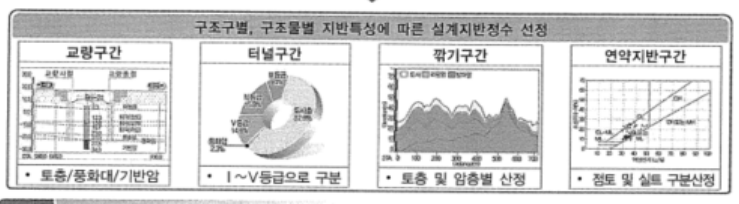
개요	• 지표지질조사 성과분석에 의한 사업구간내 구조구 특성을 고려한 구간별 설계지반정수 산정 • 문헌자료, 인근지역 분석 자료 및 기존자료(제3자공고안, 보완설계)에 대한 분석을 수행하고, 각종 경험식 및 현장시험 값을 고려한 설계지반정수 유도

3.1.1 기본방향

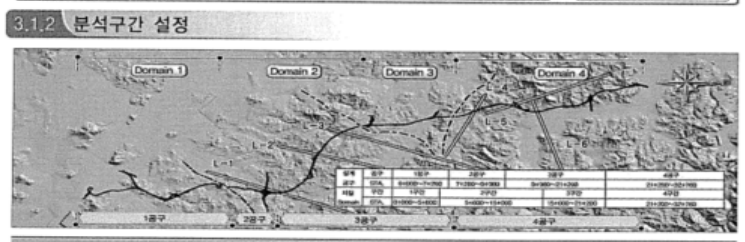
기존자료 및 현장시험에 따른 결과분석에 의한 구조구별 설계지반정수 선정

문헌자료 분석 / 인근조사자료 분석 / 기존자료 분석 → 경험식 적용 설계지반정수 도출 / 현장시험 결과 적용 → 지질 구조구별 설계지반정수 산정

구조구별, 구조물별 지반특성에 따른 설계지반정수 선정



3.1.2 분석구간 설정



구분	1구간(Domain 1)	2구간(Domain 2)	3구간(Domain 3)	4구간(Domain 4)
STA.(km+m)	사업시점~5+600	5+600~15+500	15+500~21+200	21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약

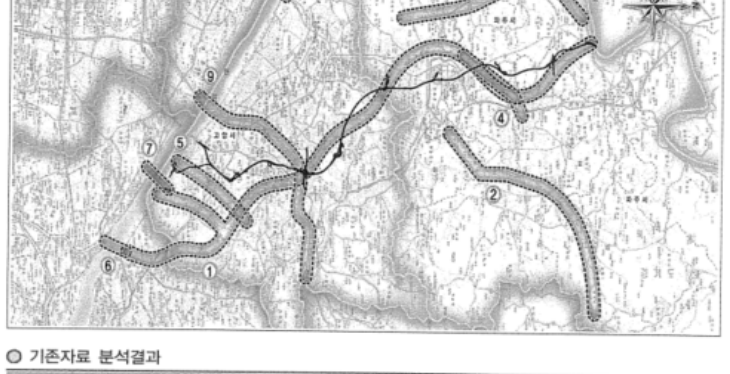
• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분
• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain-Ⅱ~Ⅲ)에 해당

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.3.2 인근지역 적용사례 분석

○ 기존자료 현황

구분	사업명	사업년도	구분	사업명	사업년도
①	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업(보완분)	2005.01	⑥	월드컵대교 건설공사	2006.10
②	조리~법원 도로개설공사	2005.12	⑦	인천국제공항 철도 2단계	2002.10
③	문발~낙하간 도로 확포장공사	2004.09	⑧	일산대교 건설 민간투자사업	1999.12
④	금촌~월롱간 도로 확포장공사	2004.02	⑨	서울외곽순환도로 건설공사(1,2공구) 토질조사보고서	1997.12
⑤	강매~원흥간 도로개설공사	1999.05			



○ 기존자료 분석결과

지층	토질 구성	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)
매립층	사질토	18~20	0~5	28~33	10~80	0.33~0.35
	자갈층	19~20	0~17	25~39	15~35	0.3
붕적층	사질토	17~19	0~30	25~32	10~32	0.35
	점성토	18	0~20	–	–	–
	자갈층	20	0~50	39	35	0.30
충적층	사질토	17~20	0~10	25~33	15~80	0.35
	점성토	17~18	10~30	–	5~10	0.50
	자갈층	18~20	0~20	35~39	35	0.30
풍화토		18~19	15~200	25~30	35~50	0.30~0.33

sm 서울~문산고속도로 민간투자사업

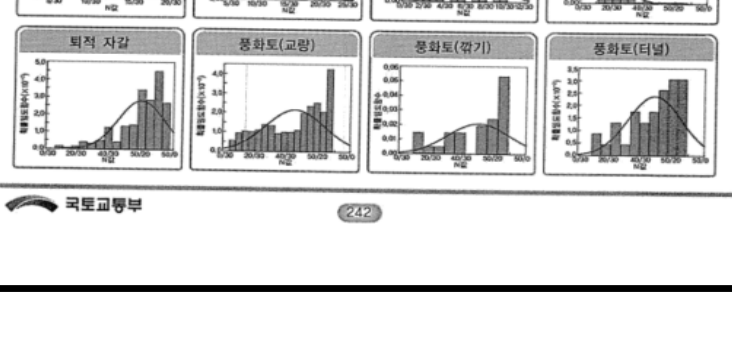
3.3.3 지층별 대표 N값 산정

기본방향	• 사업구간내 토사층이 광역적으로 분포함에 따라 지형적 · 지질적 요인에 따른 토질 특성을 고려 • 선행된 지표지질조사 결과에 의한 지질 구조구 및 구조물 특성, 토질입자의 특성 등을 고려하여 분류 • 각종 물성값의 기초 자료가 되는 구간별, 구조물별, 지층별, 토성별 N값을 선정

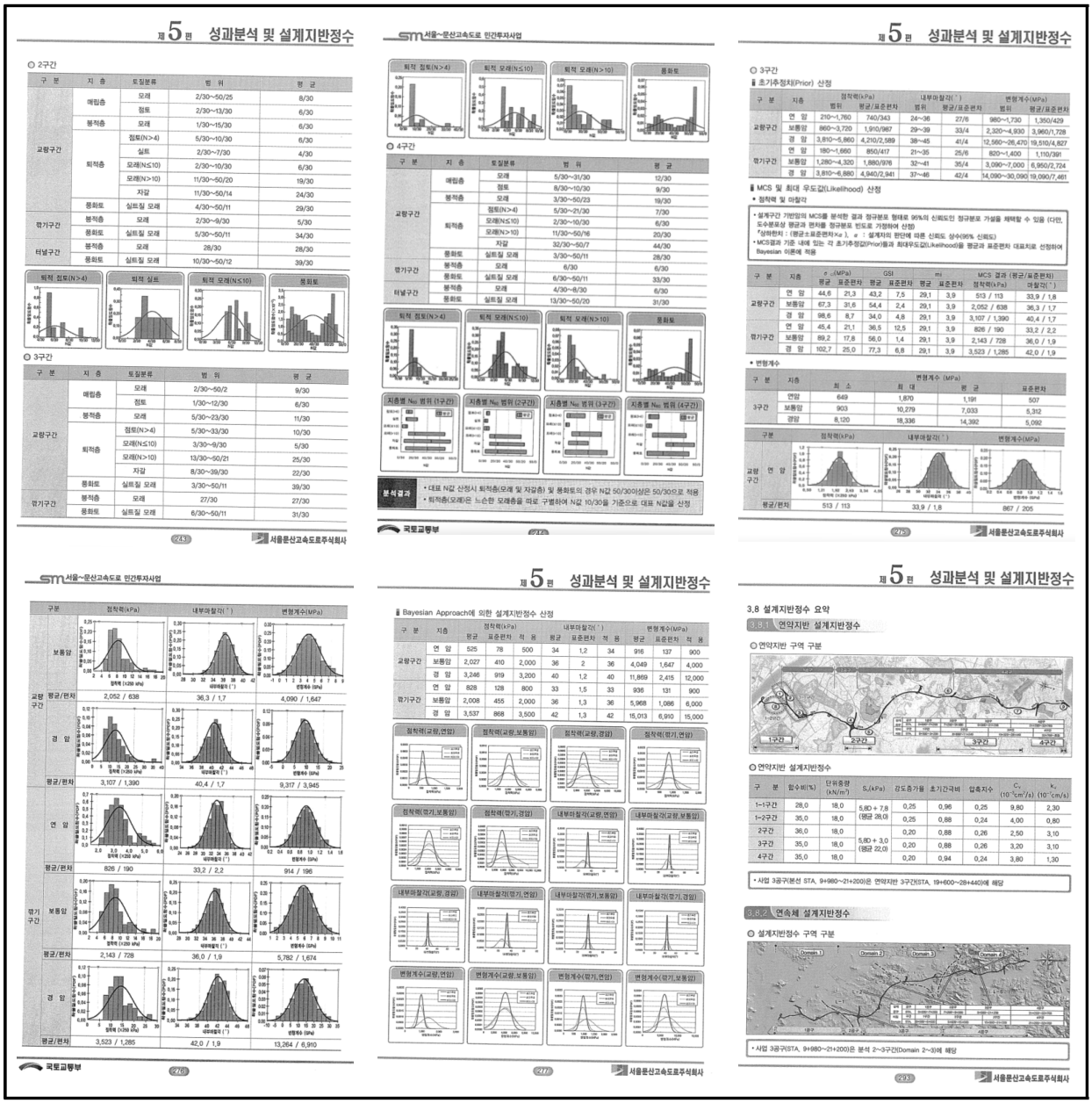
구간별	구조물별	지층별	토성별
• 제1구간, 제2구간, 제3구간, 제4구간으로 구분	• 구조물의 특성에 따라 교량구간, 터널구간, 깎기구간으로 구분	• 분포하는 지층에 따라 매립층, 붕적층, 퇴적층, 풍화토층 등으로 분류	• 사업구간내 분포하는 토성에 따라 점토, 실트, 모래, 자갈 등으로 분류

○ 1구간

구분	지층	토질분류	범위	평균
교량구간	매립층	모래	1/30~50/1	10/30
		점토	10/30~11/30	11/30
	붕적층	모래	4/30~18/30	9/30
	퇴적층	점토(N>6)	7/30~17/30	11/30
		실트	7/30~25/30	8/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	7/30
		모래(N>10)	11/30~50/12	22/30
		자갈	5/30~50/3	47/30
	풍화토	실트질 모래	7/30~50/11	41/30
깎기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	38/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	43/30



국토교통부 242



제5편 성과분석 및 설계지반정수

○ 2구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/25	8/30
		점토	2/30~13/30	6/30
	붕적층	모래	1/30~15/30	6/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~10/30	6/30
		실트	2/30~7/30	4/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/20	19/30
		자갈	11/30~50/14	24/30
	풍화토	실트질 모래	4/30~50/11	29/30
암기구간	붕적층	모래	2/30~9/30	5/30
	풍화토	실트질 모래	5/30~50/11	34/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	10/30~50/12	39/30

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 실트 | 퇴적 모래(N≤10) | 풍화토

○ 3구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/2	9/30
		점토	1/30~12/30	6/30
	붕적층	모래	5/30~23/30	11/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~33/30	10/30
		모래(N≤10)	3/30~9/30	5/30
		모래(N>10)	13/30~50/21	25/30
		자갈	8/30~39/30	22/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	39/30
암기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	31/30

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 모래(N≤10) | 퇴적 모래(N>10) | 풍화토

○ 4구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	5/30~31/30	12/30
		점토	8/30~10/30	9/30
	붕적층	모래	3/30~50/23	19/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~21/30	7/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/16	20/30
		자갈	32/30~50/7	44/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	28/30
암기구간	붕적층	모래	6/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	33/30
터널구간	붕적층	모래	4/30~8/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	13/30~50/20	31/30

퇴적 점토(N>4) | 퇴적 모래(N≤10) | 퇴적 모래(N>10) | 풍화토

지층별 N_{60} 범위 (1구간) | 지층별 N_{60} 범위 (2구간) | 지층별 N_{60} 범위 (3구간) | 지층별 N_{60} 범위 (4구간)

분석결과
- 대표 N값 산정시 퇴적층(모래 및 자갈층) 및 풍화토의 경우 N값 50/30이상은 50/30으로 적용
- 퇴적층(모래)은 느슨한 모래층을 따로 구별하여 N값 10/30을 기준으로 대표 N값을 산정

국토교통부

제5편 성과분석 및 설계지반정수

○ 3구간

초기추정치(Prior) 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 범위	점착력(kPa) 평균/표준편차	내부마찰각(°) 범위	내부마찰각(°) 평균/표준편차	변형계수(MPa) 범위	변형계수(MPa) 평균/표준편차
교량구간	연 암	210~1,760	740/343	24~36	27/6	980~1,730	1,350/429
	보통암	860~3,720	1,910/987	29~39	33/4	2,320~4,930	3,960/1,728
	경 암	3,810~5,860	4,210/2,589	38~45	41/4	12,560~26,470	19,510/4,827
암기구간	연 암	180~1,660	850/417	21~35	25/6	820~1,400	1,110/391
	보통암	1,280~4,320	1,880/976	32~41	35/4	3,090~7,000	6,950/2,724
	경 암	3,810~6,880	4,940/2,941	37~46	42/4	14,090~30,090	19,090/7,461

MCS 및 최대 우도값(Likelihood) 산정

• 점착력 및 마찰각

• 설계구간 기반암의 MCS를 분석한 결과 정규분포 형태로 95%의 신뢰도인 정규분포 가설을 채택할 수 있음 (다만, 도수분포상 평균과 편차를 정규분포 빈도로 가정하여 산정)
*정하한치 : (평균±표준편차×α), α : 설계자의 판단에 따른 신뢰도 상수(95% 신뢰도)
• MCS결과 기존 내재 있는 각 초기추정값(Prior)들과 최대우도값(Likelihood)을 평균과 표준편차 대표치로 선정하여 Bayesian 이론에 적용

구 분	지층	σ_ci(MPa) 평균	σ_ci(MPa) 표준편차	GSI 평균	GSI 표준편차	mi 평균	mi 표준편차	MCS 결과 (평균/표준편차) 점착력(kPa)	MCS 결과 (평균/표준편차) 마찰각(°)
교량구간	연 암	44.6	21.3	43.2	7.5	29.1	3.9	513 / 113	33.9 / 1.8
	보통암	67.3	31.6	54.4	2.4	29.1	3.9	2,052 / 638	36.3 / 1.7
	경 암	98.6	8.7	34.0	4.8	29.1	3.9	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7
암기구간	연 암	45.4	21.1	36.5	12.5	29.1	3.9	826 / 190	33.2 / 2.2
	보통암	89.2	17.8	56.0	1.4	29.1	3.9	2,143 / 728	36.0 / 1.9
	경 암	102.7	25.0	77.3	6.8	29.1	3.9	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9

• 변형계수

구 분	지층	변형계수 (MPa) 최 소	최 대	평 균	표준편차
3구간	연암	649	1,870	1,191	507
	보통암	903	10,279	7,033	5,312
	경암	8,120	18,336	14,392	5,092

구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간	연 암			
평균/편차		513 / 113	33.9 / 1.8	867 / 205

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간	보통암			
	평균/편차	2,052 / 638	36.3 / 1.7	4,090 / 1,647
	경 암			
	평균/편차	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7	9,317 / 3,945
암기구간	연 암			
	평균/편차	826 / 190	33.2 / 2.2	914 / 196
	보통암			
	평균/편차	2,143 / 728	36.0 / 1.9	5,782 / 1,674
	경 암			
	평균/편차	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9	13,264 / 6,910

국토교통부

제5편 성과분석 및 설계지반정수

Bayesian Approach에 의한 설계지반정수 산정

구 분	지층	점착력(kPa) 평균	점착력(kPa) 표준편차	점착력(kPa) 적 용	내부마찰각(°) 평균	내부마찰각(°) 표준편차	내부마찰각(°) 적 용	변형계수(MPa) 평균	변형계수(MPa) 표준편차	변형계수(MPa) 적 용
교량구간	연 암	525	78	500	34	1.2	34	916	137	900
	보통암	2,027	410	2,000	36	2	36	4,049	1,647	4,000
	경 암	3,246	919	3,200	40	1.2	40	11,869	2,415	12,000
암기구간	연 암	828	128	800	33	1.5	33	936	131	900
	보통암	2,008	455	2,000	36	1.3	36	5,968	1,086	6,000
	경 암	3,537	868	3,500	42	1.3	42	15,013	6,910	15,000

점착력(교량,연암) | 점착력(교량,보통암) | 점착력(교량,경암) | 점착력(암기,연암)

점착력(암기,보통암) | 점착력(암기,경암) | 내부마찰각(교량,연암) | 내부마찰각(교량,보통암)

내부마찰각(교량,경암) | 내부마찰각(암기,연암) | 내부마찰각(암기,보통암) | 내부마찰각(암기,경암)

변형계수(교량,연암) | 변형계수(교량,보통암) | 변형계수(암기,연암) | 변형계수(암기,보통암)

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.8 설계지반정수 요약

3.8.1 연약지반 설계지반정수

○ 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 설계지반정수

구 분	함수비(%)	단위중량 (kN/m³)	S_u(kPa)	강도증가율	초기간극비	압축지수	C_v (10^{-3}cm²/s)	k_v (10^{-7}cm/s)
1-1구간	28,0	18,0	5.8D + 7.8 (평균 28.0)	0,25	0,96	0,25	9,80	2,30
1-2구간	35,0	18,0		0,25	0,88	0,24	4,00	0,80
2구간	36,0	18,0	5.8D + 3.0 (평균 22.0)	0,20	0,88	0,26	2,50	3,10
3구간	35,0	18,0		0,20	0,88	0,26	3,20	3,10
4구간	35,0	18,0		0,20	0,94	0,24	3,80	1,30

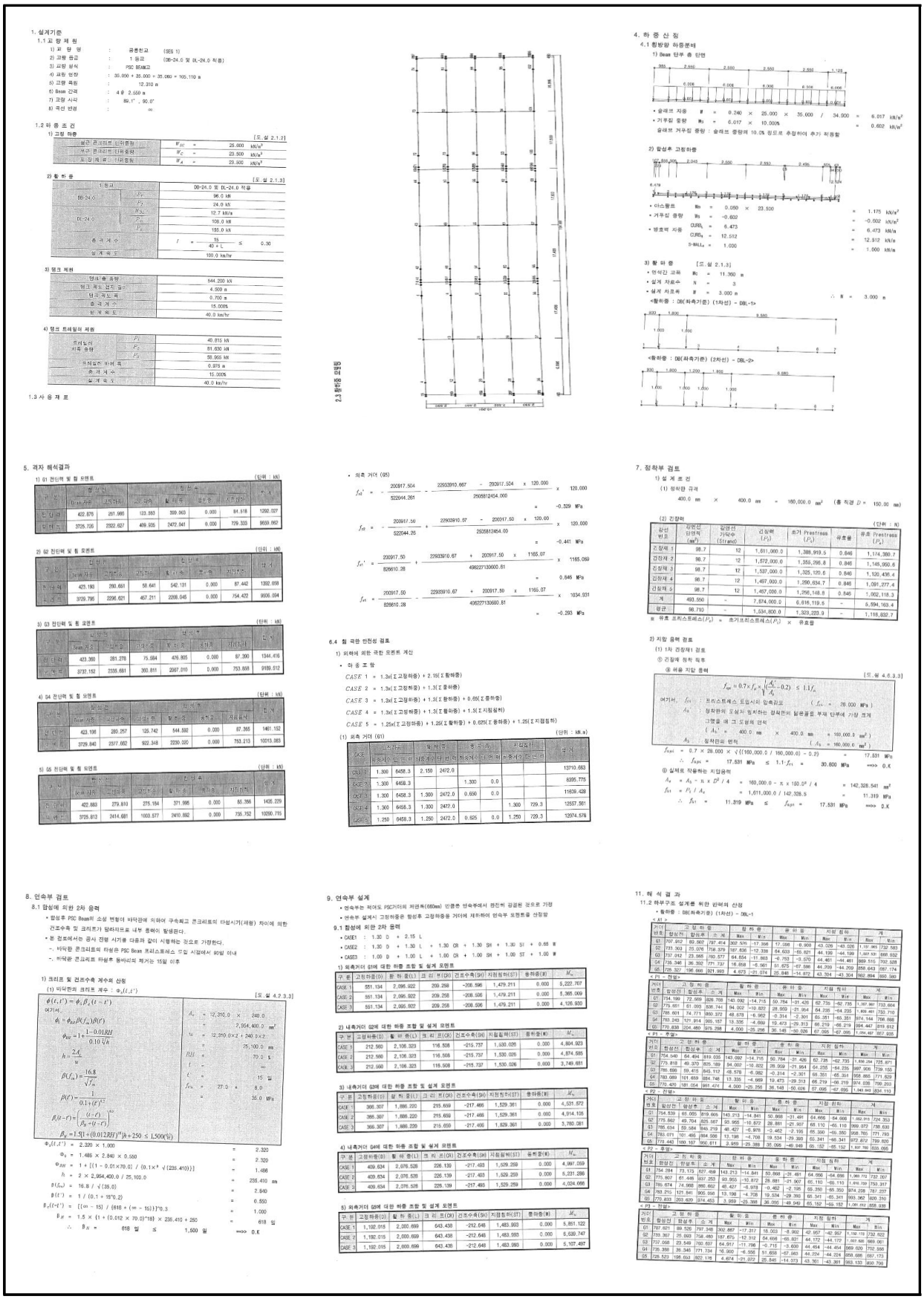
• 사업 3공구(본선 STA. 9+980~21+200)은 연약지반 3구간(STA. 19+600~28+440)에 해당

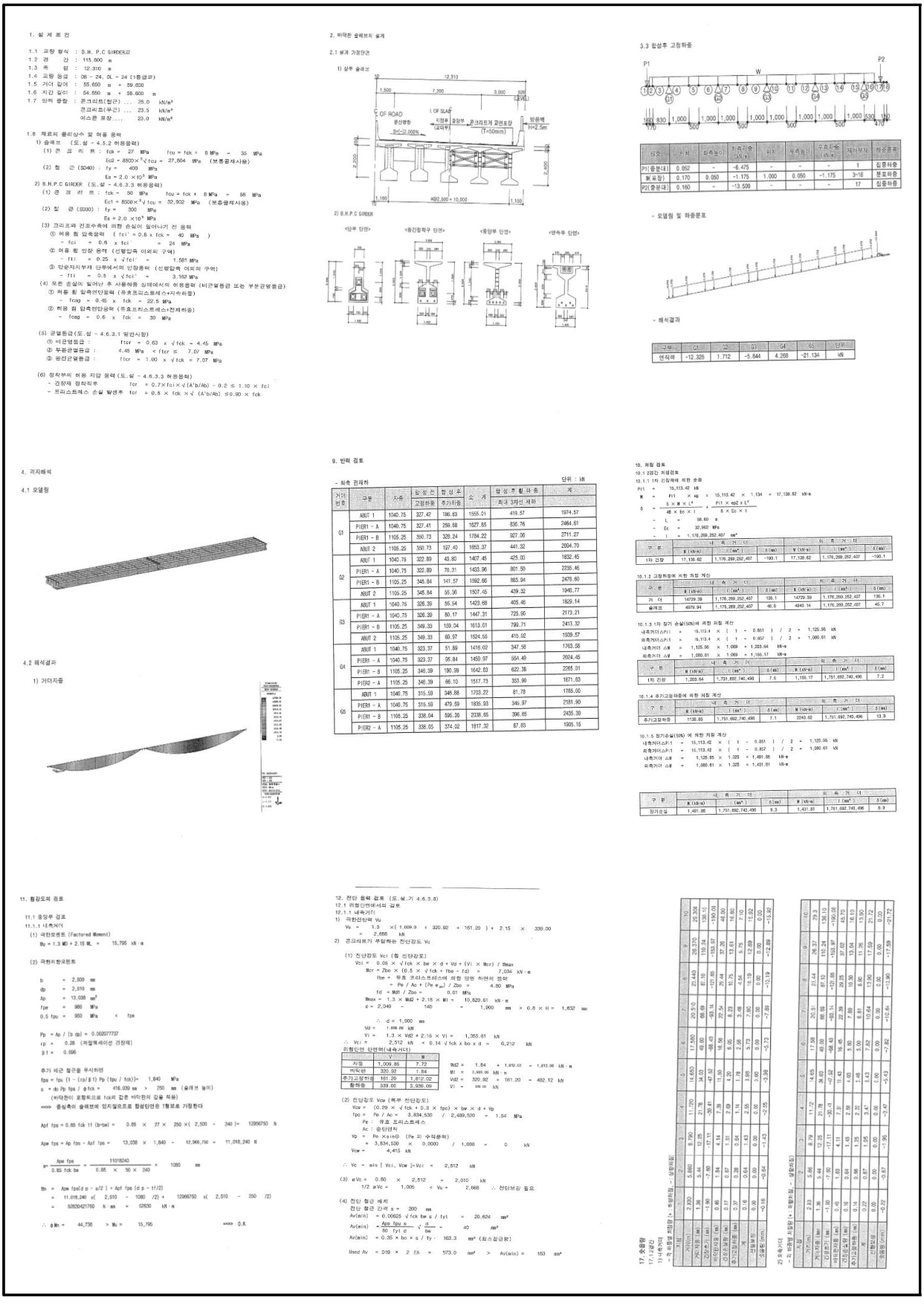
3.8.2 연속체 설계지반정수

○ 설계지반정수 구역 구분

• 사업 3공구(STA. 9+980~21+200)은 분석 2~3구간(Domain 2~3)에 해당

다. 구조계산서 및 내진설계





1. 설계대상 교량제원 및 설계상수

1.1 교량형식 : PSC BEAM + 개량형 BEAM교

1.2 해석 대상 교량 총연장 :
3@35 + 3@35 + 50 + 60 = 320.0m

1.3 교 폭 : 12.310 m

1.4 교각형식
T형 교각

1.5 교각기초형식 : 직접기초 + 말뚝기초

1.6 내진설계상수
(1) 내진등급 : 내진 1 등급교 (도로교 설계기준 pp.456)
(2) 지진구역계수 : 0.11 (도로교 설계기준 pp.456)
(3) 위험도계수 : I = 1.4 (도로교 설계기준 pp.456)
(4) 가속도계수 : A = 0.154 (도로교 설계기준 pp.455)
(5) 지반계수 : S = 1.5 (지반종류 2 , 도로교 설계기준 pp.457)
(6) 응답수정계수 (도로교 설계기준 p.458)
(7) 고유치 해석방법 : Ritz Vector
(8) 받침형식 : 납면진 받침 + 탄성받침

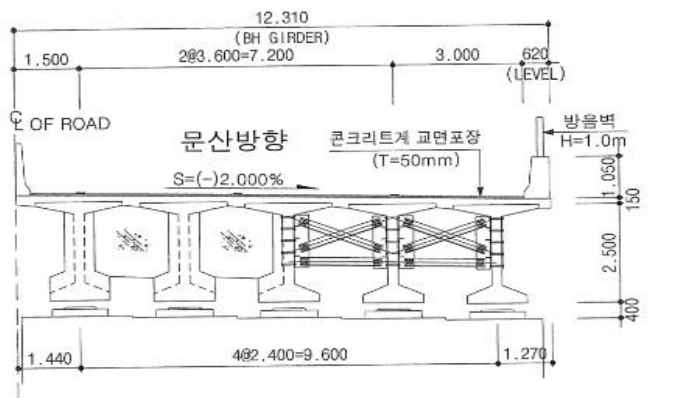
1.7 해석방법
(1) 해석방법 선정
비선형 시간이력 해석
(2) 방향조합방법 : 100-30%방법

1.8 해석모델
(1) 사용프로그램 : MIDAS
(2) 모델링 : Frame요소사용
(3) 질량산정 : 1,2차 고정하중 및 자중을 각 요소에
단위길이당 분포질량으로 입력

2. 단면특성

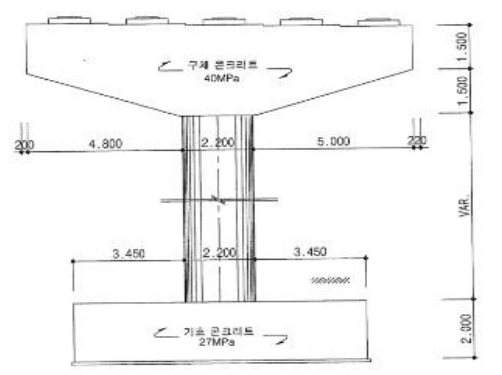
2.1 상부구조

: 상부구조는 PSC BEAM + 개량형 BEAM 으로 이루어져 있으며 교폭은 12.310 M이다.



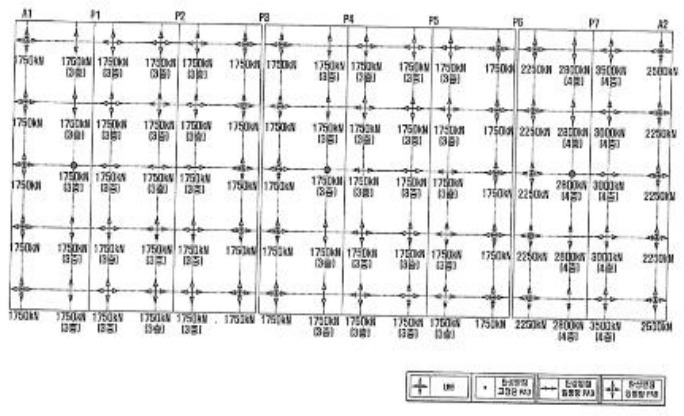
2.2 하부구조

: 하부구조는 T형교각으로 구성되어져 있으며 개략적인 제원은 다음과 같다.



2.3 적용 받침 특성

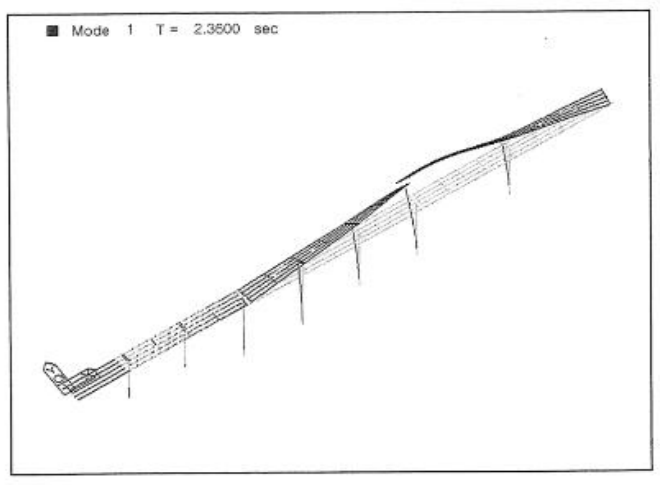
1) 받침배치

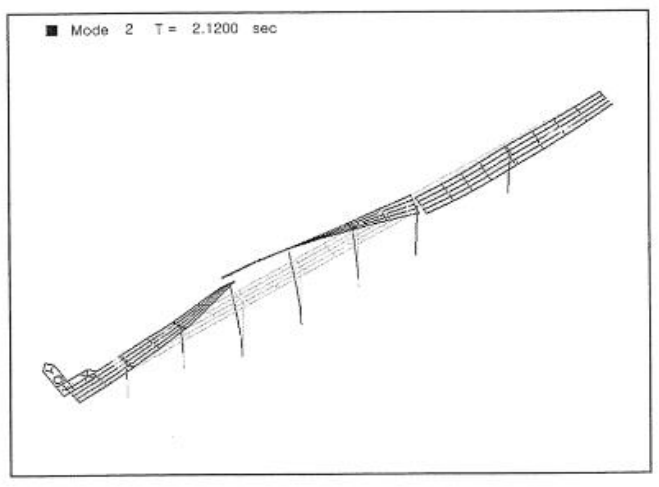


* SAP200 Non-Liner Link-PROPERTY

L1750, FORCE, LRBI, 0, 0.5, NO, 0, 0.5, NO, 0.5, 0.5,
YES, 709953, 0, NO
YES, 2787.48, 0, YES, 12834.5, 58.862, 0.099, 0.5, 0.5
YES, 2787.48, 0, YES, 12834.5, 58.862, 0.099, 0.5, 0.5
L2500(A2), FORCE, LRBI, 0, 0.5, NO, 0, 0.5, NO, 0.5, 0.5,
YES, 3.51149e+006, 0, NO
YES, 7168.24, 0, YES, 32502.9, 124.141, 0.109, 0.5, 0.5
YES, 7168.24, 0, YES, 32502.9, 124.141, 0.109, 0.5, 0.5
L2250(A2), FORCE, LRBI, 0, 0.5, NO, 0, 0.5, NO, 0.5, 0.5,
YES, 3.51149e+006, 0, NO
YES, 7168.24, 0, YES, 32502.9, 124.141, 0.109, 0.5, 0.5
YES, 7168.24, 0, YES, 32502.9, 124.141, 0.109, 0.5, 0.5
L2250(P6), FORCE, LRBI, 0, 0.5, NO, 0, 0.5, NO, 0.5, 0.5,
YES, 1.16414e+006, 0, NO
YES, 2996.64, 0, YES, 16241.9, 72.778, 0.1, 0.5, 0.5
YES, 2996.64, 0, YES, 16241.9, 72.778, 0.1, 0.5, 0.5

4.3 모드형상(Mode Shape)





6.내진해석결과

◎ 지진력의 조합

하중경우 1 : 1.0 × (종방향축의 해석) + 0.3 × (횡방향축의 해석)

하중경우 2 : 1.0 × (횡방향축의 해석) + 0.3 × (종방향축의 해석)

1) 교량받침

- 전단설계력 (kN)

PIER NO	Element	COM1 교축	COM1 교직	COM2 교축	COM2 교직	고무받침 수직용량	구분(용량)	수평용량	검토	비고
A1	1	139.45	38.46	79.25	126.76	1750	M	197.97	O.K.	LRB
	2	134.86	38.48	63.96	126.84	1750	M	197.97	O.K.	LRB
	3	127.59	38.49	39.75	126.89	1750	M	197.97	O.K.	LRB
	4	134.83	38.48	63.89	126.84	1750	M	197.97	O.K.	LRB
	5	140.04	38.44	81.25	126.72	1750	M	197.97	O.K.	LRB
P1L	6	166.45	34.03	67.30	112.76	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	7	163.69	34.03	58.12	112.75	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	8	160.79	34.02	48.46	112.75	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	9	163.52	34.02	57.60	112.74	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	10	166.22	34.02	66.59	112.73	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
P1R	11	166.46	34.44	67.33	114.12	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	12	163.69	34.43	58.12	114.12	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	13	160.79	34.43	48.45	114.11	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	14	163.53	34.43	57.62	114.10	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	15	166.23	34.43	66.64	114.09	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
P2L	16	166.84	34.61	68.95	114.53	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	17	163.61	34.61	58.20	114.53	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	18	160.69	34.61	48.49	114.52	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	19	163.56	34.60	58.06	114.51	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	20	166.70	34.60	68.57	114.50	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
P2R	21	166.85	35.06	68.98	116.09	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	22	163.61	35.08	58.20	116.09	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	23	160.69	35.08	48.49	116.08	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	24	163.57	35.08	58.08	116.07	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
	25	166.72	35.07	68.62	116.06	1750	3층	258.80	O.K.	PAD
P3L	26	112.24	22.84	70.59	75.08	1750	M	197.97	O.K.	LRB
	27	108.49	22.66	51.49	74.50	1750	M	197.97	O.K.	LRB
	28	100.86	22.60	32.76	74.28	1750	M	197.97	O.K.	LRB
	29	106.54	22.28	51.73		750	M	197.97	O.K.	LRB

07. 상부구조의 여유간격 검토

지진시에 상부구조와 교대 혹은 인접하는 상부구조간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지하고, 설계시 고려된 내진성능이 충분히 발휘할 수 있도록 하기 위하여 상부구조의 단부에는 여유간격을 설치하여야 한다. 상부구조의 여유간격은 다음식에 의한 값보다 작아서는 안된다.

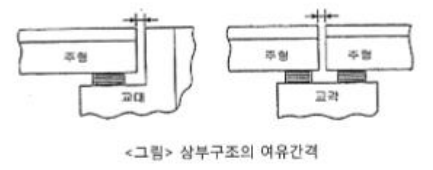
Δ l i = d + Δls + Δls + 0.4Δlt

여기서, Δli : 상부구조의 여유간격
d : 지반에 대한 상부구조의 총변위 (di + dsub)
Δls : 콘크리트의 건조수축에 의 한 이동량 (mm)
Δlc : 콘크리트의 크리프에 의한 이동량 (mm)
Δlt : 온도변화에 의한 이동량 (mm)
(Δls 와 Δlc 는 수축량이므로 고려하지 않음)

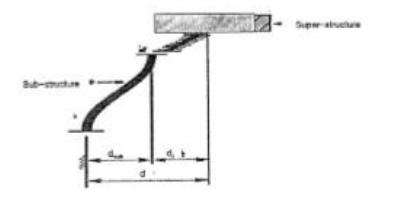
- 상부구조의 여유간격 검토
상부구조의 여유간격은 도로교설계기준 2.4.1.3 page.42에서 규정하는 여유량을 고려한 가동받침의 이동량보다 커야 하며, 또한 교축직각방향의 지진시 변위에 의한 인접상부구조 및 주요구조부재간의 충돌 가능성이 있을 때는 이를 방지하기 위한 여유간격을 설치한다.

(단위:mm)

구 분	상부구조의 총변위(d) 받침변위 (d)	교각변위 (dsub)	상부변위 (di+dsub)	온도변위 (Δlt)	총변위 (Δl)	여유간격	검토결과
A1	59.7	0.0	59.7	21.0	68.1	290	O.K
P3	64.8	52.2	117.0	42.0	133.8		N.G
P6	47.0	68.7	115.7	43.0	132.9		N.G
A2	70.9	0.0	70.9	22.0	79.7	110	O.K



<그림> 상부구조의 여유간격



<그림> 지반에 대한 상부구조의 총변위 (d = di + dsub)

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1008.14	840.454	O.K
	허용인발력(kN/EA)	300.582	-	O.K
	휨응력(MPa)	133	110.114	O.K
	전단응력(MPa)	76	12.866	O.K
	수평변위(mm)	15	11.34	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1512.21	1025.432	O.K
	허용인발력(kN/EA)	450.873	-18.841	O.K
	휨응력(MPa)	199.5	124.421	O.K
	전단응력(MPa)	114	20.095	O.K
	수평변위(mm)	25	9.98	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1200	150	1811.63	2292	478.91	603.833	1.261	O.K
후면저판		1200	100	654.035	2292	182.655	633.056	3.466	O.K
벽체 : H=6.800		2300	100	1656.28	2292	924.029	1275.962	1.381	O.K
흉벽		800	100	1274.36	2292	224.428	399.272	1.779	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	2407.58	2569.6	320.656	341.454	1.065	O.K
	A(T=620 mm)	620	80	3858.45	5139.2	503.394	658.147	1.307	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	1667.57	2292	224.41	305.759	1.362	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	3291.19	4053.6	432.887	527.371	1.218	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		138.809	150	125	216.078	O.K
후면저판		42.647	150	125	1477.247	O.K
벽체 : H=6.800		84.316	150	125	707.735	O.K
흉벽		73.369	150	125	847.085	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	140.471	150	250	396.864	O.K
	A(T=620 mm)	111.186	150	125	544.521	O.K
	B(T=620 mm)	109.578	150	125	542.418	O.K
	C(T=620 mm)	122.646	150	125	473.344	O.K

3. 하 중 계 산

1) 자중 및 관성력 (원점 0을 기준으로)

① 개별하중 산정

(단위 : m당)

구분	번호	체적(Ai) m³		단위중량(γ) kN/m³	수직력(Vi) kN	수평력(Hi) kN
교대구체	①	4.800 × 1.200	= 5.760	25.000	144.000	11.088
	②	2.300 × 3.570	= 8.210	25.000	205.259	15.805
	③	0.800 × 2.350	= 1.880	25.000	46.999	3.619
	④	0.500 × 0.880	= 0.440	25.000	11.000	0.847
	소계		= 16.290		407.258	31.359
뒷채움재	ⓐ	1.300 × 5.920	= 7.696	20.000	153.912	11.851
	ⓑ	1.600 × 0.880	= 1.408	20.000	28.160	2.168
	소계		= 9.104		182.072	14.020
총 계					589.330	45.378

註) 수평력(지진시 관성력) Hi = Kh × Vi (Kh = A/2 = 0.077)

② 모멘트 산정

구분	번호	팔 길 이 수 평 Xi(m)	수 직 Yi(m)	모멘트 Mxi kN.m	Myi kN.m
교대구체	①	2.400	0.600	345.600	6.653
	②	2.350	2.985	482.359	47.176
	③	3.100	5.945	145.698	21.514
	④	2.950	7.560	32.450	6.403
	소 계			1006.107	81.745
뒷채움재	ⓐ	4.150	4.160	638.734	49.299
	ⓑ	4.000	7.560	112.640	16.392
	소 계			751.374	65.691
총 계				1757.481	147.436

③ 합력의 작용위치 산정

- 교대구체 : X = 1006.107 / 407.258 = 2.470 m
Y = 81.745 / 31.359 = 2.607 m
- 뒷채움재 : X = 751.374 / 182.072 = 4.127 m
Y = 65.691 / 14.020 = 4.686 m

4. 안 정 검 토

1) 하중집계 및 조합

① 작용하중 집계표 : 「하중계산 참조」

구 분	수직력	수평력	작용거리 X(m)	Y(m)	모멘트 Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
1. 교대구체(평상시)	407.258	-	2.470	2.607	1006.106	-
2. 교대구체(지진시)	407.258	31.359	2.470	2.607	1006.106	81.745
3. 뒷채움재(평상시)	182.072	-	4.127	4.686	751.375	-
4. 뒷채움재(지진시)	182.072	14.020	4.127	4.686	751.375	65.693
5. 배면토압(평상시)	-	173.427	-	2.667	-	462.454
6. 배면토압(지진시)	-	200.944	-	4.000	-	803.745
7. 뒷채움 상재하중	16.000	21.679	4.000	4.000	64.000	86.713
8. 상부 고정하중반력	651.272	-	2.070	-	1348.133	-
9. 상부 활하중반력	138.862	-	2.070	-	287.444	-
10. 교량받침마찰력	-	23.833	-	5.170	-	123.210
11. 상부관성력	-	95.642	-	5.170	-	494.443

② 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7)	805.330	195.106	1821.481	549.167
COMB 2	고정하중+토압+온도하중(1+3+5)	589.330	173.427	1757.481	462.454
COMB 3	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+4+6)	589.330	246.323	1757.481	951.183
COMB 4	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+	1395.464	218.939	3457.058	672.377
COMB 5	고정하중+토압+온도하중(1+3+5+8+10)	1240.602	197.260	3105.614	585.664
COMB 6	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+4+6+	1240.602	341.965	3105.614	1445.626

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시
가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.

2) 전도에 대한 안정
- 말뚝기초 이므로 불필요 : 「10. 말뚝검토」 참조

3) 활동에 대한 안정
- 말뚝기초 이므로 불필요 : 「10. 말뚝검토」 참조

4) 지지력에 대한 안정
- 말뚝기초 이므로 불필요 : 「10. 말뚝검토」 참조

6. 철근량 검토

1) 전면저판

* 단면제원 및 설계가정

f_{ck} = 24 MPa, f_y = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	1200.00	1050.00	150.00	478.91	5.85

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2292.000 x 300.00 = 687600.000
C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a
T = C 이므로, a = 33.706 mm, c = 33.706 / β1 = 33.706 / 0.85 = 39.654 mm
εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015
εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (1050.00 - 39.654) / 39.654 = 0.07644
εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ——— ①
a = As x fy / (0.85 x fck x b) ——— ②
식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0,\quad A_s = 1811.630\ mm^2$$

* 사용철근량 = 2292.0 mm^2 (철근도심 : 150.0 mm), [사용률 = 1.265]
  1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm^2)

* 철근비 검토

As.temp = 0.0015 x 1000.0 x 1200.0 = 1800.000 mm^2
As.req = 1811.630 mm^2
ρmin = Max(1811.630, 1800.000) / bd = 0.00173
ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x (600 / (600 + fy)) = 0.02476
ρuse = As / bd = 0.00218
ρmax ≥ ρuse ≥ ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 33.706 mm
ΦMn = 0.85 x 2292.000 x 300 x (1050.00 - a/2) = 603.833 kN.m
≥ Mu (= 478.910 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.261]

* 전단에 대한 검토 (d = 1050.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d
= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 1050.00 = 685.857 kN
≥ Vu (= 5.850 kN), 전단보강 불필요.

7. 사용성 검토

1) 흉벽 설계

① 윤하중에 의한 부재력

Pv = 114.60 x Ka
= 114.60 x 0.251 = 28.765 kN
Mp = 114.60 x Ka x (H - 0.36)
= 114.60 x 0.251 x (3.230 - 0.36) = 82.553 kN.m

② 토압에 의한 부재력

Ph = 1/2 x Ka x r x H^2 x cosδ
= 1/2 x 0.251 x 20.000 x 3.230^2 x cos11.667 = 25.645 kN
Mo = 1/3 x H x Ph
= 1/3 x 3.230 x 25.645 = 27.611 kN.m

③ 설계 단면력 산정

Vs = 28.765 + 25.645 = 54.410 kN
Ms = 82.553 + 27.611 = 110.164 kN.m

2) 벽체 설계

① 작용하중 집계표 : H = 6.800 m 「하중계산 참조」

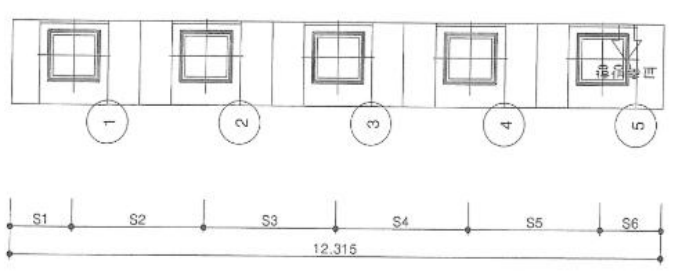
구 분	수평력	작용거리	하중계수 평상시	하중계수 지진시	전단력	모멘트
1. 교대구체	20.271	2.504	-	1.000	20.271	50.767
2. 배면토압(평상시)	113.654	2.267	1.000	-	113.654	257.604
3. 배면토압(지진시)	145.180	3.400	-	1.000	145.180	493.589
4. 뒷채움 상재하중	16.715	3.400	1.000	-	16.715	56.828
5. 교량받침마찰력	23.833	3.970	1.000	-	23.833	94.610
6. 상부관성력	95.642	3.970	-	1.000	95.642	379.672

- 교대구체에 작용하는 수평력 및 작용거리 산출
  : 검토위치(H = 1.200 m)를 제외한 교대구체에 대하여 다시 산정한다.
  Ho = Σ(H② - H④) = 20.271 kN
  Mo = Σ[H② x (y② - 1.200) - H④ x (y④ - 1.200)] = 50.767 kN.m
  y = Mo / Ho = 50.767 / 20.271 = 2.504

② 설계 단면력 산정

구 분	전단력(kN)	모멘트(kN.m)	비 고
설계단면력	154.202	409.043	

9. 교좌부 검토



1) 받침 연단거리 검토

① 필요 연단거리

- 거더의 경간길이가 100m 이하이므로 S = 200 + 5.0L
  S = 200 + 5.0 x 59.880 = 499.400 mm

② 실제 연단거리

구 분	필요연단	받침 규격 교축방향	받침 규격 직각방향	연단거리	비 고
1	499.400	720.000	790.000	510.000	O.K
2	499.400	720.000	790.000	510.000	O.K
3	499.400	720.000	790.000	510.000	O.K
4	499.400	720.000	790.000	510.000	O.K
5	499.400	720.000	790.000	510.000	O.K

2) 최소 받침지지 길이 검토

① 최소 받침지지 길이

- 사각이 90.0° 이므로 받침선과 교축직각방향의 사잇각은 0.00°
  N = (200 + 1.67 x L + 6.66 x H) x (1 + 0.000125 x $θ^2$) mm
  = (200 + 1.67 x 115.823 + 6.66 x 18.647) x (1 + 0.000125 x 0.00^2)
  = 517.610 mm

② 실제 받침지지 길이

N1 = 1500 - 80 - 50 = 1370 mm ≥ 518 mm ∴ O.K

2. 해석결과 요약

▣ 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	안전율	허용안전율	비 고
교축방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	85557.254	8554.635	10.00	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	12833.588	337.044	38.08	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/m²)	600.000	475.882	1.26	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	85557.254	18164.037	4.71	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	12833.588	1578.822	8.13	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/m²)	900.000	547.068	1.65	1.00	O.K
교축직각방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	85557.254	17459.487	4.90	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	12833.588	641.290	20.01	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/m²)	600.000	538.811	1.11	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	85557.254	35593.172	2.40	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	12833.588	2046.503	6.27	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/m²)	900.000	763.053	1.18	1.00	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

① 기둥 상단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.019	23938.919	70525.792	2.946	O.K
	모멘트최대	0.019	16608.109	38949.105	2.345	O.K
	탄성설계	0.019	13286.487	31838.309	2.396	O.K
	소성설계	0.019	13286.487	98115.589	7.385	O.K
	편심최대	0.019	12530.946	35985.746	2.872	O.K
교축직각방향	축력최대	0.019	23938.919	86805.099	3.626	O.K
	모멘트최대	0.019	17272.434	23096.603	1.337	O.K
	탄성설계	0.019	13286.487	12237.714	0.921	N.G
	소성설계	0.019	13286.487	37240.989	2.803	O.K
	편심최대	0.019	15987.112	27261.350	1.705	O.K
합성부재력	축력최대	0.019	23938.919	66500.821	2.778	O.K
	모멘트최대	0.019	16608.109	19816.928	1.193	O.K
	탄성설계	0.019	13286.487	10730.482	0.808	N.G
	소성설계	0.019	13286.487	34902.095	2.627	O.K
	편심최대	0.019	12530.946	14730.725	1.176	O.K
	모멘트최대	0.019	17272.434	21871.661	1.266	O.K
	편심최대	0.019	15987.112	23029.106	1.440	O.K

② 기둥 하단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.019	26124.642	69261.578	2.651	O.K
	모멘트최대	0.019	18709.766	43229.730	2.311	O.K
	탄성설계	0.019	14967.813	36878.415	2.464	O.K
	소성설계	0.019	14967.813	103746.380	6.931	O.K
	편심최대	0.019	14128.205	41091.068	2.908	O.K
교축직각방향	축력최대	0.019	26124.642	86805.099	3.323	O.K
	모멘트최대	0.019	19458.157	26009.134	1.337	O.K
	탄성설계	0.019	14967.813	14106.163	0.942	N.G
	소성설계	0.019	14967.813	42718.663	2.854	O.K
	편심최대	0.019	13379.814	19769.844	1.478	O.K
합성부재력	축력최대	0.019	26124.642	68773.164	2.633	O.K
	모멘트최대	0.019	18709.766	22450.536	1.200	O.K
	탄성설계	0.019	14967.813	12345.828	0.825	N.G
	소성설계	0.019	14967.813	40177.654	2.684	O.K
	편심최대	0.019	14128.205	17269.979	1.222	O.K
	모멘트최대	0.019	19458.157	24821.572	1.276	O.K
	편심최대	0.019	13379.814	19141.909	1.431	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		깊이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	2590.5	100.0	35331.030	41204.500	27974.396	32463.549	1.160	O.K
	우측내민보	2590.5	100.0	37190.367	41204.500	29400.482	32463.549	1.104	O.K
	좌측내민보수	3000.0	100.0	1583.492	5530.700	1559.387	5429.654	3.482	O.K
	우측내민보수	3000.0	100.0	1603.177	5530.700	1578.748	5429.654	3.439	O.K
	교량받침1	1885.3	100.0	94.744	19706.500	54.519	10824.486	198.545	O.K
	교량받침6	1623.0	100.0	802.008	41204.500	389.665	18909.854	48.528	O.K
	교량받침2	2631.1	100.0	15365.200	19706.500	12425.391	15822.005	1.273	O.K
	교량받침7	2354.3	100.0	18432.411	41204.500	13321.717	29154.323	2.188	O.K
	교량받침4	2529.1	100.0	17200.764	19706.500	13271.138	15138.584	1.141	O.K
	교량받침9	2207.4	100.0	19440.710	41204.500	13066.560	27096.673	2.074	O.K
	교량받침10	1379.5	100.0	239.555	41204.500	96.650	15498.883	160.361	O.K
	교량받침5	1681.3	100.0	92.384	19706.500	46.753	9457.643	202.289	O.K
기초	교축방향	2000.0	150.0	25882.266	50034.600	16031.837	30544.556	1.905	O.K
	교직-지점부	2000.0	150.0	32616.931	50034.600	20122.026	30544.556	1.518	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
두부보	좌측내민보	204.876	180.000	130.435	170.628	O.K
	우측내민보	222.906	180.000	130.435	139.538	O.K
	좌측내민보수평	100.220	180.000	235.497	572.018	O.K
	우측내민보수평	101.465	180.000	235.497	562.382	O.K
	교량받침1	1.996	180.000	136.364	31562.278	O.K
	교량받침6	4.884	180.000	130.435	12899.820	O.K
	교량받침2	187.378	180.000	136.364	206.523	O.K
	교량받침7	108.956	180.000	130.435	509.017	O.K
	교량받침4	222.924	180.000	136.364	139.509	O.K
	교량받침9	121.353	180.000	130.435	435.181	O.K
	교량받침10	6.258	180.000	130.435	10066.317	O.K
	교량받침5	5.207	180.000	136.364	12099.726	O.K
기초	교축방향	147.551	180.000	126.984	198.713	O.K
	교직-지점부	162.292	180.000	126.984	150.236	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : PSC BEAM
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 직접기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.15

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 50
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 42.386 ° ; 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 500 kN/m²
4) 기초지반의 최대 허용지지력 : Qa = 600 kN/m²
5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.6 ; tanΦb = 0.60, Cb = 0:암과 콘크리트
6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 32000 MPa
기둥: 32000 MPa
기초: 29000 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

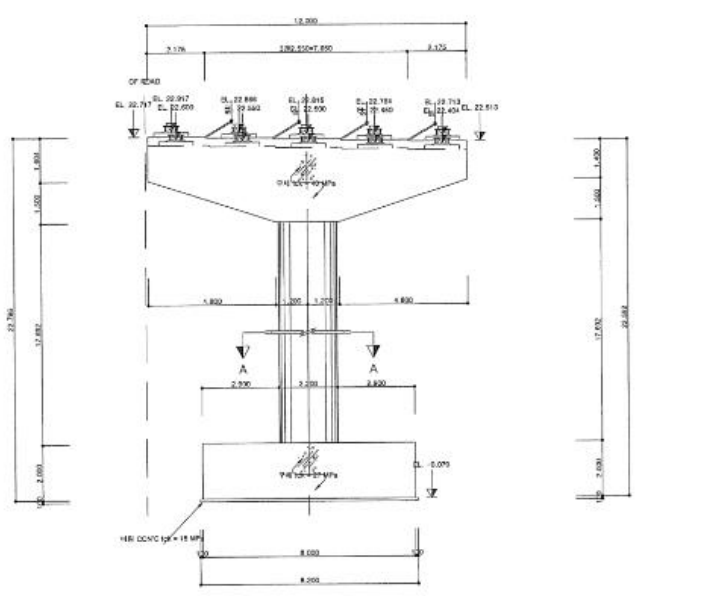
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
2) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
4) 도로 설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

4. 단 면 가 정



7. 해석결과 집계

7.1 하중별 부재력 집계

① 기둥 : 부재번호 23

(교직방향)

하중	기둥상단 P(kN)	기둥상단 M(kN.m)	기둥상단 V(kN)	기둥하단 P(kN)	기둥하단 M(kN.m)	기둥하단 V(kN)	비고
D	-13590.545	1787.423	0.000	-15271.871	1787.423	0.000	
L1	-3100.691	-1561.792	0.000	-3100.691	-1561.792	0.000	
L2	-2778.125	-4242.694	0.000	-2778.125	-4242.694	0.000	
L3	-2764.933	3910.949	0.000	-2764.933	3910.949	0.000	
W-TR	0.000	3285.336	-601.986	0.000	14346.522	-633.971	
WL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-TR	0.000	5048.000	1286.000	0.000	27364.000	1326.000	
Q1-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	42.961	-7.319	
Q3	304.058	0.000	0.000	304.058	0.000	0.000	

(교축방향)

하중	기둥상단 P(kN)	기둥상단 M(kN.m)	기둥상단 V(kN)	기둥하단 P(kN)	기둥하단 M(kN.m)	기둥하단 V(kN)	비고
D	-13590.545	-2579.579	0.000	-15271.871	-2579.579	0.000	
L1	-3100.691	-241.002	0.000	-3100.691	-241.002	0.000	
L2	-2778.125	-464.427	0.000	-2778.125	-464.427	0.000	
L3	-2764.933	-461.710	0.000	-2764.933	-461.710	0.000	
W-LO	0.000	-153.804	75.203	0.000	-1895.163	107.188	
WL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-LO1	0.000	-687.375	229.856	0.000	-4753.981	229.856	
E-LO	0.000	1738.000	809.000	0.000	16421.000	851.000	
Q3	304.058	0.000	0.000	304.058	0.000	0.000	

② 두부보 : 내민보

하중	좌측 (부재11, 절점11) M(kN.m)	좌측 (부재11, 절점11) V(kN)	우측 (부재13, 절점14) M(kN.m)	우측 (부재13, 절점14) V(kN)	비고
D	-14367.512	5287.920	-15811.318	-5530.834	
L1	-3357.070	1335.372	-2136.847	-952.564	
L2	-4324.014	1589.366	-1090.618	-522.999	
L3	-1142.524	578.044	-4114.311	-1510.152	
W-LO	0.000	0.000	0.000	0.000	
W-TR	821.656	0.000	-821.656	0.000	
WL	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-LO1	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-LO	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	
Q1-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	
Q3	0.000	0.000	0.000	0.000	

35.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 35.2.1】 신공릉천교(문산) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	신공릉천교(문산) 주요 현황으로는 배수시설 배수관 불량이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	신공릉천교(문산) 주요 현황으로는 배수시설 배수관 불량, 교대 신축이음 하부 누수, 법면 토사유실이 조사되었다. 기 발생한 손상은 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	배수시설 배수관불량 신축이음 하부 누수	양호

35.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

35.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 기 손상인 배수관 불량, 신축이음 하부 누수 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

35.2.5 시설물 보수 이력

【표 35.2.2】 신공릉천교(문산) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

35.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 35.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

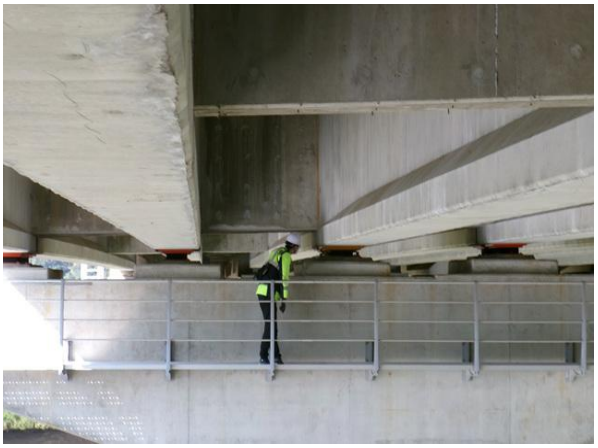
35.3 현장조사

35.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 굴절차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

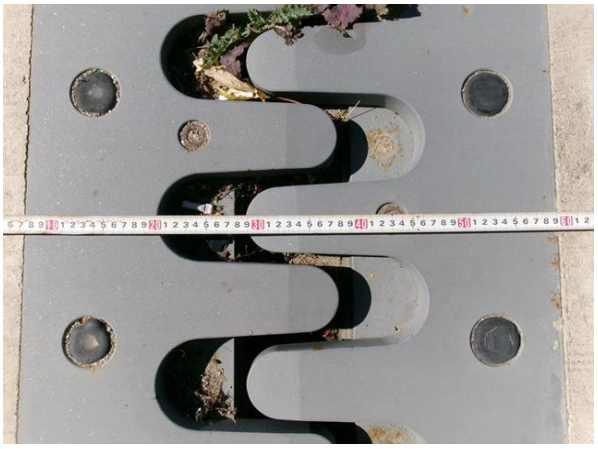
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S8	도보, 굴절차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



제원조사



비파괴시험

【사진 35.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

35.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 신공릉천교(문산)는 총 8경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=326.0m 폭 12.3m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 굴절차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 35.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 35.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
S8	-	-
합계	-	-

	
바닥판 하면 상태양호	바닥판 하면 상태양호

【사진 35.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. PSC Girder + BH Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 S1~S6 PSC 거더, S7~8 BH 거더로서, 각 5열로 시공되었다.
- 거더에 대한 현장조사는 도보 및 굴절차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
PSC 거더 전경	PSC 거더 전경
	
BH 거더 전경	BH 거더 전경

【사진 35.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 인양홀 주변 파손 및 거더측면 균열이 일부 확인되었다.

【표 35.3.2】 거더 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		인양홀 파손 (㎡/개소)	
S1	-	-	-	-
S2	-	-	-	-
S3	-	-	-	-
S4	-	-	-	-
S5	-	-	-	-
S6	-	-	0.09	1
S7	-	-	-	-
S8	1.00	1	-	-
합계	1.00	1	0.09	1



S6-G1 인양홀 파손(0.3×0.3)



S8-G5 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 35.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 거더에 발생한 균열 및 파손은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 조치가 필요하다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 STEEL과 콘크리트로 시공되어 있으며,
- 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 굴절차를 통한 근접조사를 실시하였다.

		
PSC 거더 가로보 전경	BH 거더 가로보 전경	BH 거더 가로보 전경

【사진 35.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 35.3.3】 가로보 현장조사 결과(PSC)

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
	S5	-	-
	S6	-	-
합계		-	-

【표 35.3.4】 가로보 현장조사 결과(BH)

구분		상태양호	
가로보	S7	-	-
	S8	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호
	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 35.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 신공릉천교(문산) 교대는 상부 구조물로부터의 하중을 기초로 전달하는 부재로써, 역T형으로 A1 직접기초, A2 강관말뚝기초로 시공되어있다.
- 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 35.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 폭 0.3㎜ 미만 균열, 실란트 파손, 법면 토사유실 및 몰탈 파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 35.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		실란트 파손 (m/개소)		법면 토사유실 (㎡/개소)		법면 몰탈파손 (㎡/개소)		폐콘크리트 적치 (㎡/개소)	
A1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	1
A2	1.50	1	4.50	1	2.30	2	0.15	1	-	-
합계	1.50	1	4.50	1	2.30	2	0.15	1	0.15	1



A1 폐콘크리트 적치



A2 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 35.3.9】 교대 손상현황

	
A2 법면 몰탈 파손(0.1×1.5)	A2 실란트 파손
	
A2 법면 토사유실	A2 법면 토사유실

【사진 35.3.9】 교대 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 균열, 실란트 파손의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 실란트 충전 등의 조치가 필요하다.
- 법면 토사유실은 측면 및 신축이음을 통한 우수유입에 의한 손상으로 판단되며, 즉각보수 보다는 주기적인 점검을 실시하고, 추가 진전시 보수를 실시하는 유지관리가 요망된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 신공릉천교(문산)의 교각은 T형 7기로, 기초는 P1, 2, 7 강관말뚝기초, P3~6 직접기초로 시공되었다.
- 교각에 대한 외관조사는 도보 및 굴절차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교각 전경



교각 전경

【사진 35.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열 및 망상균열, 누수흔적이 조사되었다.

【표 35.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)	
P1	5.90	7	-	-	-	-
P2	5.50	7	28.65	2	-	-
P3	-	-	2.00	1	1.25	1
P4	7.50	11	6.50	2	-	-
P5	0.30	1	-	-	-	-
P6	-	-	-	-	-	-
P7	1.50	1	-	-	-	-
합계	20.70	27	37.15	5	1.25	1

	
P1 코핑부 균열(Cw=0.3㎜미만)	P3 코핑부 망상균열(2.0×1.0)
	
P3 코핑부 누수흔적	P5 코핑부 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 35.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

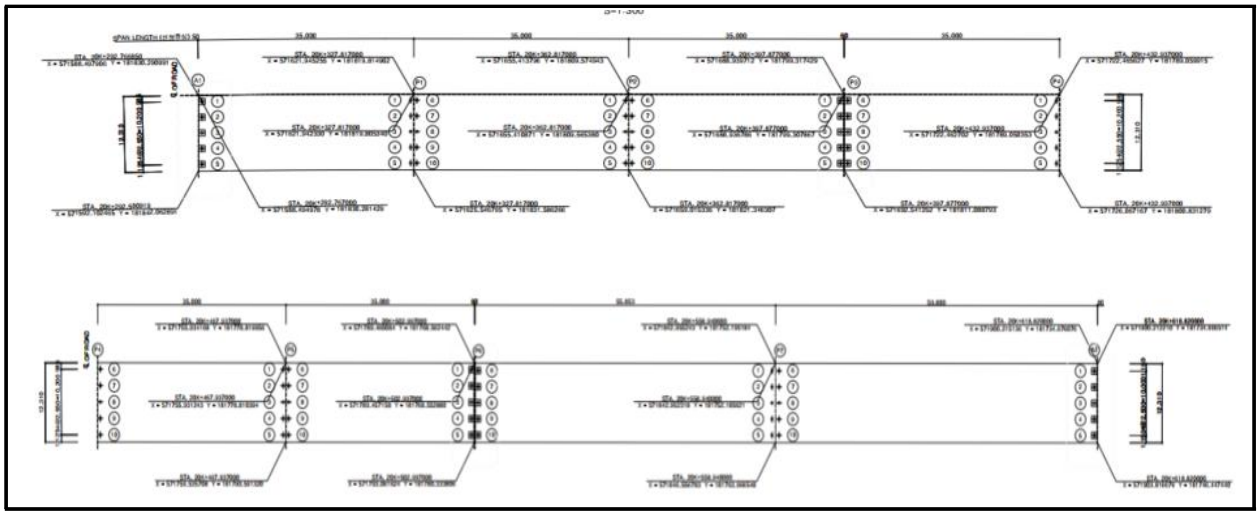
4) 검토의견

- 교각에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열이나 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.
- 교각 코핑부의 누수흔적은 신축이음을 통한 우수유입에 의한 손상으로 판단되며, 즉각보수보다는 주기적인 점검을 실시하고, 추가 진전시 보수를 실시하는 유지관리가 요망된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 신공릉천교(문산)의 받침은 총 80기(LRB 30기, 탄성받침 50기)가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 35.3.1】 교량받침 배치도

		
LRB받침 전경	LRB받침 전경	LRB받침 전경
		
탄성받침(일방향) 전경	탄성받침(양방향) 전경	탄성받침(고정) 전경

【사진 35.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 플레이트 부식이 확인되었다.

【표 35.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	플레이트 부식 (개소/개소)	
A1	3.00	3
P1	-	-
P2	-	-
P3	6.00	6
P4	-	-
P5	-	-
P6	5.00	5
P7	-	-
A2	-	-
합계	14.00	14



A1-Sh2 플레이트 부식



P3-Sh3 플레이트 부식



P3-Sh5 플레이트 부식



P6-Sh5 플레이트 부식

【사진 35.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

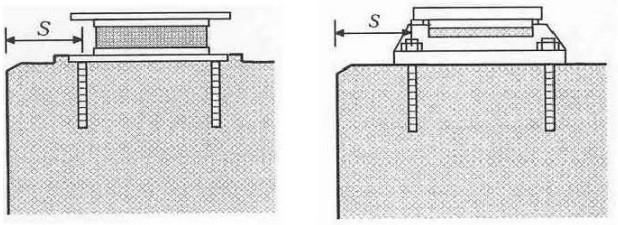
4) 검토의견

■ 플레이트 부식은 온도변화, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 도장열화로 금회 일괄보수보다는 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 시 표면보수 등의 일괄보수가 필요할 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

■ 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.

■ 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 35.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 35.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : 200+5×35.0 = 375(㎜)
- 거더 경간길이(L=56.0m) : 200+5×56.0 = 480(㎜)
- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500(㎜)

【표 35.3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)					검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
A1		375	520	530	520	520	530	O.K
P1	A1측	375	530	530	530	500	500	O.K
	A2측	375	500	480	480	4480	480	O.K
P2	A1측	375	520	480	500	500	500	O.K
	A2측	375	480	480	480	480	480	O.K
P3	A1측	375	560	560	570	560	560	O.K
	A2측	375	460	460	460	460	460	O.K
P4	A1측	375	500	510	500	510	500	O.K
	A2측	375	530	520	500	520	520	O.K
P5	A1측	375	500	500	510	480	500	O.K
	A2측	375	480	500	480	480	470	O.K
P6	A1측	375	640	620	620	620	640	O.K
	A2측	480	770	770	770	770	770	O.K
P7	A1측	480	700	700	710	700	710	O.K
	A2측	500	730	740	730	730	740	O.K
A2		500	530	550	550	550	550	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 35.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 35.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	26.2	23.8	0.00001	35.0	9.2	8.3	
P1	고정단						
P2	26.2	23.8	0.00001	35.0	9.2	8.3	
P3(A1측)	26.2	23.8	0.00001	70.0	18.3	16.7	
P3(A2측)	26.2	23.8	0.00001	35.0	9.2	8.3	
P4	고정단						
P5	26.2	23.8	0.00001	35.0	9.2	8.3	
P6(A1측)	26.2	23.8	0.00001	70.0	18.3	16.7	
P6(A2측)	26.2	23.8	0.00001	56.0	14.7	13.3	
P7	고정단						
A2	26.2	23.8	0.00001	60.0	15.7	14.3	

1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울)
2) 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)

【표 35.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	-10	43	63	9.2	8.3	±53	O.K
	SH2	-10	43	63			±53	O.K
	SH3	-10	43	63			±53	O.K
	SH4	-10	43	63			±53	O.K
	SH5	-10	43	63			±53	O.K
P1	고정단							
P2	SH1	-5	35	45	9.2	8.3	±40	O.K
	SH2	-5	35	45			±40	O.K
	SH3	-5	35	45			±40	O.K
	SH4	-5	35	45			±40	O.K
	SH5	-5	35	45			±40	O.K
	SH6	-5	35	45			±40	O.K
	SH7	-5	35	45			±40	O.K
	SH8	-5	35	45			±40	O.K
	SH9	-5	35	45			±40	O.K
	SH10	-5	35	45			±40	O.K
P3	SH1	-5	48	58	18.3	16.7	±53	O.K
	SH2	-5	48	58			±53	O.K
	SH3	-5	48	58			±53	O.K
	SH4	-5	48	58			±53	O.K
	SH5	-5	48	58			±53	O.K
	SH6	-10	43	63	9.2	8.3	±53	O.K
	SH7	-10	43	63			±53	O.K
	SH8	-10	43	63			±53	O.K
	SH9	-10	43	63			±53	O.K
	SH10	-10	43	63			±53	O.K
P4	고정단							
P5	SH1	0	40	40	9.2	8.3	±40	O.K
	SH2	0	40	40			±40	O.K
	SH3	0	40	40			±40	O.K
	SH4	0	40	40			±40	O.K
	SH5	0	40	40			±40	O.K
	SH6	0	40	40			±40	O.K
	SH7	0	40	40			±40	O.K
	SH8	0	40	40			±40	O.K
	SH9	0	40	40			±40	O.K
	SH10	0	40	40			±40	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K
허용변위 = 받침높이 × 0.3

【표 35.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P6	SH1	−10	30	50	18.3	16.7	±40	O.K
	SH2	−10	30	50			±40	O.K
	SH3	−10	30	50			±40	O.K
	SH4	−10	30	50			±40	O.K
	SH5	−10	30	50			±40	O.K
	SH6	+10	60	30	14.7	13.3	±40	O.K
	SH7	+10	60	30			±40	O.K
	SH8	+10	60	30			±40	O.K
	SH9	+10	60	30			±40	O.K
	SH10	+10	60	30			±40	O.K
P7	고정단							
A2	SH1	+15	68	38	15.7	14.3	±53	O.K
	SH2	+15	68	38			±53	O.K
	SH3	+15	68	38			±53	O.K
	SH4	+15	68	38			±53	O.K
	SH5	+15	68	38			±53	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K
허용변위 = 받침높이 × 0.3

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 교량받침 이동량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 신축이음장치는 직접 차량하중을 받는 부재로써, 설계 및 시공의 결함은 차량통행자에게 불쾌감 및 위협감을 줄 뿐만 아니라 경우에 따라서는 교량구조에도 악영향을 미칠 수 있는 장치이다.
- 본 교량의 신축이음장치는 A1(NO.50) 뉴모노셀, A2(NO.80), P3(NO.120), P6(NO.150) 강핑거조인트로 시공된 상태이다.
- 신축이음의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사 및 측정을 실시하였다.

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>EXP.J1(A1) 전경</td><td>EXP.J2(P3) 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>EXP.J3(P6) 전경</td><td>EXP.J4(A2) 전경</td></tr>
</table>

【사진 35.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 후타재 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 파손, 본체 볼트 파손 및 탈락, 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.

【표 35.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

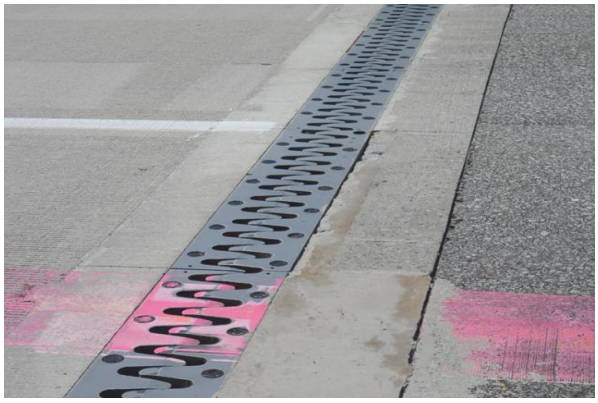
구분	후타재 균열 (0.3㎜미만) (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		본체 볼트탈락, 고정불량 (개소/개소)		하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	8.80	22	-	-	-	-	1.20	4
P3 (EXP J2)	-	-	-	-	-	-	-	-
P6 (EXP J3)	-	-	-	-	-	-	2.00	2
A2 (EXP J4)	-	-	0.20	2	3.00	3	1.40	4
합계	8.80	22	0.20	2	3.00	3	4.60	10



A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)



A1 하부 누수



A2 후타재 파손(0.1×1.5), 본체 볼트 탈락(1EA)



A2 후타재 파손(0.1×1.5), 본체 볼트 탈락(1EA)



A2 본체 볼트 탈락(2EA)



P3 상태양호

【사진 35.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 신축이음에 발생한 후타재 파손 및 본체 볼트 탈락, 고정불량은 차량 통행하중 및 충격 등에 의한 손상으로, 주행차량 및 교량의 안전성에 영향을 미치므로 즉각보수가 필요한 상태이다.

■ 후타재 균열 및 하부 누수의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 균열 보수 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 17. 기온 적용: 11.2℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃−11.2℃ = 23.8℃
△T(수축시) : −15.0℃−(11.2℃) = 26.2℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 35.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 35.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	26.2	23.8	0.00001	35.0	9.2	8.3	35	53	67	
P3	26.2	23.8	0.00001	105.0	27.5	25.0	87	145	290	
P6	26.2	23.8	0.00001	126.0	33.0	30.0	100	150	320	
A2	26.2	23.8	0.00001	60.0	15.7	14.3	55	60	115	
1) 조사당시 온도 : 11.2℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 서울) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 35.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③−②)	
A1	신축이음	9.2	8.3	35	50	44.2	26.7	O.K
	바닥판			53	−	−	44.7	O.K
	거더			67	−	−	58.7	O.K
P3	신축이음	27.5	25.0	87	120	114.5	62.0	O.K
	바닥판			145	−	−	120.0	O.K
	거더			290	−	−	265.0	O.K
P6	신축이음	33.0	30.0	100	150	133	70.0	O.K
	바닥판			150	−	−	120.0	O.K
	거더			320	−	−	290.0	O.K
A2	신축이음	15.7	14.3	55	80	70.7	40.7	O.K
	바닥판			60	−	−	45.7	O.K
	거더			115	−	−	100.7	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 신공릉천교(문산)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.
- 교면포장의 대한 점검은 도보를 이용하여 육안조사를 실시하였다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

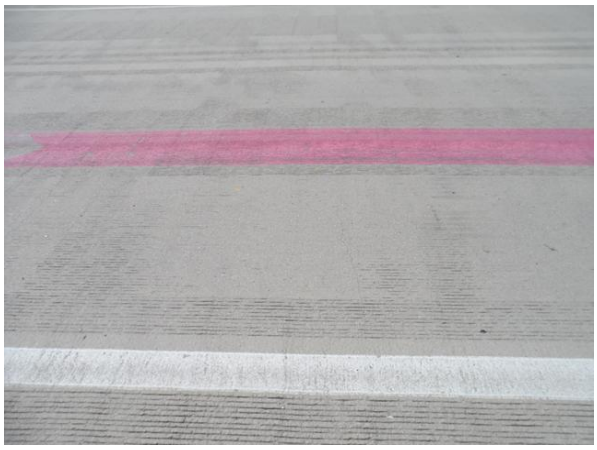
【사진 35.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 포장부 망상균열이 일부 조사되었다.

【표 35.3.14】 교면포장 현장조사 결과

구분	포장부 망상균열 (㎡/개소)	
S1	-	-
S2	105.00	1
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
S8	-	-
합계	105.00	1

	
S2 포장 망상균열(35.0×3.0)	S2 포장 망상균열(35.0×3.0)
	
S3 포장 상태양호	S4 포장 상태양호

【사진 35.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장은 구배불량에 의한 물고임 현상은 발생하지 않은 상태이다. 다만, 콘크리트 포장 망상균열이 일부 조사되었고, 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 신공릉천교(문산)의 상부는 그레이팅 덮개로 마감된 배수구가 하부는 육교형 배수관이 시공되어있고, 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.
- 배수시설에 대한 외관조사는 도보 및 굴절차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



배수구 전경



배수관 전경

【사진 35.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 35.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
S8	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태양호	배수구 상태양호
	
배수관 상태양호	배수관 상태양호

【사진 35.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다. 부속시설로 방음벽이 시공되어 있다.
- 방호벽에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



방호벽 전경



중분대 전경

【사진 35.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 중앙분리대 균열 및 균열부 백태가 확인되었다.

【표 35.3.16】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열부 백태 (㎡/개소)		박리 (㎡/개소)	
S1	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	-	-
S5	2.00	1	-	-	-	-
S6	-	-	0.10	1	-	-
S7	-	-	-	-	-	-
S8	1.50	1	-	-	0.10	1
합계	3.50	2	0.10	1	0.10	1

	
S2 균열(Cw=0.3㎜미만)	S5 균열부 백태(0.2×0.5)
	
S8 균열(Cw=0.3㎜미만)	S8 박리(0.2×0.5)

【사진 35.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열 및 균열부 백태, 박리는 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 현재 경미한 상태로 시급한 보수 보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 신공릉천교(문산)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1~P7에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 설치되어 있다.
- 교량 점검시설에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

【사진 35.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 35.3.17】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
P4	-	-
P5	-	-
P6	-	-
P7	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 35.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

35.3.3 외관조사 총괄표

【표 35.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	
PSC	거더	인양홀주위 파손	㎡	0.09	1	
	가로보	상태양호	-	-	-	
BH	거더	균열(0.3㎜미만)	m	1.00	1	
	가로보	상태양호	-	-	-	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	1.50	1	
		실란트 파손	m	4.50	1	
		법면 토사유실	㎡	2.30	2	
		법면 몰탈파손	㎡	0.15	1	
		폐콘크리트 적치	㎡	0.15	1	
교각		균열(0.3㎜미만)	m	20.70	27	
		망상균열	㎡	37.15	5	
		누수흔적	㎡	1.25	1	
교량받침		플레이트 부식	EA	14.00	14	
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	8.80	22	
		후타재 파손	㎡	0.20	2	
		본체 볼트탈락, 고정불량	EA	3.00	3	
		하부 누수	m	4.60	10	
교면포장		망상균열	㎡	105.00	1	
배수시설		상태양호	-	-	-	
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	3.50	2	
		균열부 백태	㎡	0.10	1	
		박리	㎡	0.10	1	
점검시설		상태양호	-	-	-	

35.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

35.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

35.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 35.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	7	7	7	7	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		2	4	2	4	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



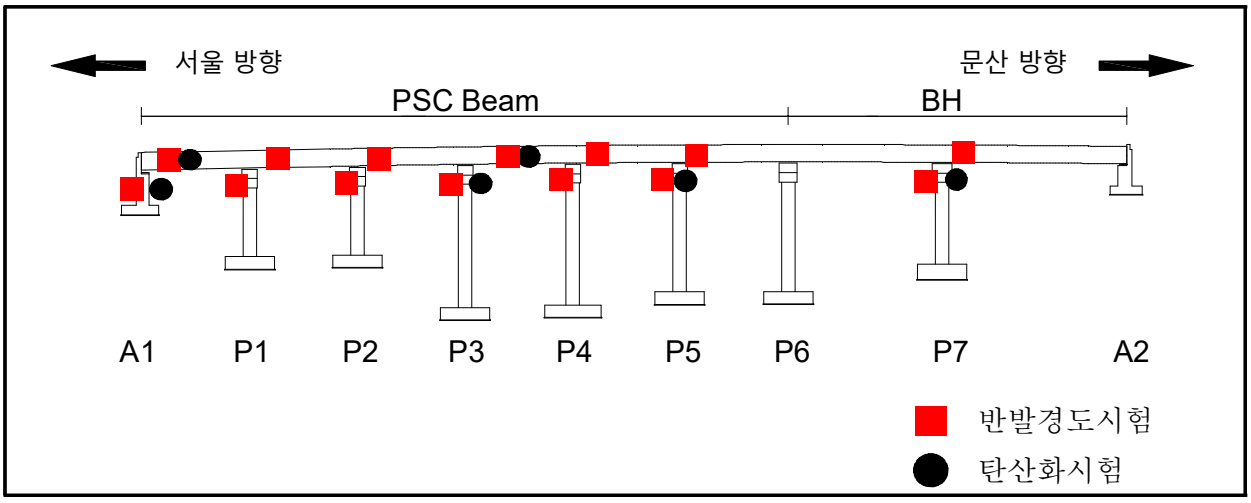
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 35.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 35.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

35.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(각 7개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 35.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1	바닥판	46.1	27.2	28.7	0.67	27.0	
	S2	바닥판	47.5	28.4	29.4			
	S3	바닥판	46.5	27.5	28.8			
	S8	바닥판	46.6	27.6	28.9			

【표 35.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
상부구조	S4	거더	49.6	42.1	50.6	0.67	40.0	
	S5	거더	47.7	40.2	47.6			
	S6	거더	48.3	40.8	48.6			

【표 35.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
			반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1	흉벽	43.4	24.9	27.4	0.67	24.0	

【표 35.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1	코핑부	47.9	40.4	47.9	0.67	40.0	
	P2	코핑부	49.3	41.8	50.1			
	P3	코핑부	49.1	41.6	49.8			
	P4	코핑부	48.7	41.2	49.2			
	P5	코핑부	51.8	44.3	54.0			
	P7	코핑부	52.9	45.4	55.7			

반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.2~28.4MPa, 거더 40.2~42.1 MPa, 하부구조 교대 24.9MPa, 교각 40.4~45.4MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 40.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 35.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.2~28.4	27.0	100.8~105.2
	거더	40.2~42.1	40.0	100.4~105.2
하부구조	교대	24.9	24.0	103.6
	교각	40.4~45.4	40.0	101.0~113.5

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 설계피복두께를 적용하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 35.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과
상부구조	S1 바닥판하면	3.5	40.0	36.5	2.47	100년이상	a
	S4 거더	4.0	40.0	36.0	2.83	100년이상	a
하부구조	A1 흉벽	4.5	100.0	95.5	3.18	100년이상	a
	P3 코핑부	4.5	100.0	95.5	3.18	100년이상	a
	P5 코핑부	4.5	100.0	95.5	3.18	100년이상	a
	P7 코핑부	4.0	100.0	96.0	2.83	100년이상	a

측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 3.5~4.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 4.0~4.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 35.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	3.5~4.0	36.0~36.5	
하부구조	4.0~4.5	95.5~96.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 35.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.2~28.4	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.2~42.1	40.0	
	하부구조	교대	24.9	24.0	
		교각	40.4~45.4	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0~36.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.5~96.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

35.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

35.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 34.5.1】 상태평가 결과표(PSC)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	PSC	a	a	a	a	a	a	c	b	a	q	a	a
S2	P1	PSC	a	a	a	d	a	a	–	a	b	q	–	–
S3	P2	PSC	a	a	a	a	a	a	–	a	b	q	–	–
S4	P3	PSC	a	a	a	a	a	a	a	b	b	q	a	a
S5	P4	PSC	a	a	a	a	a	b	–	a	b	q	–	–
S6	P5	PSC	a	b	a	a	a	b	–	a	b	q	–	a
평균			0.100	0.117	0.100	0.200	0.100	0.133	0.250	0.133	0.183	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.023	0.005	0.014	0.003	0.003	0.023	0.012	0.037	–	0.004	0.003
													0.144	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.144) < 0.260

【표 34.5.2】 상태평가 결과표(BH)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S7	P6	BH	a	a	a	a	a	a	c	b	a	q	-	-
S8	P7	BH	a	b	a	a	a	b	-	a	b	q	-	a
	A2	BH							d	a	b	q	-	-
평균			0.100	0.150	0.100	0.100	0.100	0.150	0.550	0.133	0.167	-	-	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	-	7
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.030	0.005	0.007	0.003	0.003	0.050	0.012	0.033	-	-	0.007
													0.168	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.168) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 34.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
신공릉천교(서울)(PSC)	0.144	B	210.0	2	420.0	0.644	0.093
신공릉천교(서울)(BH)	0.168	B	116.0	2	232.0	0.356	0.060
합계(Σ)			326.0	4	652.0	1.000	0.153
1. 평가지수 =							0.153
2. 상태평가결과 =							B

35.5.2 기 점검 결과와의 비교

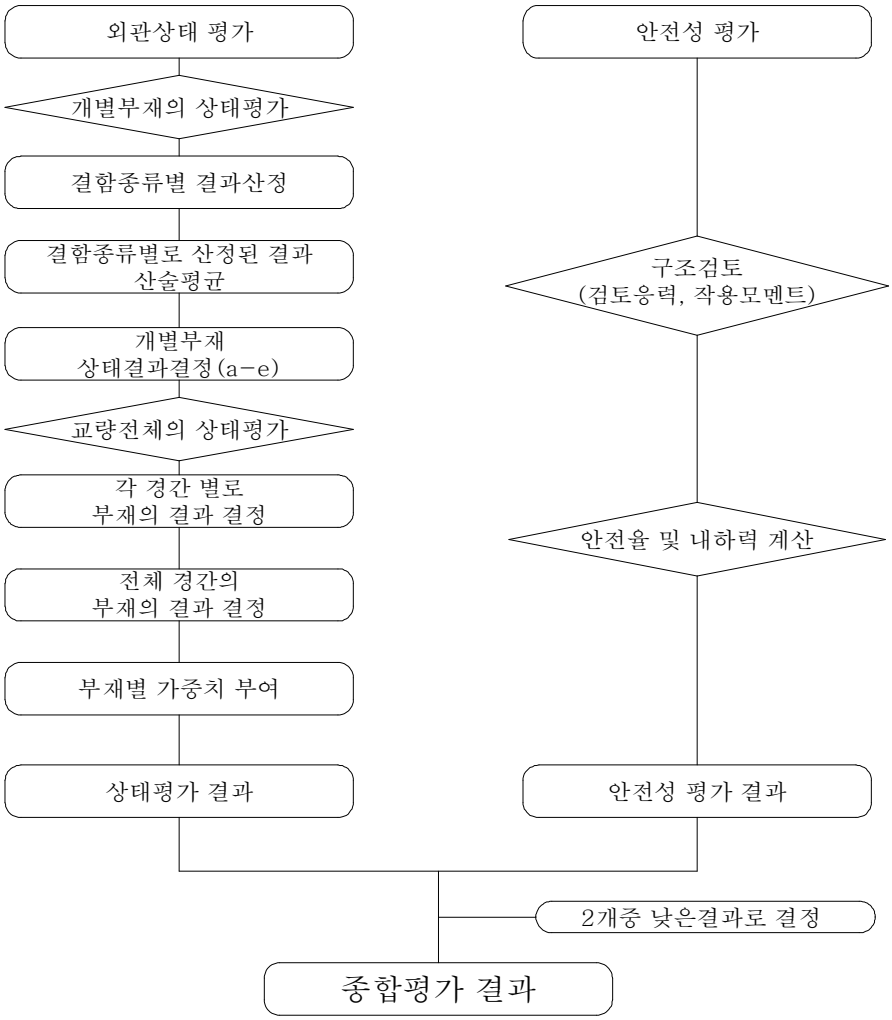
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

35.6 종합평가 및 안전등급 지정

35.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 35.6.1】 종합평가 결과 산정절차

35.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 35.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
신공릉천교(문산)	0.153	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

35.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 35.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

35.7 보수·보강 및 유지관리방안

35.7.1 보수·보강 방안

【표 35.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		상태양호	-	-	-	-	-
PSC	거더	인양홀주위 파손	㎡	0.09	1	단면보수	하자
	가로보	상태양호	-	-	-	-	-
BH	거더	균열(0.3㎜미만)	m	1.00	1	표면처리	하자
	가로보	상태양호	-	-	-	-	-
교대		균열(0.3㎜미만)	m	1.50	1	표면처리	하자
		실란트 파손	m	4.50	1	실란트충전	하자
		법면 토사유실	㎡	2.30	2	정비	하자
		법면 몰탈파손	㎡	0.15	1	단면보수	하자
		폐콘크리트 적치	㎡	0.15	1	정비	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	m	20.70	27	표면처리	하자
		망상균열	㎡	37.15	5	표면처리	하자
		누수흔적	㎡	1.25	1	주의관찰	하자
교량받침		플레이트 부식	EA	14.00	14	재도장	하자
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	8.80	22	표면처리	하자
		후타재 파손	㎡	0.20	2	단면보수	하자
		본체 볼트탈락, 고정불량	EA	3.00	3	재설치	하자
		하부 누수	m	4.60	10	재설치	하자
교면포장		망상균열	㎡	105.00	1	표면처리	하자
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	3.50	2	표면처리	하자
		균열부 백태	㎡	0.10	1	표면처리	하자
		박리	㎡	0.10	1	단면보수	하자
점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

35.7.2 개략공사비

【표 35.7.2】 개략공사비

구분		손상 내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
PSC	거더	인양홀주위 파손	단면보수	0.09	0.14	㎡	-	-	하자
BH	거더	균열(0.3㎜미만)	표면처리	1.00	0.38	㎡	-	-	하자
교대		균열(0.3㎜미만)	표면처리	1.50	0.56	㎡	-	-	하자
		실란트 파손	실란트충전	4.50	6.75	m	-	-	하자
		법면 토사유실	정비	2.30	3.45	㎡	-	-	하자
		법면 몰탈파손	단면보수	0.15	0.22	㎡	-	-	하자
		폐콘크리트 적치	정비	0.15	0.22	㎡	-	-	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	표면처리	20.70	7.76	㎡	-	-	하자
		망상균열	표면처리	37.15	55.72	㎡	-	-	하자
		누수흔적	주의관찰	1.25	1.88	㎡	-	-	하자
교량받침		플레이트 부식	재도장	14.00	21.00	EA	-	-	하자
신축이음		후타재 균열(0.3㎜미만)	표면처리	8.80	3.30	㎡	-	-	하자
		후타재 파손	단면보수	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
		본체 볼트탈락, 고정불량	재설치	3.00	3.00	EA	-	-	하자
		하부 누수	재설치	4.60	6.90	m	-	-	하자
교면포장		망상균열	표면처리	105.00	157.50	㎡	-	-	하자
방호벽		균열(0.3㎜미만)	표면처리	3.50	1.31	㎡	-	-	하자
		균열부 백태	표면처리	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
		박리	단면보수	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)		구 분	1순위		2순위			3순위	
		순공사비	-		-			-	
		재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
		합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)			-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

35.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 35.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

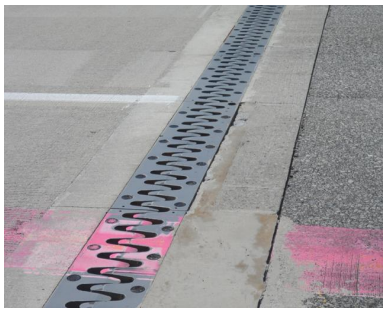
◎ 부재별 중점점검 손상




① 교대 법면 토사유실, 몰탈파손 등 – 진전 여부확인

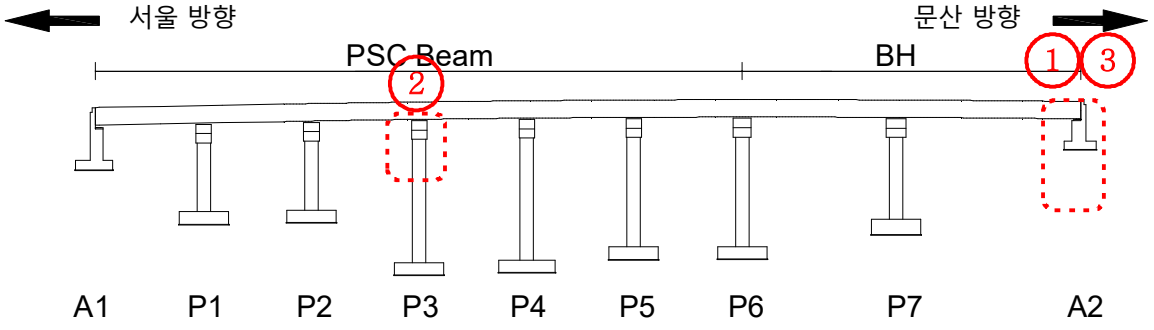


② 교량받침 플레이트 부식 – 진전 여부확인





③ 신축이음 후타재 파손, 본체 볼트 탈락 – 진전 여부확인



35.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 능안리 23-4에 위치한 교량으로 총 연장 326.0m, 폭 12.3m의 PSC + BH Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

35.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) PSC Girder + BH Girder

- 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 인양홀 주변 파손 및 거더측면 균열이 일부 확인되었다.
- 거더에 발생한 균열 및 파손은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 단면보수 등의 조치가 필요하다.

3) 가로보

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 폭 0.3㎜ 미만 균열, 실란트 파손, 법면 토사유실 및 몰탈파손 등의 손상이 조사되었다.
- 교대에 균열, 실란트 파손의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 균열로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리, 실란트 충전 등의 조치가 필요하다.
- 법면 토사유실은 측면 및 신축이음을 통한 우수유입에 의한 손상으로 판단되며, 즉각보수 보다는 주기적인 점검을 실시하고, 추가 진전시 보수를 실시하는 유지관리가 요망된다.

5) 교각

- 교각에 대한 현장조사 결과, 폭 0.3㎜미만 균열 및 망상균열, 누수흔적이 조사되었다.
- 교각에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열이나 표면보수를 실시하여 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.
- 교각 코핑부의 누수흔적은 신축이음을 통한 우수유입에 의한 손상으로 판단되며, 즉각보수보다는 주기적인 점검을 실시하고, 추가 진전시 보수를 실시하는 유지관리가 요망된다.

6) 교량받침

- 현장조사 결과 플레이트 부식이 확인되었다.
- 플레이트 부식은 온도변화, 우수유입 등의 복합적인 원인에 의한 도장열화로 금회 일괄보수보다는 주기적인 점검을 통한 손상의 진진 및 신규 손상 발생 시 표면보수 등의 일괄보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 교량받침 이동량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 후타재 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 파손, 본체 볼트 파손 및 탈락, 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.
- 신축이음에 발생한 후타재 파손 및 본체 볼트 탈락, 고정불량은 차량 통행하중 및 충격 등에 의한 손상으로, 주행차량 및 교량의 안전성에 영향을 미치므로 즉각보수가 필요한 상태이다.
- 후타재 균열 및 하부 누수의 경우, 초기 건조수축 균열, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 균열 보수 및 물받이 정비 등의 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 현장조사 결과 포장부 망상균열이 일부 조사되었다.
- 교면포장은 구배불량에 의한 물고임 현상은 발생하지 않은 상태이다. 다만, 콘크리트 포장 망상균열이 일부 조사되었고, 손상부는 중차량의 통행 및 다짐불량 등에 의한 복합적인 손상으로, 주행차량의 사용성 확보차원의 보수가 필요할 것으로 사료된다.

9) 배수시설

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 중앙분리대 균열 및 균열부 백태가 확인되었다.
- 방호벽에 발생한 균열 및 균열부 백태, 박리는 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 현재 경미한 상태로 시급한 보수 보다는 손상의 진전시, 신규 손상 발생 시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

11) 교량 점검시설

- 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.
- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.2~28.4㎫, 거더 40.2~42.1㎫, 하부구조 교대 24.9㎫, 교각 40.4~45.4㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 3.5~4.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 4.0~4.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 신공릉천교(문산)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 신공릉천교(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

35.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

35.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

36. 금촌3교

36.1 시설물 개요
36.2 자료수집 및 분석
36.3 현장조사
36.4 콘크리트 내구성조사
36.5 상태평가
36.6 종합평가 및 안전등급 지정
36.7 보수·보강 및 유지관리 방안
36.8 종합결론

36. 금촌3교

36.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 파주시 아동동 146-10에 위치한 교량으로 총 연장 274.0m, 폭 24.6m로 시공되어 있다.

36.1.1 일반사항

【표 36.1.1】 금촌3교 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000143	관리번호		-
시설물위치		경기도 파주시 아동동 146-10	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		-	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=274.0m(4@40+3@38=274.0m)			
	폭	B=24.6m, 4차로			
구조형식	상부	IPC GIRDER교	기초형식	교 대	내부굴착강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: π형		교 각	내부굴착강관말뚝기초 복합말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물		금촌천	통과높이		-
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		㈜대우건설	설 계 자		㈜신성엔지니어링
감 리 자		㈜신성엔지니어링(오영식)	관리주체		서울문산고속도로주식회사

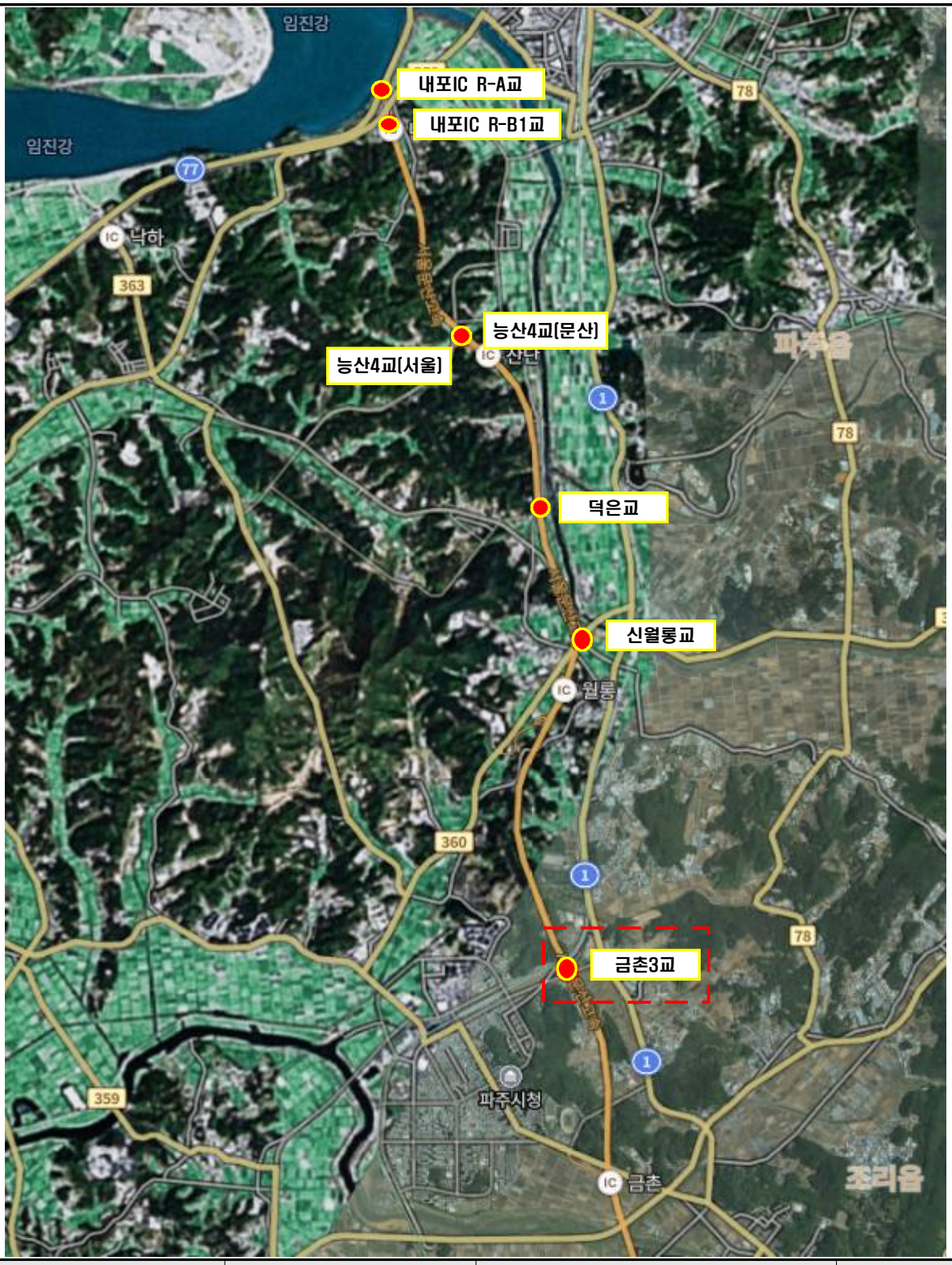


측면 전경



상부 전경

36.1.2 위치도 및 전경사진



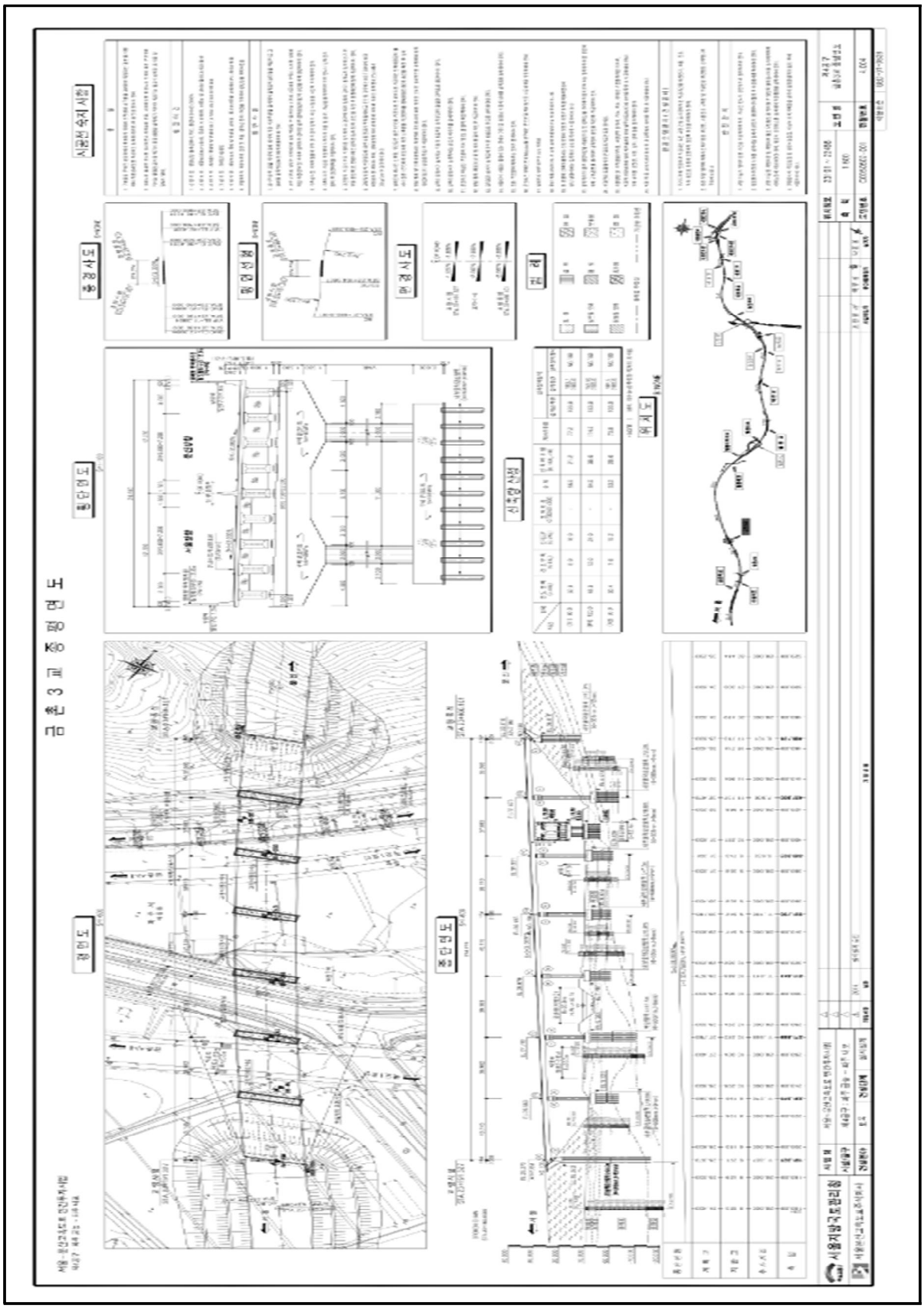
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S7	도보, 고소차, 굴절차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 36.1.1】 위치도

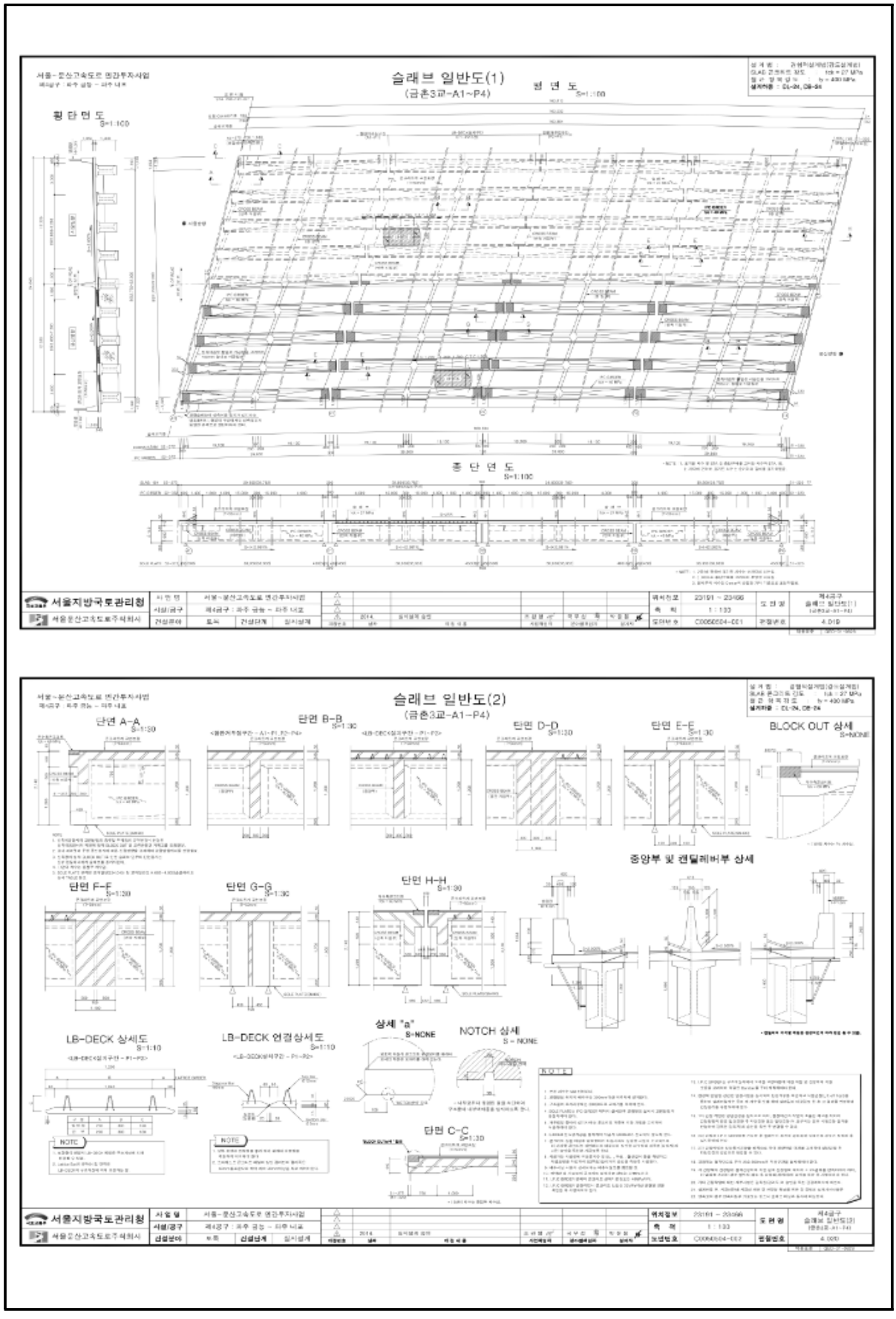
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 36.1.2】 부재별 현황

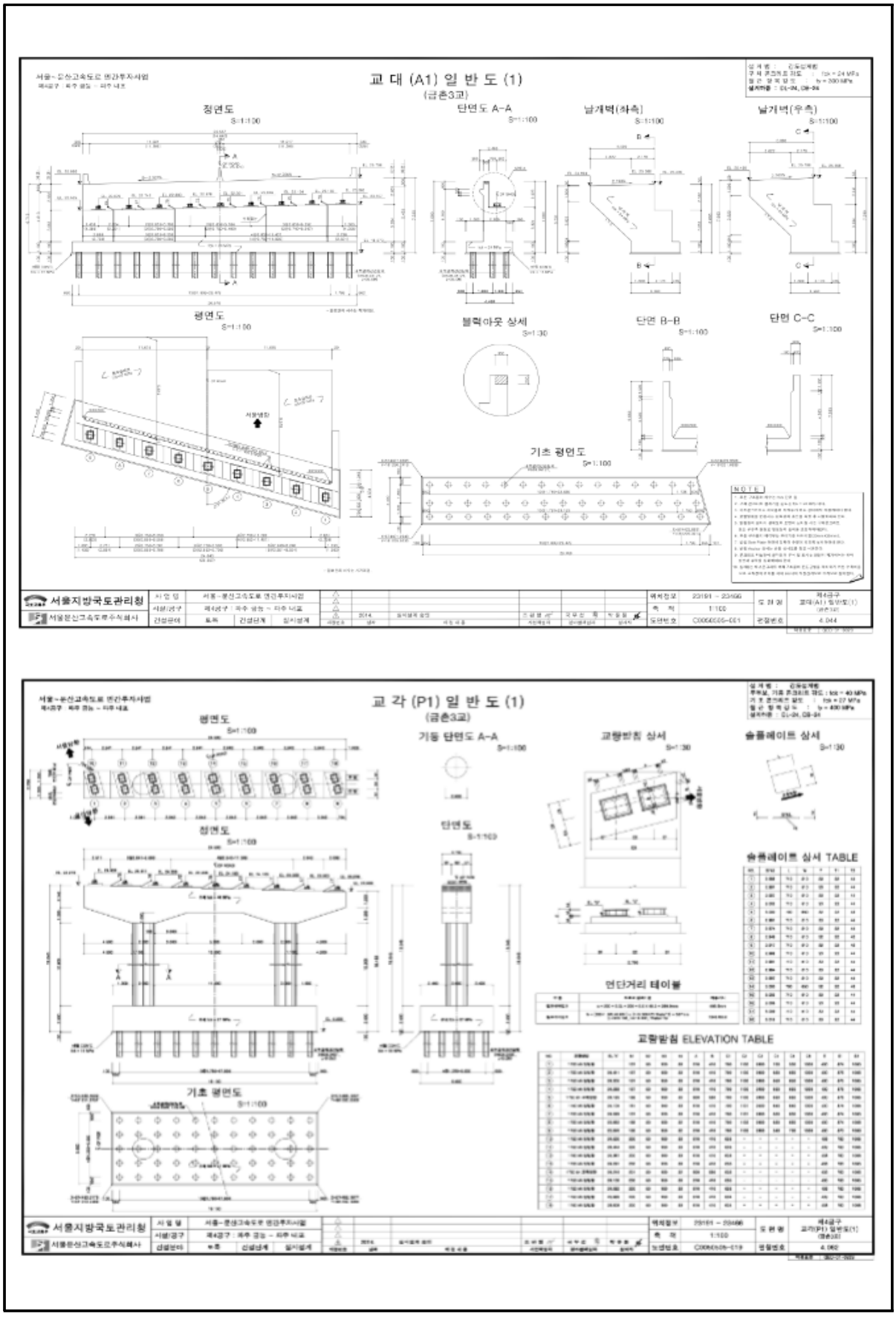
36.1.3 시설물 일반도



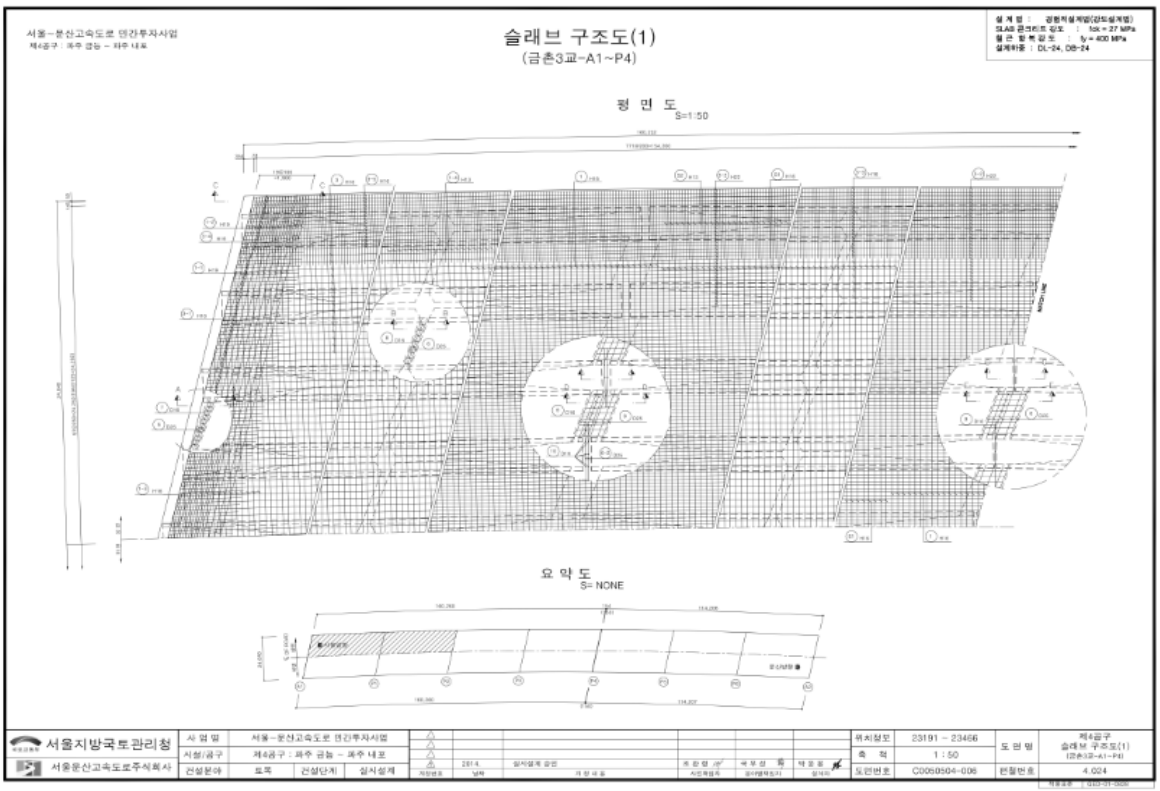
【그림 36.1.3】 평면 및 종단면도

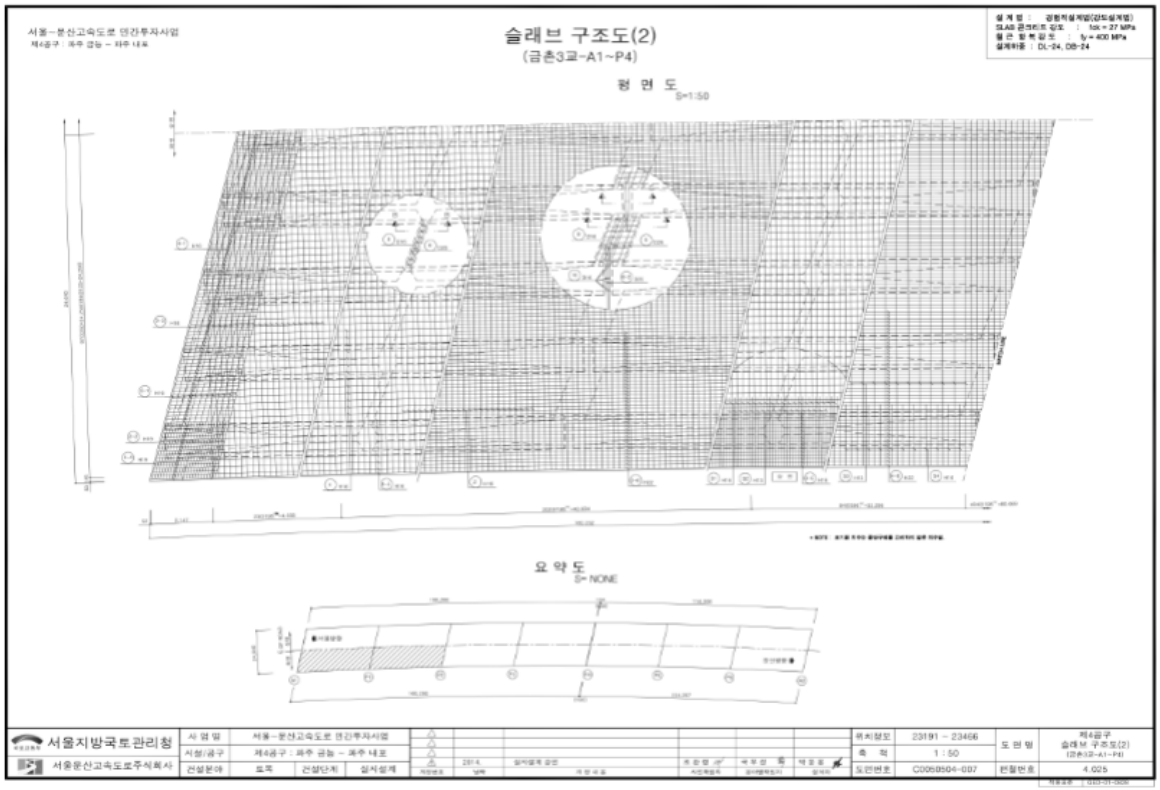


【그림 36.1.4】 바닥판하면 일반도

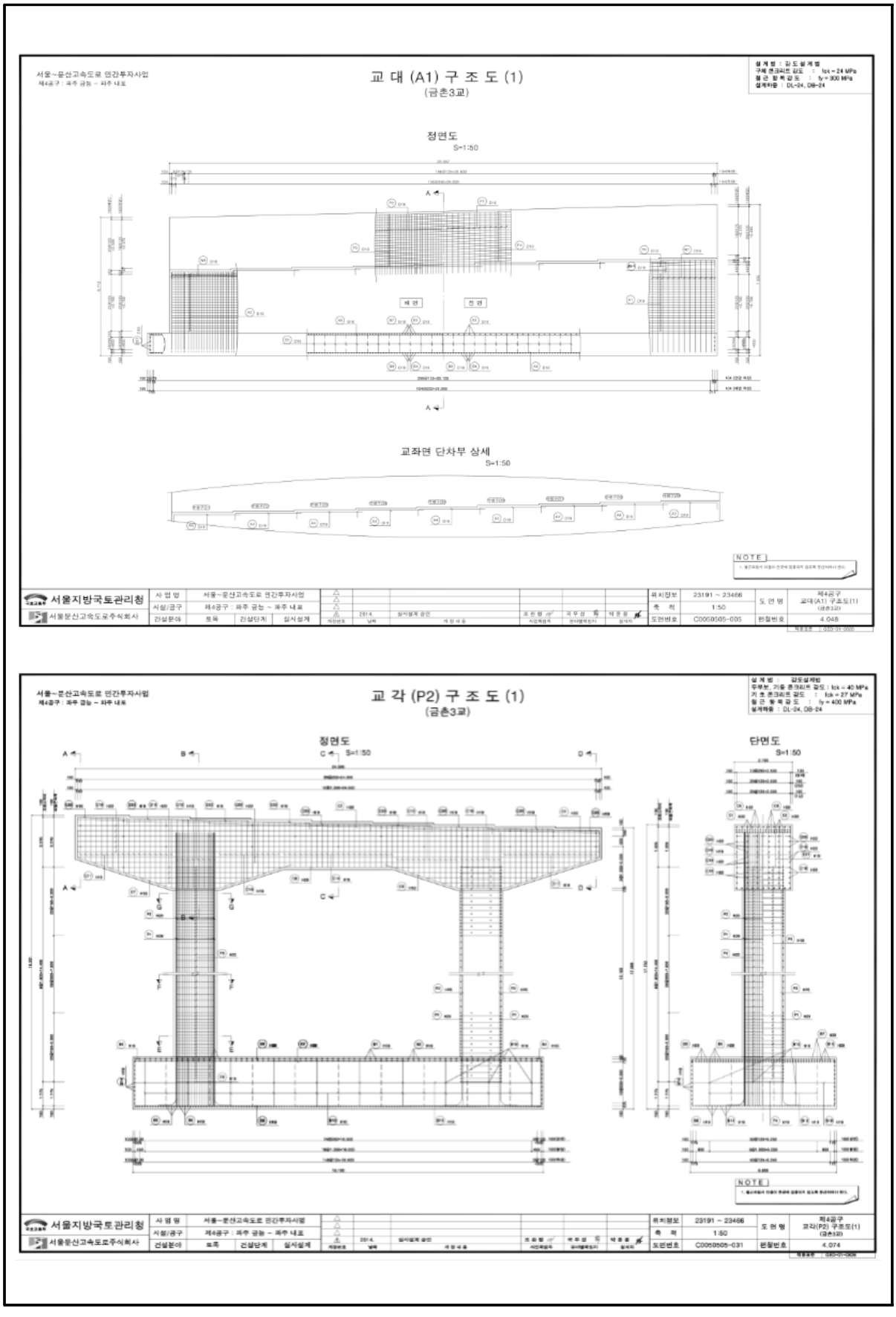


【그림 36.1.5】 교대 및 교각 일반도





【그림 36.1.6】 바닥판하면 구조도



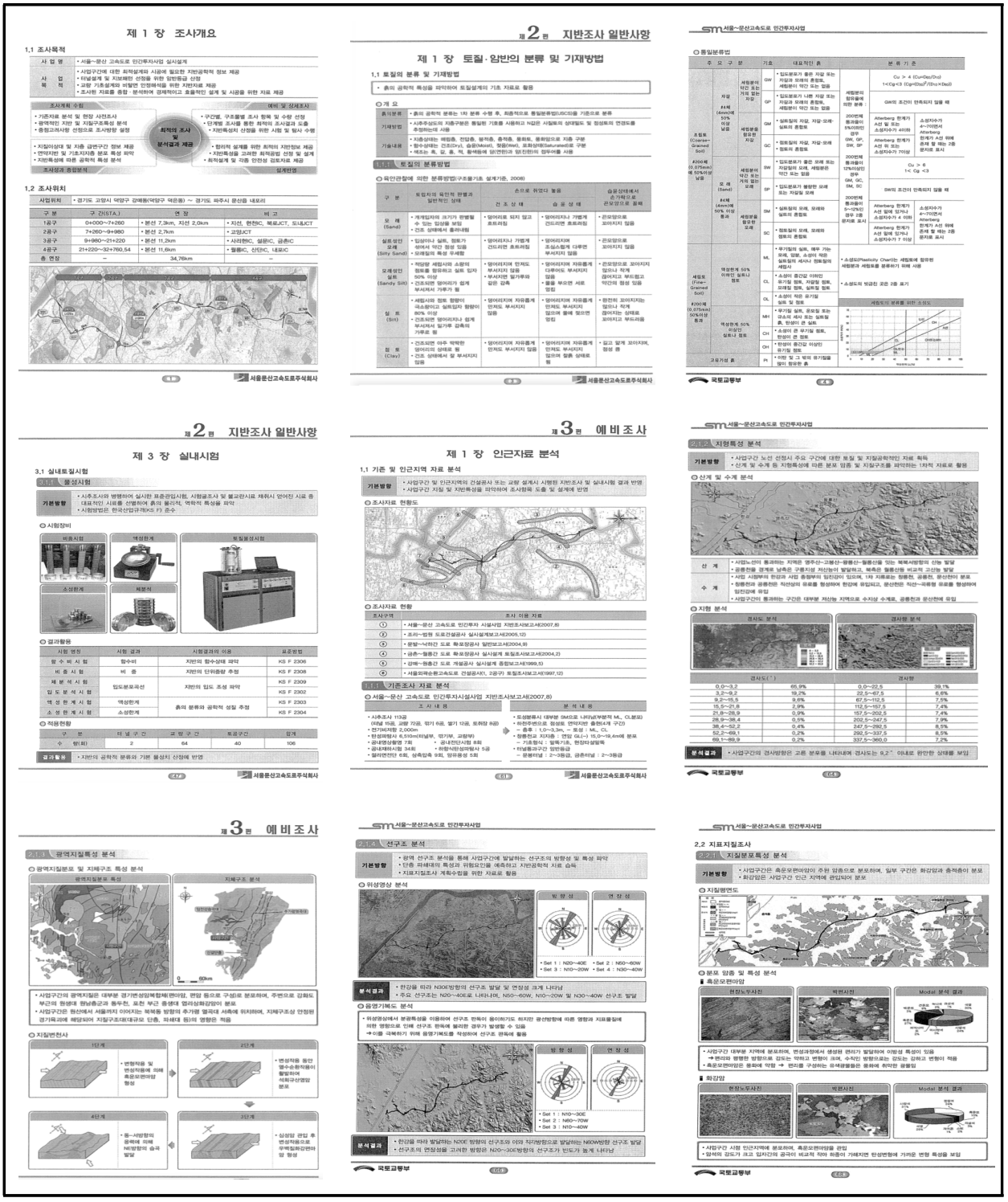
【그림 36.1.7】 교대 및 교각 배근도

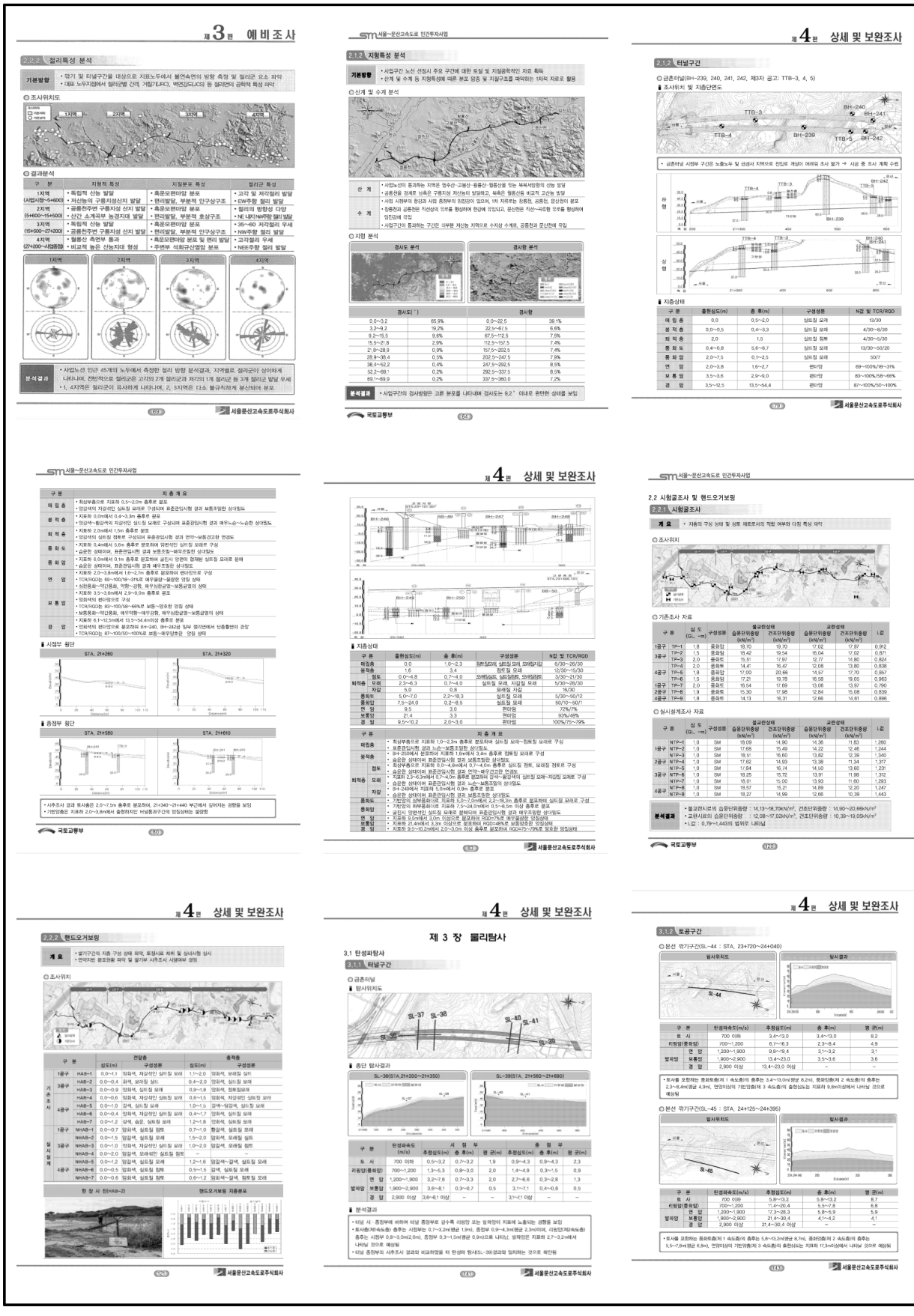
36.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

36.2.1 설계자료 검토

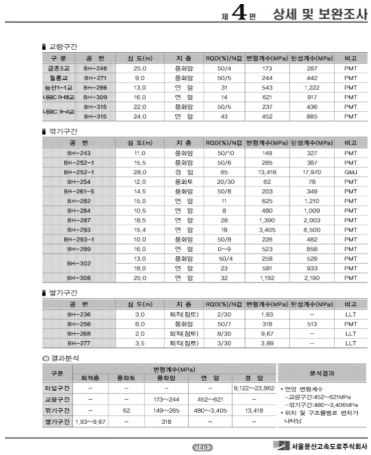
가. 지형 및 지질

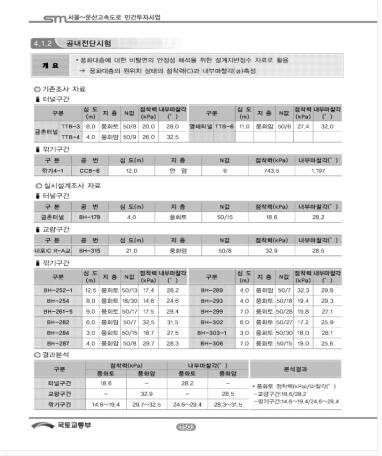


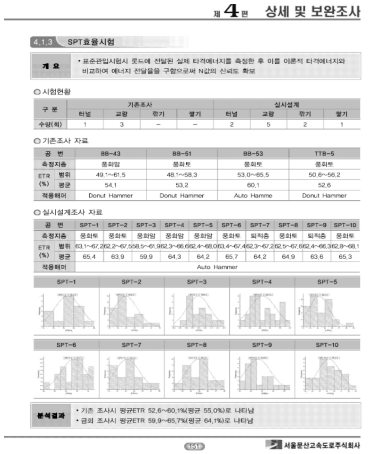


나. 지반 및 지질 조사보고서

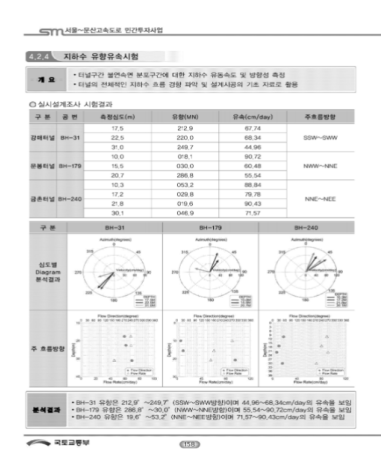




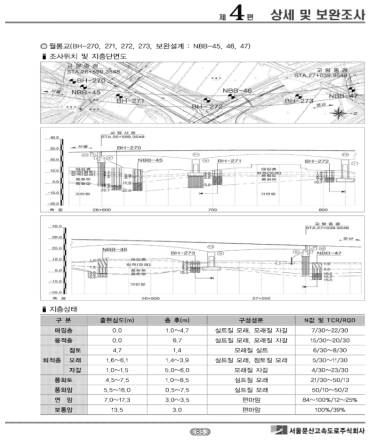


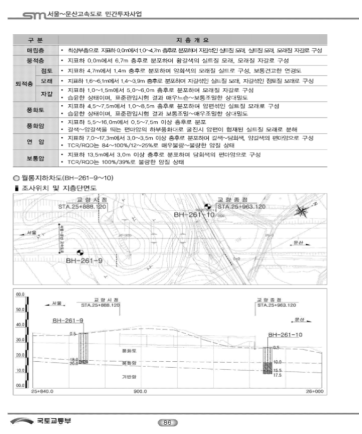












제5편 성과분석 및 설계지반정수

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

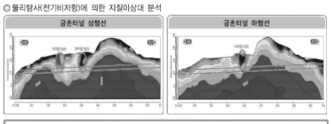
기본방향
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

○ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석



구 분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	해당 구조물
L - 1	6+300	N20E	12	인기IC(휴게소)
L - 2	13+200	N14E	87	쌀기봉
L - 3	15+130	N18E	66	쌀기봉
L - 4	21+640	N64W	66	금촌터널(좌점부)
L - 5	25+850	N22W	62	쌀기봉
L - 6	26+370	N82E	42	쌀기봉

○ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석



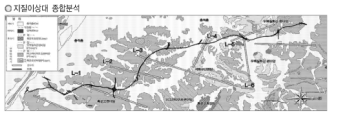
- 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 하행 STA. 21+390에 400Ω·m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구 분	위 치(STA.)	구 간(m)	특 징	비 고
행산교	BH-41	2+332.9	11.2~11.8	Slickonside 발달	
성사3교	BH-94-1	5+845.3	13.6~16.0	파쇄암대 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	6+475.2	13.6~15.3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양 JCT	BH-115	9+300 부근	9.3~16.2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10.2~13.5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20.5~21.5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
원당천교	BH-149	10+480.0	9.4~12.0	Slickenside 및 파쇄 발달, 점토 충진	
사리현IC	BH-160	11+900 부근	10.0~15.5	지반풍화에 의한 암반내 토사층	
토공부	BH-170	12+927.7	10.3~13.3	파쇄대 분포, 지반풍화에 의한 토사화	
문봉터널	BH-179	13+753.0	9.0~12.5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543.5	10.5~11.7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
성석1교	BH-191-1	15+562.6	8.0~11.0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천교	BH-219-1	19+593.2	20.1~23.1	Slickenside 발달, 지반풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640.0	6.5~7.0	부분적 Slickenside 발달, 풍화암발달	L-4 인접
토공부	BH-264	29+110.0	6.0~19.6	부분적 파쇄대 및 지반풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석



구 분	교차위치 (STA.)	조 사 내 용 선구조	지표조사	물리탐사	시추조사	예상폭 (m)	조 사 결 과	시업노선과 영향
L - 1	6+300	○	○	–	○	3~5m 내외	소규모 단층파쇄 발달	토공구간(휴게소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L - 2	13+200	○	○	–	–	–	–	영향 없음
L - 3	15+130	○	–	–	○	1m 내외	지반풍화 발달	영향 없음
L - 4	21+640	○	○	–	○	1m 내외	부분적 지반풍화 발달	영향 없음
L - 5	25+850	○	○	–	–	–	–	영향 없음
L - 6	26+370	○	–	–	–	–	–	영향 없음

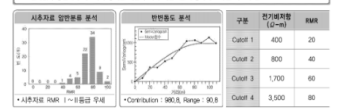
분석결과
- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층파쇄(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(휴게소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~L-6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 지반풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구릉지형 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 금촌터널 3차원 암반등급 산정

■ 시추자료의 통계분석 및 공간변화량 분석

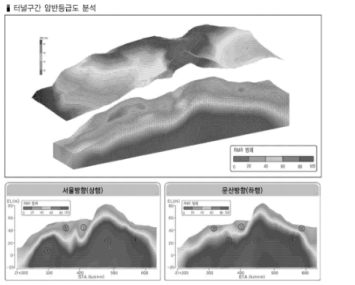
- RMR, Q분류 등 암반분류의 공학적 활용성을 높이기 위하여 상관성 분석 실시
- → 결과값이 상관식과 비교하여 상이한 지점에 대해 재검토를 수행하여 오류를 최소화 함

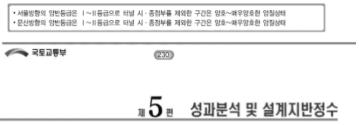


구분	전기비저항 (Ω-m)	RMR
Cutoff 1	400	20
Cutoff 2	800	40
Cutoff 3	1,700	60
Cutoff 4	3,500	80

- 시추자료 RMR 1~II등급 우세
- Contribution : 980.8, Range : 90.8

■ 터널구간 암반등급도 분석





- 서울방향의 암반등급은 I~II등급으로 비상시 · 종점부를 제외한 구간은 암반~매우암반한 암반상태
- 문산방향의 암반등급은 I~II등급으로 비상시 · 종점부를 제외한 구간은 암반~매우암반한 암반상태

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.1.3 설계지반정수 산정방법

○ 토사층 설계지반정수 산정방법

구 분	주 요 점 수	산 정 방 법
기본물성	단위중량(γ_t)	• 문헌 (한국도로공사, 도로설계요령)
	포아송비(μ)	• 인근지역 조사자료 및 기존자료 비교 · 분석
강도특성	점착력(c)	• 실내 일축압축강도시험의 결과 경과 기존문헌자료, 토질종류에 따른 일반적인 범위 값 비교 추정(Hoy E. Hunt, 1984, Braja M. Das, 1995)
	내부마찰각(°)	• 공내전단시험 • 인근전단시험, 기존자료 비교 · 분석 • 문헌의 검토 - 한국도로공사, 도로설계요령 • 공내N치시험 결과 • 문헌자료(Braja M. Das, Hunt)에 의한 산정
변형특성	변형계수(E)	
동적특성	전단파속도(V_s) 동적물성값(K_d, E_d, G_d, V_d)	• 하향식탄성파탐사 및 인근지역 조사자료 비교 · 분석에 의한 산정

○ 기반암 설계지반정수 산정방법

구 분	주 요 점 수	산 정 방 법
기본물성	단위중량(γ_t)	• 실내암석시험결과 및 기존자료 분석
	포아송비(μ)	• 실내암석시험결과 및 기존자료 분석
강도특성	점착력(c)	• 공내전단시험 • 실내암석시험 결과에 의한 산정
	내부마찰각(°)	• 실내암석시험 결과에 의한 산정
변형특성	변형계수(E)	• 공내재하시험 및 기존자료 결과에 의한 산정
동적특성	전단파속도(V_s) 동적물성값(K_d, E_d, G_d, V_d)	• 하향식탄성파탐사 및 인근지역 조사자료 비교

○ 설계지반정수 신뢰성 검토

구 분	산 정 방 법
초기추정값 (Prior) 산정	• 기존 적용사례 및 경험식에 의한 결과를 초기 추정값으로 가정 • 문산 분석에 의해 검증된 자료만 초기값으로 인정
분산분석	• 분산분석은 각 독립변수간의 상호연관성을 정량화하기 위한 것 • 일원분산분석은 1개의 모평균을 $\mu_1, \mu_2, \cdots, \mu_k$로 나타내면 다음과 같이 모든 모평균이 같다는 귀무가설을 수립하며, 예: $\mu_1 = \mu_2 = \cdots = \mu_k$ 하여 귀무가설 검정
최대우도값 (Likelihood) 산정	• 현장 시험값 및 실내시험값을 통한 결과값을 최대우도값으로 가정
Bayesian Approach	• 초기 추정값의 평균(μ'), 표준편차는 1로부터 최대우도값(Likelihood)의 평균(μ), 표준편차(σ)를 Bayesian 이론에 의해 평균(μ''), 표준편차(σ'')를 구할 수 있음

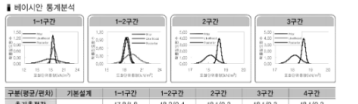
SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 포화단위중량(γ_{sat})

■ 자료 분석

구 분	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근지표	16.5~18.5 (17.8)	18.7~19.7 (19.2)	17.7~19.2 (18.1)	17.7~19.2 (18.1)	17.7~19.2 (18.1)
기본설계	–	–	–	19.7	–
실시설계	18.6 (18.6)	17.9~19.7 (19.1)	–	18.6~18.7 (18.6)	18.4~19.1 (18.7)

■ 베이시안 통계분석



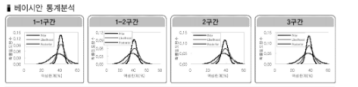
구분(평균/편차)	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	17.8/1.8	18.2/0.4	18.1/0.3	18.1/0.3	18.1/0.3
최대우도값	–	18.6/0.5	19.1/1.1	18.6/0.1	18.6/0.1	18.7/0.5
최 종 도 값	–	18.4/0.3	18.4/0.4	18.6/0.1	18.6/0.1	18.4/0.2
적 용	15.056 (γ_{sat}기준)	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0

○ 액성한계 및 소성지수

■ 자료 분석

구 분	액성한계(%) 1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	소성지수(%) 1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근지표	32.0~43.8(38.7~42.3)/5.0~42.5(25.0~42.5)/5.0~42.5(25.0~42.5)/3.5~19.7					4.3~17.8/ 12.1~18				12.1~18
기본설계	38.0	45.5	–	22.0	–	14.8	20.9	–	17.5	–
실시설계	44.1	36.8	39.0	37.5	38.7	20.0	14.5	15.9	14.7	14.5

■ 베이시안 통계분석



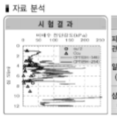
구 분 (평균/표준편차)	액성한계(%) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	소성지수(%) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	38.2/8.2	37.5/0.8	37.1/7.9	37.1/7.9	37.1/7.9	–	14.2/6.5	16.0/9.5	15.5/4.8	15.5/4.8	15.5/4.8
최대우도값	–	41.1/4.3	41.2/6.7	39.0/5.5	38.0/4.6	38.7/3.3	–	17.4/3.7	17.7/5.0	15.9/4.2	16.5/4.7	14.5/5.8
최 종 도 값	–	40.8/2.9	40.5/4.5	38.6/3.5	37.9/3.0	38.6/1.5	–	16.9/2.4	17.5/3.3	15.8/2.5	16.4/2.7	14.7/2.3
적 용	35.2	41.0	41.0	39.0	38.0	39.0	19.8	17.0	17.5	16.0	16.5	15.0

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.4 강도 특성 분석

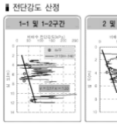
○ 전단강도

■ 자료 분석



구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
피에조콘 관입시험	범 위	–	2.1~489.7	–	15.4~94.6	–
	평 균	–	84.6	–	36.7	–
일축압축 (q_u/2)	범 위	32.4	30.8~41.3	–	19.3~28.1	31.6~34.3
	평 균	32.4	34.9	–	23.2	32.9
삼축압축 (CU)	범 위	–	21.0~31.3	–	19.6~20.1	29.6~29.8
	평 균	–	26.1	–	19.9	29.7

■ 전단강도 산정

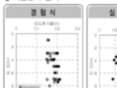


구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
평균 S_u (kPa)	–	20.7	32.0	28.0	22.0	22.0	30.0
삼관식		S_u = S_u = 5.8D + 7.8 (평균 28.0)			S_u = 5.8D + 3.0 (평균 22.0)		
검 토 결 과		0.19D~0.36D 0.19~0.72 (0.33) 0.15~0.20 (0.18) 0.19~0.70 (0.22) 0.14~0.20 (0.17)					

- 기본설계에서 추정한 평균 S_u는 20.7 kPa이며, 심도에 따른 상관식은 S_u=0.19D~0.58 kPa임
- 평균 S_u는 1구간은 32.0~34.0kPa이나 평균심도 3.5m를 적용하여 28.0kPa, 3, 4구간은 시험의 평균값을 적용하고, 2구간은 3구간 결과 이용

○ 강도증가율(m)

■ 시험결과 분석



구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
경험식	범 위	0.19~0.20	0.15~0.21	0.15~0.20	0.15~0.21	0.14~0.2
	평 균	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17
실내시험	범 위	0.60	0.22~0.52	–	0.17~0.7	–
	평 균	0.60	0.42	–	0.35	–
현장베인시험	범 위	–	1.32	–	1.13	–
	평 균	–	1.32	–	1.13	–

■ 강도증가율 산정

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
기본설계	–	0.19~0.20 (0.19)	0.19~0.21	0.15~0.20 (0.20)	–	0.17~0.20 (0.19)	–
실시설계	–	0.19~0.60 (0.38)	0.19~0.72 (0.33)	0.15~0.20 (0.18)	0.19~0.70 (0.22)	0.14~0.20 (0.17)	
적 용	0.183	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20	

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

3.2.5 압밀 특성 분석

○ 과압밀비(OCR)

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	–	–	0.5	–
실시설계	–	4.0	0.9~3.4 (2.2)	–	3.3	0.9~1.7 (1.3)
적 용	0.3가정규압밀	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	정규압밀

○ 초기 간극비(e_o) 및 압축지수(C_c)

구 분	초기간극비(e_o) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	압축지수(C_c) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	0.962	–	0.720	–	–	–	0.194	–	0.209	–
실시설계	–	0.963	0.876	–	0.962	0.94	–	0.253	0.243	–	0.281	0.239
적 용	0.699	0.95	0.88	0.88	0.88	0.94	0.155	0.25	0.24	0.26	0.26	0.24

○ 연직압밀계수 및 투수계수

구 분	연직압밀계수(10^{-3}cm²/sec) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	투수계수(10^{-7}cm/sec) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	4.28	–	2.07	–	–	–	0.66	–	6.28	–
실시설계	–	9.84	4.02	–	3.70	3.82	–	2.29	0.83	–	1.57	1.35
적 용	3.452	9.80	4.00	2.50	3.20	3.80	2.561	2.30	0.80	3.10	3.10	1.30

○ 재압축지수(C_r) 및 2차 압축지수(C_α)

구 분	재압축지수(C_r) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	2차 압축지수(C_α) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	–	–	–	–	–	0.002	0.0036	–	0.0037	–
실시설계	–	0.033	0.038	–	0.042	0.034	–	0.0035	0.0032	0.0036	0.0034	0.0035
적 용	–	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.0037	0.0028	0.0034	0.0036	0.0035	0.0035

○ 압밀이방성 분석



구 분	C_v/C_r	K_r/K_v
문헌자료	1~9	1~15
인근자료	–	–
기본설계 적용	2.0	1.5
시험결과 현장시험	1.46~1.68	5.3~54.6
시험결과 실내시험	4.45	5.28
적 용	2.0	2.5

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.2 연약지반 구역 구분



구 분	지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간 (①~②지역) 1-2구간 (②지역)	• 침식된 하천 농경지구간 통과 • 현금 주변 및 침식된 하천 주변 구릉지성 산지는 농경지 통과	• 층분산도 : 1.8~14.5m • 층후 : 0.9~8.0m(평균 2.4m) • 층분산도 : 0.9~5.4m • 층후 : 1.0~11.9m(평균 4.4m)	분산1:000~ 2+200 지선 3+000 ~1+840 분산6+660~
2구간 (②~③지역)	• 공종전 지형 주변 구릉지성 산지와 농경지 통과	• 층분산도 : 0.9~4.0m • 층후 : 0.7~2.2m(평균 1.6m)	9+540
3구간 (②~③지역)	• 공종전 및 문산천 주변 퇴적지층 일부 및 농경지 통과	• 층분산도 : 0.9~5.0m • 층후 : 1.0~6.4m(평균 3.3m)	분산9+320 ~3+660
4구간(좌지역)	• 임진강 주변 퇴적지층 일부 및 농경지 통과	• 층분산도 : 3.0~4.5m • 층후 : 2.0~6.1m(평균 4.0m)	32+760~ 시점단 Ramp

• 시점 4공귀분석 STA. 21+200~32+760은 연약지반 3~4구간에 해당

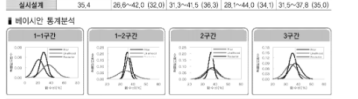
3.2.3 물리적 특성 분석

○ 함수비

■ 자료 분석

구 분	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	23.7~43.5	29.6~36.2	33.7~37.8	33.7~37.8	33.7~37.8
기본설계	20.5	34.4~38.8 (36.4)	37.5	30.8~40.5 (37.3)	32.6~34.7
실시설계	35.4	26.6~42.0 (32.0)	31.3~41.5 (36.3)	28.1~44.0 (34.1)	31.5~37.8 (35.0)

■ 베이시안 통계분석



구분(평균/편차)	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	20.5/7.5	36.4/2.2	37.3/4.5	37.3/4.5	34.7/2.2
최대우도값	–	35.4/10.5	34.2/6.2	36.3/5.1	34.1/4.8	35.0/2.3
최 종 도 값	–	28.0/5.3	35.2/1.9	36.5/1.9	35.2/2.7	35.0/0.9
적 용	37.5	28.0	35.0	36.0	35.0	35.0

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.4 강도 특성 분석

○ 전단강도

■ 자료 분석



구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
피에조콘 관입시험	범 위	–	2.1~489.7	–	15.4~94.6	–
	평 균	–	84.6	–	36.7	–
일축압축 (q_u/2)	범 위	32.4	30.8~41.3	–	19.3~28.1	31.6~34.3
	평 균	32.4	34.9	–	23.2	32.9
삼축압축 (CU)	범 위	–	21.0~31.3	–	19.6~20.1	29.6~29.8
	평 균	–	26.1	–	19.9	29.7

■ 전단강도 산정



구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
평균 S_u (kPa)	–	20.7	32.0	28.0	22.0	22.0	30.0
삼관식		S_u = S_u = 5.8D + 7.8 (평균 28.0)			S_u = 5.8D + 3.0 (평균 22.0)		
검 토 결 과		0.19D~0.36D 0.19~0.72 (0.33) 0.15~0.20 (0.18) 0.19~0.70 (0.22) 0.14~0.20 (0.17)					

- 기본설계에서 추정한 평균 S_u는 20.7 kPa이며, 심도에 따른 상관식은 S_u=0.19D~0.58 kPa임
- 평균 S_u는 1구간은 32.0~34.0kPa이나 평균심도 3.5m를 적용하여 28.0kPa, 3, 4구간은 시험의 평균값을 적용하고, 2구간은 3구간 결과 이용

○ 강도증가율(m)

■ 시험결과 분석

구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
경험식	범 위	0.19~0.20	0.15~0.21	0.15~0.20	0.15~0.21	0.14~0.2
	평 균	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17
실내시험	범 위	0.60	0.22~0.52	–	0.17~0.7	–
	평 균	0.60	0.42	–	0.35	–
현장베인시험	범 위	–	1.32	–	1.13	–
	평 균	–	1.32	–	1.13	–

■ 강도증가율 산정

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
기본설계	–	0.19~0.20 (0.19)	0.19~0.21	0.15~0.20 (0.20)	–	0.17~0.20 (0.19)	–
실시설계	–	0.19~0.60 (0.38)	0.19~0.72 (0.33)	0.15~0.20 (0.18)	0.19~0.70 (0.22)	0.14~0.20 (0.17)	
적 용	0.183	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20	

다. 구조계산서 및 내진설계

OUTPUT 결과 요약 및 설계의견

◈ 결과 요약

○ 금촌3교(A1-P2)

■ 단면 휨 설계

단 면 위 치	Req.A_s (mm^2)	폭 b(mm)	깊이 d(mm)	피 복 d' (mm)	사용철근량 (Use A_s) (mm^2)	M_u (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	비 고
캔틸레버 (방호벽 G1측)	1,013	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993 H13 @ 200 = 634	58.97	91.80	O.K
캔틸레버 (방호벽 G9측)	1,209	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993 H13 @ 200 = 634	69.67	91.80	O.K
중간슬래브 (상 면)	720	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
중간슬래브 (하 면)	960	1,000	200	40	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
슬래브단부	907	1,000	230	60	H16 @ 125 = 1,589	68.48	116.76	O.K
캔틸레버 단 부	2,418	1,000	180	60	H19 @ 100 = 2,865	85.42	150.99	O.K

■ 배력철근량(온도철근량) 산정

단 면 위 치		필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (Use A_s) [mm^2]	비 고
캔틸레버	방호벽(G1측)	679	H16 @ 250 = 794	O.K
	방호벽(G9측)	810	H16 @ 125 = 1,589	O.K
캔 틸 레 버 단 부		1,620	H19 @ 125 = 2,292	O.K

■ 사용성 검토 요약표

구 분		인장응력(f_s)	철근간격 (S)	허용간격 (Sa)	비 고
캔 틸 레 버	방호벽(G1측)	74.6	100.0	844.5	O.K
	방호벽(G9측)	106.0	100.0	594.3	O.K
슬 래 브 단 부		97.2	125.0	648.1	O.K

1. 설 계 조 건

1.1 교량 형식 : INCREMENTALLY POST TENSIONING TYPE I.P.C GIRDER교
1.2 경 간 : 40,000 mm
1.3 폭 원 : 24,640 mm
1.4 교량 등급 : DB - 24, DL - 24 (1등급교)
1.5 거더 길이 : 39,800 mm + 39,800 mm
1.6 지간 길이 : 38,950 mm + 38,950 mm
1.7 단위 중량 : 콘크리트(철근) .... 2,500 kgf/m^3
콘크리트(무근) .... 2,350 kgf/m^3
콘크리트계고편포장..... 2,350 kgf/m^3

1.8 재료의 물리상수 및 허용 응력

1) 슬래브
(1) 콘 크 리 트 : fck = 27 MPa
Ec2 = 0.077× $m_c^{1.5}$×$^3\sqrt{fcu}$ = 28,700 MPa
(2) 철 근 (SD400) : fy = 400 MPa
Es = 200,000 MPa

2) I.P.C GIRDER
(1) 콘 크 리 트 : fck = 40 MPa
Ec1 = 0.077× $m_c^{1.5}$×$^3\sqrt{fcu}$ = 31,900 MPa
(2) 철 근 (SD300) : fy = 300 MPa
Es = 200,000 MPa

(3) 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전 함복응력
① 허용 휨 압축응력 (fci' = 0.8 x fck = 32 Mpa)
- fci = 0.6 x fci = 19.2 MPa
② 허용 휨 인장 응력
- 부착된 철근이 없는 인장 구역 :
fti = 0.25 x $\sqrt{fci'}$ = 1.41 MPa

(4) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용응력
① 허용 휨 압축응력
- fcag = 0.45 x fck = 18 MPa
- 압축연단응력(유효프리스레스+전체하중)
fcag = 0.60 x fck = 24 MPa

② 허용 휨 균열 응력
fcag = 0.63 x $\sqrt{fck}$ = 3.98 MPa

(5) 허용 균열 응력
① 보통 콘크리트 : ftcr = 0.63 x $\sqrt{fck}$ = 3.98 MPa
② 부분 경량 콘크리트 : ftcr = 0.54 x $\sqrt{fck}$ = 3.42 MPa
③ 전 경량 콘크리트 : ftcr = 0.47 x $\sqrt{fck}$ = 2.97 MPa

(6) 정착부의 허용 지압 응력
- 긴장재 정착직후 fcr = 0.7 × fci ×$\sqrt{(A'b/Ab-0.2)}$:1.10 × fci
- 프리스트레스 손실 발생후 fcr = 0.5 × fck ×$\sqrt{(A'b/Ab)}$ ≤0.90 × fck

3) P.S STRAND (SWPC 7B Ø15.2mm)
- A = 138.7 mm^2 /ea
- Ep = 200,000 MPa
(1) 인장 강도 : fpu = 1,900 MPa
(2) 항복 강도 : fpy = 1,600 MPa
(3) JACK에 의한 최대 긴장 응력 : 0.94 ×fpy = 1,504 MPa
0.80 ×fpu = 1,520 MPa ∴ 1,504 MPa
(4) 허용 인장 응력
① 정착 후 정착부에서의 허용응력
- fpa = 0.7 x fpu = 1,330 MPa
② 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용 응력
- fpa = 0.82 x fpy = 1,312 MPa
0.74 x fpu = 1,406 MPa ∴ 1,312 MPa

4) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	1차 긴장용	2차 긴장용
쉬스관의 외경	mm	80	80
쉬스관의 두께	mm	5	5
수용가능 긴장재 면적	mm^2	2,208	2,208
수용가능 긴장재 개수	개	16	16
쉬스관 순간격	mm	40	40
쉬스의 덮개	mm	40	40
파상 마찰 계수 k	k/m	0.005	0.005
곡률 마찰 계수 μ	m/rad	0.25	0.25

1.9 설계 방법 (강도 설계법:도.설.기 P32)

- U = 1.3 x Md + 2.15 x ML+I
- U = 1.3 x Md + 1.3 x Mh + 1.3 x ML+I
- U = 1.3 x Md + 0.65 x Mw + 1.3 x ML+I

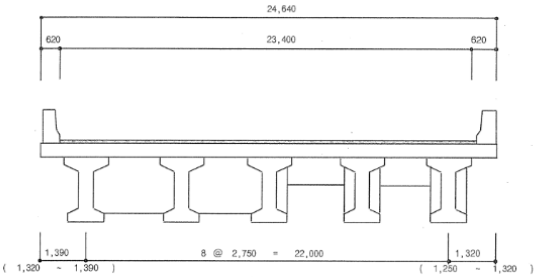
1.10 참고 문헌

- 도로교 설계 기준(한국도로교통협회)
- 도로교 설계기준 해설편(대한 토목학회)
- 구조 설계 기준(콘크리트학회)
- 도로 설계 요령(한국도로공사)

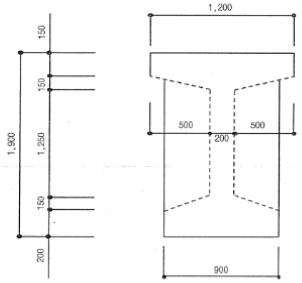
2. 바닥판 슬래브의 설계

2.1 설계 가정단면

1) 상부 슬래브



2) I.P.C GIRDER



-912-

4) 하중계산

① 고정하중

구 분	Vo (kN)		X (m)	M (kN-m)
방호벽	L5 × (H3 + H4 + H5) × Y_c	= 10.500	0.740	7.770
	L6 × (H3 + H4) × Y_c	= 0.613	0.505	0.309
	L7 × H3 × Y_s	= 0.525	0.410	0.215
	L6 × H5 / 2 × Y_s	= 0.613	0.517	0.316
	L7 × H4 / 2 × Y_s	= 0.263	0.430	0.113
	방음판	= 1.000	0.740	0.74
	소 계	= 13.513		9.463
슬래브	(L2 + L3) × H2 × Y_c	= 5.820	0.485	2.823
	소 계	= 5.820		2.823
포 장	(L8 + Ld) × H1 × Y_{ac}	= 0.411	0.175	0.072
	소 계	= 0.411		0.072
총 계		= 19.744		12.358

- 방호벽의 무게중심 X1 = 9.463 / 13.513 = 0.700 m

- 슬래브의 무게중심 X2 = 2.823 / 5.820 = 0.485 m

- 포 장의 무게중심 X3 = 0.072 / 0.411 = 0.175 m

∴ X = 12.358 / 19.744 = 0.626 m

▶ M_d = 19.744 × 0.626 = 12.360 kN-m

② 활하중

i) DB - 24

- 충격계수 i = 15 / (40 + L) = 0.375 ≥ 최대 0.300
∴ i = 0.300

- 차량하중 분포폭 (주철근의 방향이 차량 진행방향에 직각인 경우) (도.기 4.7.5.2)
E = 0.800 × 0.050 + 1.140 = 1.180 m

▶ M = 96 × 0.050 × (1 + 0.300) / 1.180 = 5.288 kN-m

③ 충돌하중 (도.기.해,2003) p.112

i) 작용높이 : 노면상 1.000 m

P_S = (V / 60)² × 750 + 250 = 2.771 tonf/m

M_S = 1.000 × 2.771 × 10 = 27.71 kN-m

ii) 작용높이 : 방호벽 상단

☞ 직선부는 10 kN/m, 곡선부(R≤200m)는 20 kN/m를 적용

M_S = 1.050 × 10 = 10.50 kN-m

iii) 적용 모멘트

▶ M_S = = 27.71 kN-m

④ 풍 하 중 (도.기 2.1.11)

1m 당 작용하는 풍하중 (부재의 단면형상을 직형으로 설계) = 3.00 kN/m²

∴ P_w = 3.00 kN/m

▶ M_w = 3.00 × 2.000 × 1.050 = 6.30 kN-m

⑤ 원심하중 (곡선교일 경우 적용) (도.기 2.1.17)

곡률을 무시할 수 있는 한계중심각 (도.기.해,2003) p.27

보의 수	단일 지간	복수 지간
2	2°	3°
3 또는 4	3°	4°
5 이상	4°	5°

▶ 개단면 상부구조에서 중심각이 위의 표에서 주어진 중심각보다 작은 지간에는 곡률의 영향을 무시할 수 있다.

- 중심각 : (40.0 × 180) / (2700 × π) = 0.849 ° < 4 ° ∴ O.K ☞ 곡률의 영향 무시

- 작용 높이 : H = 1.800 m
CF = 0.790 × V² / R = 0.790 × 110 ² / 0 = 0.000 %

P_{cf} = 96 × 0.000 / 100 = 0.000 kN

▶ M_{cf} = 0.000 × 1.800 = 0.000 kN-m

⑥ 모멘트 요약 정리

구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)
고 정 하 중	12.360	충 돌 하 중	27.710	원 심 하 중	0.000
활 하 중	5.288	풍 하 중	6.300		

5) 하중조합

① 사용하중 - 사용성 검토시

하 중 경 우	고정하중	활 하 중	충돌하중	풍 하 중	원심하중	비 고
Case 1	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
Case 2	1.00	0.00	0.00	0.30	0.00	
Case 3	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	
Case 4	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	

② 계수하중 - 단면 검토시

하 중 경 우	고정하중	활 하 중	충돌하중	풍 하 중	원심하중	비 고
Case 1	1.30	2.15	0.00	0.00	1.30	
Case 2	1.30	0.00	0.00	1.30	0.00	
Case 3	1.30	1.30	0.00	0.65	1.30	
Case 4	1.25	1.25	0.00	0.625	1.25	
Case 5	1.30	1.30	1.30	0.00	1.30	
Case 6	1.20	0.00	1.20	1.20	0.00	

③ 하중조합 결과

구 분	사 용 하 중 M (kN-m)	계 수 하 중 M (kN-m)	비 고
Case 1	17.648	27.437	
Case 2	14.250	24.258	
Case 3	19.538	27.037	
Case 4	19.538	25.998	
Case 5	-	58.965	
Case 6	-	55.644	

④ 적용하중

구 분	사 용 하 중 M (kN-m)	계 수 하 중 M (kN-m)	비 고
Case	19.538	58.965	

6) 단면 설계

▶ 입 력 자 료

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27 MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400 MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 58.965 kN-m	휨 강 도 감 소 계 수	ϕ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 240 mm	부 재 폭	b = 1,000 mm
인 장 피 복	d' = 60 mm	유 효 높 이	d = 180 mm

감도감소계수(Φ) 산정

$T = A_s \times f_y$ = 650600 N

$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b$ = 22950 a

$T = C$ ∴ a = 28.35 mm

c = 33.35 mm

$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$ = 0.0020

$\varepsilon_t = \frac{0.003 \times (d_t - c)}{c}$ = 0.0132

∴ $\varepsilon_t \geq$ 0.005 이므로연장지배단면이며, Φ = 0.85

① 휨철근량 산정

$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_{ck} b}$ ——— (1) $A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$ ——— (2)

(1), (2)에 의해 요구철근량 $Req.As = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_u}{1.445 f_{ck} b}}}{\frac{2 f_y}{1.7 f_{ck} b}}$ = 1,013 mm²

균형철근비 $P_b = 0.85 k_1 \frac{f_{ck}}{f_y} \frac{600}{600 + f_y}$ = 0.02926

최대철근비 $P_{max} = 0.714 \times P_b$ = 0.02089

최소철근비 $P_{min} = 1.4 / f_y$ = 0.00350

최소철근량 $As_{min} = P_{min} \times b \times d$ = 630 mm²

최소철근량 $As_{min} = \frac{0.25\sqrt{f_{ck}}}{f_y} bd$ = 585 mm² } ∴ 최소철근량 $A_{s\,min}$ = 630 mm² (무갈증 큰값 적용) ------(도.기 4.3.6.1)

해석요구량 $Req.A_s$ = 1,013 mm² > 최소철근량 $A_{s\,min}$ = 630 mm²

그러므로 요구되는 철근량 $Req.A_s$ = 1,013 mm²

사용철근량 Use As = H16 @ 200 = 993 mm²
H13 @ 200 = 634 mm²
Total Use As = 1,627 mm² ∴ O.K

사용철근비 Use P = 1,627 / (1000 × 180) = 0.00904 , a = 28 mm

$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)$ = 91.80 kN-m

그러므로, ϕM_n = 91.80 kN-m > M_u = 58.97 kN-m ∴ O.K

⑦ 배력철근의 산정 (주철근이 차량진행방향에 직각일때) (도.기 4.7.5.7)

i) 배력철근

120 / $\sqrt{L}$ = 120 / $\sqrt{0.970}$ = 121.8 % > 67 % ∴ 67.0 % 적용

$Req.A_s$ = 1,013 × 0.670 = 679 mm²

ii) 온도 및 건조수축에 대한 철근량비

$Req.A_s$ = 0.002 × 1,000 × 240 = 480 mm²

iii) 적용 배력철근량 : $Req.A_s$ = 679 mm²

사용철근량 Use As = H16 @ 250 = 794 mm²
Total Use As = 794 mm² ∴ O.K

■ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1419.46	885.165	O.K
	허용인발력(kN/EA)	1777.975	-	O.K
	휨응력(MPa)	126	98.955	O.K
	전단응력(MPa)	72	13.239	O.K
	수평변위(mm)	15	9.197	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2129.19	1050.851	O.K
	허용인발력(kN/EA)	2666.963	-122.485	O.K
	휨응력(MPa)	189	123.028	O.K
	전단응력(MPa)	108	19.957	O.K
	수평변위(mm)	25	7.812	O.K

■ 단면 휨 설계

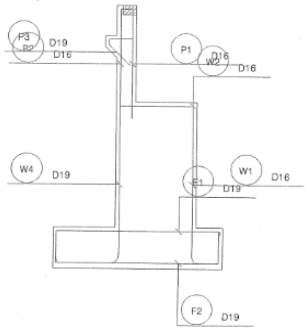
단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (㎟)	사용철근량 (㎟)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면지판		1100	150	121.418	2292	29.386	545.387	18.56	O.K
후면지판		1100	100	1151.36	2292	291.112	574.61	1.974	O.K
벽체 : H=6.235		2100	100	1321.35	2292	670.614	1159.07	1.728	O.K
흉벽		500	100	1083.64	1688.8	108.32	157.325	1.452	O.K
좌측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	1862.56	2569.6	249.969	341.454	1.366	O.K
	A(T=800 mm)	800	80	2455.75	4053.6	439.567	713.432	1.623	O.K
	최부(T=620	620	80	2614.42	4053.6	347.189	527.371	1.519	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	2721.71	4053.6	485.816	713.432	1.469	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	3359.89	5139.2	595.71	894.036	1.501	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	620	80	1761.39	2569.6	236.726	341.454	1.442	O.K
	A(T=800 mm)	800	80	2578.63	4053.6	460.969	713.432	1.548	O.K
	최부(T=620	620	80	2728.86	4053.6	361.802	527.371	1.458	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1099.09	2292	199.528	410.961	2.06	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	2393.23	4053.6	428.658	713.432	1.664	O.K

■ 사용성 검토

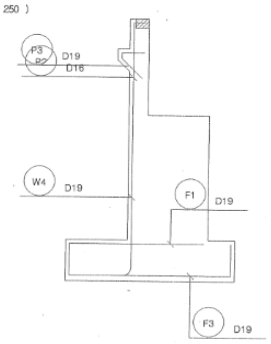
구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
전면지판		9.359	150	125	5731.797	O.K
후면지판		70.548	150	125	890.019	O.K
벽체 : H=6.235		69.936	150	125	899.783	O.K
흉벽		133.454	150	125	360.092	O.K
좌측날개벽	D(T=620 mm)	108.924	150	250	559.232	O.K
	A(T=800 mm)	90.594	150	125	695.414	O.K
	최부(T=620	96.244	150	125	649.482	O.K
	B(T=800 mm)	101.422	150	125	607.707	O.K
	C(T=800 mm)	99.117	150	125	630.767	O.K
우측날개벽	D(T=620 mm)	103.325	150	250	598.411	O.K
	A(T=800 mm)	95.16	150	125	658.806	O.K
	최부(T=620	100.501	150	125	614.828	O.K
	B(T=800 mm)	72.222	150	125	872.311	O.K
	C(T=800 mm)	89.937	150	125	700.492	O.K

■ 주철근 조립도

- ① Cycle (CTC = 250)



- ② Cycle (CTC = 250)



-1316-

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
- (1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
- (2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
- (3) 교 량 등 급 : 1 등교
- (4) 교 대 총 폭 : B = 25.557 M
- (5) 교 대 총높이 : H = 7.335 M
- (6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
- (7) SKEW : 74.605 °

2) 하 중
- (1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
- (4) 과 재 하 중 : q1 = 10.000 kN/m
- (5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 328.345 kN/m
- (6) 상부 활하중 반력 : Rl = 104.167 kN/m

3) 지 반 조 건
- (1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
- (2) 기초지반의 N치 : N = 5.000
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 23.660 ° {Φ2 = 15 + √15N}
- (4) 기초지반의 점착력 : C = 17.000 kN/m²
- (5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.282 : TAN(Φ3 · Φ2) : 흙과 콘크리트
- (6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
  - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
  - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
  - 탄성계수 : Ec = 27804.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
  - 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
- (1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
- (2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
- (1) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
- (2) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
- (3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
- (4) 도로설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

3. 하 중 계 산

1) 자중 및 관성력 (원점 0을 기준으로)

① 개별하중 산정

(단위 : m당)

구분	번호	체적(Ai) m²	단위중량(γ) kN/m³	수직력(Vi) kN	수평력(Hi) kN
교대구체	①	4.400 × 1.100 = 4.840	25.000	121.000	9.317
	②	2.100 × 3.634 = 7.632	25.000	190.793	14.691
	③	0.500 × 1.201 = 0.601	25.000	15.014	1.156
	④	0.300 × 0.300 × 1/2 = 0.045	25.000	1.125	0.087
	⑤	0.500 × 0.300 = 0.150	25.000	3.750	0.289
	⑥	0.800 × 0.300 = 0.240	25.000	6.000	0.462
	⑦	0.500 × 0.800 = 0.400	25.000	10.000	0.770
	소계	= 13.907		347.682	26.772
뒷채움재	⑧	1.600 × 4.835 = 7.736	20.000	154.729	11.914
	⑨	1.300 × 0.300 = 0.390	20.000	7.800	0.601
	⑩	0.300 × 0.300 × 1/2 = 0.045	20.000	0.900	0.069
	⑪	1.300 × 0.300 = 0.390	20.000	7.800	0.601
	⑫	1.600 × 0.800 = 1.280	20.000	25.600	1.971
	소계	= 9.841		196.829	15.156
총 계				544.512	41.927

註) 수평력(지진시 관성력) Hi = Kh × Vi (Kh = A/2 = 0.077)

② 모멘트 산정

구분	번호	팔 길 이 수 평 Xi(m)	팔 길 이 수 직 Yi(m)	모멘트 Mxi kN.m	모멘트 Myi kN.m
교대구체	①	2.200	0.550	266.200	5.124
	②	1.750	2.917	333.888	42.855
	③	2.550	5.335	38.286	6.167
	④	2.900	6.135	3.262	0.531
	⑤	2.550	6.085	9.562	1.757
	⑥	2.700	6.385	16.200	2.950
	⑦	2.550	6.935	25.500	5.340
	소 계			692.899	64.726
뒷채움재	⑧	3.600	3.518	557.026	41.910
	⑨	3.750	6.085	29.250	3.655
	⑩	3.000	6.035	2.700	0.418
	⑪	3.750	6.385	29.250	3.835
	⑫	3.600	6.935	92.160	13.671
	소 계			710.386	63.489
총 계				1403.285	128.214

③ 합력의 작용위치 산정
- 교대구체 : X = 692.899 / 347.682 = 1.993 m
  Y = 64.726 / 26.772 = 2.418 m
- 뒷채움재 : X = 710.386 / 196.829 = 3.609 m
  Y = 63.489 / 15.156 = 4.189 m

1. 내진설계 개요

1.1 교량 형식

(1) 상부구조형식
① 구조형식 : I.P.C GIRDER교
② 교량등급 : 내진 I 등급교
③ 지 간 : 4@40.000+3@38.000= 274.000 m

(2) 하부구조형식
① 구체형식 : π형 교각
② 기초형식 : 파일기초

(3) 사용재료
① 콘크리트 fck = 40 MPa (상부구조)
② 콘크리트 fck = 27 MPa (하부구조)

(4) 재료특성
① 콘크리트 단위중량 : γ_c = 25 kN/m³
② 아스팔트 단위중량 : γ_a = 23 kN/m³

1.2 내진설계 기준

(1) 가속도계수 (A)
① 지진구역계수 : 0.11 (I)
② 위험도계수 : 1.4 (1000년 재현주기)
③ 가속도계수 : 지진구역계수 x 위험도계수 = 0.154

(2) 지반계수 (S)
① 지반종류 : 2
② 지반계수 S = 1.5 (지진격리설계) 1.2 (내진설계)

(3) 지진격리교량의 응답계수

구조부재		항복시 (설계기준) R	탄성거동시 R	비 고
단일기둥		1.5	1.0	
다주기구		2.5	1.0	
연결부	상부구조와 교대	0.8	0.8	
	상부구조와 교각	1.0	1.0	

(4) 해석방법
- 4가지 인공지진파형을 재하하여 시간이력 해석을 사용
- 5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz해석법 사용
- 질량참여율이 90%가 넘도록 진동모드를 고려
- 모드조합은 CQC 방법, 방향조합은 분리가진을 적용

(5) 참고문헌
① 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2005년)
② 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2007년)
③ 도로설계요령 (한국도로공사, 2002년)
④ 설계 실무 자료집 (한국도로공사, 1996년)

2. 적용 지진하중

(1) 탄성지진응답계수

1) 가속도계수

구분	적용 계수	비고
구역계수 (Z)	0.110	지진구역 I
지진위험도계수 (I)	1.400	내진등급 1등급 (재현주기 1000년)
가속도계수 (A)	0.154	A = Z x I

2) 지반계수

구분	적용 계수	비고
지반계수 (S)	1.200	지반종류 II

3) 탄성지진응답계수(Cs) 산정

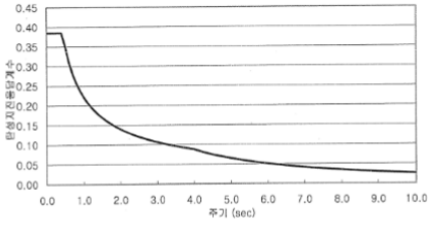
① $T \le 4.0$ sec

$$Cs = (1.2 \times A \times S) / T^{2/3} \le 2.5 \times A$$

② $T > 4.0$ sec

$$Cs = (3 \times A \times S) / T^{4/3}$$

여기서, T : 교량의 주기



4) 탄성지진응답계수

주기 (sec)	가속도 계수	지반 계수	탄성지진 응답계수	탄성지진 가속도 (m/sec²)	비고
0.0000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.1000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.2000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.3000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.4000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.5000	0.1540	1.2000	0.3520	3.4533	
0.6000	0.1540	1.2000	0.3117	3.0581	
0.7000	0.1540	1.2000	0.2813	2.7594	
0.8000	0.1540	1.2000	0.2573	2.5244	
0.9000	0.1540	1.2000	0.2379	2.3338	
1.0000	0.1540	1.2000	0.2218	2.1755	
1.1000	0.1540	1.2000	0.2081	2.0415	
1.2000	0.1540	1.2000	0.1964	1.9265	
1.3000	0.1540	1.2000	0.1862	1.8264	
1.4000	0.1540	1.2000	0.1772	1.7383	
1.5000	0.1540	1.2000	0.1692	1.6602	
1.6000	0.1540	1.2000	0.1621	1.5903	
1.7000	0.1540	1.2000	0.1557	1.5273	
1.8000	0.1540	1.2000	0.1499	1.4702	
1.9000	0.1540	1.2000	0.1446	1.4181	
2.0000	0.1540	1.2000	0.1397	1.3705	
2.1000	0.1540	1.2000	0.1352	1.3266	
2.2000	0.1540	1.2000	0.1311	1.2861	
2.3000	0.1540	1.2000	0.1273	1.2485	
2.4000	0.1540	1.2000	0.1237	1.2136	
2.5000	0.1540	1.2000	0.1204	1.1810	
2.6000	0.1540	1.2000	0.1173	1.1505	
2.7000	0.1540	1.2000	0.1144	1.1220	
2.8000	0.1540	1.2000	0.1116	1.0951	
2.9000	0.1540	1.2000	0.1090	1.0698	
3.0000	0.1540	1.2000	0.1066	1.0459	
3.2000	0.1540	1.2000	0.1021	1.0018	
3.4000	0.1540	1.2000	0.0981	0.9621	
3.6000	0.1540	1.2000	0.0944	0.9262	
3.8000	0.1540	1.2000	0.0911	0.8934	
4.0000	0.1540	1.2000	0.0880	0.8633	
4.2500	0.1540	1.2000	0.0805	0.7900	
4.5000	0.1540	1.2000	0.0746	0.7321	
4.7500	0.1540	1.2000	0.0694	0.6811	
5.0000	0.1540	1.2000	0.0648	0.6361	
5.2500	0.1540	1.2000	0.0608	0.5966	
5.5000	0.1540	1.2000	0.0571	0.5602	
5.7500	0.1540	1.2000	0.0538	0.5280	
6.0000	0.1540	1.2000	0.0508	0.4986	
6.2500	0.1540	1.2000	0.0482	0.4724	
6.5000	0.1540	1.2000	0.0457	0.4483	
6.7500	0.1540	1.2000	0.0435	0.4263	
7.0000	0.1540	1.2000	0.0414	0.4062	
7.2500	0.1540	1.2000	0.0395	0.3876	
7.5000	0.1540	1.2000	0.0378	0.3705	
7.7500	0.1540	1.2000	0.0361	0.3546	
8.0000	0.1540	1.2000	0.0347	0.3399	
8.2500	0.1540	1.2000	0.0333	0.3263	
8.5000	0.1540	1.2000	0.0320	0.3135	
8.7500	0.1540	1.2000	0.0307	0.3016	
9.0000	0.1540	1.2000	0.0296	0.2905	
9.2500	0.1540	1.2000	0.0286	0.2801	
9.5000	0.1540	1.2000	0.0276	0.2703	
9.7500	0.1540	1.2000	0.0266	0.2611	
10.0000	0.1540	1.2000	0.0257	0.2524	
15.0000	0.1540	1.2000	0.0150	0.1470	
20.0000	0.1540	1.2000	0.0102	0.1002	

-1293-

4. 질량참여율 및 Mode Shape

4.1 질량참여율

- Modal Participating Mass Ratios

Mode	주기 (sec)	Individual Mode (%)			Cumulative Sum (%)		
		Ux	Uy	Uz	Ux	Uy	Uz
1	1.3543	90.620	9.147	0.000	90.620	9.147	0.000
2	1.2043	7.397	60.346	0.000	98.017	69.492	0.000
3	1.1289	1.956	30.234	0.000	99.973	99.726	0.000
4	0.8227	0.016	0.019	0.000	99.988	99.745	0.000
5	0.5866	0.000	0.001	0.000	99.989	99.746	0.000
6	0.4395	0.001	0.142	0.000	99.990	99.887	0.000
7	0.3950	0.000	0.000	1.551	99.990	99.887	1.551
8	0.3769	0.002	0.000	0.123	99.992	99.888	1.674
9	0.3745	0.000	0.000	0.001	99.992	99.888	1.675
10	0.3582	0.000	0.000	0.001	99.992	99.888	1.675
11	0.3528	0.000	0.023	0.013	99.992	99.911	1.689
12	0.3387	0.000	0.000	3.801	99.992	99.911	5.490
13	0.3295	0.000	0.000	0.000	99.992	99.911	5.490
14	0.2961	0.003	0.000	0.329	99.995	99.911	5.819
15	0.2916	0.000	0.000	0.001	99.995	99.911	5.820
16	0.2914	0.000	0.012	0.002	99.995	99.923	5.822
17	0.2660	0.000	0.005	0.000	99.996	99.928	5.822
18	0.2649	0.000	0.000	13.826	99.996	99.928	19.648
19	0.2457	0.000	0.002	0.001	99.996	99.930	19.649
20	0.2406	0.000	0.002	0.000	99.996	99.932	19.649
21	0.2375	0.000	0.000	0.649	99.996	99.932	20.298
22	0.2213	0.000	0.012	0.006	99.996	99.944	20.304
23	0.2176	0.000	0.000	61.239	99.996	99.944	81.543
24	0.2160	0.000	0.008	0.006	99.996	99.952	81.549
25	0.2020	0.000	0.000	0.000	99.996	99.952	81.549
26	0.1929	0.000	0.002	0.000	99.996	99.954	81.549
27	0.1864	0.000	0.000	0.000	99.996	99.954	81.549

5. 해석결과

1) 발생 지진력

◎ 지진력의 조합

하중경우 1 : 1.0 × (종방향축의 해석) + 0.3 × (횡방향축의 해석)

하중경우 2 : 1.0 × (횡방향축의 해석) + 0.3 × (종방향축의 해석)

1) 교량받침

- 전단설계력 (kN)

PIER NO	Element	COMB1		COMB2		교량받침			비고(종)
		교축	교직	교축	교직	수직용량	수평용량	탈락검토	
A1	1	153.161	61.717	84.889	109.406	1750	258.8	O.K.	8
	2	152.887	61.689	84.740	109.426	1750	258.8	O.K.	8
	3	152.625	61.632	84.621	109.396	1750	258.8	O.K.	8
	4	152.378	61.568	84.532	109.349	1750	258.8	O.K.	8
	5	152.144	61.501	84.474	109.305	1750	258.8	O.K.	8
	6	151.920	61.440	84.450	109.266	1750	258.8	O.K.	8
	7	151.705	61.377	84.461	109.227	1750	258.8	O.K.	8
	8	151.498	61.303	84.511	109.164	1750	258.8	O.K.	8
	9	151.300	61.200	84.597	109.052	1750	258.8	O.K.	8
P1L	10	128.932	82.271	77.833	153.473	1750	258.8	O.K.	4
	11	129.052	82.300	77.771	153.555	1750	258.8	O.K.	4
	12	128.975	82.304	77.672	153.658	1750	258.8	O.K.	4
	13	128.619	82.284	77.497	153.736	1750	258.8	O.K.	4
	14	128.305	82.244	77.390	153.748	1750	258.8	O.K.	4
	15	128.116	82.155	77.384	153.645	1750	258.8	O.K.	4
	16	127.965	82.017	77.442	153.463	1750	258.8	O.K.	4
	17	127.531	81.821	77.420	153.243	1750	258.8	O.K.	4
	18	126.902	81.656	77.363	153.091	1750	258.8	O.K.	4
P1R	19	128.931	82.254	77.833	153.405	1750	258.8	O.K.	4
	20	129.052	82.299	77.771	153.496	1750	258.8	O.K.	4
	21	128.975	82.357	77.672	153.601	1750	258.8	O.K.	4
	22	128.619	82.356	77.497	153.706	1750	258.8	O.K.	4
	23	128.305	82.304	77.390	153.712	1750	258.8	O.K.	4
	24	128.116	82.204	77.384	153.603	1750	258.8	O.K.	4
	25	127.965	82.065	77.442	153.428	1750	258.8	O.K.	4
	26	127.531	81.942	77.420	153.231	1750	258.8	O.K.	4
	27	126.902	81.790	77.363	153.083	1750	258.8	O.K.	4
P2L	28	155.876	105.387	95.335	190.649	1750	258.8	O.K.	3
	29	156.298	105.464	95.250	190.821	1750	258.8	O.K.	3
	30	156.393	105.546	95.087	191.039	1750	258.8	O.K.	3
	31	156.029	105.564	94.784	191.219	1750	258.8	O.K.	3
	32	155.726	105.545	94.573	191.283	1750	258.8	O.K.	3
	33	155.620	105.439	94.510	191.148	1750	258.8	O.K.	3
	34	155.573	105.246	94.539	190.876	1750	258.8	O.K.	3
	35	155.069	104.954	94.428	190.542	1750	258.8	O.K.	3
	36	154.244	104.713	94.250	190.323	1750	258.8	O.K.	3
P2R	37	155.876	105.244	95.335	190.427	1750	258.8	O.K.	3
	38	156.298	105.369	95.250	190.612	1750	258.8	O.K.	3
	39	156.393	105.517	95.087	190.866	1750	258.8	O.K.	3
	40	156.029	105.567	94.784	191.058	1750	258.8	O.K.	3
	41	155.726	105.526	94.573	191.113	1750	258.8	O.K.	3
	42	155.620	105.404	94.510	190.968	1750	258.8	O.K.	3
	43	155.573	105.242	94.539	190.708	1750	258.8	O.K.	3
	44	155.069	105.035	94.428	190.408	1750	258.8	O.K.	3
	45	154.244	104.816	94.250	190.195	1750	258.8	O.K.	3
P3L	46	126.142	86.057	76.713	151.634	1750	258.8	O.K.	4
	47	126.426	86.097	76.544	151.712	1750	258.8	O.K.	4
	48	126.533	86.118	76.355	151.814	1750	258.8	O.K.	4
	49	126.365	86.114	76.098	151.892	1750	258.8	O.K.	4
	50	126.239	86.091	75.920	151.908	1750	258.8	O.K.	4
	51	126.242	86.018	75.858	151.810	1750	258.8	O.K.	4
	52	126.290	85.890	75.875	151.634	1750	258.8	O.K.	4
	53	126.065	85.700	75.831	151.417	1750	258.8	O.K.	4
	54	125.651	85.539	75.770	151.264	1750	258.8	O.K.	4
P3R	55	126.142	85.961	76.713	151.504	1750	258.8	O.K.	4
	56	126.426	86.022	76.544	151.591	1750	258.8	O.K.	4
	57	126.533	86.102	76.355	151.717	1750	258.8	O.K.	4
	58	126.365	86.119	76.098	151.804	1750	258.8	O.K.	4
	59	126.239	86.093	75.920	151.812	1750	258.8	O.K.	4
	60	126.242	85.997	75.858	151.707	1750	258.8	O.K.	4
	61	126.290	85.891	75.875	151.538	1750	258.8	O.K.	4
	62	126.065	85.758	75.830	151.343	1750	258.8	O.K.	4
	63	125.651	85.612	75.769	151.193	1750	258.8	O.K.	4

- 변위(mm)

PIER NO	Element	COMB1		COMB2		교량받침			비고(종)
		교축	교직	교축	교직	수직용량	수평변위	탈락검토	
A1	1	85.199	34.351	47.230	60.900	1750	144	O.K.	8
	2	85.046	34.326	47.146	60.895	1750	144	O.K.	8
	3	84.900	34.292	47.078	60.875	1750	144	O.K.	8
	4	84.762	34.256	47.026	60.851	1750	144	O.K.	8
	5	84.631	34.222	46.991	60.829	1750	144	O.K.	8
	6	84.505	34.188	46.975	60.809	1750	144	O.K.	8
	7	84.385	34.154	46.979	60.788	1750	144	O.K.	8
	8	84.270	34.115	47.004	60.759	1750	144	O.K.	8
	9	84.159	34.068	47.051	60.714	1750	144	O.K.	8
P1L	10	35.660	21.887	20.714	42.590	1750	72	O.K.	4
	11	35.690	21.894	20.705	42.604	1750	72	O.K.	4
	12	35.675	21.884	20.678	42.614	1750	72	O.K.	4
	13	35.572	21.861	20.619	42.614	1750	72	O.K.	4
	14	35.480	21.843	20.579	42.608	1750	72	O.K.	4
	15	35.426	21.824	20.570	42.589	1750	72	O.K.	4
	16	35.381	21.792	20.579	42.557	1750	72	O.K.	4
	17	35.254	21.732	20.556	42.509	1750	72	O.K.	4
	18	35.069	21.673	20.515	42.470	1750	72	O.K.	4
P1R	19	35.660	21.867	20.714	42.565	1750	72	O.K.	4
	20	35.696	21.885	20.705	42.583	1750	72	O.K.	4
	21	35.675	21.903	20.678	42.604	1750	72	O.K.	4
	22	35.572	21.890	20.619	42.608	1750	72	O.K.	4
	23	35.480	21.866	20.579	42.600	1750	72	O.K.	4
	24	35.425	21.840	20.570	42.578	1750	72	O.K.	4
	25	35.381	21.820	20.579	42.551	1750	72	O.K.	4
	26	35.254	21.788	20.556	42.514	1750	72	O.K.	4
	27	35.069	21.738	20.515	42.477	1750	72	O.K.	4
P2L	28	32.315	21.166	18.967	39.769	1750	54	O.K.	3
	29	32.406	21.188	18.960	39.794	1750	54	O.K.	3
	30	32.427	21.187	18.928	39.815	1750	54	O.K.	3
	31	32.346	21.177	18.855	39.825	1750	54	O.K.	3
	32	32.278	21.160	18.801	39.827	1750	54	O.K.	3
	33	32.254	21.146	18.782	39.811	1750	54	O.K.	3
	34	32.243	21.118	18.783	39.779	1750	54	O.K.	3
	35	32.131	21.055	18.743	39.728	1750	54	O.K.	3
P2R	36	31.949	20.994	18.679	39.687	1750	54	O.K.	3
	37	32.315	21.117	18.967	39.715	1750	54	O.K.	3
	38	32.406	21.150	18.960	39.745	1750	54	O.K.	3
	39	32.427	21.181	18.928	39.779	1750	54	O.K.	3
	40	32.346	21.177	18.855	39.793	1750	54	O.K.	3
	41	32.278	21.159	18.801	39.792	1750	54	O.K.	3
	42	32.254	21.138	18.782	39.773	1750	54	O.K.	3
	43	32.243	21.122	18.783	39.746	1750	54	O.K.	3
	44	32.131	21.091	18.743	39.707	1750	54	O.K.	3
	45	31.949	21.039	18.679	39.669	1750	54	O.K.	3
P3L	46	34.865	23.088	20.409	42.122	1750	72	O.K.	4
	47	34.946	23.103	20.369	42.134	1750	72	O.K.	4
	48	34.975	23.098	20.315	42.143	1750	72	O.K.	4
	49	34.923	23.081	20.233	42.143	1750	72	O.K.	4
	50	34.883	23.056	20.172	42.136	1750	72	O.K.	4
	51	34.880	23.056	20.146	42.119	1750	72	O.K.	4
	52	34.890	23.031	20.141	42.089	1750	72	O.K.	4
	53	34.819	22.976	20.108	42.041	1750	72	O.K.	4
	54	34.693	22.923	20.108	42.002	1750	72	O.K.	4
P3R	55	34.865	23.045	20.409	42.079	1750	72	O.K.	4
	56	34.946	23.067	20.369	42.095	1750	72	O.K.	4
	57	34.975	23.091	20.315	42.116	1750	72	O.K.	4
	58	34.923	23.085	20.233	42.119	1750	72	O.K.	4
	59	34.883	23.067	20.172	42.111	1750	72	O.K.	4
	60	34.880	23.048	20.146	42.090	1750	72	O.K.	4
	61	34.890	23.033	20.141	42.063	1750	72	O.K.	4
	62	34.819	23.006	20.108	42.029	1750	72	O.K.	4
	63	34.693	22.961	20.061	41.989	1750	72	O.K.	4
P4L	64	35.827	22.585	20.822	40.849	1750	144	O.K.	8
	65	35.875	22.607	20.769	40.882	1750	144	O.K.	8
	66	35.921	22.612	20.713	40.702	1750	144	O.K.	8
	67	35.918	22.610	20.646	40.719	1750	144	O.K.	8
	68	35.924	22.608	20.597	40.729	1750	144	O.K.	8
	69	35.953	22.601	20.573	40.723	1750	144	O.K.	8
	70	35.992	22.588	20.569	40.705	1750	144	O.K.	8
	71	35.987	22.555	20.555	40.681	1750	144	O.K.	8
	72	35.952	22.518	20.540	40.651	1750	144	O.K.	8

PIER NO	Element	COMB1		COMB2		교량받침			비고(종)
		교축	교직	교축	교직	수직용량	수평용량	탈락검토	
P4L	64	64.857	42.330	39.267	73.589	1750	258.8	O.K.	8
	65	64.947	42.383	39.052	73.680	1750	258.8	O.K.	8
	66	64.988	42.412	38.847	73.745	1750	258.8	O.K.	8
	67	64.955	42.436	38.635	73.813	1750	258.8	O.K.	8
	68	64.939	42.443	38.456	73.847	1750	258.8	O.K.	8
	69	64.962	42.420	38.327	73.821	1750	258.8	O.K.	8
	70	65.005	42.377	38.241	73.757	1750	258.8	O.K.	8
	71	64.978	42.321	38.162	73.688	1750	258.8	O.K.	8
	72	64.903	42.253	38.091	73.605	1750	258.8	O.K.	8
P4R	73	129.715	84.650	78.533	147.169	1750	258.8	O.K.	4
	74	129.894	84.759	78.104	147.341	1750	258.8	O.K.	4
	75	129.976	84.851	77.694	147.482	1750	258.8	O.K.	4
	76	129.911	84.909	77.269	147.614	1750	258.8	O.K.	4
	77	129.877	84.912	76.913	147.675	1750	258.8	O.K.	4
	78	129.925	84.858	76.654	147.616	1750	258.8	O.K.	4
	79	130.010	84.785	76.483	147.489	1750	258.8	O.K.	4
	80	129.957	84.703	76.393	147.355	1750	258.8	O.K.	4
	81	129.807	84.567	76.181	147.175	1750	258.8	O.K.	4
P5L	82	111.204	95.702	68.578	165.604	1750	258.8	O.K.	3
	83	111.789	95.708	68.713	165.577	1750	258.8	O.K.	3
	84	112.157	95.744	68.824	165.661	1750	258.8	O.K.	3
	85	112.224	95.756	68.873	165.722	1750	258.8	O.K.	3
	86	112.331	95.699	68.999	165.837	1750	258.8	O.K.	3
	87	112.570	95.514	69.241	165.307	1750	258.8	O.K.	3
	88	112.850	95.225	69.565	164.811	1750	258.8	O.K.	3
	89	112.831	94.876	69.842	164.272	1750	258.8	O.K.	3
	90	112.597	94.573	70.115	163.824	1750	258.8	O.K.	3
P5R	91	111.204	95.781	68.578	165.814	1750	258.8	O.K.	3
	92	111.789	95.802	68.713	165.795	1750	258.8	O.K.	3
	93	112.157	95.894	68.824	165.907	1750	258.8	O.K.	3
	94	112.224	95.924	68.873	165.973	1750	258.8	O.K.	3
	95	112.331	95.854	68.999	165.879	1750	258.8	O.K.	3
	96	112.570	95.657	69.241	165.544	1750	258.8	O.K.	3
	97	112.850	95.393	69.565	165.064	1750	258.8	O.K.	3
	98	112.831	95.102	69.842	164.558	1750	258.8	O.K.	3
	99	112.597	94.813	70.115	164.113	1750	258.8	O.K.	3
P6L	100	74.349	73.577	47.371	127.708	1750	258.8	O.K.	4
	101	74.736	73.608	47.334	127.742	1750	258.8	O.K.	4
	102	75.016	73.669	47.296	127.851	1750	258.8	O.K.	4
	103	75.145	73.720	47.239	127.950	1750	258.8	O.K.	4
	104	75.294	73.725	47.229	127.958	1750	258.8	O.K.	4
	105	75.513	73.648	47.283	127.815	1750	258.8	O.K.	4
	106	75.756	73.509	47.388	127.569	1750	258.8	O.K.	4
	107	75.855	73.342	47.483	127.299	1750	258.8	O.K.	4
	108	75.852	73.205	47.591	127.085	1750	258.8	O.K.	4
P6R	109	74.344	73.516	47.369	127.649	1750	258.8	O.K.	4
	110	74.732	73.556	47.332	127.690	1750	258.8	O.K.	4
	111	75.012	73.643	47.294	127.818	1750	258.8	O.K.	4
	112	75.141	73.703	47.237	127.924	1750	258.8	O.K.	4
	113	75.290	73.704	47.227	127.929	1750	258.8	O.K.	4
	114	75.508	73.622	47.281	127.783	1750	258.8	O.K.	4
	115	75.752	73.492	47.386	127.543	1750	258.8	O.K.	4
	116	75.851	73.349	47.481	127.289	1750	258.8	O.K.	4
	117	75.848	73.216	47.589	127.073	1750	258.8	O.K.	4
A2	118	151.825	83.705	85.667	139.582	1750	258.8	O.K.	8
	119	151.970	83.787	85.373	139.686	1750	258.8	O.K.	8
	120	152.118	83.814	85.107	139.700	1750	258.8	O.K.	8
	121	152.269	83.820	84.870	139.679	1750	258.8	O.K.	8
	122	152.425	83.826	84.661	139.657	1750	258.8	O.K.	8
	123	152.588	83.835	84.479	139.641	1750	258.8	O.K.	8
	124	152.764	83.848	84.322	139.632	1750	258.8	O.K.	8
	125	152.953	83.848	84.189	139.601	1750	258.8	O.K.	8
	126	153.155	83.797	84.080	139.483	1750	258.8	O.K.	8

36.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 36.2.1】 금촌3교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	금촌3교의 주요 손상현황으로는 교량받침 받침콘크리트 재료분리, 바닥판하면 파손 및 철근노출, 교대 균열(Cw=0.3㎜이상), 백태, 교각 백태가 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	금촌3교의 주요 손상현황으로는 교량받침 받침콘크리트 재료분리, 바닥판하면 파손 및 철근노출, 교대 균열(Cw=0.3㎜이상), 백태, 교각 백태가 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교량받침 받침콘크리트 재료분리 바닥판하면 파손 및 철근노출 교대 균열(cw=0.3㎜이상), 백태 교각 백태	양호

36.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

36.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

36.2.5 시설물 보수 이력

【표 36.2.2】 금촌3교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

36.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 36.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

36.3 현장조사

36.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차 및 굴절차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S7	도보, 고소차, 굴절차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



연단거리 측정



비파괴시험

【사진 36.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

36.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 금촌3교는 총 7경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=274.0m 폭 24.6m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보, 고소점검차 및 굴절점검차로 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경



바닥판 하면 전경

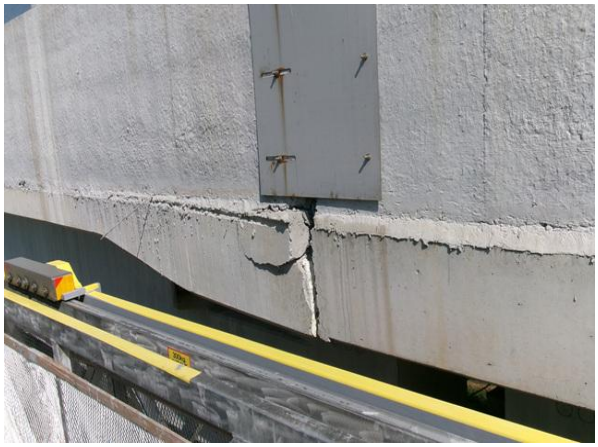
【사진 36.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 재료분리, 균열부백태, 박리, 파손 및 철근노출이 조사되었다.

【표 36.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	재료분리 (㎡/개소)		균열부백태 (㎡/개소)		박리 (㎡/개소)		파손 및 철근노출 (㎡/개소)	
S1	0.24	2	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	0.20	4	-	-	-	-
S4	-	-	1.53	4	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	0.15	1	-	-
S6	-	-	-	-	-	-	-	-
S7	-	-	-	-	-	-	0.02	1
합계	0.24	2	1.73	8	0.15	1	0.02	1

	
바닥판하면 S1 재료분리(0.3×0.4×2EA)	바닥판하면 S4 균열부백태(0.1×0.5×2EA)
	
바닥판하면 S5 박리(0.5×0.3)	바닥판하면 S7 파손 및 철근노출(0.1×0.2)

【사진 36.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 바닥판 하면에 조사된 재료분리, 균열부백태, 박리, 철근노출은 초기 건초수축, 시공미흡, 우수유입, 다짐불량 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 재구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 및 방청 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 IPC 거더 형식으로 시공되어 있으며, 도보, 고소점검차 굴절점검차로 현장조사를 실시하였다.



거더 전경



거더 전경

【사진 36.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 망상균열, 파손이 조사되었다.

【표 36.3.2】 거더 현장조사 결과

구분	망상균열 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
S1	-	-	-	-
S2	-	-	-	-
S3	-	-	-	-
S4	2.25	1	-	-
S5	-	-	-	-
S6	-	-	-	-
S7	-	-	0.10	1
합계	2.25	1	0.10	1

	
거더 S4-G1 망상균열(1.5×1.5)	거더 S7-G9 파손(0.2×0.5)

【사진 36.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더에 조사된 망상균열, 파손의 경우 초기 건조수축, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리 및 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 등의 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보, 고소점검차 및 굴절점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경



가로보 전경

【사진 36.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보에 대한 현장조사 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 국부적인 재료분리가 조사되었다.

【표 36.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분	재료분리 (㎡/개소)	
S1	-	-
S2	-	-
S3	0.27	3
S4	0.74	2
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
합계	1.01	5

	
가로보 S3-G2~3 재료분리(0.3×0.3×3EA)	가로보 S3-G2~3 재료분리(0.3×0.3×3EA)
	
가로보 S4-G1~2 재료분리(0.5×1.0)	가로보 S4-G1~2 재료분리(0.5×1.0)

【사진 36.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 국부적인 재료분리가 조사된 상태이며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 금촌3교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 내부굴착강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

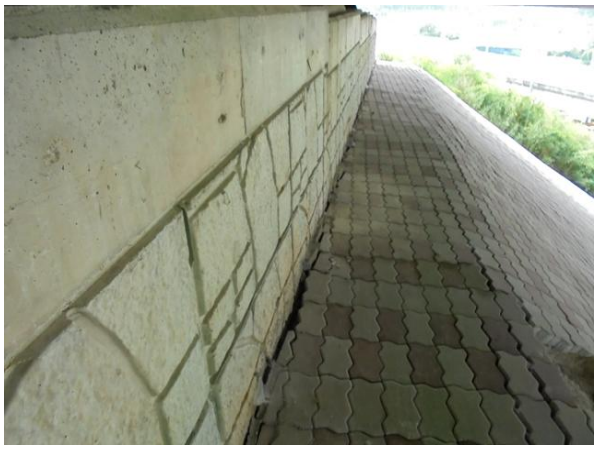
【사진 36.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 기 손상인 앞성토 버림콘크리트 파손 및 침파, 폐자재적치가 보수되었고, 전반적으로 양호한 상태이나 균열(0.3㎜미만, 이상), 백태, 법면 이격 등의 손상이 국부적으로 조사되었다.

【표 36.3.4】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)		백태 (㎡/개소)		법면이격 (m/개소)	
A1	-	-	7.00	3	-	-	-	-
A2	2.00	1	-	-	0.10	1	24.00	1
합계	2.00	1	7.00	3	0.10	1	24.00	1

	
교대 A2 흉벽 백태(0.2×0.5)	교대 A2 법면 이격(L=24.0m)
	
교대 A1 흉벽 균열(Cw=0.3㎜이상)	교대 A2 흉벽 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 36.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 조사된 균열(폭0.3㎜이상,미만), 백태, 법면이격의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 신축이음부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 주입보수, 실란트재충전 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통하여 손상의 추가 및 진전여부에 대한 주의관찰이 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 금촌3교의 교각은 π형, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어 있다. 교각에 대한 현장조사는 도보, 고소점검차 및 굴절점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



교각 전경(P1)



교각 전경(P6)

【사진 36.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과 균열(0.3㎜미만, 이상), 망상균열, 박리, 재료분리, 백태, 파손, 홀미채움 등의 손상이 국부적으로 조사되었다.

【표 36.3.5】 교각 현장조사 결과

구분	균열 (0.3㎜미만) (m/개소)		균열 (0.3㎜이상) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		박리 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)		홀미채움 (EA/개소)	
P1	8.60	9	-	-	0.60	1	-	-	-	-	-	-	0.01	1	-	-
P2	74.30	27	2.50	1	10.00	4	-	-	0.32	1	-	-	-	-	-	-
P3	40.00	2	-	-	18.00	2	-	-	-	-	4.50	3	-	-	-	-
P4	40.60	3	-	-	10.25	3	-	-	-	-	-	-	0.12	3	1.00	1
P5	5.00	1	-	-	-	-	0.24	2	-	-	-	-	0.01	1	-	-
P6	1.90	3	-	-	0.90	2	1.55	6	-	-	0.12	2	-	-	-	-
합계	170.40	45	2.50	1	39.75	12	1.79	8	0.32	1	4.62	5	0.14	5	1.00	1

	
교각 P1 기둥부 균열(Cw=0.3㎜미만)	교각 P2 코핑부 균열(Cw=0.3㎜이상)
	
교각 P3 기둥부 백태(2.0×1.0)	교각 P1 기둥부 박리(3.0×0.1)

【사진 36.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

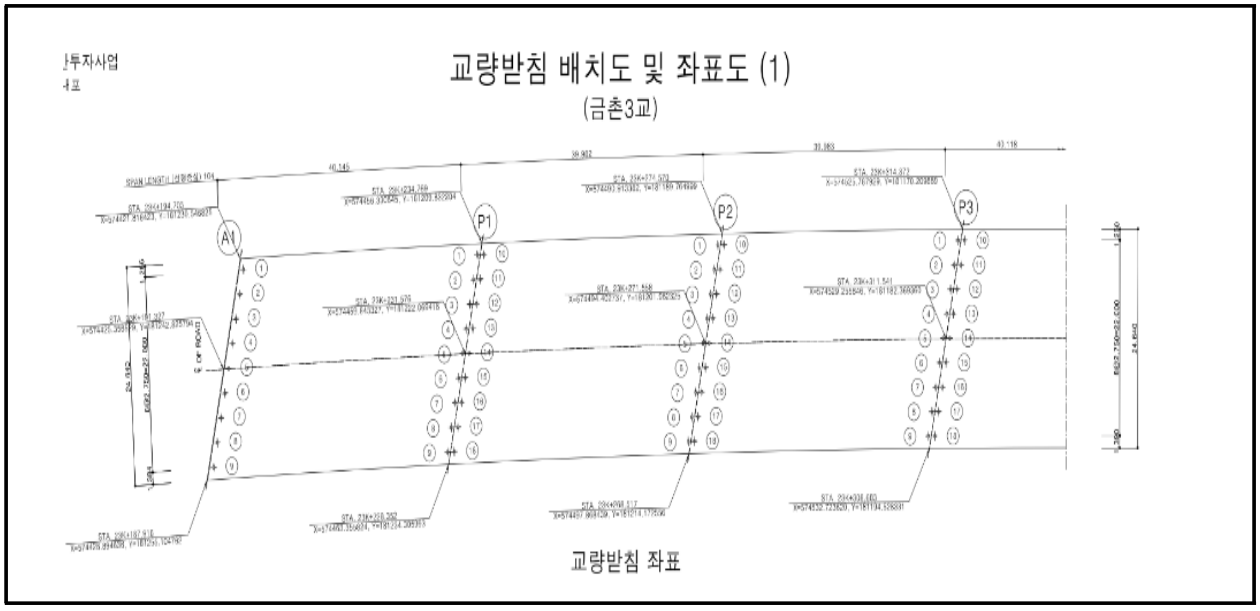
4) 검토의견

- 교각에 조사된 균열(폭0.3㎜이상,미만), 망상균열, 재료분리, 백태, 박리, 파손, 홀 미채움의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 주입보수, 단면보수, 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통하여 손상의 추가 및 진전 여부에 대한 주의관찰이 요구된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 금촌3교의 받침은 탄성받침으로 총 126기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 36.3.1】 교량받침 배치도



탄성받침 전경	탄성받침 전경	탄성받침 전경

【사진 36.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침에 대한 현장조사 결과 받침콘크리트 균열, 망상균열, 재료분리, 파손, Plate부식이 조사되었다.

【표 36.3.6】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침콘크리트 균열 (m/개소)		받침콘크리트 망상균열 (㎡/개소)		받침콘크리트 재료분리 (㎡/개소)		Plate부식 (EA/개소)	
A1	-	-	-	-	0.07	5	-	-
P1	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	-	-	-	-	-	-	-	-
P3	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	0.60	3	-	-	-	-	-	-
P5	-	-	-	-	0.32	6	-	-
P6	1.80	9	0.16	2	-	-	-	-
A2	-	-	-	-	-	-	1.00	1
합계	2.40	12	0.16	2	0.39	11	1.00	1



P1-Sh3 받침콘크리트 재료분리(0.1×0.1×4EA)



P6-Sh11 받침콘크리트 균열(Cw=0.3㎜미만)



A2-Sh5 Plate부식(1EA)

-

【사진 36.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

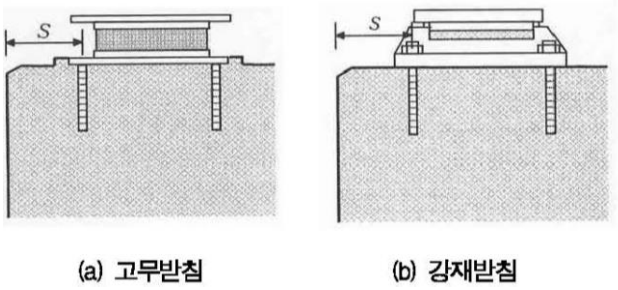
4) 검토의견

■ 교량받침에서 발생된 받침콘크리트 균열, 망상균열, 재료분리, 파손, Plate부식은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡 등에 의한 손상으로 구조물의 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수, 재도장 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 연단거리 검토

■ 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.

■ 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 36.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 36.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=40.0m) : 200+5×40.0 = 400(㎜)
- 거더 경간길이(L=38.0m) : 200+5×38.0 = 390(㎜)

【표 36.3.7】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)									검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	Sh7	Sh8	Sh9	
			Sh10	Sh11	Sh12	Sh13	Sh14	Sh15	Sh16	Sh17	Sh18	
A1		400	510	510	500	500	510	500	500	510	510	O.K
P1	A1측	400	550	550	550	550	540	540	540	540	540	O.K
	A2측	400	450	450	450	450	450	450	460	460	460	O.K
P2	A1측	400	610	610	610	610	610	610	610	610	610	O.K
	A2측	400	500	500	500	500	490	490	500	490	490	O.K
P3	A1측	400	570	570	580	580	590	580	590	580	590	O.K
	A2측	400	450	450	460	460	450	460	460	460	460	O.K
P4	A1측	400	550	550	550	560	560	560	560	560	560	O.K
	A2측	390	450	440	450	450	450	450	460	460	460	O.K
P5	A1측	390	550	550	550	550	550	560	560	560	560	O.K
	A2측	390	570	580	580	570	580	580	580	580	580	O.K
P6	A1측	390	550	550	550	550	560	560	560	560	560	O.K
	A2측	390	420	420	420	420	430	430	430	430	430	O.K
A2		390	450	450	460	460	460	460	460	460	460	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 36.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 36.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분		온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
		동절기	하절기			동절기	하절기	
A1		23.6	26.4	0.00001	80.0	18.9	21.1	
P1		23.6	26.4	0.00001	40.0	9.4	10.6	
P2		고정단						
P3		23.6	26.4	0.00001	40.0	9.4	10.6	
P4	시점	23.6	26.4	0.00001	40.0	9.4	10.6	
	종점	23.6	26.4	0.00001	38.0	9.0	10.0	
P5		고정단						
P6		23.6	26.4	0.00001	38.0	9.0	10.0	
A2		23.6	26.4	0.00001	76.0	17.9	20.1	

1) 조사당시 온도 : 8.6℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 파주)
2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방)

【표 36.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위(㎜)	검토결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	+5	72	62	18.9	21.1	±67	O.K
	SH2	+5	72	62			±67	O.K
	SH3	+5	72	62			±67	O.K
	SH4	+5	72	62			±67	O.K
	SH5	+5	72	62			±67	O.K
	SH6	+5	72	62			±67	O.K
	SH7	+5	72	62			±67	O.K
	SH8	+5	72	62			±67	O.K
	SH9	+5	72	62			±67	O.K
P1	SH1	0	34	34	9.4	10.6	±34	O.K
	SH2	0	34	34			±34	O.K
	SH3	0	34	34			±34	O.K
	SH4	0	34	34			±34	O.K
	SH5	0	34	34			±34	O.K
	SH6	0	34	34			±34	O.K
	SH7	0	34	34			±34	O.K
	SH8	0	34	34			±34	O.K
	SH9	0	34	34			±34	O.K
	SH10	0	34	34			±34	O.K
	SH11	0	34	34			±34	O.K
	SH12	0	34	34			±34	O.K
	SH13	0	34	34			±34	O.K
	SH14	0	34	34			±34	O.K
	SH15	0	34	34			±34	O.K
	SH16	0	34	34			±34	O.K
	SH17	0	34	34			±34	O.K
	SH18	0	34	34			±34	O.K
P2	고정단							

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K
허용변위 = 받침높이 × 0.3

【표 36.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위 (㎜)	검토결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P3	SH1	+10	44	24	9.4	10.6	±34	O.K
	SH2	+10	44	24			±34	O.K
	SH3	+10	44	24			±34	O.K
	SH4	+10	44	24			±34	O.K
	SH5	+10	44	24			±34	O.K
	SH6	+10	44	24			±34	O.K
	SH7	+10	44	24			±34	O.K
	SH8	+10	44	24			±34	O.K
	SH9	+10	44	24			±34	O.K
	SH10	+10	44	24			±34	O.K
	SH11	+10	44	24			±34	O.K
	SH12	+10	44	24			±34	O.K
	SH13	+10	44	24			±34	O.K
	SH14	+10	44	24			±34	O.K
	SH15	+10	44	24			±34	O.K
	SH16	+10	44	24			±34	O.K
	SH17	+10	44	24			±34	O.K
	SH18	+10	44	24			±34	O.K
P4	SH1	0	67	67	9.4	10.6	±67	O.K
	SH2	0	67	67			±67	O.K
	SH3	0	67	67			±67	O.K
	SH4	0	67	67			±67	O.K
	SH5	0	67	67			±67	O.K
	SH6	0	67	67			±67	O.K
	SH7	0	67	67			±67	O.K
	SH8	0	67	67			±67	O.K
	SH9	0	67	67			±67	O.K
	SH10	0	34	34	9.0	10.0	±34	O.K
	SH11	0	34	34			±34	O.K
	SH12	0	34	34			±34	O.K
	SH13	0	34	34			±34	O.K
	SH14	0	34	34			±34	O.K
	SH15	0	34	34			±34	O.K
	SH16	0	34	34			±34	O.K
	SH17	0	34	34			±34	O.K
	SH18	0	34	34			±34	O.K
P5	고정단							

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K
허용변위 = 받침높이 × 0.3

【표 36.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용변위(㎜)	검토결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
P6	SH1	0	34	34	9.0	10.0	±34	O.K
	SH2	0	34	34			±34	O.K
	SH3	0	34	34			±34	O.K
	SH4	0	34	34			±34	O.K
	SH5	0	34	34			±34	O.K
	SH6	0	34	34			±34	O.K
	SH7	0	34	34			±34	O.K
	SH8	0	34	34			±34	O.K
	SH9	0	34	34			±34	O.K
	SH10	0	34	34			±34	O.K
	SH11	0	34	34			±34	O.K
	SH12	0	34	34			±34	O.K
	SH13	0	34	34			±34	O.K
	SH14	0	34	34			±34	O.K
	SH15	0	34	34			±34	O.K
	SH16	0	34	34			±34	O.K
	SH17	0	34	34			±34	O.K
	SH18	0	34	34			±34	O.K
A2	SH1	+35	119	49	17.9	20.1	±84	O.K
	SH2	+35	119	49			±84	O.K
	SH3	+35	119	49			±84	O.K
	SH4	+35	119	49			±84	O.K
	SH5	+35	119	49			±84	O.K
	SH6	+35	119	49			±84	O.K
	SH7	+35	119	49			±84	O.K
	SH8	+35	119	49			±84	O.K
	SH9	+35	119	49			±84	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K
허용변위 = 받침높이 × 0.3

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 모두 강핑거조인트로 시공된 상태이다.



EXP.J1(A1) 전경



EXP.J2(A2) 전경

【사진 36.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열, 차수판 앵커탈락이 조사되었다.

【표 36.3.10】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		차수판 앵커탈락 (EA/개소)	
A1 (EXP J1)	2.40	8	1.00	1
P4 (EXP J2)	-	-	1.00	1
A2 (EXP J3)	-	-	1.00	1
합계	2.40	8	3.00	3

	
신축이음 A1 차수판 앵커탈락(1EA)	신축이음 A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
신축이음 A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	신축이음 A2 차수판 앵커탈락(1EA)

【사진 36.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 차수판 앵커탈락은 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차 부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−5℃ ~ 35℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 10. 17. 기온 적용: 8.6℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃−8.6℃ = 26.4℃
△T(수축시) : −15.0℃−(8.6℃) = 23.6℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 36.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 36.3.11】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	23.6	26.4	0.00001	80.0	18.9	21.1	75	90	220	
P4	23.6	26.4	0.00001	118.0	27.8	31.2	95	120	200	
A2	23.6	26.4	0.00001	76.0	17.9	20.1	80	60	115	

1) 조사당시 온도 : 8.6℃(조사일 : 2022년 10월 17일, 평균온도, 파주)
2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방)

【표 36.3.12】 신축이음 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	7.8	12.4	75	100	17.2	62.6	O.K
	바닥판			90	-	-	77.6	O.K
	거더			220	-	-	207.6	O.K
P4	신축이음	27.8	31.2	95	150	27.2	27.6	O.K
	바닥판			120	-	-	57.6	O.K
	거더			200	-	-	168.8	O.K
A2	신축이음	7.8	12.4	80	100	12.2	67.6	O.K
	바닥판			60	-	-	47.6	O.K
	거더			115	-	-	102.6	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 금촌3교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

【사진 36.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장의 현장조사 결과 접속부 이격, 접속부 파손, 접속부 망상균열, 접속부 박리, 포장 박리, 포장 망상균열이 조사되었다.

【표 36.3.13】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속부 이격 (m/개소)		접속부 파손 (㎡/개소)		접속부 망상균열 (㎡/개소)		접속부 박리 (㎡/개소)		포장 박리 (㎡/개소)		포장 망상균열 (㎡/개소)	
S1	12.00	1	3.00	1	-	-	-	-	40.00	1	-	-
S2	-	-	-	-	-	-	-	-	39.00	1	-	-
S3	-	-	-	-	-	-	-	-	39.00	1	-	-
S4	-	-	-	-	-	-	-	-	39.00	1	-	-
S5	-	-	-	-	-	-	-	-	39.00	1	-	-
S6	-	-	-	-	-	-	-	-	39.00	1	9.00	1
S7	12.00	1	-	-	18.00	1	5.00	1	39.00	1	-	-
합계	24.00	2	3.00	1	18.00	1	5.00	1	274.00	7	9.00	1

	
교면포장 S1 접속부 이격(L=12.0m, T=1.0cm)	교면포장 S2 포장박리(1.0 × 39.0)
	
교면포장 S7 접속부 포장박리(1.0 × 5.0)	교면포장 S1 접속부 파손(1.0 × 3.0)

【사진 36.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장에 발생한 접속부 파손, 접속부 이격, 접속부 망상균열, 접속부 포장박리, 포장 파손, 포장 박리는 초기 건조수축, 시공미흡, 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 실링재 충전 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 금촌3교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 각 방향별 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

<table>
<tr><td>  </td><td> 
</td></tr>
<tr><td>배수시설 S5 배수구 그레이팅 변형(1EA)</td><td>배수관 전경</td></tr>
</table>

【사진 36.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과 그레이팅 변형이 조사되었다.

【표 36.3.14】 배수시설 현장조사 결과

구분	그레이팅 변형 (EA/개소)	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
S5	1.00	1
S6	-	-
S7	-	-
합계	1.00	1

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 36.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 배수시설에 조사된 배수구 그레이팅 변형은 시공미흡, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 정비(재설치)등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽 전경



중앙분리대 전경

【사진 36.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 접속부 단차, 접속부 파손이 조사되었다.

【표 36.3.15】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	접속부 단차 (m/개소)		접속부 파손 (㎡/개소)	
S1	-	-	-	-
S2	-	-	-	-
S3	-	-	-	-
S4	-	-	-	-
S5	-	-	-	-
S6	-	-	-	-
S7	4.50	2	0.05	1
합계	4.50	2	0.05	1

	
방호벽 S7 접속부 단차(L=1.5m, T=3.5cm))	방호벽 S7 접속부 단차(L=1.5m, T=3.5cm))
	
방호벽 S7 접속부 파손(0.1×0.5)	중분대 상태양호

【사진 36.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 접속부 단차, 접속부 파손은 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 단면보수, 실링재충전을 실시하는 것이 필요하다.

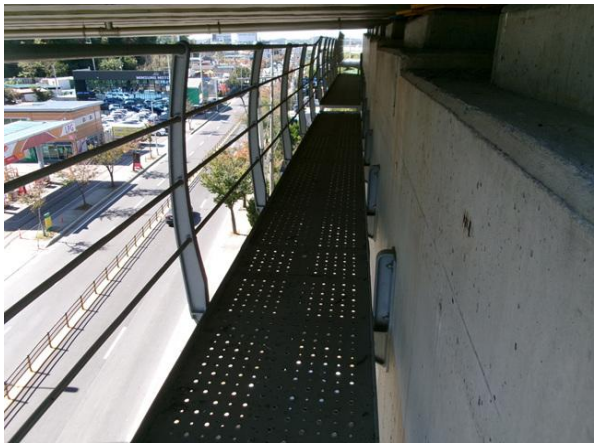
카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 금촌3교의 점검로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1~P6 에 강재+알루미늄 재질의 점검로가 설치되어 있다.



점검계단 전경



점검로 전경

【사진 36.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 36.3.16】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
P4	-	-
P5	-	-
P6	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 36.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

36.3.3 현장조사 총괄표

【표 36.3.17】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	재료분리	㎡	0.24	2	
	균열부백태	㎡	1.73	8	
	박리	㎡	0.15	1	
	파손 및 철근노출	㎡	0.02	1	
거더	망상균열	㎡	2.25	1	
	파손	㎡	0.10	1	
가로보	재료분리	㎡	1.01	5	
교대	균열(0.3㎜미만)	m	2.00	1	
	균열(0.3㎜이상)	m	7.00	3	
	백태	㎡	0.10	1	
	법면이격	m	24.00	1	
교각	균열(0.3㎜미만)	m	170.40	1	
	균열(0.3㎜이상)	m	2.50	1	
	망상균열	㎡	39.75	12	
	박리	㎡	1.79	8	
	재료분리	㎡	0.32	1	
	백태	㎡	4.62	5	
	파손	㎡	0.14	5	
	홀미채움	EA	1.00	1	
교량받침	받침콘크리트 균열	m	2.40	12	
	받침콘크리트 망상균열	㎡	0.16	2	
	받침콘크리트 재료분리	㎡	0.39	11	
	Plate부식	EA	1.00	1	
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	2.40	8	
	차수판 앵커탈락	EA	3.00	3	
교면포장	접속부 이격	m	24.00	2	
	접속부 파손	㎡	3.00	1	
	접속부 망상균열	㎡	18.00	1	
	접속부 박리	㎡	5.00	1	
	포장 박리	㎡	274.00	7	
	포장 망상균열	㎡	9.00	1	
배수시설	그레이팅 변형	EA	1.00	1	
방호벽	접속부 단차	m	4.50	2	
	접속부 파손	㎡	0.50	1	
점검시설	상태양호	-	-	-	

36.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

36.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

36.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 36.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	6	6	6	6	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		3	3	3	3	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 고소차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 시험을 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



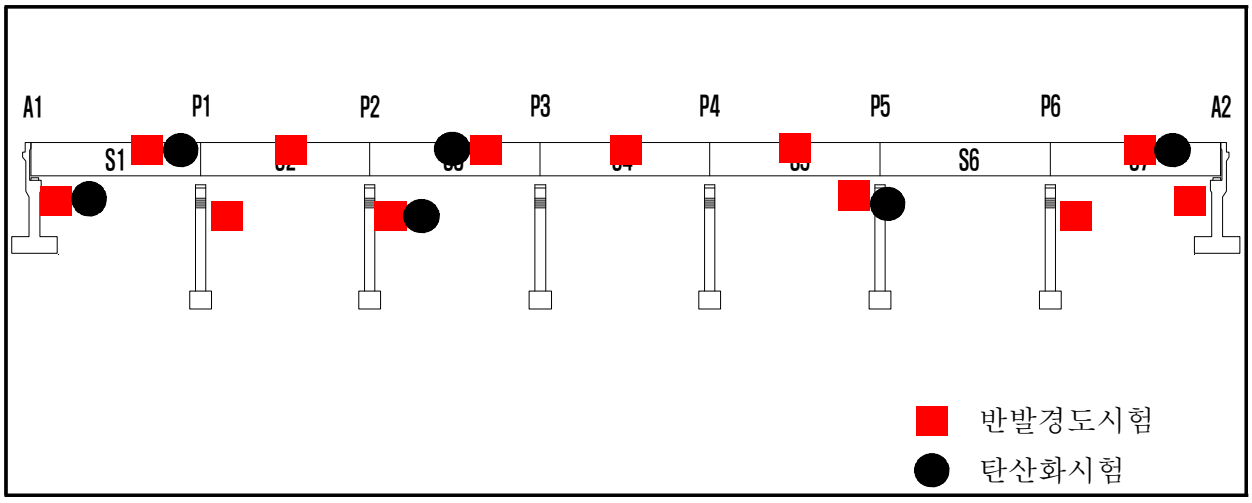
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 36.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 36.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

36.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 12개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 36.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1 바닥판	46.3	27.3	28.8	0.67	27.0	
	S4 바닥판	46.0	27.1	28.6			
	S7 바닥판	46.5	27.5	28.9			

【표 36.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
상부구조	S2 거더	48.6	41.1	49.0	0.67	40.0	
	S3 거더	49.2	41.7	50.0			
	S5 거더	49.1	41.5	49.7			

【표 36.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1 교대	43.7	25.1	27.5	0.67	24.0	
	A2 교대	42.8	24.3	27.1			

【표 36.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정계수		
하부구조	P1 교각	48.6	41.0	48.9	0.67	40.0	
	P2 교각	48.0	40.5	48.1			
	P5 교각	48.6	41.1	49.0			
	P6 교각	47.7	40.2	47.6			

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.1~28.9㎫, 거더 41.1~50.0㎫, 하부구조 교대 24.3~27.5㎫, 교각 40.2~49.0㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 36.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.1 ~ 28.9	27.0	100.4 ~ 106.9
	거더	41.1 ~ 50.0	40.0	102.8 ~ 125.0
하부구조	교대	24.3 ~ 27.5	24.0	101.3 ~ 114.6
	교각	40.2 ~ 49.0	40.0	100.5 ~ 122.5

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 36.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S1 바닥판하면	1.5	40.0	38.5	a	1.06	100년이상	
	S3 바닥판하면	2.0	40.0	38.0	a	1.41	100년이상	
	S2 바닥판하면	2.0	40.0	38.0	a	1.41	100년이상	
하부구조	A1 구체	2.0	100.0	98.0	a	1.41	100년이상	
	P3 코핑부	1.0	100.0	99.0	a	0.71	100년이상	
	P2 코핑부	1.0	100.0	99.0	a	0.71	100년이상	

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.5~2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.0~2.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 36.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.5~2.0	38.0~38.5	
하부구조	1.0~2.0	98.0~99.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 36.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■설계강도 이상(양호)
		거더	41.1~50.0	40.0	
	하부구조	교대	24.3~27.5	24.0	
		교각	40.2~49.0	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~38.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		98.0~99.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

36.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

36.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 36.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	IPC거더	b	a	a	b	a	a	b	b	c	q	a	a
S2	P1	IPC거더	a	a	a	b	a	a	–	a	b	q	–	–
S3	P2	IPC거더	b	a	b	b	a	a	–	a	c	q	a	–
S4	P3	IPC거더	b	b	b	b	a	a	–	a	b	q	–	a
S5	P4	IPC거더	b	a	a	b	a	a	a	b	b	q	–	–
S6	P5	IPC거더	a	a	a	b	a	a	–	b	b	q	–	a
S7	P6	IPC거더	c	b	a	c	a	b	–	b	c	q	a	–
	A2								a	b	b	q	–	–
평균			0.200	0.129	0.129	0.229	0.100	0.114	0.133	0.163	0.275	–	0.100	0.100
가중치			20	20	3	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.040	0.026	0.004	0.016	0.003	0.002	0.012	0.015	0.055	–	0.004	0.003
													0.179	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.179) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 36.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
금촌3교	0.179	B	274	4	1,096	1.000	0.179
합계(∑)			274	4	1,096	1	0.179
1. 평가지수 =							0.179
2. 상태평가결과 =							B

36.5.2 기 점검 결과와의 비교

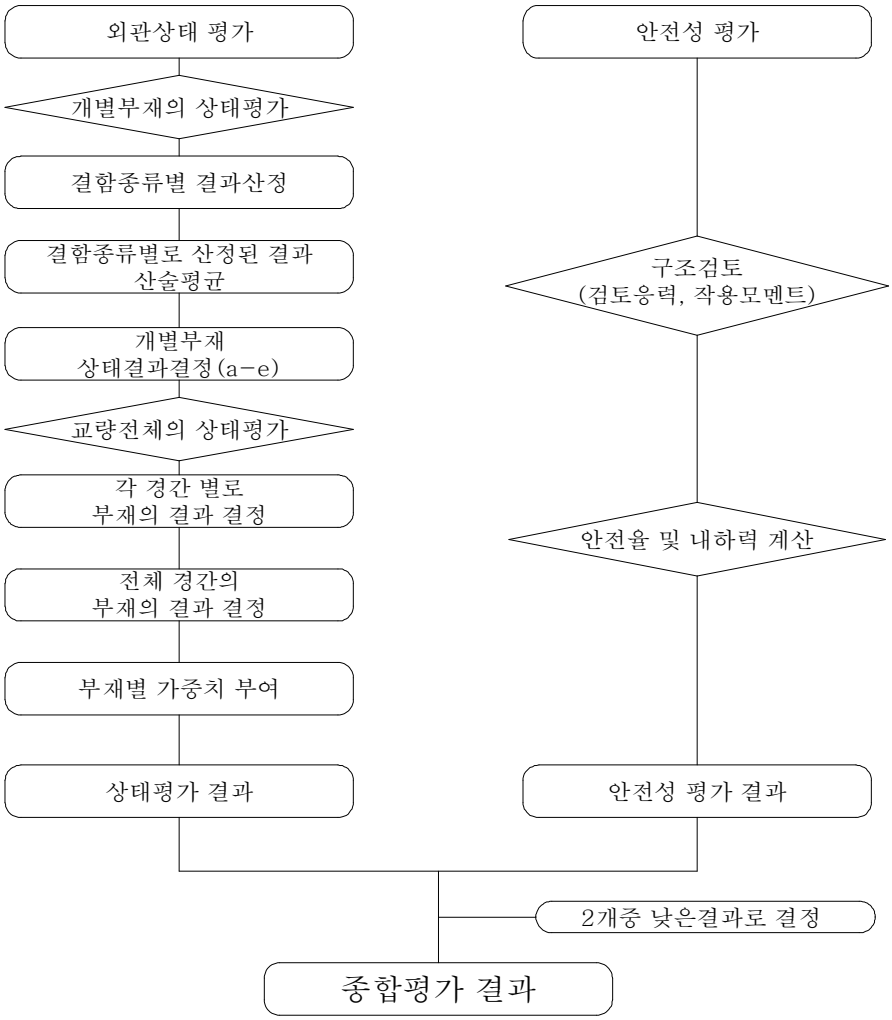
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

36.6 종합평가 및 안전등급 지정

36.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 36.6.1】 종합평가 결과 산정절차

36.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 36.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
금촌3교	0.179	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

36.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 36.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

36.7 보수・보강 및 유지관리방안

36.7.1 보수・보강 방안

【표 36.7.1】 손상별 보수・보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	재료분리	㎡	0.24	2	단면보수	하자
	균열부백태	㎡	1.73	8	표면처리	하자
	박리	㎡	0.15	1	단면보수	하자
	파손 및 철근노출	㎡	0.02	1	단면보수 및 방청	하자
거더	망상균열	㎡	2.25	1	표면처리	하자
	파손	㎡	0.10	1	단면보수	하자
가로보	재료분리	㎡	1.01	5	단면보수	하자
교대	균열(0.3㎜미만)	m	2.00	1	표면처리	하자
	균열(0.3㎜이상)	m	7.00	3	주입보수	하자
	백태	㎡	0.10	1	표면처리	하자
	법면이격	m	24.00	1	실링재충전	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	m	170.40	1	표면처리	하자
	균열(0.3㎜이상)	m	2.50	1	주입보수	하자
	망상균열	㎡	39.75	12	표면처리	하자
	박리	㎡	1.79	8	단면보수	하자
	재료분리	㎡	0.32	1	단면보수	하자
	백태	㎡	4.62	5	표면처리	하자
	파손	㎡	0.14	5	단면보수	하자
	홀미채움	EA	1.00	1	단면보수	하자
교량받침	받침콘크리트 균열	m	2.40	12	표면처리	하자
	받침콘크리트 망상균열	㎡	0.16	2	표면처리	하자
	받침콘크리트 재료분리	㎡	0.39	11	단면보수	하자
	Plate부식	EA	1.00	1	재도장	하자
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	2.40	8	표면처리	하자
	차수판 앵커탈락	EA	3.00	3	정비(재설치)	하자
교면포장	접속부 이격	m	24.00	2	실링재충전	하자
	접속부 파손	㎡	3.00	1	단면보수	하자
	접속부 망상균열	㎡	18.00	1	표면처리	하자
	접속부 박리	㎡	5.00	1	단면보수	하자
	포장 박리	㎡	274.00	7	단면보수	하자
	포장 망상균열	㎡	9.00	1	표면처리	하자
배수시설	그레이팅 변형	EA	1.00	1	정비(재설치)	하자
방호벽	접속부 단차	m	4.50	2	실링재충전	하자
	접속부 파손	㎡	0.50	1	단면보수	하자

36.7.2 개략공사비

【표 36.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	재료분리	단면보수	0.24	0.36	㎡	-	-	하자
	균열부백태	표면처리	1.73	2.60	㎡	-	-	하자
	박리	단면보수	0.15	0.22	㎡	-	-	하자
	파손 및 철근노출	방청	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
거더	망상균열	표면처리	2.25	3.38	㎡	-	-	하자
	파손	단면보수	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
가로보	재료분리	단면보수	1.01	1.52	㎡	-	-	하자
교대	균열(0.3㎜미만)	표면처리	2.00	0.75	㎡	-	-	하자
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	7.00	10.50	m	-	-	하자
	백태	표면처리	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
	법면이격	실링재충전	24.00	36.00	m	-	-	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	표면처리	170.40	63.90	㎡	-	-	하자
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	2.50	3.75	m	-	-	하자
	망상균열	표면처리	39.75	59.63	㎡	-	-	하자
	박리	단면보수	1.79	2.69	㎡	-	-	하자
	재료분리	단면보수	0.32	0.48	㎡	-	-	하자
	백태	표면처리	4.62	6.93	㎡	-	-	하자
	파손	단면보수	0.14	0.21	㎡	-	-	하자
	홀미채움	단면보수	1.00	1.00	EA	-	-	하자
교량받침	받침콘크리트 균열	표면처리	2.40	0.90	㎡	-	-	하자
	받침콘크리트 망상균열	표면처리	0.16	0.24	㎡	-	-	하자
	받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.39	0.59	㎡	-	-	하자
	Plate부식	재도장	1.00	1.00	EA	-	-	하자
신축이음	후타재 균열(0.3㎜미만)	표면처리	2.40	0.90	㎡	-	-	하자
	차수판 앵커탈락	정비(재설치)	3.00	3.00	EA	-	-	하자
교면포장	접속부 이격	실링재충전	24.00	24.00	m	-	-	하자
	접속부 파손	단면보수	3.00	4.50	㎡	-	-	하자
	접속부 망상균열	표면처리	18.00	27.00	㎡	-	-	하자
	접속부 박리	단면보수	5.00	7.50	㎡	-	-	하자
	포장 박리	단면보수	274.00	411.00	㎡	-	-	하자
	포장 망상균열	표면처리	9.00	13.50	㎡	-	-	하자
배수시설	그레이팅 변형	정비(재설치)	1.00	1.00	EA	-	-	하자
방호벽	접속부 단차	실링재충전	4.50	6.75	m	-	-	하자
	접속부 파손	단면보수	0.50	0.75	㎡	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

36.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 36.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상



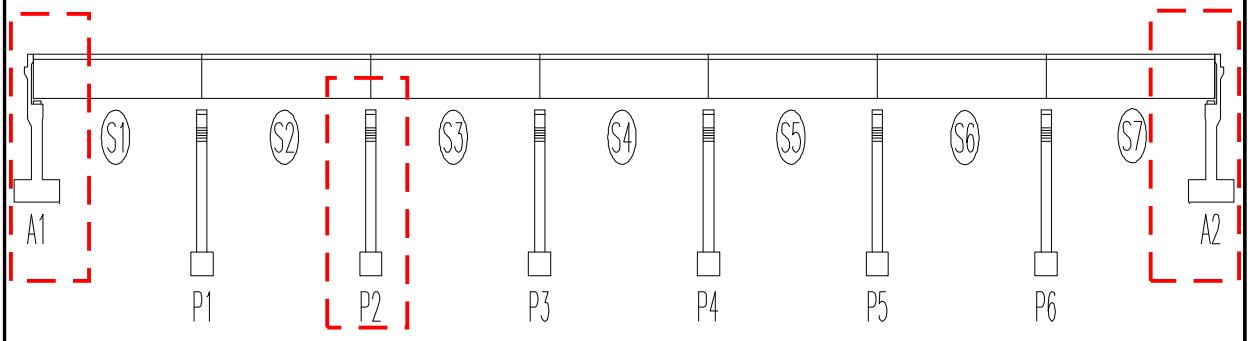
① 하부구조 균열(0.3㎜ 이상) – 진전 여부확인 (A1,P2)



② 바닥판하면 철근노출 – 진전 여부확인 (S7)



③ 방호벽 접속부 단차 – 진전 여부확인 (S7)



36.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 아동동 146-10에 위치한 교량으로 총 연장 274.0m, 폭 24.6m의 IPC Girder 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

36.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판 하면에 조사된 재료분리, 균열부백태, 박리, 철근노출은 초기 건초수축, 시공미흡, 우수유입, 다짐불량 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 재구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 및 방청 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- 거더에 조사된 망상균열, 파손의 경우 초기 건조수축, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리 및 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

3) 가로보

- 가로보는 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 국부적인 재료분리가 조사된 상태이며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수를 실시하는 것이 필요하다.

4) 교대

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 기 손상인 앞성토 버림콘크리트 파손 및 침파, 폐자재적치가 보수되었고, 전반적으로 양호한 상태이나 균열(0.3㎜미만, 이상), 백태, 법면 이격 등의 손상이 국부적으로 조사되었다.
- 교대에 조사된 균열(폭0.3㎜이상,미만), 백태, 법면이격의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 신축이음부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 주입보수, 실란트재충전 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통하여 손상의 추가 및 진전여부에 대한 주의관찰이 요구된다.

5) 교각

- 교각에 조사된 균열(폭0.3㎜이상,미만), 망상균열, 재료분리, 백태, 박리, 파손, 홀 미채움의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 주입보수, 단면보수, 등의 조치가 필요하며, 주기적인 점검을 통하여 손상의 추가 및 진전 여부에 대한 주의관찰이 요구된다.

6) 교량받침

- 교량받침에서 발생된 받침콘크리트 균열, 망상균열, 재료분리, 파손, Plate부식은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡 등에 의한 손상으로 구조물의 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수, 재도장 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 차수판 앵커탈락은 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장에 발생한 접속부 파손, 접속부 이격, 접속부 망상균열, 접속부 포장박리, 포장 파손, 포장 박리는 초기 건조수축, 시공미흡, 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 실링재 충전 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

9) 배수시설

- 배수시설에 조사된 배수구 그레이팅 변형은 시공미흡, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 정비(재설치)등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

10) 방호벽

■ 방호벽에 발생한 접속부 단차, 접속부 파손은 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 단면보수, 실링재충전을 실시하는 것이 필요하다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.1~28.9㎫, 거더 41.1~50.0㎫, 하부구조 교대 24.3~27.5㎫, 교각 40.2~49.0㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.5~2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.0~2.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 금촌3교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.179인 “B”로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 금촌3교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

36.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

36.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

37. 신월룽교

37.1 시설물 개요
37.2 자료수집 및 분석
37.3 현장조사
37.4 콘크리트 내구성조사
37.5 상태평가
37.6 종합평가 및 안전등급 지정
37.7 보수·보강 및 유지관리 방안
37.8 종합결론

37. 신월롱교

37.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 파주시 월롱면 위전리 287-8에 위치한 교량으로 총 연장 430.6m, 폭 24.4m로 시공되어 있다.

37.1.1 일반사항

【표 37.1.1】 신월롱교 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000144	관리번호		-
시설물위치		경기도 파주시 월롱면 위전리 287-8	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		-	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=430.6m(82.3m+128.0m+135.0m+85.3m=430.6m)			
	폭	B=24.4m, 4차로			
구조형식	상부	PSC BOX	기초형식	교 대	내부굴착강관말뚝기초 직접기초
	하부	교대: 역T형, 교각: 단주식중공사각		교 각	내부굴착강관말뚝기초 직접기초
교량받침		지진격리받침	신축이음		강핑거죠인트
교차시설물		휴암로, 금월로	통과높이		-
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		㈜대우건설	설 계 자		㈜신성엔지니어링
감 리 자		㈜신성엔지니어링(오영식)	관리주체		서울문산고속도로주식회사

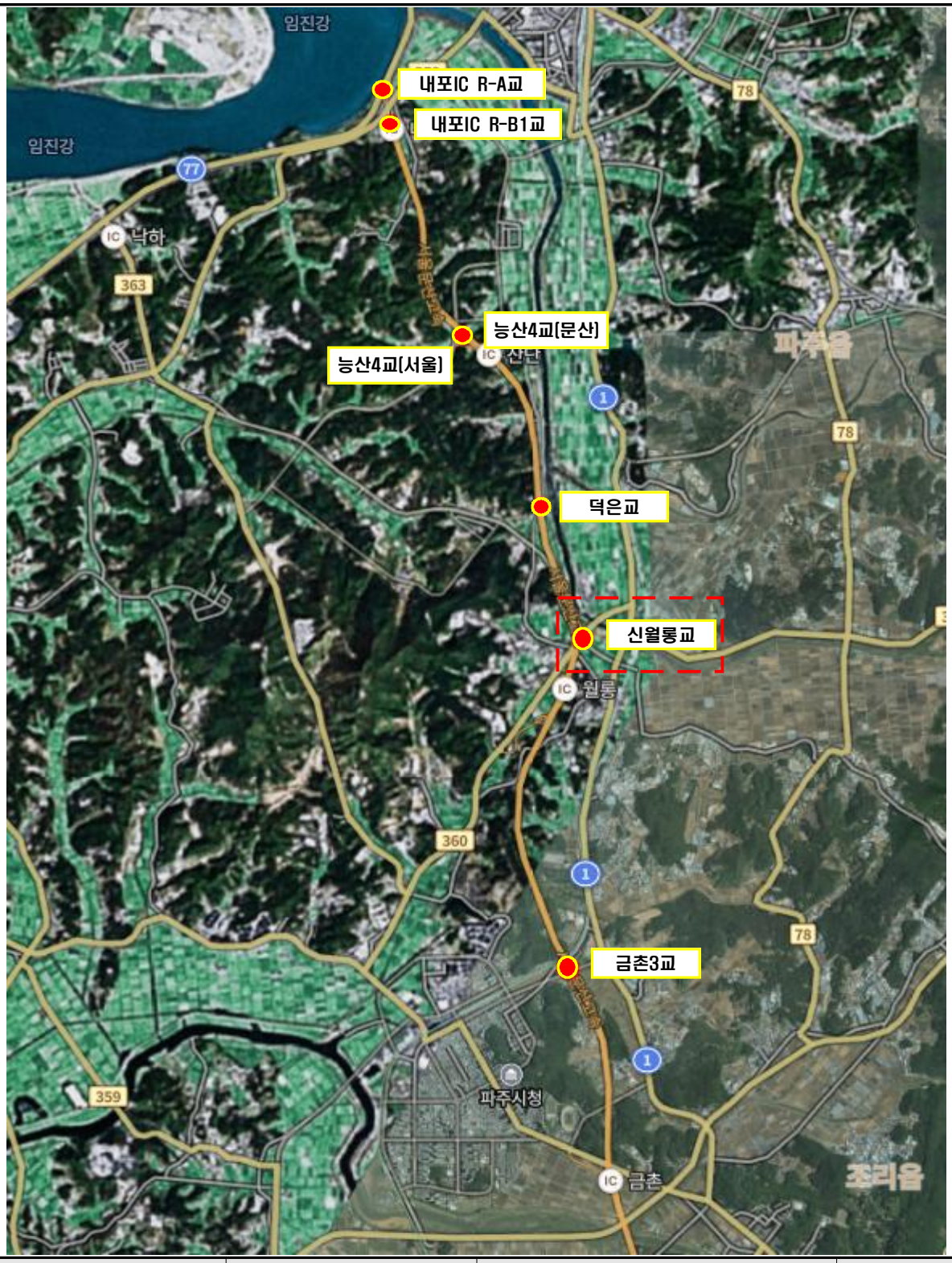


측면 전경



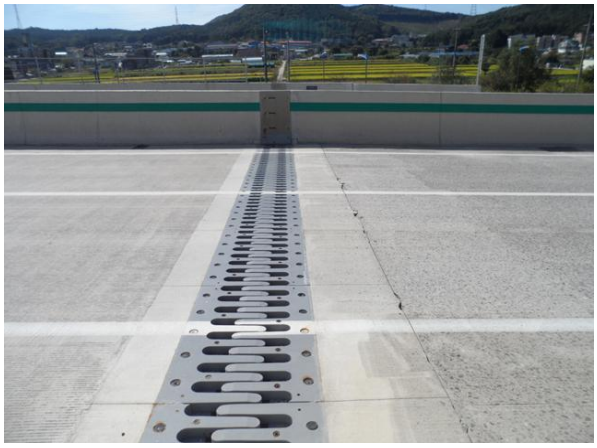
상부 전경

37.1.2 위치도 및 전경사진



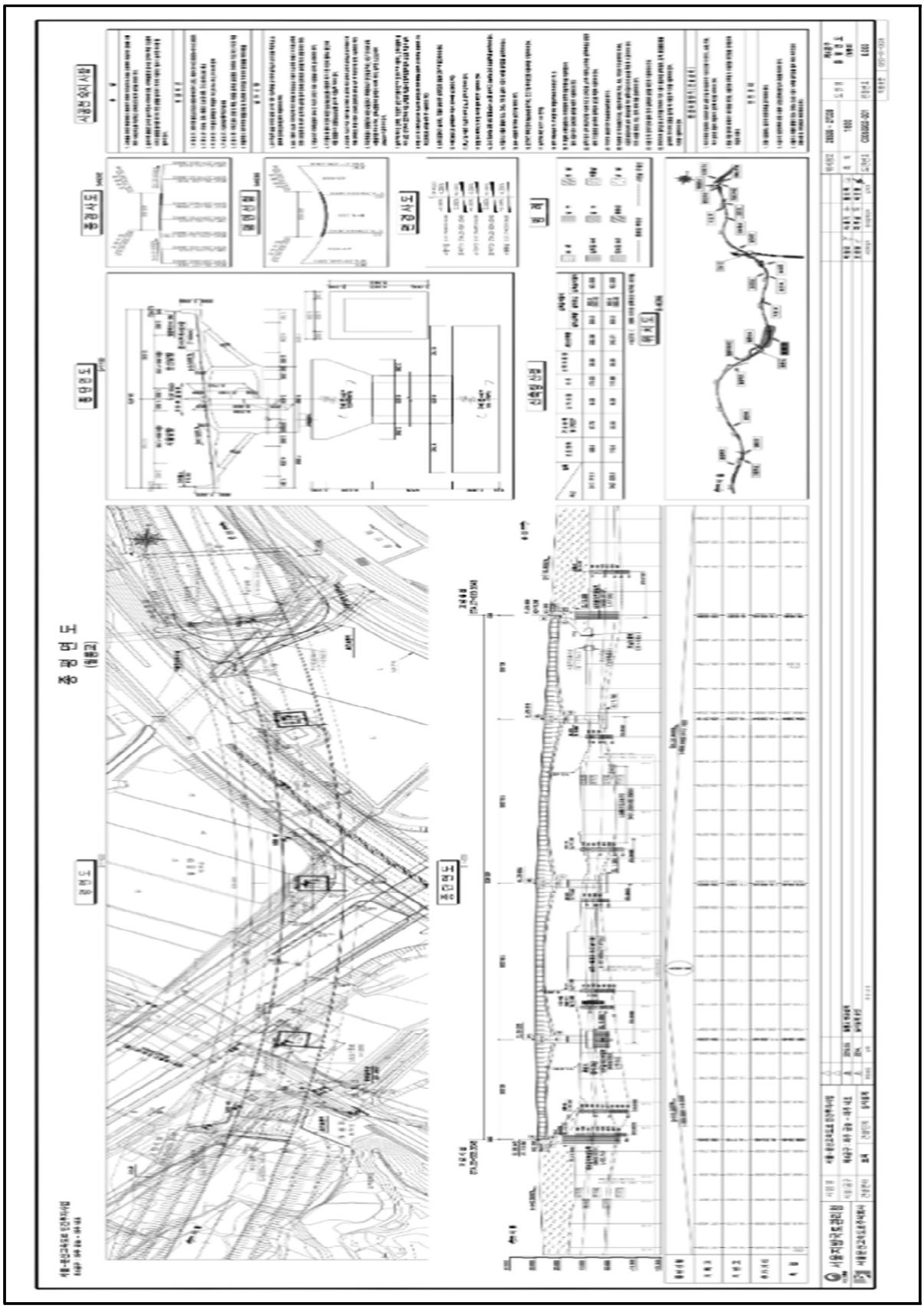
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S4	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 37.1.1】 위치도

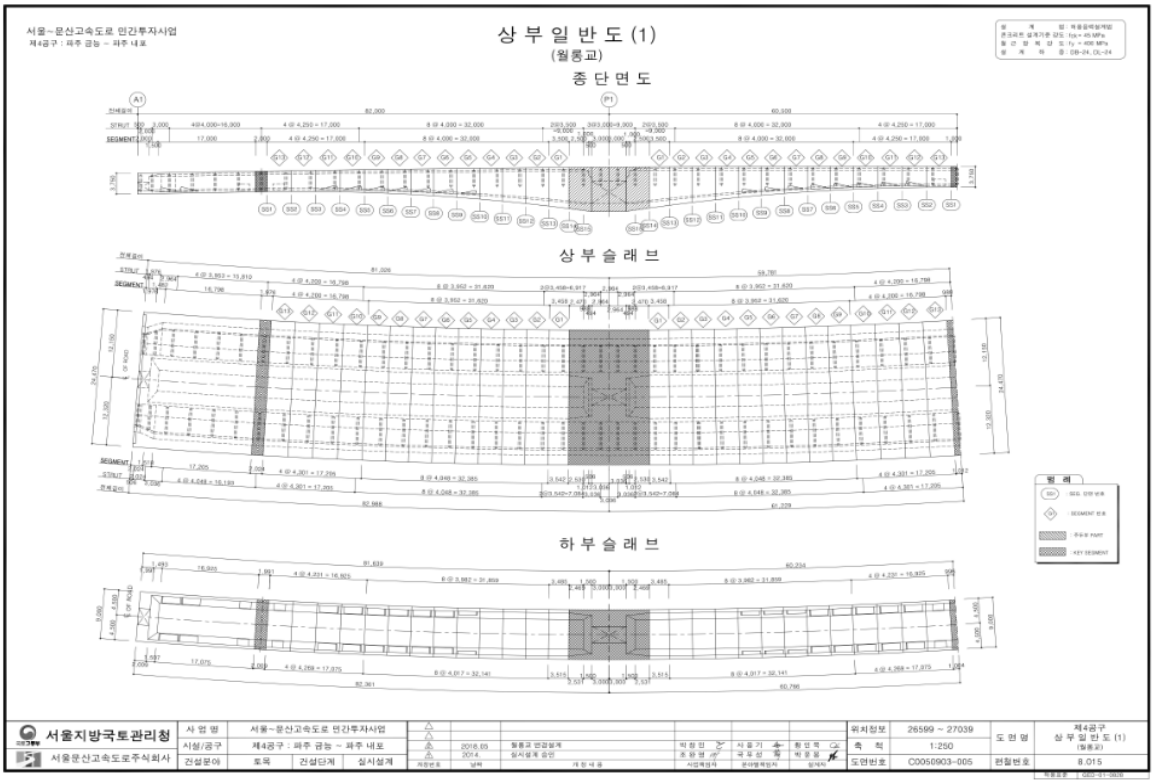
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수관 전경

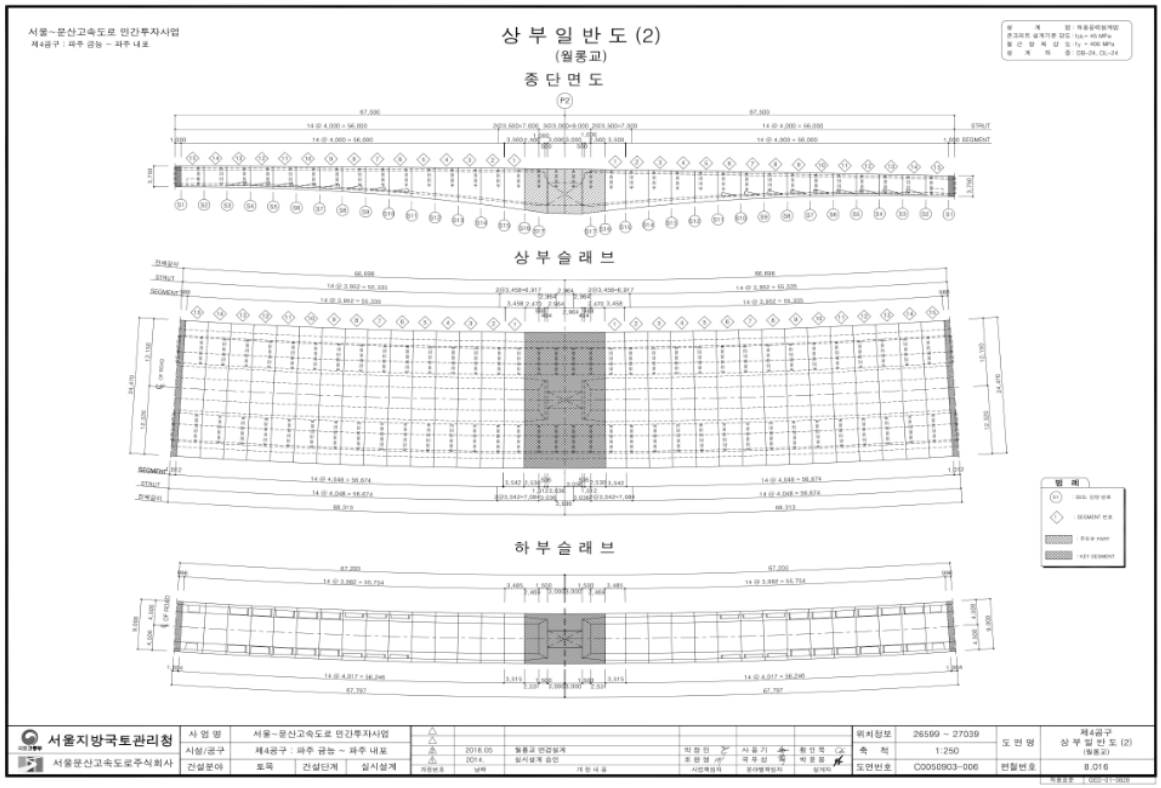
【그림 37.1.2】 부재별 현황

37.1.3 시설물 일반도

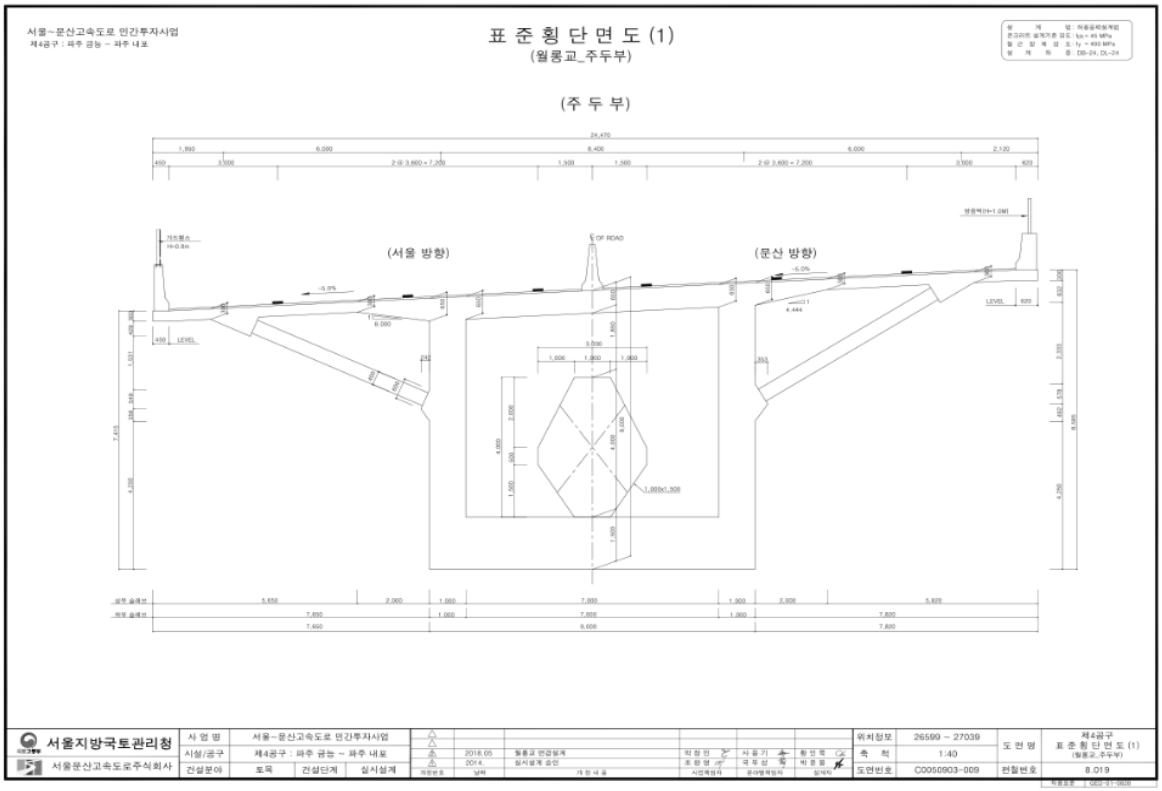


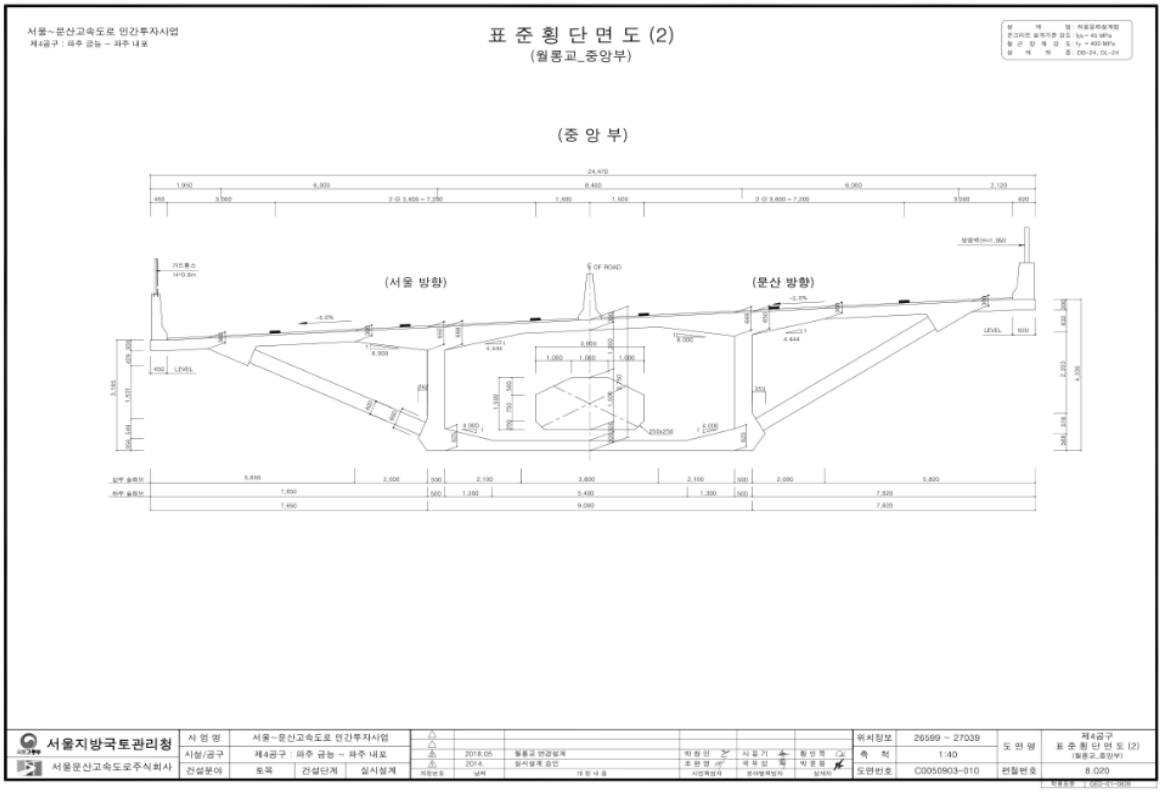
【그림 37.1.3】 평면 및 종단면도



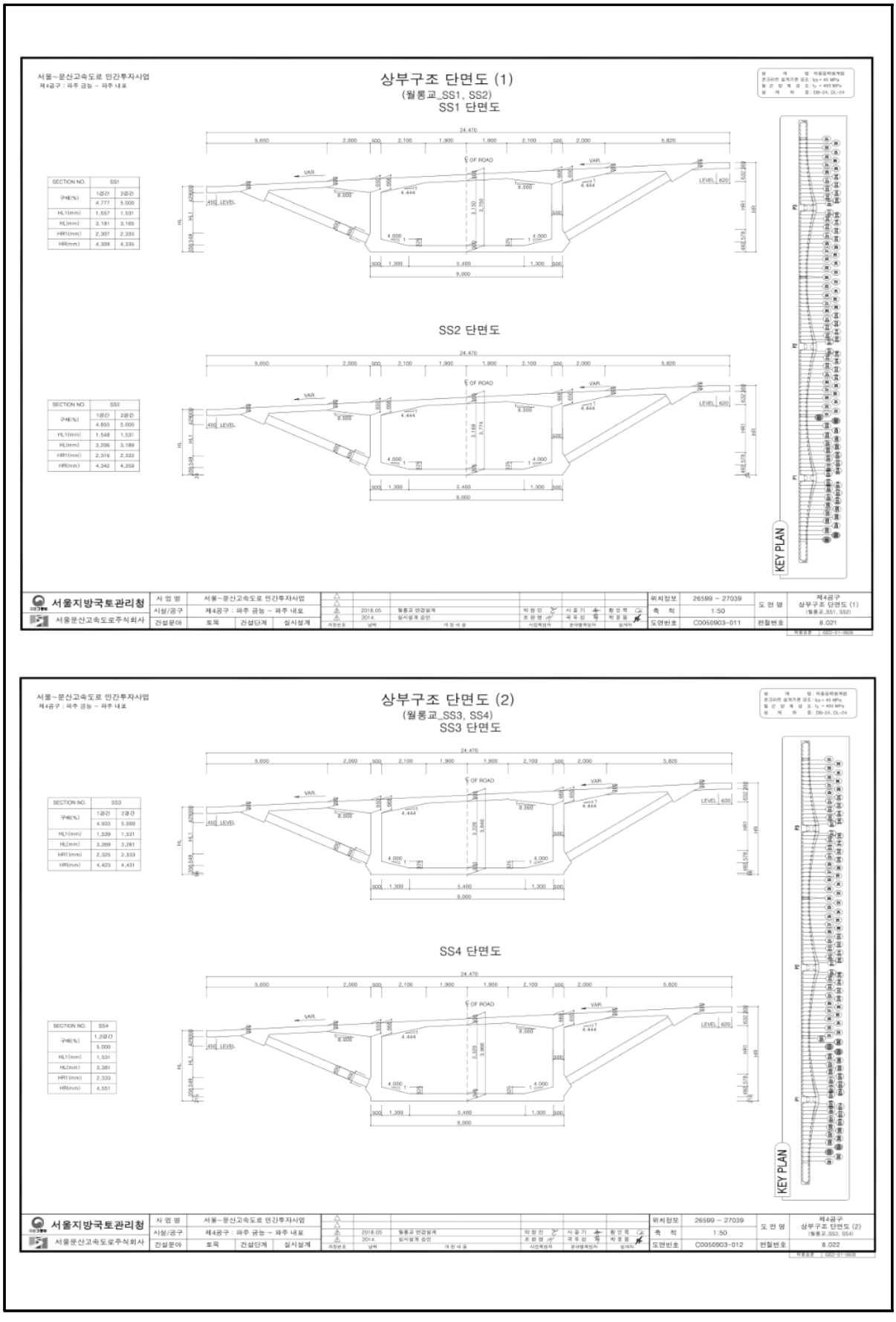


【그림 37.1.2】 바닥판하면 일반도 및 상세도

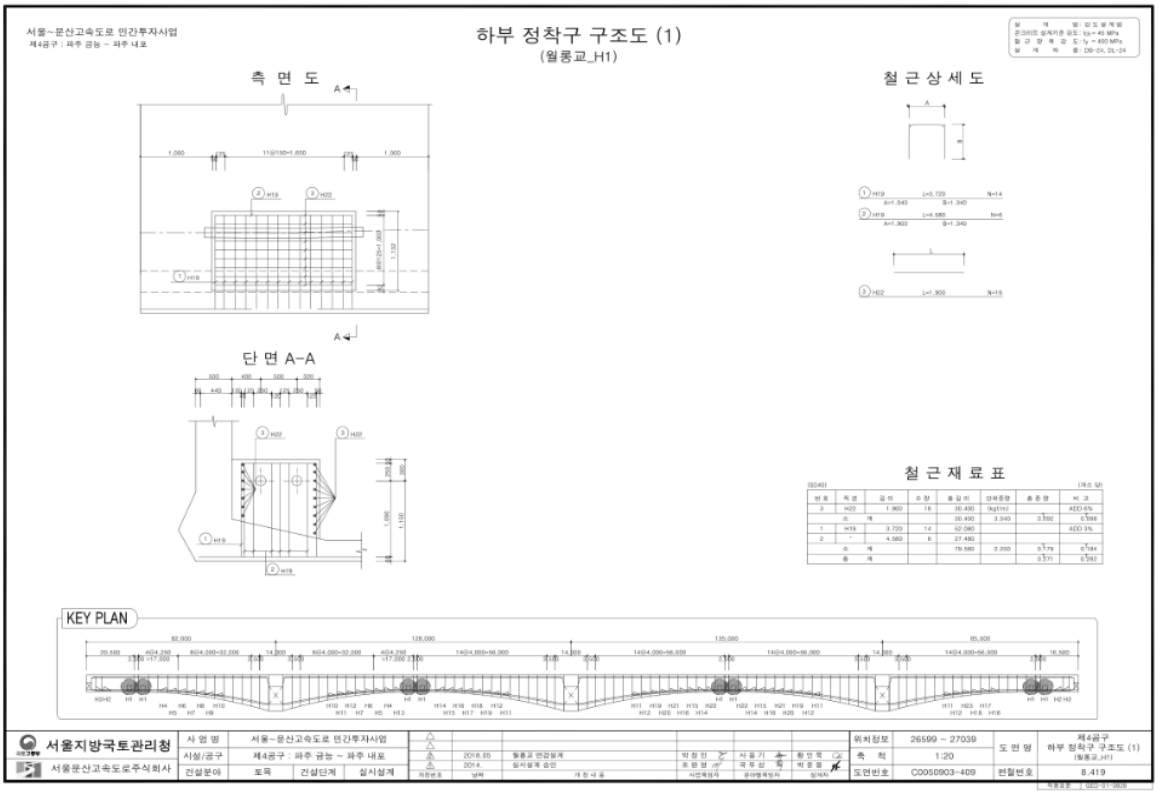


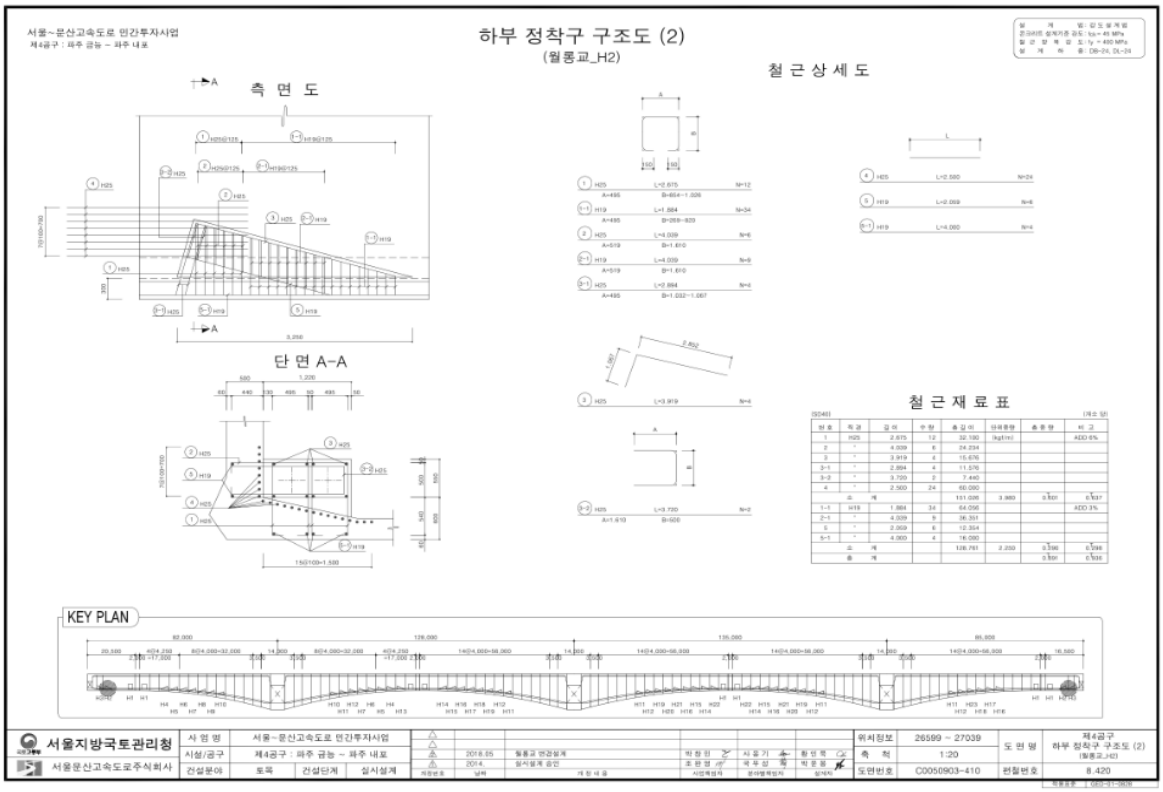


【그림 37.1.3】 표준횡단면도 및 상세도

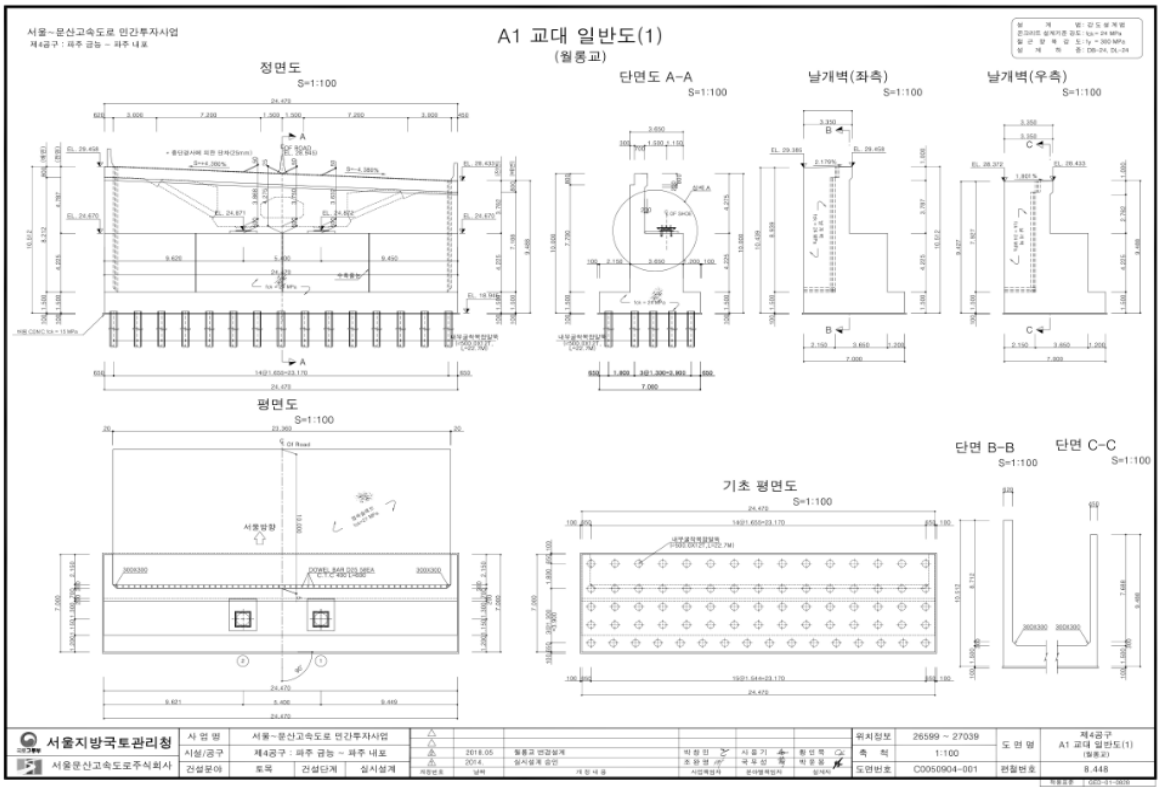


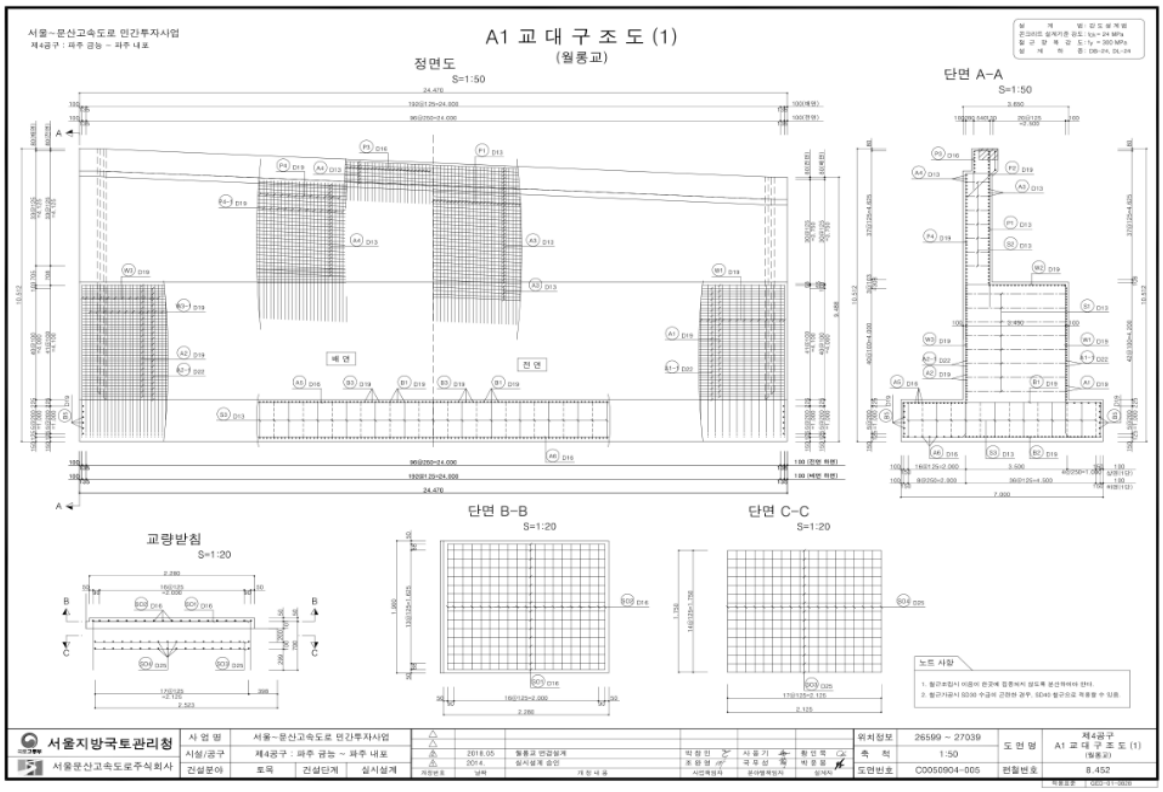
【그림 37.1.4】 상부구조 단면도 및 상세도(문산방향)



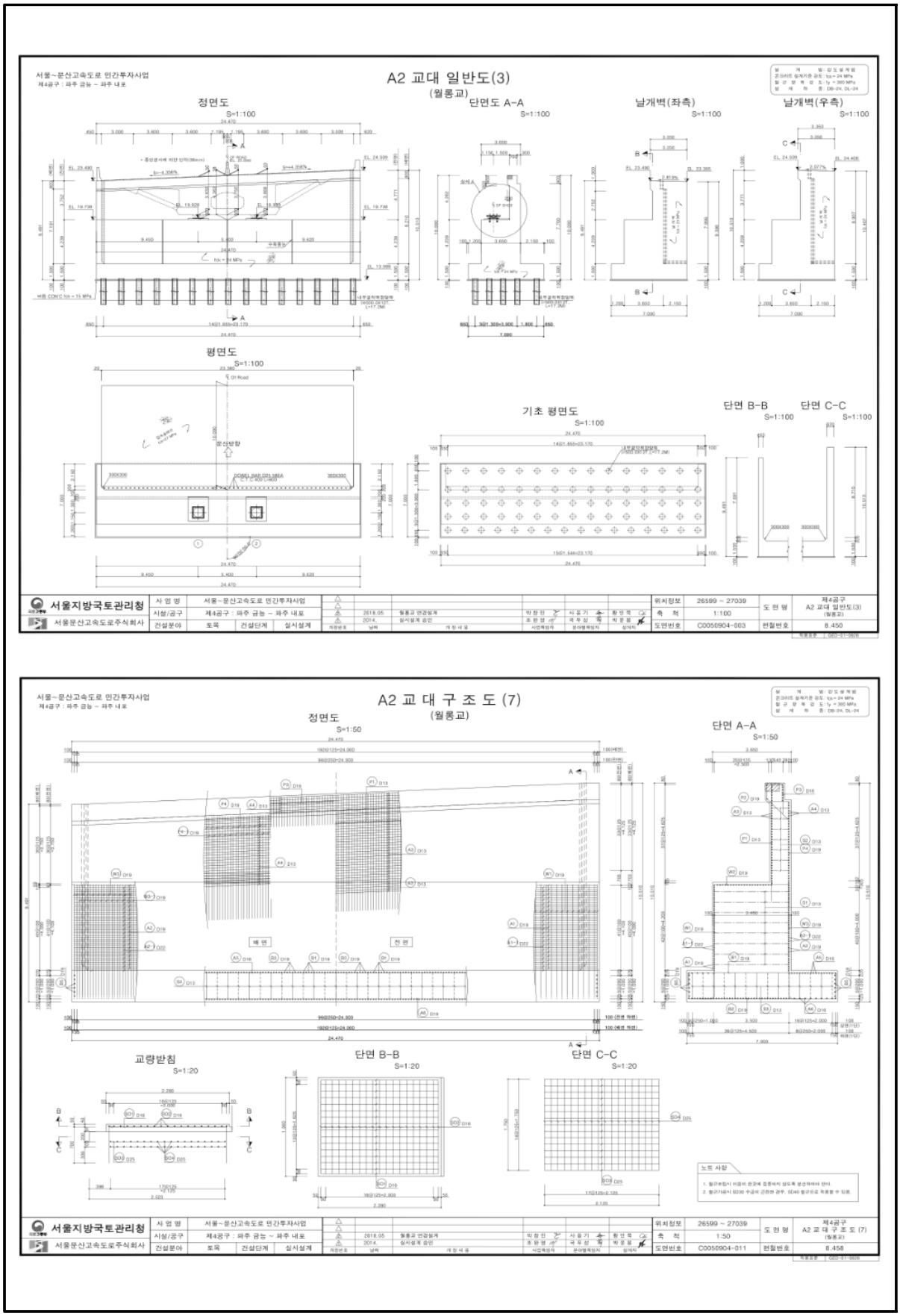


【그림 37.1.5】 하부 정착구 구조도 및 상세도

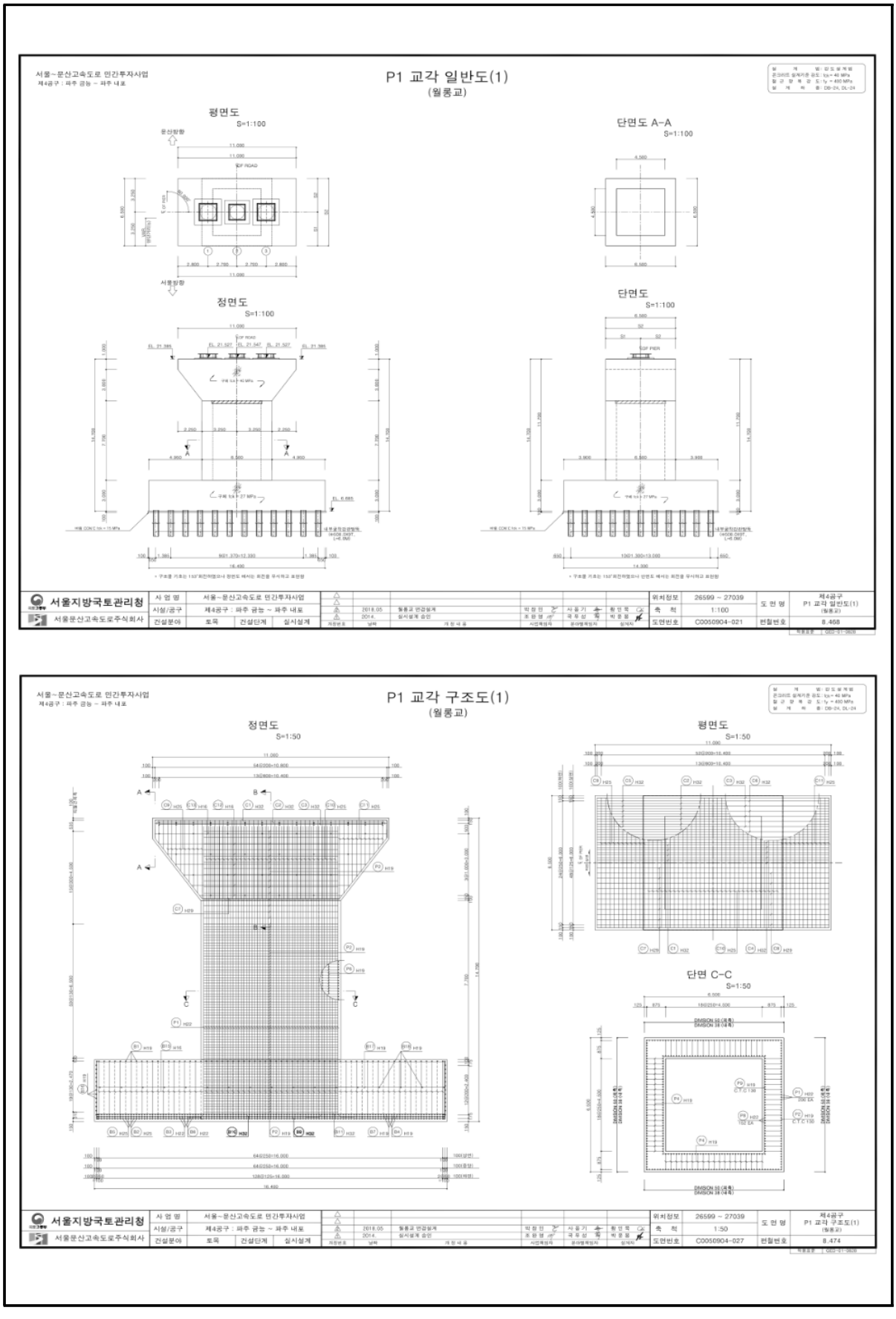




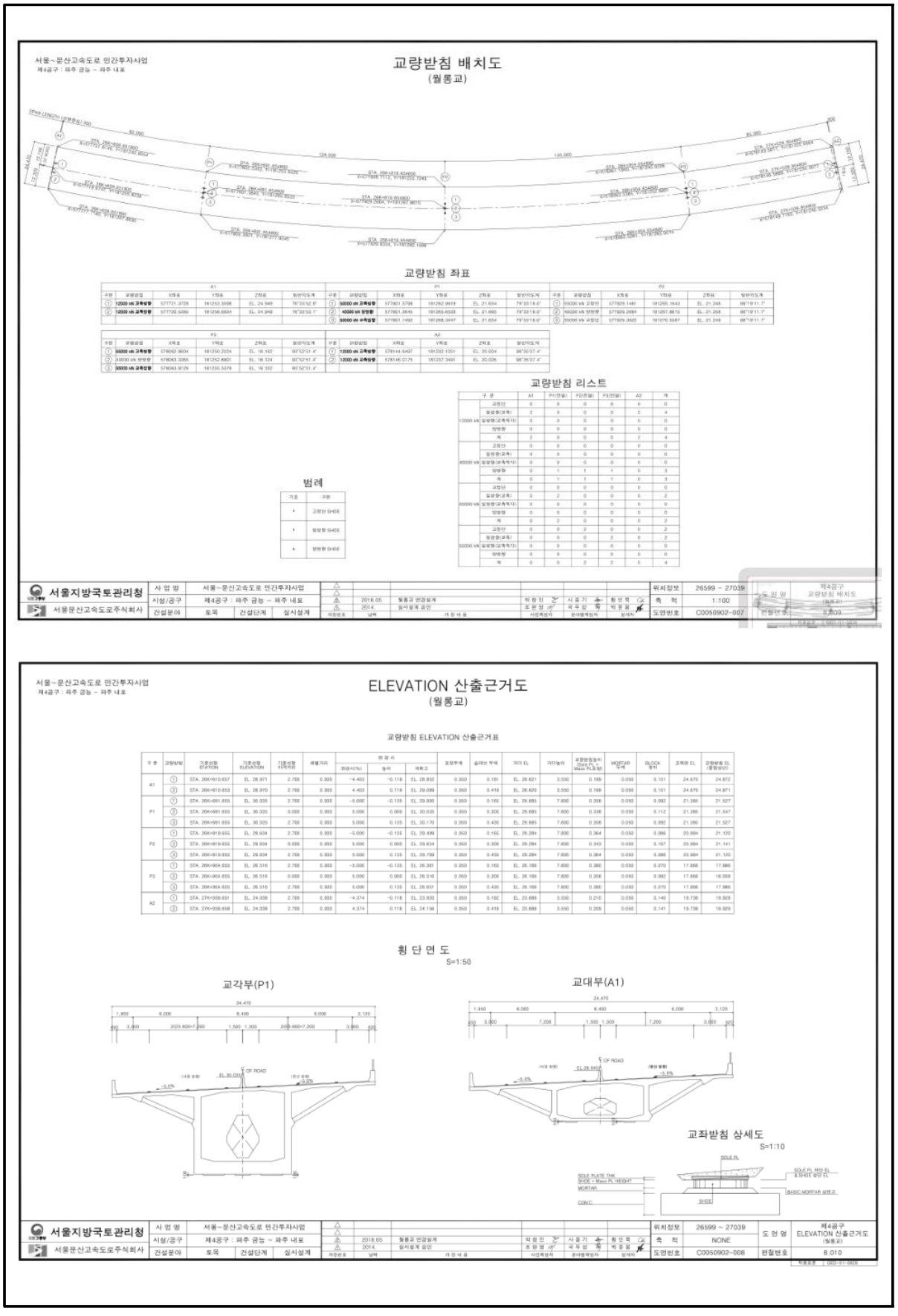
【그림 37.1.6】 교대 일반도 및 구조도



【그림 37.1.7】 교대 일반도 및 구조도



【그림 37.1.8】 교각 일반도 및 구조도



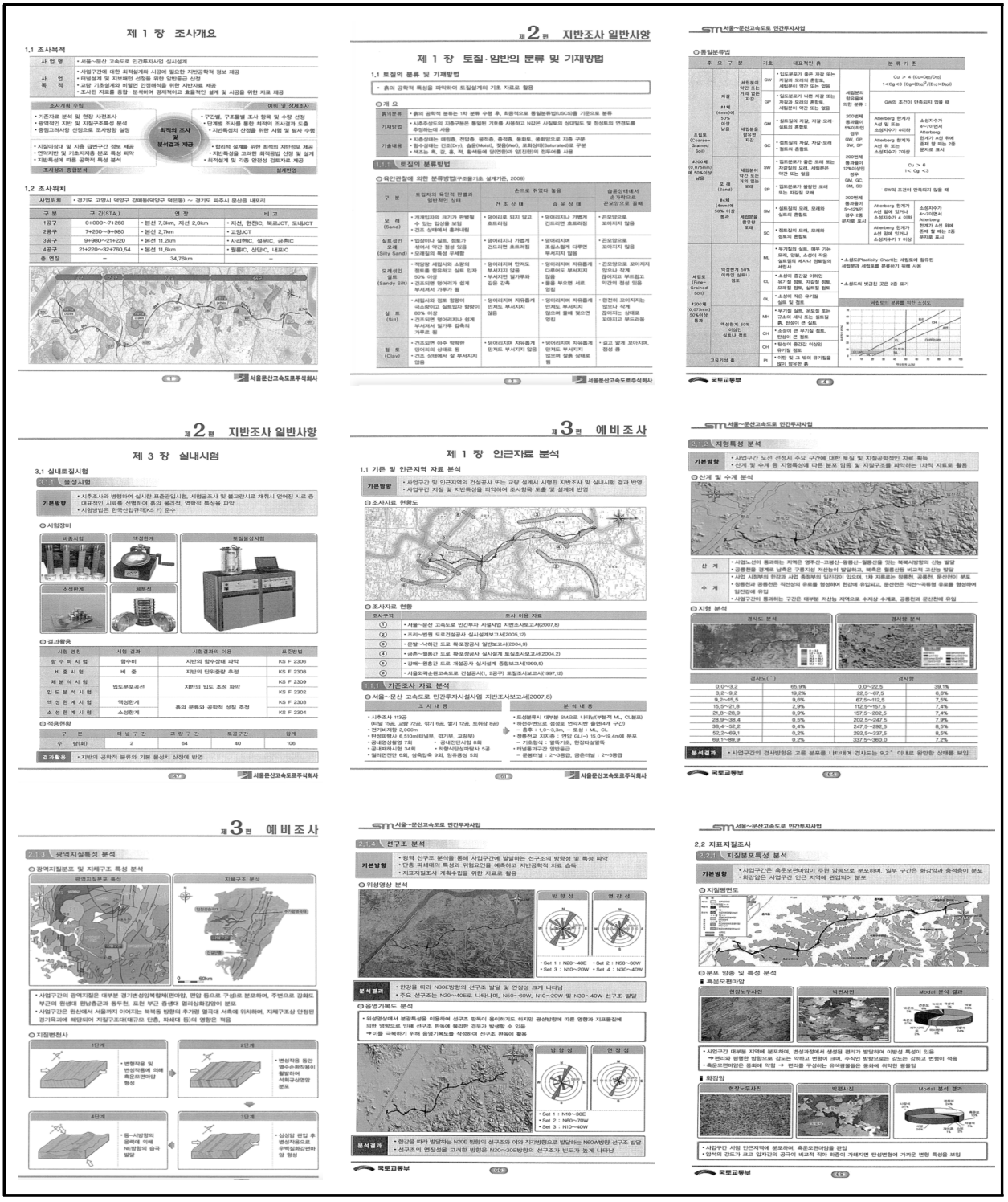
【그림 37.1.9】교량받침 배치도 및 ELEVATION 산출근거도

37.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

37.2.1 설계자료 검토

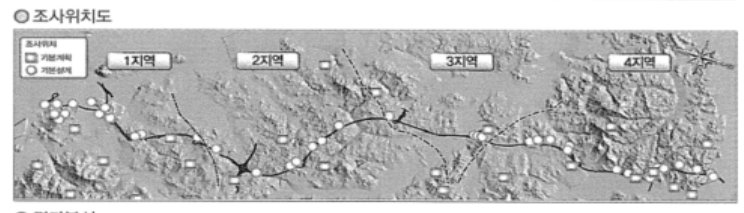
가. 지형 및 지질



2.2.2 절리특성 분석

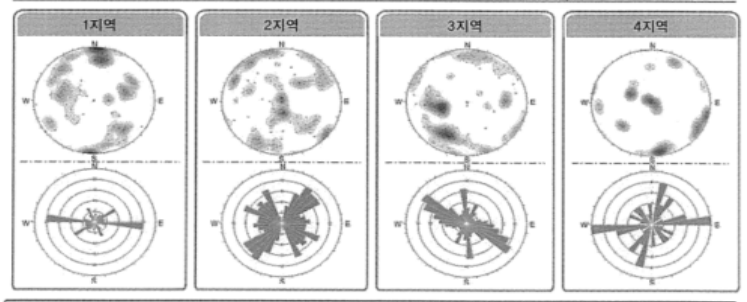
기본방향	• 깎기 및 터널구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악 • 대표 노두지점에서 절리군별 간격, 거칠기(JRC), 벽면강도(JCS) 등 절리면의 공학적 특성 파악

○ 조사위치도



○ 결과분석

구 분	지형적 특성	지질분포 특성	절리군 특성
1지역 (사업시점~5+600)	• 독립적 산능 발달 • 저산능의 구릉지성산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 고각 및 저각절리 발달 • EW주향 절리 발달
2지역 (5+600~15+500)	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달 • 산간 소계곡부 농경지대 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 호상구조	• 절리의 방향성 다양 • NE 내지 NW주향 절리 발달
3지역 (15+500~27+200)	• 독립적 산능 발달 • 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 35~60 저각절리 우세 • NW주향 절리 발달
4지역 (27+200~사업종점)	• 월롱산 측면부 통과 • 비교적 높은 산능지대 형성	• 흑운모편마암 분포 및 편리 발달 • 주변부 석회규산염암 분포	• 고각절리 우세 • NEE주향 절리 발달

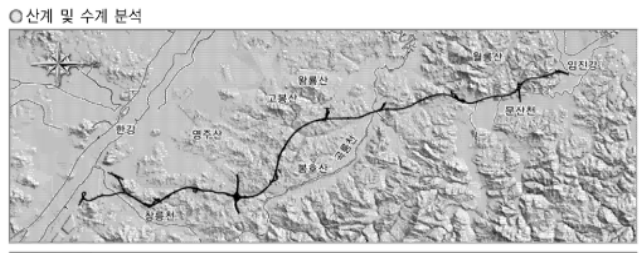


분석결과	• 사업노선 인근 45개의 노두에서 측정한 절리 방향 분석결과, 지역별로 절리군이 상이하게 나타나며, 전반적으로 절리군은 고각의 2개 절리군과 저각의 1개 절리군 등 3개 절리군 발달 우세 • 1, 4지역은 절리군이 유사하게 나타나며, 2, 3지역은 다소 불규칙하게 분산되어 분포

2.1.2 지형특성 분석

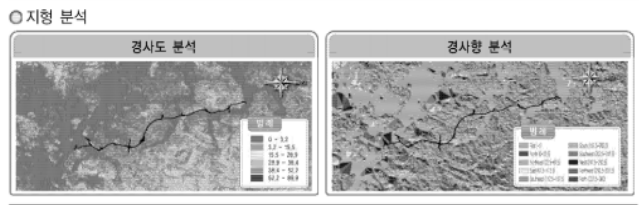
기본방향	• 사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 • 산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○ 산계 및 수계 분석



산 계	• 사업노선이 통과하는 지역은 영주산-고봉산-왕룡산-월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 • 공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수 계	• 사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 • 창릉천과 공릉천은 직선상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 직선~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 • 사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○ 지형 분석



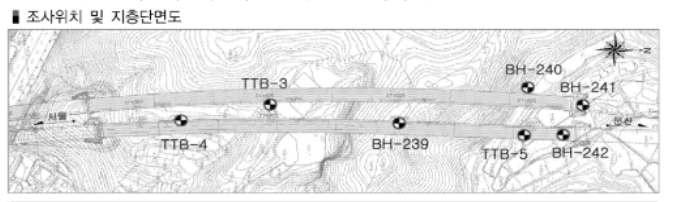
경사도(°)		경사향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%
28.9~38.4	0.5%	202.5~247.5	7.9%
38.4~52.2	0.4%	247.5~292.5	8.5%
52.2~69.1	0.2%	292.5~337.5	8.5%
69.1~89.9	0.2%	337.5~360.0	7.2%

분석결과	• 사업구간의 경사방향은 고른 분포를 나타내며 경사도는 9.2° 이내로 완만한 상태를 보임

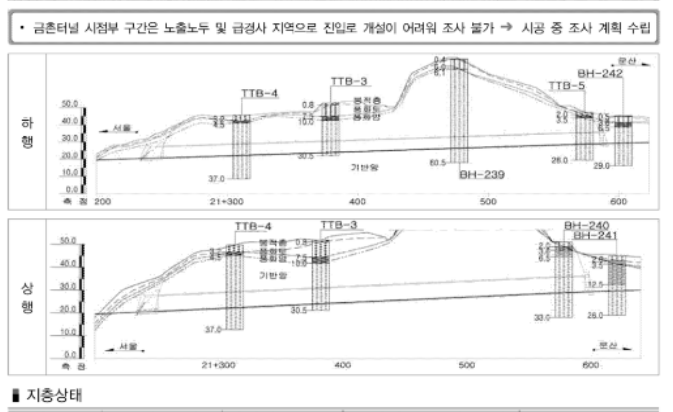
2.1.2 터널구간

○ 금촌터널(BH-239, 240, 241, 242, 제3자 공고: TTB-3, 4, 5)

▮ 조사위치 및 지층단면도



• 금촌터널 시점부 구간은 노출노두 및 급경사 지역으로 진입로 개설이 어려워 조사 불가 → 시공 중 조사 계획 수립

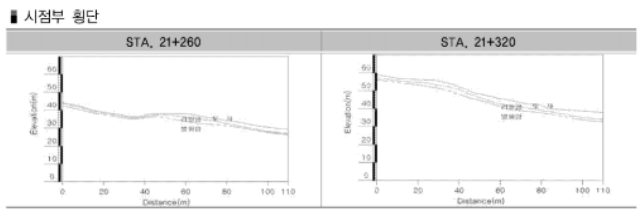


▮ 지층상태

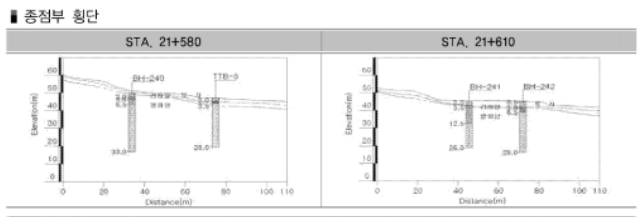
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매 립 층	0.0	0.5~2.0	실트질 모래	13/30
붕 적 층	0.0~0.5	0.4~3.3	실트질 모래	4/30~8/30
퇴 적 층	2.0	1.5	실트질 점토	4/30~5/30
풍 화 토	0.4~0.8	5.6~6.7	실트질 모래	13/30~50/20
풍 화 암	2.0~7.5	0.1~2.5	실트질 모래	50/7
연 암	2.0~3.8	1.6~2.7	편마암	69~100%/18~31%
보 통 암	3.5~3.6	2.9~9.0	편마암	83~100%/58~66%
경 암	3.5~12.5	13.5~54.4	편마암	87~100%/50~100%

구 분	지 층 개 요
매 립 층	• 최상부층으로 지표하 0.5~2.0m 층후로 분포 • 암갈색의 자갈섞인 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
붕 적 층	• 지표하 0.0m에서 0.4~3.3m 층후로 분포 • 암갈색~황갈색의 자갈섞인 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 매우느슨~느슨한 상대밀도
퇴 적 층	• 지표하 2.0m에서 1.5m 층후로 분포 • 암갈색의 실트질 점토로 구성되며 표준관입시험 결과 연약~보통견고한 연경도
풍 화 토	• 지표하 0.4m에서 5.6m 층후로 분포하며 암편석인 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍 화 암	• 지표하 6.0m에서 0.1m 층후로 분포하며 굴진시 암편이 협재된 실트질 모래로 분해 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
연 암	• 지표하 2.0~3.8m에서 1.6~2.7m 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 69~100/18~31%로 매우불량~불량한 암질 상태 • 심한풍화~약간풍화, 약함~강함, 매우심한균열~보통균열의 상태
보 통 암	• 지표하 3.5~3.6m에서 2.9~9.0m 층후로 분포 • 암회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 83~100/58~66%로 보통~양호한 암질 상태 • 보통풍화~약간풍화, 매우약함~매우강함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경 암	• 지표하 6.1~12.5m에서 13.5~54.4m이상 층후로 분포 • 암회색의 편마암으로 분포하며 BH-240, BH-242공 일부 절리면에서 단층활면이 관찰 • TCR/RQD는 87~100/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태

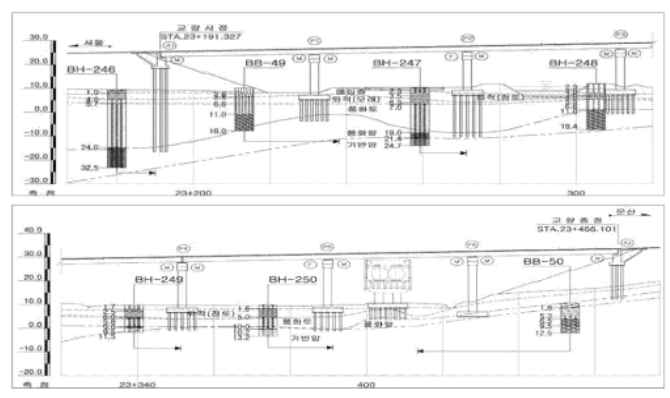
▮ 시점부 횡단



▮ 종점부 횡단



• 시추조사 결과 토사층은 2.0~7.5m 층후로 분포하며, 21+340~21+440 부근에서 깊어지는 경향을 보임
• 기반암층은 지표하 2.0~3.8m에서 출현하지만 터널통과구간의 암질상태는 불량함



▮ 지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	1.0~2.3	점토질모래, 실트질 모래, 모래질자갈	6/30~26/30
붕적층		1.6	3.4	점토질 모래	12/30~15/30
퇴적층	점토	0.0~4.8	0.7~4.0	모래질실트, 실트질점토, 모래질점토	3/30~21/30
	모래	2.3~6.3	0.7~4.0	실트질 모래, 자갈질 모래	5/30~28/30
	자갈	5.0	0.8	모래질 자갈	16/30
풍화토		5.0~7.0	2.2~18.3	실트질 모래	5/30~50/12
풍화암		7.5~24.0	0.2~8.5	실트질 모래	50/10~50/1
연 암		9.5	3.0	편마암	72%/7%
보통암		21.4	3.3	편마암	93%/48%
경 암		9.5~10.2	2.0~3.0	편마암	100%/75~79%

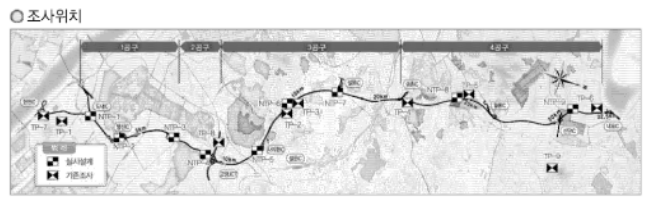
구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 1.0~2.3m 층후로 분포하며 실트질 모래~점토질 모래로 구성 • 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀한 상대밀도
붕적층		• BH-250에서 분포하며 지표하 1.6m에서 3.4m 층후로 점토질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
퇴적층	점토	• 최상부층으로 지표하 0.0~4.8m에서 0.7~4.0m 층후로 실트질 점토, 모래질 점토로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 연약~매우견고한 연경도
	모래	• 지표하 2.3~6.3m에서 0.7~4.0m 층후로 분포하며 갈색~황갈색의 실트질 모래~자갈질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀의 상대밀도
	자갈	• BH-249에서 지표하 5.0m에서 0.8m 층후로 분포 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 5.0~7.0m에서 2.2~18.3m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 7.5~24.0m에서 0.5~8.5m 이상 층후로 분포 • 굴진시 암편석인 실트질 모래로 분해되며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
연 암		• 지표하 9.5m에서 3.0m 이상으로 분포하며 RQD=7%로 매우불량한 암질상태
보통암		• 지표하 21.4m에서 3.3m 이상으로 분포하며 RQD=48%로 보통양호한 암질상태
경 암		• 지표하 9.5~10.2m에서 2.0~3.0m 이상 층후로 분포하며 RQD=75~79%로 양호한 암질상태

2.2 시험굴조사 및 핸드오거보링

2.2.1 시험굴조사

개 요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

○ 조사위치



○ 기존조사 자료

구 분		심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
1공구	TP-1	1.8	풍화암	18.70	19.70	17.02	17.97	0.912
3공구	TP-2	1.5	풍화암	18.42	19.54	16.04	17.02	0.871
	TP-3	2.0	풍화토	15.51	17.97	12.77	14.80	0.824
4공구	TP-4	2.0	풍화토	14.41	16.47	12.08	13.80	0.838
	TP-5	1.8	풍화암	17.00	20.66	14.57	17.70	0.857
	TP-6	1.5	풍화암	17.21	19.78	16.58	19.05	0.963
1공구	TP-7	2.0	풍화토	16.54	17.69	13.06	13.97	0.790
2공구	TP-8	1.9	풍화토	15.30	17.98	12.84	15.08	0.839
4공구	TP-9	1.8	풍화토	14.13	16.31	12.66	14.61	0.896

○ 실시설계조사 자료

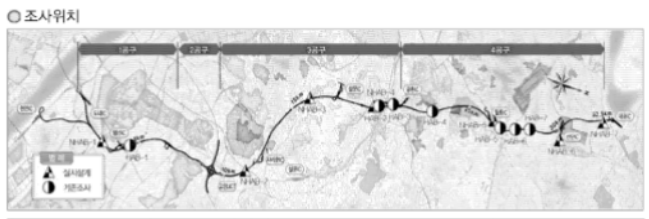
구 분		심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
1공구	NTP-1	1.0	SM	18.09	14.90	14.36	11.83	1.260
	NTP-2	1.0	SM	17.68	15.49	14.22	12.46	1.244
	NTP-3	1.0	SM	18.51	16.60	13.82	12.39	1.340
2공구	NTP-4	1.0	SM	17.62	14.93	13.38	11.34	1.317
3공구	NTP-5	1.0	SM	17.84	16.74	14.50	13.60	1.231
	NTP-6	1.0	SM	18.25	15.72	13.91	11.98	1.312
	NTP-7	1.0	SM	18.01	15.00	13.93	11.60	1.293
4공구	NTP-8	1.0	SM	18.57	15.21	14.89	12.20	1.247
	NTP-9	1.0	SM	18.27	14.99	12.66	10.39	1.443

분석결과	• 불교란시료의 습윤단위중량 : 14.13~18.70kN/m³, 건조단위중량 : 14.90~20.66kN/m³ • 교란시료의 습윤단위중량 : 12.08~17.02kN/m³, 건조단위중량 : 10.39~19.05kN/m³ • L값 : 0.79~1.443의 범위로 나타남

2.2.2 핸드오거보링

개 요	• 쌓기구간의 지층 구성 상태 파악, 토질시료 채취 및 실내시험 실시 • 연약지반 분포현황 파악 및 쌓기부 시추조사 시행여부 결정

○ 조사위치

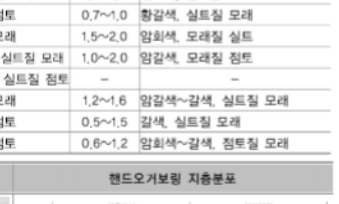


구 분			전답층 심도(m)	전답층 구성성분	충적층 심도(m)	충적층 구성성분
기존조사	1공구	HAB-1	0.0~1.1	암회색, 자갈섞인 실트질 모래	1.1~2.0	암회색, 모래질 실트
	3공구	HAB-2	0.0~0.4	회색, 모래질 실트	0.4~2.0	암회색, 실트질 모래
		HAB-3	0.0~0.9	암회색, 실트질 모래	0.9~1.8	암회색, 점토질모래
	4공구	HAB-4	0.0~0.6	암회색, 자갈섞인 실트질 모래	0.6~1.5	암회색, 자갈섞인 실트질 모래
		HAB-5	0.0~1.0	갈색, 실트질 모래	1.0~1.5	갈색~담갈색, 실트질 모래
		HAB-6	0.0~0.4	암회색, 자갈섞인 실트질 모래	0.4~1.7	암회색, 실트질 모래
		HAB-7	0.0~1.2	갈색, 습윤, 실트질 모래	1.2~1.8	암회색, 실트질 모래
실시설계	1공구	NHAB-1	0.0~0.7	암회색, 실트질 점토	0.7~1.0	황갈색, 실트질 모래
	3공구	NHAB-2	0.0~1.5	암갈색, 실트질 모래	1.5~2.0	암회색, 모래질 실트
		NHAB-3	0.0~1.0	암회색, 자갈섞인 실트질 모래	1.0~2.0	암갈색, 모래질 점토
		NHAB-4	0.0~2.0	암갈색, 모래섞인 실트질 점토	–	–
	4공구	NHAB-5	0.0~1.2	암갈색, 실트질 모래	1.2~1.6	암갈색~갈색, 실트질 모래
		NHAB-6	0.0~0.5	암회색, 실트질 점토	0.5~1.5	갈색, 실트질 모래
		NHAB-7	0.0~0.6	암회색, 실트질 점토	0.6~1.2	암회색~갈색, 점토질 모래

현 장 사 진(HAB-2)



핸드오거보링 지층분포



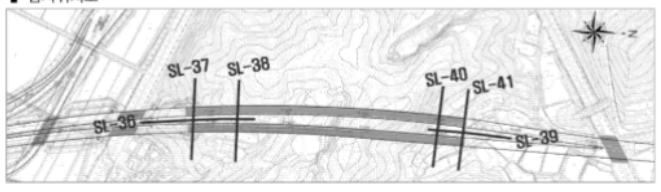
제 3 장 물리탐사

3.1 탄성파탐사

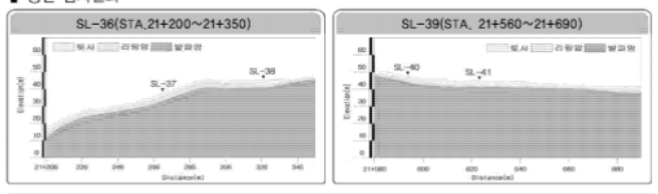
3.1.1 터널구간

○ 금촌터널

▮ 탐사위치도



▮ 종단 탐사결과



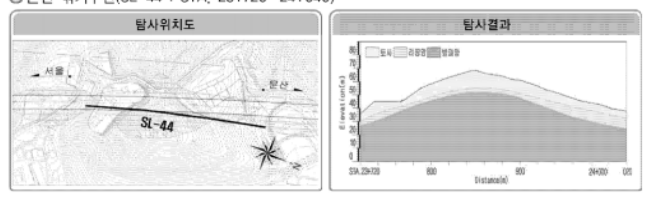
구 분		탄성파속도 (m/s)	시점부 추정심도(m)	시점부 층 후(m)	시점부 평 균(m)	종점부 추정심도(m)	종점부 층 후(m)	종점부 평 균(m)
토 사		700 이하	0.5~3.2	0.7~3.2	1.9	0.9~4.3	0.9~4.3	2.3
리핑암(풍화암)		700~1,200	1.3~5.3	0.8~3.0	2.0	1.4~4.9	0.3~1.5	0.9
발파암	연 암	1,200~1,900	3.2~7.6	0.7~3.3	2.0	2.7~6.6	0.3~2.8	1.3
	보통암	1,900~2,900	3.6~8.1	0.3~0.7	0.5	3.1~7.1	0.4~0.8	0.5
	경 암	2,900 이상	3.6~8.1 이상	–	–	3.1~7.1 이상	–	–

▮ 분석결과

• 터널 시·종점부에 비하여 터널 중앙부로 갈수록 리핑암 또는 발파암이 지표에 노출되는 경향을 보임
• 토사층(제1속도층) 층후는 시점부는 0.7~3.2m(평균 1.9m), 종점부 0.9~4.3m(평균 2.3m)이며, 리핑암(제2속도층) 층후는 시점부 0.8~3.0m(2.0m), 종점부 0.3~1.5m(평균 0.9m)으로 나타남. 발파암은 지표하 2.7~3.2m에서 나타날 것으로 예상됨
• 터널 종점부의 시추조사 결과와 비교하였을 때 탄성파 탐사(SL-39)결과와 일치하는 것으로 확인됨

3.1.2 토공구간

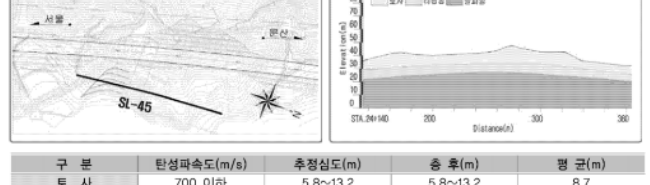
○ 본선 깎기구간(SL-44 : STA. 23+720~24+040)



구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	3.4~13.0	3.4~13.0	8.2
리핑암(풍화암)		700~1,200	6.7~16.3	2.3~8.4	4.9
발파암	연 암	1,200~1,900	9.8~19.4	3.1~3.2	3.1
	보통암	1,900~2,900	13.4~23.0	3.5~3.6	3.6
	경 암	2,900 이상	13.4~23.0 이상	–	–

• 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 3.4~13.0m(평균 8.2m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 2.3~8.4m(평균 4.9m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 9.8m이상에서 나타날 것으로 예상됨

○ 본선 깎기구간(SL-45 : STA. 24+125~24+395)



구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	5.8~13.2	5.8~13.2	8.7
리핑암(풍화암)		700~1,200	11.4~20.4	5.5~7.8	6.8
발파암	연 암	1,200~1,900	17.3~26.3	5.8~5.9	5.9
	보통암	1,900~2,900	21.4~30.4	4.1~4.2	4.1
	경 암	2,900 이상	21.4~30.4 이상	–	–

• 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 5.8~13.2m(평균 8.7m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 5.5~7.8m(평균 6.8m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 17.3m이상에서 나타날 것으로 예상됨

나. 지반 및 지질 조사보고서

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요
- 지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용
- 점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 기존조사 자료

▮ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌터널	TTB-3	8.0	풍화암	50/8	206	290	PMT
	TTB-3	25.3	경 암	94	9,290	13,000	GMJ
	TTB-4	25.0	경 암	99	13,100	15,000	GMJ
	TTB-5	23.6	경 암	90	8,470	9,930	GMJ
영태터널	TTB-6	18.0	경 암	100	9,690	11,100	GMJ
	TTB-9	37.0	경 암	93	10,400	11,100	GMJ
	TTB-14	35.0	경 암	70	9,730	11,100	GMJ
	TTB-15	32.0	경 암	80	8,370	9,960	GMJ

▮ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
월롱1교	BB-53	19.3	연 암	27	1,026	1,076	PMT
능산2교	BB-59	4.5	풍화암	50/5	306	420	PMT
내포 IC RAMP-B3	BB-64	10.0	퇴적층(실트)	4/30	2.1	–	LLT
	BB-64	21.0	연 암	9	624	754	PMT

▮ 깎기구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
제22깎기부	CCB-6	12.0	연 암	9	743.5	1,197	PMT

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌 터널	BH-239	10.0	경 암	87	9,122	20,611	GMJ
	BH-239	45.0	경 암	94	23,862	67,171	GMJ

▮ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌3교	BH-246	25.0	풍화암	50/4	173	287	PMT
월롱교	BH-271	9.0	풍화암	50/5	244	442	PMT
능산1-1교	BH-286	13.0	연 암	31	543	1,222	PMT
내포IC R-B교	BH-309	16.0	연 암	14	621	917	PMT
내포IC R-A교	BH-315	22.0	풍화암	50/5	237	436	PMT
	BH-315	24.0	연 암	43	452	885	PMT

▮ 깎기구간

공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-243	11.0	풍화암	50/10	149	327	PMT
BH-252-1	15.5	풍화암	50/6	265	387	PMT
BH-252-1	28.0	경 암	65	13,418	17,970	GMJ
BH-254	12.0	풍화토	20/30	62	78	PMT
BH-261-5	14.5	풍화암	50/8	203	349	PMT
BH-282	15.0	연 암	11	625	1,210	PMT
BH-284	10.5	연 암	8	480	1,009	PMT
BH-287	18.5	연 암	28	1,390	2,003	PMT
BH-293	15.4	연 암	18	3,405	6,500	PMT
BH-293-1	10.0	풍화암	50/8	226	482	PMT
BH-299	16.0	연 암	0~9	523	858	PMT
BH-302	13.0	풍화암	50/4	258	529	PMT
	18.0	연 암	23	581	933	PMT
BH-306	25.0	연 암	32	1,192	2,190	PMT

▮ 쌓기구간

공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-236	3.0	퇴적(점토)	2/30	1.93	–	LLT
BH-256	8.0	풍화암	50/7	318	513	PMT
BH-268	2.0	퇴적(점토)	8/30	9.67	–	LLT
BH-277	3.5	퇴적(점토)	3/30	3.89	–	LLT

○ 결과분석

구분	변형계수(MPa)					분석결과
	퇴적층	풍화토	풍화암	연 암	경 암	
터널구간	–	–	–	–	9,122~23,862	• 연암 변형계수 -교량구간:452~621MPa -깎기구간:480~3,406MPa • 위치 및 구조물별로 편차가 나타남
교량구간	–	–	173~244	452~621	–	
깎기구간	–	62	149~265	480~3,405	13,418	
쌓기구간	1.93~9.67	–	318	–	–	

4.1.2 공내전단시험

개 요
- 풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용
  → 풍화대층의 원위치 상태의 점착력(C)과 내부마찰각(ø)측정

○ 기존조사 자료

▮ 터널구간

구분		심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	구분		심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
금촌터널	TTB-3	8.0	풍화토	50/8	20.0	28.0	영태터널	TTB-6	11.0	풍화암	50/6	27.4	32.0
	TTB-4	4.0	풍화암	50/9	26.0	32.5							

▮ 깎기구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
깎기4-1	CCB-6	12.0	연 암	9	743.5	1,197

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
금촌터널	BH-179	4.0	풍화토	50/15	18.6	28.2

▮ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
내포IC R-A교	BH-315	21.0	풍화암	50/8	32.9	28.5

▮ 깎기구간

구분	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	구분	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
BH-252-1	12.5	풍화토	50/13	17.4	28.2	BH-289	4.0	풍화암	50/7	32.3	29.8
BH-254	8.0	풍화토	18/30	14.6	24.6	BH-293	4.0	풍화토	50/18	19.4	29.3
BH-261-5	9.0	풍화토	50/17	17.5	29.4	BH-299	7.0	풍화토	50/28	15.8	27.1
BH-282	6.0	풍화암	50/7	32.5	31.5	BH-302	6.0	풍화토	50/27	17.2	25.9
BH-284	3.0	풍화토	50/15	18.7	27.5	BH-303-1	3.0	풍화토	50/30	18.0	28.1
BH-287	4.0	풍화암	50/8	29.7	28.3	BH-306	7.0	풍화토	50/15	19.0	25.6

○ 결과분석

구분	점착력(kPa)		내부마찰각(°)		분석결과
	풍화토	풍화암	풍화토	풍화암	
터널구간	18.6	–	28.2	–	• 풍화토 점착력(kPa)/마찰각(°) -교량구간:18.6/28.2 -깎기구간:14.6~19.4/24.6~29.4
교량구간	–	32.9	–	28.5	
깎기구간	14.6~19.4	29.7~32.5	24.6~29.4	28.3~31.5	

4.1.3 SPT효율시험

개 요
- 표준관입시험시 롯드에 전달된 실제 타격에너지를 측정한 후 이를 이론적 타격에너지와 비교하여 에너지 전달율을 구함으로써 N값의 신뢰도 확보

○ 시험현황

구 분	기존조사				실시설계			
	터널	교량	깎기	쌓기	터널	교량	깎기	쌓기
수량(회)	1	3	–	–	2	5	2	1

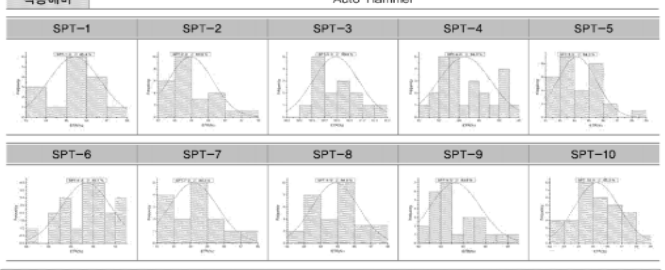
○ 기존조사 자료

공 번		BB-43	BB-51	BB-53	TTB-5
측정지층		풍화암	풍화토	풍화토	풍화토
ETR (%)	범위	49.1~61.5	48.1~58.3	53.0~65.5	50.6~56.2
	평균	54.1	53.2	60.1	52.6
적용해머		Donut Hammer	Donut Hammer	Auto Hamme	Donut Hammer

○ 실시설계조사 자료

공 번		SPT-1	SPT-2	SPT-3	SPT-4	SPT-5	SPT-6	SPT-7	SPT-8	SPT-9	SPT-10
측정지층		풍화토	풍화토	풍화암	풍화암	풍화암	풍화토	퇴적층	풍화토	퇴적층	풍화토
ETR (%)	범위	63.1~67.2	62.2~67.5	58.5~61.9	62.3~66.6	62.4~68.0	63.4~67.4	62.3~67.2	62.5~67.6	62.4~66.3	62.8~68.1
	평균	65.4	63.9	59.9	64.3	64.2	65.7	64.2	64.9	63.6	65.3
적용해머		Auto Hammer									

SPT-1 SPT-2 SPT-3 SPT-4 SPT-5 SPT-6 SPT-7 SPT-8 SPT-9 SPT-10



분석결과
- 기존 조사시 평균ETR 52.6~60.1%(평균 55.0%)로 나타남
- 금회 조사시 평균ETR 59.9~65.7%(평균 64.1%)로 나타남

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요
- 사업구간내 시추공의 지하수위를 측정하여 안정된 지하수위 분포 현황을 파악
- 각 시추공별 지하수위는 24, 48, 72시간 경과 후 측정

○ 기존조사 자료

구 분		터널구간	교량구간	깎기구간	쌓기구간
지하수위	GL, -m	1.7~16.3	0.4~9.5	1.3~17.3	3.9
	EL, m	39.2~95.6	2.1~53.5	19.8~60.3	2.7~4.3

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구 분	지하수위 GL, -m	지하수위 EL, m	구 분	지하수위 GL, -m	지하수위 EL, m	구 분	지하수위 GL, -m	지하수위 EL, m
BH-239	27.0	51.5	BH-241	2.2	43.1	BH-242	2.4	42.8
BH-240	3.1	50.7	–	–	–	–	–	–

▮ 교량구간

구 분	지하수위 GL, -m	지하수위 EL, m	구 분	지하수위 GL, -m	지하수위 EL, m	구 분	지하수위 GL, -m	지하수위 EL, m
BH-243-2	2.8	20.0	BH-278	4.6	5.8	BH-304-2	1.6	13.5
BH-246	2.7	7.0	BH-279	4.9	5.4	BH-305	1.6	13.7
BH-247	3.1	7.4	BH-280	1.9	7.1	BH-305-1	2.6	12.5
BH-248	4.3	6.2	BH-281	4.3	5.5	BH-305-2	2.2	12.6
BH-249	1.8	7.5	BH-285-1	3.5	6.1	BH-305-6	3.8	10.5
BH-250	1.2	8.6	BH-285-2	1.6	6.0	BH-308	4.5	2.3
BH-261-1	1.7	23.2	BH-286	4.2	3.4	BH-309	4.5	3.8
BH-261-2	1.8	23.9	BH-286-1	4.6	3.0	BH-310	4.7	3.7
BH-261-3	7.2	26.6	BH-286-2	3.8	4.7	BH-311	4.8	4.2
BH-261-4	8.0	26.0	BH-288	2.5	8.8	BH-313	9.7	2.7
BH-270	5.5	9.5	BH-288-1	2.4	9.4	BH-314-1	9.2	1.6
BH-271	2.5	9.5	BH-294-1	3.3	11.8	BH-315	10.2	1.8
BH-272	0.5	10.3	BH-295	0.1	10.3	–	–	–
BH-273	2.5	7.5	BH-296	1.8	10.3	–	–	–

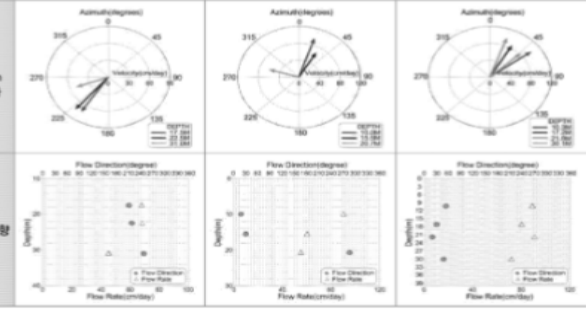
4.2.4 지하수 유향유속시험

개 요
- 터널구간 불연속면 분포구간에 대한 지하수 유동속도 및 방향성 측정
- 터널의 전체적인 지하수 흐름 경향 파악 및 설계시공의 기초 자료로 활용

○ 실시설계조사 시험결과

구 분	공 번	측정심도(m)	유향(MN)	유속(cm/day)	주흐름방향
강매터널	BH-31	17.5	212.9	67.74	SSW~SWW
		22.5	220.0	68.34	
		31.0	249.7	44.96	
문봉터널	BH-179	10.0	018.1	90.72	NWW~NNE
		15.5	030.0	60.48	
		20.7	286.8	55.54	
금촌터널	BH-240	10.3	053.2	88.84	NNE~NEE
		17.2	029.8	79.78	
		21.8	019.6	90.43	
		30.1	046.9	71.57	

구 분: BH-31 / BH-179 / BH-240 — 심도별 Diagram 분석결과, 주 흐름방향



분석결과
- BH-31 유향은 212.9° ~249.7° (SSW~SWW방향)이며 44.96~68.34cm/day의 유속을 보임
- BH-179 유향은 286.8° ~30.0° (NWW~NNE방향)이며 55.54~90.72cm/day의 유속을 보임
- BH-240 유향은 19.6° ~53.2° (NNE~NEE방향)이며 71.57~90.43cm/day의 유속을 보임

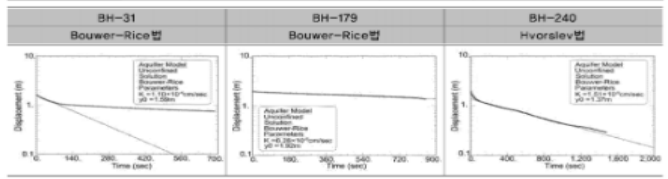
4.2.5 순간충격시험

개 요
- 순간적으로 물을 주입후 상승한 수위가 원래의 안정수위로 회복하는 수위변화를 측정
- 투수량 계수(T)와 투수계수(K)를 구하여 수리 해석시 입력 물성치로 활용

○ 실시설계조사 시험결과

구 분	공번	심도(m)	초기수위(m)	대수층 두께(m)	분석방법	K(cm/sec)	T(cm²/sec)
강매 터널	BH-31	34.0	17.15	16.85	Bouwer-Rice	1.10×10^{-4}	0.186
					Hvorslev	1.59×10^{-4}	0.268
					평균	1.35×10^{-4}	0.227
	BH-34	15.0	3.50	11.50	Bouwer-Rice	3.73×10^{-4}	0.429
					Hvorslev	5.21×10^{-4}	0.599
					평균	4.47×10^{-4}	0.514
문봉 터널	BH-179	30.5	7.45	23.05	Bouwer-Rice	6.28×10^{-6}	0.014
					Hvorslev	8.32×10^{-6}	0.019
					평균	7.30×10^{-6}	0.017
	BH-180	20.1	8.76	11.34	Bouwer-Rice	6.26×10^{-6}	0.007
					Hvorslev	8.68×10^{-6}	0.010
					평균	7.47×10^{-6}	0.008
금촌 터널	BH-240	33.0	3.20	29.80	Bouwer-Rice	1.51×10^{-5}	0.045
					Hvorslev	2.05×10^{-5}	0.061
					평균	1.78×10^{-5}	0.053
	BH-242	29.0	2.15	26.85	Bouwer-Rice	3.52×10^{-4}	0.898
					Hvorslev	4.65×10^{-4}	1.186
					평균	4.09×10^{-4}	1.042

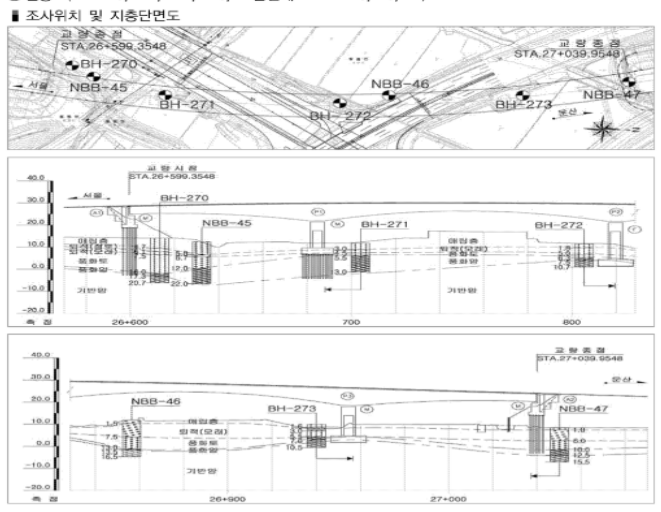
BH-31 Bouwer-Rice법 / BH-179 Bouwer-Rice법 / BH-240 Hvorslev법



분석결과
- 시험결과 투수계수(K)는 7.30×10^{-6} ~ 4.47×10^{-4}cm/sec의 범위를 보이며 투수량 계수(T)는 0.008~1.042cm²/sec의 범위를 나타냄

○ 월롱교(BH-270, 271, 272, 273, 보완설계 : NBB-45, 46, 47)

▮ 조사위치 및 지층단면도



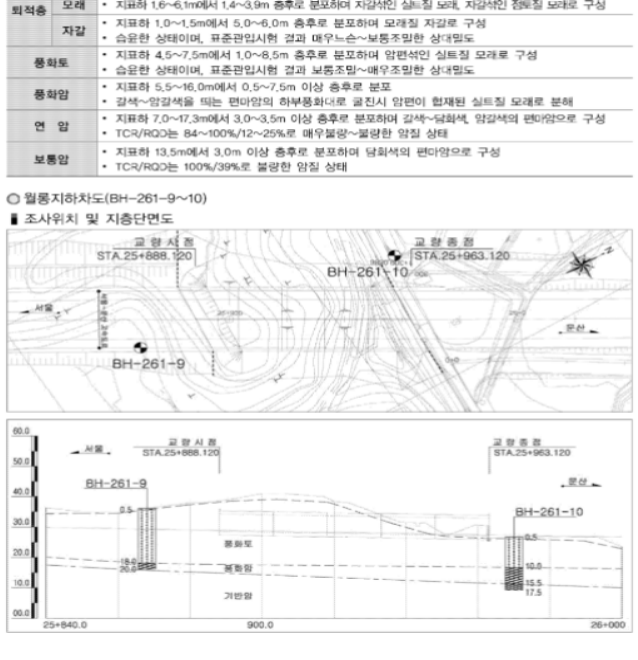
▮ 지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	1.0~4.7	실트질 모래, 모래질 자갈	7/30~22/30
붕적층		0.0	6.7	실트질 모래, 모래질 자갈	15/30~20/30
퇴적층	점토	4.7	1.4	모래질 실트	6/30~8/30
	모래	1.6~6.1	1.4~3.9	실트질 모래, 점토질 모래	5/30~11/30
	자갈	1.0~1.5	5.0~6.0	모래질 자갈	4/30~23/30
풍화토		4.5~7.5	1.0~8.5	실트질 모래	21/30~50/13
풍화암		5.5~16.0	0.5~7.5	실트질 모래	50/10~50/2
연 암		7.0~17.3	3.0~3.5	편마암	84~100%/12~25%
보통암		13.5	3.0	편마암	100%/39%

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 1.0~4.7m 층후로 분포하며 자갈석인 실트질 모래, 실트질 모래, 모래질 자갈로 구성
붕적층		• 지표하 0.0m에서 6.7m 층후로 분포하며 황갈색의 실트질 모래, 모래질 자갈로 구성
퇴적층	점토	• 지표하 4.7m에서 1.4m 층후로 분포하며 암회색의 모래질 실트로 구성, 보통견고한 연경도
	모래	• 지표하 1.6~6.1m에서 1.4~3.9m 층후로 분포하며 자갈석인 실트질 모래, 자갈석인 점토질 모래로 구성
	자갈	• 지표하 1.0~1.5m에서 5.0~6.0m 층후로 분포하며 모래질 자갈로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 매우느슨~보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 지표하 4.5~7.5m에서 1.0~8.5m 층후로 분포하며 암편석인 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 5.5~16.0m에서 0.5~7.5m 이상 층후로 분포 • 갈색~암갈색을 띠는 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편이 협재된 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 7.0~17.3m에서 3.0~3.5m 이상 층후로 분포하며 갈색~담회색, 암갈색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 84~100%/12~25%로 매우불량~불량한 암질 상태
보통암		• 지표하 13.5m에서 3.0m 이상 층후로 분포하며 담회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 100%/39%로 불량한 암질 상태

○ 월롱지하차도(BH-261-9~10)

▮ 조사위치 및 지층단면도



제5편 성과분석 및 설계지반정수

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

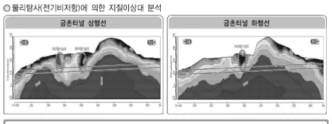
기본방향
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

○ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석



구 분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	해당 구조물
L-1	6+300	N20E	12	인기IC(휴게소)
L-2	13+200	N14E	87	쌀기봉
L-3	15+130	N18E	66	쌀기봉
L-4	21+640	N64W	66	금촌터널(좌점부)
L-5	25+850	N22W	62	쌀기봉
L-6	26+370	N82E	42	쌀기봉

○ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석



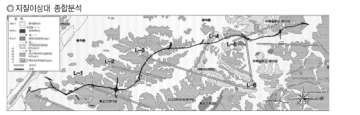
• 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
• 하행 STA. 21+390에 400Ω·m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구 분	위 치(STA.)	구 간(m)	특 징	비 고
행산교	BH-41	2+332.9	11.2~11.8	Slickonside 발달	
성사교	BH-94-1	5+845.3	13.6~16.0	파쇄암대 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	6+475.2	13.6~15.3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양 JCT	BH-115	9+300 부근	9.3~16.2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10.2~13.5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20.5~21.5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
원당천교	BH-149	10+480.0	9.4~12.0	Slickenside 및 파쇄 발달, 점토 충진	
사리현IC	BH-160	11+900 부근	10.0~15.5	지반풍화에 의한 암반내 토사층	
토공부	BH-170	12+927.7	10.3~13.3	파쇄대 분포, 지반풍화에 의한 토사화	
문봉터널	BH-179	13+753.0	9.0~12.5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543.5	10.5~11.7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
성석1교	BH-191-1	15+562.6	8.0~11.0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천교	BH-219-1	19+593.2	20.1~23.1	Slickenside 발달, 지반풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640.0	6.5~7.0	부분적 Slickenside 발달, 풍화심달	L-4 인접
토공부	BH-264	29+110.0	6.0~19.6	부분적 파쇄대 및 지반풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석



구 분	교차위치 (STA.)	조 사 내 용 선구조	지표조사	물리탐사	시추조사	예상폭 (m)	조 사 결 과	사업노선과 영향
L-1	6+300	○	○	–	○	3~5m 내외	소규모 단층파쇄 발달	토공구간(휴게소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L-2	13+200	○	○	–	–	–	–	영향 없음
L-3	15+130	○	–	–	○	1m 내외	지반풍화 발달	영향 없음
L-4	21+640	○	○	–	○	1m 내외	부분적 지반풍화 발달	영향 없음
L-5	25+850	○	○	–	–	–	–	영향 없음
L-6	26+370	○	–	–	–	–	–	영향 없음

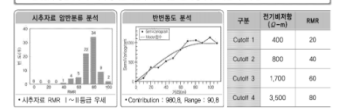
분석결과
- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층파쇄(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(휴게소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~L-6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 지반풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구릉지성 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 금촌터널 3차원 암반등급 산정

▮ 시추자료의 통계분석 및 공간변화량 분석

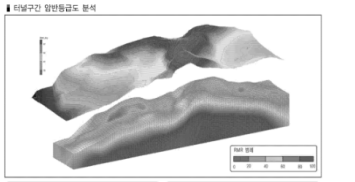
• RMR, Q분류 등 암반분류의 공학적 활용성을 높이기 위하여 상관성 분석 실시
→ 결과값이 상관식과 비교하여 상이한 지점에 대해 재검토를 수행하여 오류를 최소화 함

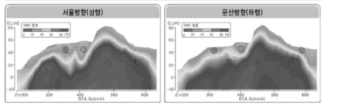


구분	전기비저항 (Ω-m)	RMR
Cutoff 1	400	20
Cutoff 2	800	40
Cutoff 3	1,700	60
Cutoff 4	3,500	80

• 시추자료 RMR 1~9등급 무세
• Contribution : 980.8, Range : 90.8

▮ 터널구간 암반등급도 분석





• 서울방향의 암반등급은 1~9등급으로 터널 시 · 종점부를 제외한 구간은 암등~breaker 암정도임
• 문산방향의 암반등급은 1~8등급으로 터널 시 · 종점부를 제외한 구간은 암등~breaker 암정도임

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.1.3 설계지반정수 산정방법

○ 토사층 설계지반정수 산정방법

구 분	주 요 점 수	산 정 방 법
기본물성	단위중량(γ_{t})	• 문헌 (한국도로공사, 도로설계요령)
	포아송비(μ)	• 인근지역 조사자료 및 기존자료 비교 · 분석
강도특성	점착력(c)	• 실내 일축압축강도시험의 결과 결과 기존문헌자료, 토질종류에 따른 일반적인 범위 값 비교 추정(Hoy E. Hunt, 1984, Braja M. Das, 1995)
	내부마찰각($^{\circ}$)	• 공내전단시험 • 인근조사자료, 기존자료 비교 · 분석 • 문헌의 검토 - 한국도로공사, 도로설계요령 • 공내N치시험 결과 • 문헌자료(Braja M. Das, Hunt)에 의한 산정
변형특성	변형계수(E)	
동적특성	전단파속도(V_{s}) 동적물성값(K_{o}, E_{d}, G_{d}, V_{sd})	• 하향식탄성파탐사 및 인근자역 조사자료 비교 · 분석에 의한 산정

○ 기반암 설계지반정수 산정방법

구 분	주 요 점 수	산 정 방 법
기본물성	단위중량(γ_{t})	• 실내암석시험결과 및 기존자료 분석
	포아송비(μ)	• 실내암석시험결과 및 기존자료 분석
강도특성	점착력(c)	• 공내전단시험 • 실내암석시험 결과에 의한 산정
	내부마찰각($^{\circ}$)	• 실내암석시험 결과에 의한 산정
변형특성	변형계수(E)	• 공내재하시험 및 기존자료 결과에 의한 산정
동적특성	전단파속도(V_{s}) 동적물성값(K_{o}, E_{d}, G_{d}, V_{sd})	• 하향식탄성파탐사 및 인근자역 조사자료 비교

○ 설계지반정수 신뢰성 검토

구 분	산 정 방 법
초기추정값 (Prior) 산정	• 기존 적용사례 및 경험식에 의한 결과를 초기 추정값으로 가정 • 문헌 분석에 의해 검증된 자료만 초기값으로 인정
분산분석	• 분산분석은 각 독립변수간의 상호연관성을 정량화하기 위한 것 • 일원분산분석은 1개의 모평균을 $\mu_{1}, \mu_{2}, \cdots, \mu_{k}$로 나타내면 다음과 같이 모든 모평균이 같다는 귀무가설을 수립하여, $H_{0}: \mu_{1}=\mu_{2}=\cdots=\mu_{k}$ 하여 귀무가설 검정
최대우도값 (Likelihood) 산정	• 현장 시험값 및 실내시험을 통한 결과값을 최대우도값으로 가정
Bayesian Approach	• 초기 추정값의 평균(μ_{0}), 표준편차는 1로부터 최대우도값(Likelihood)의 평균(μ_{1}), 표준편차(σ_{0})를 Bayesian 이론에 의해 평균(μ_{2}), 표준편차(σ_{2})를 구할 수 있음

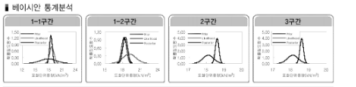
SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 포화단위중량(γ_{sat})

▮ 자료 분석

구 분	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	16.5~18.5 (17.8)	18.7~19.7 (19.2)	17.7~19.2 (18.1)	17.7~19.2 (18.1)	17.7~19.2 (18.1)
기본설계	–	–	–	19.7	–
실시설계	18.6 (18.6)	17.9~19.7 (19.1)	–	18.6~18.7 (18.65)	18.4~19.1 (18.7)

▮ 베이시안 통계분석



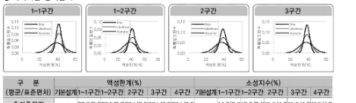
구분(평균/편차)	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	17.8/1.8	18.2/0.4	18.1/0.3	18.1/0.3	18.1/0.3
최대우도값	–	18.6/0.5	19.1/1.1	18.6/0.1	18.6/0.1	18.7/0.5
최 종 도 값	–	18.4/0.3	18.4/0.4	18.6/0.1	18.6/0.1	18.4/0.2
적 용	15.056 (γ_{sat} 기준)	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0

○ 액성한계 및 소성지수

▮ 자료 분석

구 분	액성한계(%) 1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	소성지수(%) 1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	32.0~43.8(38.7~42.3)(25.0~42.5)(25.0~42.5)(25.5~42.5)					3.5~19.7	4.3~17.8	12.1~18	12.1~18	12.1~18
기본설계	38.0	40.5	–	22.0	–	14.8	20.9	–	17.5	–
실시설계	44.1	36.8	39.0	37.5	38.7	20.0	14.5	15.9	14.7	14.5

▮ 베이시안 통계분석



구 분 (평균/표준편차)	액성한계(%) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	소성지수(%) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	38.2/8.2	37.5/0.8	37.1/7.9	37.1/7.9	37.1/7.9	–	14.2/6.5	16.0/9.5	15.5/4.8	15.5/4.8	15.5/4.8
최대우도값	–	41.1/4.3	41.2/6.7	39.0/5.5	38.0/4.6	38.7/3.3	–	17.4/3.7	17.7/5.0	15.9/4.2	16.5/4.7	14.5/5.8
최 종 도 값	–	40.8/2.9	40.5/4.5	38.6/3.5	37.9/3.0	38.6/1.5	–	16.9/2.4	17.5/3.3	15.8/2.5	16.4/2.7	14.7/2.3
적 용	35.2	41.0	41.0	39.0	38.0	39.0	19.8	17.0	17.5	16.0	16.5	15.0

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.4 강도 특성 분석

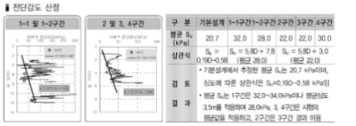
○ 전단강도

▮ 자료 분석



구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
피복조분 관입시험	범 위	–	2.1~49.7	–	15.4~94.6	–
	평 균	–	84.6	–	36.7	–
일축압축 (q_u/2)	범 위	32.4	30.8~41.3	–	19.3~28.1	31.6~34.3
	평 균	32.4	34.9	–	23.2	32.9
삼축압축 (CU)	범 위	–	21.0~31.3	–	19.6~20.1	29.6~29.8
	평 균	–	26.1	–	19.9	29.7

▮ 전단강도 산정



구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
점착 S_u (kPa)	20.7	32.0	28.0	22.0	22.0	30.0
삼축식	$S_u = S_u = 5.8D + 7.8$ (평균 28.0)			$S_u = 5.8D + 3.0$ (평균 22.0)		
검 토 결 과	$S_u = 0.190 \sim 0.58$					

• 기본설계에서 추정한 평균 S_u는 20.7 kPa이며,
심도에 따른 상한식은 S_u=0.190~0.58 kPa임
• 평균 S_u는 1구간은 32.0~34.0kPa이나 평균심도 3.5m를 적용하여 28.0kPa, 3, 4구간은 시험의 평균값을 적용하고, 2구간은 3구간 결과 이용

○ 강도증가율(m)

▮ 시험결과 분석



구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
경험식	범 위	0.19~0.20	0.15~0.21	0.15~0.20	0.15~0.21	0.14~0.2
	평 균	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17
실내시험	범 위	0.60	0.22~0.52	–	0.17~0.7	–
	평 균	0.60	0.42	–	0.35	–
현장시험	범 위	–	1.32	–	1.13	–
	평 균	–	1.32	–	1.13	–

▮ 강도증가율 산정

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
기본설계	–	0.19~0.20 (0.19)	0.19~0.21 (0.20)	–	0.17~0.20 (0.19)	–
실시설계	–	0.19~0.60 (0.38)	0.19~0.72 (0.37)	0.15~0.20 (0.18)	0.19~0.70 (0.22)	0.14~0.20 (0.17)
적 용	0.183	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

3.2.5 압밀 특성 분석

○ 과압밀비(OCR)

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	–	–	0.5	–
실시설계	–	4.0	0.9~3.4 (2.2)	–	3.3	0.9~1.7 (1.3)
적 용	0.3가정규압밀	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	정규압밀

○ 초기 간극비(e_{o}) 및 압축지수(C_{c})

구 분	초기간극비(e_{o}) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	압축지수(C_{c}) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	0.962	–	0.720	–	–	–	0.194	–	0.209	–
실시설계	–	0.963	0.876	–	0.962	0.94	–	0.253	0.243	–	0.281	0.239
적 용	0.699	0.95	0.88	0.88	0.88	0.94	0.155	0.25	0.24	0.26	0.26	0.24

○ 연직압밀계수 및 투수계수

구 분	연직압밀계수(10^{-3}cm^{2}/sec) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	투수계수(10^{-7}cm/sec) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	4.28	–	2.07	–	–	–	0.66	–	6.28	–
실시설계	–	9.84	4.02	–	3.70	3.82	–	2.29	0.83	–	1.57	1.35
적 용	3.452	9.80	4.00	2.50	3.20	3.80	2.561	2.30	0.80	3.10	3.10	1.30

○ 재압축지수(C_{r}) 및 2차 압축지수(C_{α})

구 분	재압축지수(C_{r}) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	2차 압축지수(C_{α}) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	–	–	–	–	–	0.0021	0.0036	–	0.0037	–
실시설계	–	0.033	0.038	–	0.042	0.034	–	0.0035	0.0032	0.0036	0.0034	0.0035
적 용	–	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.0037	0.0028	0.0034	0.0036	0.0035	0.0035

○ 압밀이방성 분석



구 분	C_{h}/C_{v}	K_{r}/K_{v}
문헌자료	1~9	1~15
인근자료	–	–
기본설계 적용	2.0	1.5
시험결과 현장시험	1.46~1.68	5.3~54.6
실내시험	4.45	5.28
적 용	2.0	2.5

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.2 연약지반 구역 구분



구 분	지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간 ((1)~(3)지역) 1-2구간 (③지역)	• 침식된 하천 능선지구간 통과	• 층 분 포 : 1.8~34.5m • 층 후 : 0.9~8.0m(평균 2.4m) • 층 선 도 : 0.9~5.4m	분산1:000~ 1:200 지선 1:400
2구간 (②~③지역)	• 하곡 주변 및 침식된 하류 주변 구릉지성 산지로 능선지 통과 • 상류로 지형 주변 구릉지성 산지지대	• 층 분 포 : 1.0~11.9m(평균 4.4m) • 층 후 : 0.9~4.0m • 층 선 도 : 0.9~4.0m	~1:640 분산1:480~
3구간 (②~③지역)	• 하곡 주변 및 하류 주변 지역으로 일부 및 능선지 통과	• 층 분 포 : 0.7~2.2m(평균 1.6m) • 층 후 : 1.0~6.4m(평균 3.3m) • 층 선 도 : 3.0~4.5m	분산1:320 ~1:480
4구간(종지역)	• 임진강 주변 지역지대 일부 및 능선지 통과	• 층 분 포 : 2.0~6.1m(평균 4.0m)	1:320~ Ramp

• 사업 4공구분석 STA. 21+200~32+760은 연약지반 3~4구간에 해당

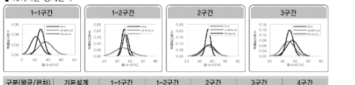
3.2.3 물리적 특성 분석

○ 함수비

▮ 자료 분석

구 분	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	23.7~43.5	29.6~36.2	33.7~37.8	33.7~37.8	33.7~37.8
기본설계	20.5	34.4~38.6 (36.4)	37.5	30.8~40.5 (37.3)	32.6~34.7
실시설계	35.4	26.6~42.0 (32.0)	31.3~41.5 (36.3)	28.1~44.0 (34.1)	31.5~37.8 (35.0)

▮ 베이시안 통계분석



구분(평균/편차)	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	20.5/7.5	36.4/2.2	37.3/4.5	37.3/4.5	34.7/2.2
최대우도값	–	35.4/10.5	34.2/6.2	36.3/5.1	34.1/4.8	35.0/2.3
최 종 도 값	–	28.0/5.3	35.2/1.9	36.5/1.9	35.2/2.7	35.0/0.9
적 용	37.5	28.0	35.0	36.0	35.0	35.0

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.4 강도 특성 분석

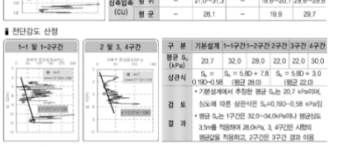
○ 전단강도

▮ 자료 분석



구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
피복조분 관입시험	범 위	–	2.1~49.7	–	15.4~94.6	–
	평 균	–	84.6	–	36.7	–
일축압축 (q_u/2)	범 위	32.4	30.8~41.3	–	19.3~28.1	31.6~34.3
	평 균	32.4	34.9	–	23.2	32.9
삼축압축 (CU)	범 위	–	21.0~31.3	–	19.6~20.1	29.6~29.8
	평 균	–	26.1	–	19.9	29.7

▮ 전단강도 산정



구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
점착 S_u (kPa)	20.7	32.0	28.0	22.0	22.0	30.0
삼축식	$S_u = S_u = 5.8D + 7.8$ (평균 28.0)			$S_u = 5.8D + 3.0$ (평균 22.0)		
검 토 결 과	$S_u = 0.190 \sim 0.58$					

• 기본설계에서 추정한 평균 S_u는 20.7 kPa이며,
심도에 따른 상한식은 S_u=0.190~0.58 kPa임
• 평균 S_u는 1구간은 32.0~34.0kPa이나 평균심도 3.5m를 적용하여 28.0kPa, 3, 4구간은 시험의 평균값을 적용하고, 2구간은 3구간 결과 이용

○ 강도증가율(m)

▮ 시험결과 분석



구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
경험식	범 위	0.19~0.20	0.15~0.21	0.15~0.20	0.15~0.21	0.14~0.2
	평 균	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17
실내시험	범 위	0.60	0.22~0.52	–	0.17~0.7	–
	평 균	0.60	0.42	–	0.35	–
현장시험	범 위	–	1.32	–	1.13	–
	평 균	–	1.32	–	1.13	–

▮ 강도증가율 산정

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
기본설계	–	0.19~0.20 (0.19)	0.19~0.21 (0.20)	–	0.17~0.20 (0.19)	–
실시설계	–	0.19~0.60 (0.38)	0.19~0.72 (0.37)	0.15~0.20 (0.18)	0.19~0.70 (0.22)	0.14~0.20 (0.17)
적 용	0.183	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20

다. 구조계산서 및 내진설계

제1장 월롱교

1.1 설계개요

1.1.1 교량현황

1) 교량형식 : PSC박스거더교
2) 가설방법 : FCM(Free Cantilever Method)공법
3) 연 장 : 82.0 + 128.0 + 135.0 + 85.0 = 430.0 m
4) 폭 원 : B = 24.47 m
5) 형 고 : H = 3.75 ~ 8.00 m
6) 내진등급 : 내진 1 등급

1.1.2 사용재료 및 허용응력

(1) 콘크리트

1) 설계기준강도 : f_{ck} = 45 MPa
2) 단위중량 : γ_c = 25 KN/m³
3) 탄성계수 : $E_c = 8500\sqrt[3]{fcu}$ = 31900 MPa
4) 프리스트레스 도입시 압축강도 : f_{ci} = 28 MPa 이상
· 긴장력 도입 콘크리트 재령 = 5 일
· $f_{cu}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot f_{cu} = \exp[\beta_{sc}\{1-\sqrt{(28/t)}\}] \times fcu$, β_{sc} = 0.25
$f_{cu}(5) = \exp[0.25\{1-\sqrt{(28/5)}\}] \times 53$
= 37.7 MPa > f_{ci} = 28 MPa

5) 허용응력 (단위 : MPa)

휨 압축응력	가설중		0.6 f_{ci}	= 16.80
	사용하중 작용시 (손실발생 후)		0.45 f_{ck}	= 20.25
휨 인장응력	가설중	휨인장	0.25 $\sqrt{f_{ci}}$	= 1.32
		단순지지부재	0.50 $\sqrt{fci}$	= 2.65
	사용하중 작용시 (비균열등급)		0.63 $\sqrt{f_{ck}}$	= 4.23

(2) P.S강연선

1) 사용강재 및 강도

사용 강연선	상부	SWPC7B Φ15.2mm(0.6") - 19	, DUCT SIZE : 100/103 mm
	하부	SWPC7B Φ15.2mm(0.6") - 22	, DUCT SIZE : 110/113 mm
	Edge 부	SWPC7B Φ15.2mm(0.6") - 7	, DUCT SIZE : 63/66 mm
	횡방향	SWPC7B Φ15.2mm(0.6") - 4	, DUCT SIZE : 19×70mm
공칭단면적(Φ15.2mm)		A_p = 138.7 mm²	
항복강도		f_{py} = 1600 MPa	
인장강도		f_{pu} = 1900 MPa	
탄성계수		E_p = 2.0 × 10⁵ MPa	

2) 마찰계수

구 분	곡률 마찰계수(μ) (/rad)	파상 마찰계수(κ) (/m)
상부, Edge부 강연선	0.20	0.0015
하부 강연선	0.25	0.0050
횡방향 강연선	0.25	0.0050

3) 허용응력
· 정착직후 정착구에서의 응력 : f_{so} = 0.7 f_{py} = 1330.0 MPa
· 손실이 일어난 후 사용하중상태에서의 응력 : f_{se} = 0.8 f_{py} = 1280.0 MPa
4) 도입긴장력 : f_{pi} = 1330.0 MPa (상부 종방향 강연선, 횡방향강연선)
: f_{pi} = 1387.0 MPa (하부 종방향 강연선)
5) 릴랙세이션율 : 최종 5%
6) 정착시 슬립량 : 6 mm

(3) 강 봉

1) 사용기준 : KSD 3505
2) 항복강도 및 인장강도

구 분	항복강도(P_y)	인장강도(P_u)
Φ 36	1099 KN	1252 KN

(4) 철 근

1) 항복강도 : f_y = 400 MPa
2) 탄성계수 : E_s = 200000 MPa

1.2 설계하중

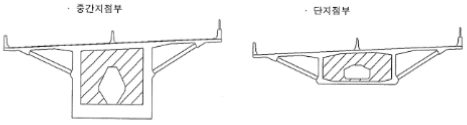
1.2.1 고정하중

(1) 자 중

1) 거더자중 : 프로그램내에서 자동산정 (γ_c = 25 KN/m³)

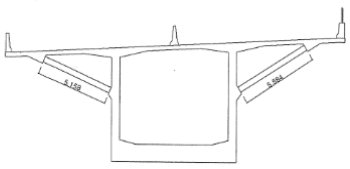
2) 다이아프램 자중

· 중간지점부 · 단지점부



W_{d1} = 32.45 × 25 = 811.3 KN/m W_{d2} = 20.14 × 25 = 503.5 KN/m

3) 스트럿 자중



$W_{d3} = \pi/4 \times 0.400^2 \times 5.371 \times 25.00 \times 2$ = 33.747 KN

4) 하부정착구 자중

Wa_1 = 1.686 × 25 × 2 = 84.3 KN : Key-Seg 블록
Wa_2 = 0.408 × 25 × 2 = 20.4 KN : 정착구 1개소 블록
Wa3 = 0.740 × 25 × 2 = 37.0 KN : 정착구 2개소 블록

4) 2차 고정하중

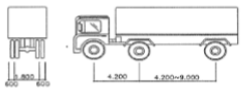
· 방호울타리 : W_b = 0.398 × 25.00 × 1 = 9.955 KN/m
· 포 장 : W_s = 22.790 × 0.05 × 23.5 = 26.778 KN/m
· 중앙분리대 : W_d = 0.421 × 25.00 × 1 = 10.525 KN/m
· 방음벽기초 : W_w = 0.500 × 25.00 × 1 = 12.500 KN/m
· 방 음 판 : W_v = = 1.000 KN/m
· 방음벽 설치구간 = 9.955 + 26.778 + 10.525 + 12.500 + 1.000
= 60.76 KN/m

(2) 프리스트레스 하중

1) Jacking Force
· 상부 강연선 : P_i = 0.70 P_s (= 199.7 KN/strand) 인장강도의 70%
· 하부 강연선 : P_i = 0.70 P_s (= 199.7 KN/strand) 인장강도의 70%
· Edge부 강연선 : P_i = 0.70 P_s (= 199.7 KN/strand) 인장강도의 70%
· 횡방향 강연선 : P_i = 0.70 P_s (= 184.5 KN/strand) 인장강도의 70%
2) 프리스트레스 손실
· 즉시손실 - 정착장치에서의 슬립량
PS강재와 쉬스사이의 마찰
탄성수축에 의한 손실
· 시간적 손실 - 콘크리트의 크리프
콘크리트의 건조수축
PS강재의 릴랙세이션

1.2.2 활하중

(1) 적용활하중 : DB-24 표준트럭하중 , DL-24 차선하중, 전차하중(80톤수), 전차트레일러



(표준트럭하중 DB-24)

(2) 하중강도 및 충격계수

1) DB-24 : P_1 = 24 KN , P_2 = 96 KN
2) DL-24 : w = 12.7 KN/m , P_m = 108 KN , P_s = 156 KN
3) 충격계수
· 측경간 (L = 83.0 m) : i_1 = 15 / (40 + L) = 0.122
· 측경간 (L = 85.0 m) : i_1 = 15 / (40 + L) = 0.120
· 중앙경간 (L = 128.0 m) : i_2 = 15 / (40 + L) = 0.089
· 중앙경간 (L = 135.0 m) : i_2 = 15 / (40 + L) = 0.086

(3) 설계차선수

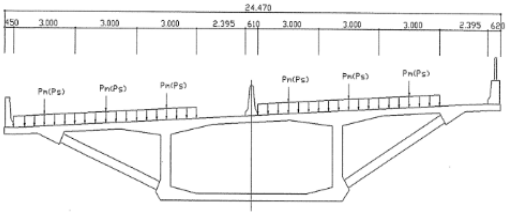
W_c = 24.470 - 0.450 - 0.620 = 23.400 m , 20.1 ≤ W_c < 23.8 ∴ 6차선

(4) 설계차선폭

W = W_c / N = 23.400 / 6 = 3.900 m > 3.600 m ∴ W = 3.600 m

다만 곡선의 영향을 고려하여 차량의 편심재하에 대한 설계가 중요한 교량에서는
표준차선폭이나 설계차선폭에 관계없이 DB하중이나 DL하중을 표준점유폭인 3.0m 하다
연속시켜서 설계차선수 이내로 최대의 편심효과가 일어날 수 있도록 재하한다. (도 → W = 3.0m 적용

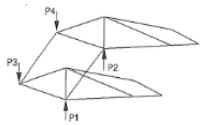
(5) 하중재하



최우 편기 하중 위치를 재하하여 가장불리한 하중 경우 조합

1.2.3 Form Traveller 하중

(1) F/T Main Frame반력(F/T계산서 반력 참조)



P1 = 2059.5 KN P2 = 2068.7 KN P3 = 1070.9 KN P4 = 1066.1 KN

1) 교축직각방향 작용력 산정

P = (2059.5 + 2068.7) - (1070.9 + 1066.1) = 1991.2 KN

e = (1070.9 + 1066.1) × 4.5 / 1991.2 = 4.83 m

M = 1991.2 × 4.8 = 9616.5 KN-m

2) 교축방향 작용력 산정

P = (2059.5 - 1070.9) - (2068.7 - 1066.1) = -14.0 KN

e = 4.20 m

M = -14.0 × 4.2 = -58.8 KN-m

(2) F/T 거푸집 Rear 반력(F/T계산서 반력 참조)

P = 바닥거푸집 반력 + 내부거푸집 반력 + 외부거푸집 반력

7) 설계 풍하중

· P1 방호울타리 구간

P = 5 x (10^-4) · 1.25 · 32.855² · 1.76 · 1.9 = 2.256 KN/m²

단면높이 (m)	교량층높이 (m)	단위풍하중 (KN/m²)	단면상부로부터 하중중심까지 거리 (m)	풍하중 (KN/m)	모멘트 (KN · m/m)
3.750	5.070	2.256	1.215	11.438	13.897
3.774	5.094	2.256	1.227	11.492	14.101
3.846	5.166	2.256	1.263	11.654	14.719
3.966	5.286	2.256	1.323	11.925	15.777
4.135	5.455	2.256	1.408	12.306	17.321
4.337	5.657	2.256	1.509	12.762	19.251
4.582	5.902	2.256	1.631	13.315	21.717
4.870	6.190	2.256	1.775	13.965	24.788
5.200	6.520	2.256	1.940	14.709	28.535
5.573	6.893	2.256	2.127	15.551	33.069
5.988	7.308	2.256	2.334	16.487	38.481
6.446	7.766	2.256	2.563	17.52	44.904
6.947	8.267	2.256	2.814	18.65	52.472
7.420	8.740	2.256	3.050	19.717	60.137
8.000	9.320	2.256	3.340	21.026	70.227

· P2,3 방호울타리 구간

단면높이 (m)	교량층높이 (m)	단위풍하중 (KN/m²)	단면상부로부터 하중중심까지 거리 (m)	풍하중 (KN/m)	모멘트 (KN · m/m)
3.750	5.070	2.256	1.215	11.438	13.897
3.769	5.089	2.256	1.225	11.481	14.058
3.827	5.147	2.256	1.254	11.612	14.556
3.923	5.243	2.256	1.302	11.828	15.394
4.057	5.377	2.256	1.369	12.131	16.601
4.230	5.550	2.256	1.455	12.521	18.218
4.441	5.761	2.256	1.561	12.997	20.282
4.691	6.011	2.256	1.686	13.561	22.857
4.979	6.299	2.256	1.830	14.211	25.999
5.306	6.626	2.256	1.993	14.948	29.791
5.671	6.991	2.256	2.176	15.772	34.312
6.074	7.394	2.256	2.377	16.681	39.651
6.516	7.836	2.256	2.598	17.678	45.927
6.996	8.316	2.256	2.838	18.761	53.244
7.448	8.768	2.256	3.064	19.781	60.609
8.000	9.320	2.256	3.340	21.026	70.227

1.2.4 풍하중

(1) 상부에 작용하는 풍하중

1) 풍하중 (도로교설계기준 p2-12)

$P = 5 \times 10^{-7} \cdot \rho \cdot V_d^2 \cdot C_d \cdot G$

ρ : 공기밀도 (1.25 N · s²/m⁴)

V_d : 설계기준풍속

C_d : 항력계수

G : 거스트 응답계수

2) 지역별 기본풍속 (도로교설계기준 p2-17)

I 지역 내륙 적용

V_{10} = 30 m/s

3) 지표조도 구분 (도로교설계기준 p2-18)

II 지역(개활지, 농지, 전원)적용

α = 0.16 , Z_G = 600 m , Z_b = 10 m

4) 설계기준풍속 (도로교설계기준 p2-15)

$V_d = 1.925 \cdot [Z / Z_G]^{\alpha} \cdot V_{10}$, $Z \geq Z_b$

교량상부구조 평균높이 Z ≒ 17.67 m ≥ Z_b = 10 m

= 1.925 × [17.7 / 600.0]^0.12 × 30 = 32.86 m/s

5) 거스트계수

G = 1.9

6) 항력계수

C_d = 2.1 - 0.1 (B / D), 1 ≤ B/D < 8

상부슬래브 폭(B) = 24.470 m 중앙부형고 = 3.75 m

방호벽 높이 = 1.320 m 지점부형고 = 8.0 m

방음벽 높이 = 2.550 m

방호울타리 구간 : C_d = 2.1 - 0.1 (24.47 / ((3.75 + 8) / 2 + 1.32)) = 1.76

방음벽 구간 : C_d = 2.1 - 0.1 (24.47 / ((3.75 + 8) / 2 + 2.55)) = 1.81

· P1 방음벽 구간

P = 5 x (10^-4) · 1.25 · 32.855² · 1.81 · 1.9 2.32 KN/m²

단면높이 (m)	교량층높이 (m)	단위풍하중 (KN/m²)	단면상부로부터 하중중심까지 거리 (m)	풍하중 (KN/m)	모멘트 (KN · m/m)
3.750	6.300	2.32	0.600	14.616	8.77
3.774	6.324	2.32	0.612	14.672	8.979
3.846	6.396	2.32	0.648	14.839	9.616
3.966	6.516	2.32	0.708	15.117	10.703
4.135	6.685	2.32	0.793	15.509	12.291
4.337	6.887	2.32	0.894	15.978	14.276
4.582	7.132	2.32	1.016	16.546	16.811
4.870	7.420	2.32	1.160	17.214	19.968
5.200	7.750	2.32	1.325	17.98	23.824
5.573	8.123	2.32	1.512	18.845	28.484
5.988	8.538	2.32	1.719	19.808	34.05
6.446	8.996	2.32	1.948	20.871	40.657
6.947	9.497	2.32	2.199	22.033	48.44
7.420	9.970	2.32	2.435	23.13	56.322
8.000	10.550	2.32	2.725	24.476	66.697

· P2,3 방음벽 구간

단면높이 (m)	교량층높이 (m)	단위풍하중 (KN/m²)	단면상부로부터 하중중심까지 거리 (m)	풍하중 (KN/m)	모멘트 (KN · m/m)
3.750	6.300	2.32	0.600	14.616	8.77
3.769	6.319	2.32	0.610	14.66	8.935
3.827	6.377	2.32	0.639	14.795	9.447
3.923	6.473	2.32	0.687	15.017	10.309
4.057	6.607	2.32	0.754	15.328	11.55
4.230	6.780	2.32	0.840	15.73	13.213
4.441	6.991	2.32	0.946	16.219	15.335
4.691	7.241	2.32	1.071	16.799	17.983
4.979	7.529	2.32	1.215	17.467	21.214
5.306	7.856	2.32	1.378	18.226	25.115
5.671	8.221	2.32	1.561	19.073	29.763
6.074	8.624	2.32	1.762	20.008	35.254
6.516	9.066	2.32	1.983	21.033	41.708
6.996	9.546	2.32	2.223	22.147	49.233
7.448	9.998	2.32	2.449	23.195	56.805
8.000	10.550	2.32	2.725	24.476	66.697

2. 설계대상 교량

2.1 설계조건

○ 교량 제원

(1) 구조형식

구조형식					
상부형식	구조형식	PSC BOX	하부형식	교각형식	중공Box 교각
	지간구성	82.0 + 128.0 + 135.0 + 85.0 = 430.0m		사용재료	콘크리트 f_{ck}=40 MPa
				기초형식	직접기초
	사용재료	콘크리트 fck=45 MPa		사용재료	콘크리트 f_{ck}=27 MPa

(2) 내진등급과 설계지진 수준

내진등급		위험도계수	가속도계수	지반계수
I	0.11	1.4	구역계수 x 위험도계수 = 0.154g	II (내진:1.2,면진:1.5)

(3) 해석 방법

구 분	내진설계	면진설계
입력지진	지반계수에 맞는 응답스펙트럼	4개의 인공지진파
해석방법	다중모드 응답 스펙트럼 해석	시간이력 해석
	5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz Vector 해석법 사용	5% 감쇠비를 적용하였으며 Ritz Vector 해석법 사용
	질량참여율 90% 이상	질량참여율 90% 이상

(4) 적용 받침

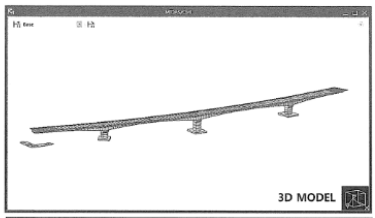
구 분	면진설계(SPI)
적용 받침	SPI(Sliding Pendulum Isolators)

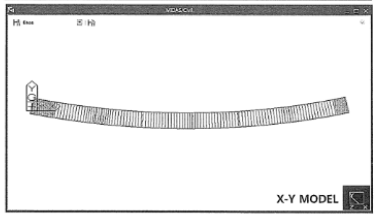
2.2 참고문헌

① 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2010년)
② 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2007년)
③ 도로설계요령 (한국도로공사, 2002년)
④ 설계 실무 자료집 (한국도로공사, 1996년)

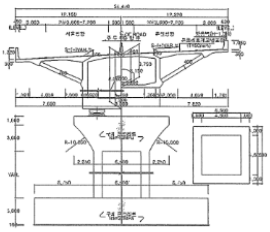
3. 해석 모델

3.1 모델링





3.2 단면 특성



4.3 복원력 검토

: 우리나라 도로교 설계기준에는 아직 제시되어 있지 않지만 AASHTO 및 European Standard에서는 교량구조물이 지진하중에 적당한 원위치 복원력을 제공하도록 제시하고 있다. 이에 본 검토서에서는 AASHTO에 제시된 수평복원력의 만족여부를 체크하는데 그 목적이 있다. 우리나라 도로교설계기준에는 다음과 같이 명시하고 있다."지진격리받침은 원칙적으로 지진후에 교량의 기능에 악영향을 주는 잔류변위가 발생하지 않도록 설계해야 한다."

※ **"AASHTO Guide Specifications for Seismic Isolation Design" 12.2 Lateral Restoring Force**
: The restoring force at d shall be greater than the restoring force at 0.5d by not less than W/80

구 분		K2	설계변위	받침수량	W
12000(R=3.5)	12,000	13.5	15.0	4	22,080
40000(R=4.0)	40,000	42.9	15.0	3	68,400
50000(R=4.0)	50,000	54.4	15.0	2	60,000
55000(R=4.0)	55,000	70.6	15.0	4	158,400
합 계				13	308,880

○ 필요 RESTORING FORCE(K2, need)

(K2 x d) - (K2 x 0.5 x d) > W/80
0.5 x K2 x d > W/80
K2 > W/40d
K2 need > 308,880 / 600 = 514.80 kN/cm

○ 받침복원강성(K2,capacity)

12000(R=3.5)	K2,capacity =	복원강성 x 받침수량	54.0
40000(R=4.0)	K2,capacity =	복원강성 x 받침수량	128.6
50000(R=4.0)	K2,capacity =	복원강성 x 받침수량	108.8
55000(R=4.0)	K2,capacity =	복원강성 x 받침수량	282.4
합 계			573.8

※ K2, need = 514.80 kN/cm < K2,capacity = 573.78 kN/cm **O.K**

6. 내진해석 결과

6.1 받침 부재력 해석결과

(단위 : kN)

교각	받침		용량	교축방향 해석시		교축직각방향 해석시	
				교축	교직	교축	교직
A1	1	SPI	12,000	345	272	276	348
	2	SPI	12,000	346	272	277	348
P1	3	SPI	50,000	1,613	1,243	1,295	1,553
	4	SPI	40,000	1,273	981	1,016	1,224
	5	SPI	50,000	1,616	1,243	1,293	1,553
P2	6	SPI	55,000	1,975	297	222	1,876
	7	SPI	40,000	1,268	194	159	1,210
	8	SPI	55,000	1,967	299	291	1,876
P3	9	SPI	55,000	1,977	1,444	1,502	1,855
	10	SPI	40,000	1,272	942	973	1,198
	11	SPI	55,000	1,979	1,444	1,477	1,855
A2	12	SPI	12,000	345	274	275	342
	13	SPI	12,000	346	274	275	342

6.2 받침 부재력 하중 조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : kN)

교각	받침		용량	하중경우 1		하중경우 2		허용 수평력	판정	응답수정계수, R	비 고
				교축	교직	교축	교직				
A1	1	SPI	12,000	535	470	474	537	1,050.0	O.K	0.8	
	2	SPI	12,000	536	470	476	537	1,050.0	O.K	0.8	
P1	3	SPI	50,000	2,002	1,709	1,779	1,925	2,800.0	O.K	1.0	
	4	SPI	40,000	1,578	1,349	1,398	1,519	2,200.0	O.K	1.0	
	5	SPI	50,000	2,004	1,708	1,777	1,925	2,800.0	O.K	1.0	
P2	6	SPI	55,000	2,042	859	815	1,965	3,500.0	O.K	1.0	
	7	SPI	40,000	1,316	557	540	1,269	2,200.0	O.K	1.0	
	8	SPI	55,000	2,054	862	881	1,966	3,500.0	O.K	1.0	
P3	9	SPI	55,000	2,428	2,000	2,096	2,288	3,500.0	O.K	1.0	
	10	SPI	40,000	1,564	1,301	1,354	1,480	2,200.0	O.K	1.0	
	11	SPI	55,000	2,422	2,000	2,071	2,288	3,500.0	O.K	1.0	
A2	12	SPI	12,000	535	470	473	529	1,050.0	O.K	0.8	
	13	SPI	12,000	535	470	473	529	1,050.0	O.K	0.8	

6.3 받침변위

(단위 : mm)

교각	받침		용량	교축방향 해석시		교직방향 해석시	
				교축	교직	교축	교직
A1	1	SPI	12,000	61.5	7.5	10.1	63.6
	2	SPI	12,000	61.9	7.5	10.8	63.6
P1	3	SPI	50,000	58.8	3.7	5.3	47.6
	4	SPI	40,000	59.0	3.7	5.1	47.6
	5	SPI	50,000	59.2	3.7	5.3	47.6
P2	6	SPI	55,000	58.7	0.6	0.4	44.8
	7	SPI	40,000	58.6	0.6	0.5	44.8
	8	SPI	55,000	58.6	0.6	0.6	44.8
P3	9	SPI	55,000	58.6	3.5	4.3	42.0
	10	SPI	40,000	58.7	3.5	4.1	42.0
	11	SPI	55,000	58.9	3.5	4.0	42.0
A2	12	SPI	12,000	61.6	8.4	9.4	58.7
	13	SPI	12,000	61.8	8.4	9.3	58.7

6.4 받침변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

교각	받침		용량	하중경우 1		하중경우 2		허용 변위	검토	비 고
				교축	교직	교축	교직			
A1	1	SPI	12,000	64.6	26.5	28.5	65.8	150	O.K	
	2	SPI	12,000	65.2	26.5	29.4	65.8	150	O.K	
P1	3	SPI	50,000	60.4	18.0	23.0	48.7	150	O.K	
	4	SPI	40,000	60.5	18.0	22.8	48.7	150	O.K	
	5	SPI	50,000	60.8	18.0	23.0	48.7	150	O.K	
P2	6	SPI	55,000	58.8	14.0	18.0	45.0	150	O.K	
	7	SPI	40,000	58.8	14.0	18.0	45.0	150	O.K	
	8	SPI	55,000	58.8	14.0	18.1	45.0	150	O.K	
P3	9	SPI	55,000	59.9	16.1	21.8	43.1	150	O.K	
	10	SPI	40,000	60.0	16.1	21.8	43.1	150	O.K	
	11	SPI	55,000	60.1	16.1	21.7	43.1	150	O.K	
A2	12	SPI	12,000	64.4	26.0	27.9	61.3	150	O.K	
	13	SPI	12,000	64.6	26.0	27.8	61.2	150	O.K	

7. 하부구조 내진해석 결과

7.1 교각하단 부재력

구 분		교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
		모멘트(kN-m)		전단력(kN)		모멘트(kN-m)		전단력(kN)		
교각	높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	7.7	73,804	46,931	6,816	3,115	42,430	90,852	3,633	6,148	
P2	12.7	114,134	15,051	7,704	826	10,876	122,966	671	7,359	
P3	9.2	85,430	58,198	7,349	3,426	51,964	101,730	3,929	6,785	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.2 교각하단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

구 분		하중경우 1				하중경우 2				비고
		모멘트(kN-m)		전단력(kN)		모멘트(kN-m)		전단력(kN)		
교각	높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	7.7	86,534	74,187	7,906	4,959	64,572	104,932	5,677	7,082	
P2	12.7	117,397	51,941	7,905	3,033	45,116	127,481	2,983	7,607	
P3	9.2	101,019	88,717	8,528	5,461	77,593	119,189	6,134	7,813	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.3 교각상단 부재력

구 분		교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
		모멘트(kN-m)		전단력(kN)		모멘트(kN-m)		전단력(kN)		
교각	높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	7.7	22,201	19,138	6,344	4,493	13,700	38,797	3,864	7,050	
P2	12.7	21,137	4,165	7,591	1,075	2,440	37,194	705	9,640	
P3	9.2	21,887	21,306	7,027	4,323	15,056	40,532	4,165	7,844	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.4 교각상단 부재력 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

구 분		하중경우 1				하중경우 2				비고
		모멘트(kN-m)		전단력(kN)		모멘트(kN-m)		전단력(kN)		
교각	높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	7.7	26,310	30,777	7,504	6,608	20,360	44,539	5,767	8,398	
P2	12.7	21,869	15,323	7,803	3,966	8,781	38,444	2,982	9,962	
P3	9.2	26,403	33,465	8,277	6,676	21,622	46,924	6,273	9,141	

※ 교각의 높이는 코핑과 기초를 제외한 높이임.

7.5 기둥 상단 변위

(단위 : mm)

구 분		교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
P1	7.7	1.3	0.8	0.6	1.7	
P2	12.7	3.5	0.5	0.3	3.9	
P3	9.2	1.8	1.2	0.9	2.3	

7.6 기둥 상단 변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

구 분		하중경우 1		하중경우 2		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
P1	7.7	1.5	1.3	1.0	1.9	
P2	12.7	3.6	1.6	1.4	4.0	
P3	9.2	2.1	1.9	1.5	2.6	

7.7 상부변위

(단위 : mm)

구 분		교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
A1	-	59.8	12.1	4.8	66.3	
P1	7.7	61.6	9.0	2.1	56.2	
P2	12.7	61.8	1.2	0.8	56.7	
P3	9.2	61.6	9.0	2.3	51.6	
A2	-	60.5	13.5	4.8	61.1	

7.8 상부변위 하중조합

1) 하중경우 1 : 1.0 ×교축방향 지진 + 0.3 ×교축직각방향 지진
2) 하중경우 2 : 0.3 ×교축방향 지진 + 1.0 ×교축직각방향 지진

(단위 : mm)

구 분		하중경우 1		하중경우 2		비 고
교각	높이	교축	교직	교축	교직	
A1	-	61.2	31.9	22.7	69.9	
P1	7.7	62.3	25.8	20.6	58.8	
P2	12.7	62.0	18.2	19.4	57.1	
P3	9.2	62.3	24.5	20.8	54.3	
A2	-	61.9	31.9	22.9	65.2	

7.9 교량 여유간격

: 지진시에 상부구조와 교대 혹은 인접하는 상부구조간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지하고, 설계시 고려된 내진성능이 충분히 발휘될 수 있도록 하기 위하여 상부구조의 단부에는 여유간격을 설치하여야 한다. 상부구조의 여유간격은 다음식에 의한 값보다 작아서는 안된다.

$$\Delta Li = d + 0.4\Delta lt + \Delta ls + \Delta lc$$

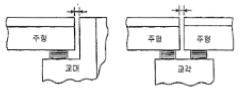
여기서, ΔLi : 상부구조의 여유간격
d : 지반에 대한 상부구조의 변위 (di + dsub)
Δls : 콘크리트의 건조수축에 의한 이동량 (mm)
Δlc : 콘크리트의 크리프에 의한 이동량 (mm)
Δlt : 온도변화에 의한 이동량 (mm)

○ 상부구조의 여유간격 검토

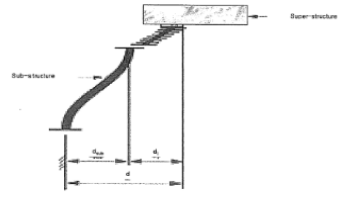
상부구조의 여유간격은 도로교설계기준 2.4.1.3 page42에서 규정하는 여유량을 고려한 가동받침의 이동량보다 커야 하며, 또한 교축직각방향의 지진시 변위에 의한 인접상부구조 및 주요구조부재간의 충돌 가능성이 있을 때는 이를 방지하기 위한 여유간격을 설치한다.

구 분	상부 구조물의 종변위 (d)	온도변위 (0.4L)	여유간격 (ΔLi)	설계유간	설치유간	검 토
A1	62.3	33.6	96	300	350	O.K
A2	61.9	35.2	97	300	350	O.K

* 설치유간 = 설계유간 + (슬래브와 주구조의 간격)



<그림> 상부구조의 여유간격



<그림> 지반에 대한 상부구조의 종변위 (d = di + dsub)

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1877.500	911.977	O.K
	허용인발력(kN/EA)	250.470	-	O.K
	휨응력(MPa)	133.000	124.964	O.K
	전단응력(MPa)	76.000	14.695	O.K
	수평변위(mm)	15.000	12.654	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2118.400	1013.230	O.K
	허용인발력(kN/EA)	375.710	-30.043	O.K
	휨응력(MPa)	199.500	124.211	O.K
	전단응력(MPa)	114.000	20.176	O.K
	수평변위(mm)	15.000	9.790	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1500	150	1299.13	2292	444.061	779.171	1.755	O.K
후면저판		1500	100	1578.89	2292	558.988	808.394	1.446	O.K
벽체 (H=9.012)		3650	100	1634.28	2292	1474.424	2064.983	1.401	O.K
흉벽		1000	80	1594.62	2292	369.331	527.853	1.429	O.K
좌측날개벽	A(T=620 mm)	620	80	964.439	1588.8	131.059	214.045	1.633	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	698.172	1588.8	95.224	214.045	2.248	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	926.78	1324	126.007	179.028	1.421	O.K
우측날개벽	A(T=450 mm)	450	80	1208.11	2292	111.248	206.4	1.855	O.K
	B(T=450 mm)	450	80	1028.94	2292	95.095	206.4	2.17	O.K
	C(T=450 mm)	450	80	1208.6	2292	111.292	206.4	1.855	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		95.173	150	125	476.192	O.K
후면저판		115.708	150	125	454.345	O.K
벽체 (H=9.012)		88.685	150	125	661.724	O.K
흉벽		109.224	150	125	544.744	O.K
좌측날개벽	A(T=620 mm)	95.709	150	125	642.808	O.K
	B(T=620 mm)	69.54	150	125	905.958	O.K
	C(T=620 mm)	109.858	150	150	536.836	O.K
우측날개벽	A(T=450 mm)	84.313	150	125	747.213	O.K
	B(T=450 mm)	72.071	150	125	874.136	O.K
	C(T=450 mm)	84.347	150	125	746.918	O.K

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	976.900	889.482	O.K
	허용인발력(kN/EA)	286.980	-	O.K
	휨응력(MPa)	133.000	123.207	O.K
	전단응력(MPa)	76.000	14.603	O.K
	수평변위(mm)	15.000	11.525	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1465.400	993.583	O.K
	허용인발력(kN/EA)	430.460	-35.847	O.K
	휨응력(MPa)	199.500	124.697	O.K
	전단응력(MPa)	114.000	20.170	O.K
	수평변위(mm)	15.000	8.970	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1500	150	1272.07	2292	434.877	779.171	1.792	O.K
후면저판		1500	100	1569.51	2292	555.696	808.394	1.455	O.K
벽체 (H=9.010)		3650	100	1633.99	2292	1474.166	2064.983	1.401	O.K
흉벽		1000	80	1584.46	2292	367.008	527.853	1.438	O.K
좌측날개벽	A(T=450 mm)	450	80	1211.5	2292	111.553	206.4	1.85	O.K
	B(T=450 mm)	450	80	1038.18	2292	95.931	206.4	2.152	O.K
	C(T=450 mm)	450	80	1206.69	2292	111.121	206.4	1.857	O.K
우측날개벽	A(T=620 mm)	620	80	968.513	1588.8	131.605	214.045	1.626	O.K
	B(T=620 mm)	620	80	708.044	1588.8	96.558	214.045	2.217	O.K
	C(T=620 mm)	620	80	921.712	1588.8	125.327	214.045	1.708	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		92.599	150	125	499.194	O.K
후면저판		114.987	150	125	458.613	O.K
벽체 (H=9.010)		87.46	150	125	674.157	O.K
흉벽		108.537	150	125	549.307	O.K
좌측날개벽	A(T=450 mm)	84.544	150	125	745.173	O.K
	B(T=450 mm)	72.705	150	125	866.515	O.K
	C(T=450 mm)	84.217	150	125	748.07	O.K
우측날개벽	A(T=620 mm)	96.108	150	125	639.393	O.K
	B(T=620 mm)	70.513	150	125	893.448	O.K
	C(T=620 mm)	91.523	150	125	680.443	O.K

■ 기둥의 단면 설계

단면위치		Fuse	Pu(kN)	ΦPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.006	146931.513	414892.851	2.824	O.K
	모멘트최대	0.006	134324.483	414892.851	3.089	O.K
	단성설계	0.006	88494.725	590176.575	6.669	O.K
	편심최대	0.006	84069.989	414676.484	4.933	O.K
교축직각방향	축력최대	0.006	146931.513	414892.851	2.824	O.K
	모멘트최대	0.006	115043.143	414892.851	3.606	O.K
	단성설계	0.006	88494.725	602937.356	6.813	O.K
	편심최대	0.006	84069.989	410166.181	4.879	O.K
합성부재력	축력최대	0.006	146931.513	414892.851	2.824	O.K
	모멘트최대	0.006	134324.483	414892.851	3.089	O.K
	단성설계	0.006	88494.725	524792.906	5.930	O.K
	편심최대	0.006	84069.989	379055.991	4.509	O.K
	모멘트최대	0.006	115043.143	414892.851	3.606	O.K

■ 단면 설계

단면위치		깊이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	4000.0	100.0	99283.721	102451.800	-	-	38.252	O.K
	우측내민보	4000.0	100.0	99283.721	102451.800	-	-	38.252	O.K
	좌측내민보수평	6500.0	100.0	87.333	4415.200	190.034	9597.728	50.505	O.K
	우측내민보수평	6500.0	100.0	87.333	4415.200	190.034	9597.728	50.505	O.K
기초	교축방향	3000.0	150.0	84799.722	154619.300	78526.450	141230.552	1.799	O.K
	교직-지점부	3000.0	150.0	122295.418	260581.200	111385.362	229868.186	2.064	O.K

■ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
두부보	좌측내민보	2.252	180.000	127.451	27971.304	O.K
	우측내민보	2.252	180.000	127.451	27971.304	O.K
	좌측내민보수평	6.826	180.000	400.000	9229.000	O.K
	우측내민보수평	6.826	180.000	400.000	9229.000	O.K
기초	교축방향	164.158	180.000	125.191	135.971	O.K
	교직-지점부	131.261	180.000	126.549	264.951	O.K

■ 두부보: 정면 스트럿-타이 해석

◉ UL01

- 철근단이 강도검토

부재	Astreq	Astuse	η reg	최대유효폭	Sreq	Suse	비고
6	18,003	32,762	-	-	-	-	O.K

- 스트럿 강도검토

부재	βs	θ	Fu(kN)	Φ	Wreq(mm)	Wprov(mm)	비고
1	1.00	0.00	6121.20	0.75	36.90	364.00	O.K
2	1.00	0.00	15374.10	0.75	92.80	364.00	O.K
3	1.00	0.00	15374.10	0.75	92.80	364.00	O.K
4	1.00	0.00	6121.20	0.75	36.90	364.00	O.K
9	1.00	90.00	77990.10	0.75	470.50	1075.00	O.K
10	1.00	90.00	21093.80	0.75	127.30	1350.00	O.K
11	1.00	90.00	42187.60	0.75	254.50	1000.00	O.K
12	1.00	90.00	21093.80	0.75	127.30	1350.00	O.K
13	1.00	90.00	60904.90	0.75	367.50	1075.00	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : PSC BOX
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 말뚝기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γ s2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.05

3.3 지 반 조 건

1) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
거동: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 31879.1 MPa
거동: 31879.1 MPa
기초: 28693.4 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
거동: 400 MPa
기초: 400 MPa
기둥(전단철근) 400 MPa
기초(전단철근) 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 : 건설교통부 (2007)
2) 콘크리트구조 설계기준 : 국토교통부 (2010)
3) 도로설계 편람 : 국토교통부 (2006)
4) 도로 설계 요령 : 한국도로공사 (2009)

5. 하 중 계 산

5.1 상부반력 및 교각자중

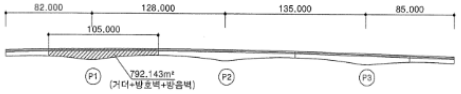
교좌번호	고정하중(D)	활하중(L)		
		만재하시(L1)	좌측편재하(L2)	우측편재하(L3)
1	29996.300	7033.300	8090.300	349.700
2	25447.000	3174.400	1900.600	1914.000
3	20838.300	4624.100	78.500	7487.600
계	76281.600	14831.800	10069.400	9751.300

※ 교각자중은 25.000 kN/m³ 의 값을 프로그램에서 자동재하

5.2 풍 하 중

1) 교축직각방향 (W-TR)

① 상부구조에 작용하는 풍하중



- 상부에 작용하는 풍하중 : 2.256 kN/m² (상부구조계산서 참조)
- 교각에 작용하는 풍하중 : 2.256 kN/m² × 792.143 = 1787.075 kN
- 풍하중 작용높이 : (편경사 고려된 거더높이 + 방호벽높이 + 방음벽높이) / 2 + 받침높이
: (8.585m + 1.000m + 1.000m) / 2 + 0.600m = 5.893m

P1 = 1787.075 kN
작용위치 h = 5.893 m
작용모멘트 My = P1 x h = 1787.075 x 5.893 = 10531.233 kN.m

☞ 작용모멘트는 수직력으로 환산하여 교량받침에 재하한다. 『※ 수직력 산정 참조』

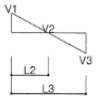
구 분	1	2	3
수직력	-1950.23	0	1950.23

② 하부구조에 작용하는 풍하중

W'copping = 3.000 x 4.000 x 6.500 = 78 kN
W'column = 3.000 x 6.500 = 19.5 kN/m (풍상측)

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용 한다.

▣ 수직력 산정 : 교축직각방향 모멘트를 연직반력으로 변환



L1 = 0.000 m
L2 = 2.700 m
L3 = 5.400 m

ΣV = V1 + V2 + V3 ---------- ③
-V3 = V1 + V2 = 0 ---------- ④
= V1 + (V1 + V3) x L2 / L3 - V3

☞ ④식에서 V3 = αV1 → ⑤식 의 형태로 수정한다.
⑤식을 ②식에 대입하고, ②식을 식①에 대입하면

M = β x V1
V1 = M / β
☞ V1값을 ②식,⑤식에 대입한다.

연립방정식의 결과는 다음과 같다.
V1 = 0.185 x M
V2 = 0.000 x M
V3 = -0.185 x M

2) 교축방향 (W-LO)

① 하부구조에 작용하는 풍하중
W'copping = 111.750 kN (Copping 높이에 따라 재하)
W'column = 3.000 x 6.500 = 19.5 kN/m
※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용 한다.

5.3 온도하중 산정

1) 교축직각방향 (G-TR)
연평균 온도변화차 ΔT = 10℃ 적용

2) 교축방향 (G-LO)

① 교각의 종방향 변위를 유발하는 수평력
δ = α x ΔT x L 0.000010 x 20.0 x 128.000 = 0.0256 m

$$\delta = \frac{P \times L^3}{3 \times E \times I} \qquad P_A = \frac{3 \times E \times I \times \delta}{L^3}$$

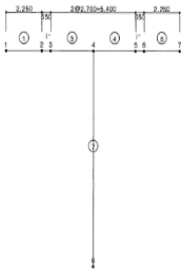
Ph = 3 x 31879100 x 114.58333 x 1EA x 0.02560 / 11.700³ x sin90.0
= 175158.468 kN

② 교량받침에 의한 수평력
상부고정하중 : Vd = 76281.600 kN
교량받침마찰계수 : μ = 0.050
Ph = μ x W = 76281.600 x 0.050 x sin90.0
= 3814.08 kN
☞ 수평력은 ①,②중 작은값 3814.080 kN를 적용한다.

③ 작용 모멘트
Mh = 3814.080 x (0.500 + 1.000/2) = 3814.08 kN.m

6. 구 조 해 석

6.1 해석 모델링



6.2 절점 좌표

절점	X	Z	절점	X	Z
1	0	11.2	5	8.2	11.2
2	2.25	11.2	6	8.75	11.2
3	2.8	11.2	7	11	11.2
4	5.5	11.2	8	5.5	0

6.3 단면 제원

구 분	B(m)	H(m)	A(m²)	I22(m⁴)	I33(m⁴)	적용절점
①	6.500	1.000	6.500	22.885417	0.541667	1, 7
②	6.500	4.000	26.000	91.541667	34.666667	2-6
③	6.500	6.500	22.000	114.583333	114.583333	기둥상단
④	6.500	6.500	22.000	114.583333	114.583333	기둥하단

37.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 37.2.1】 신월롱교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	신월롱교의 주요 손상현황으로는 교량받침 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만), 받침콘크리트재료분리, 교대 균열(0.3㎜이상), 백태, 체수, 교각 균열(0.3㎜이상), 균열부백태, 백태가 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	신월롱교의 주요 손상현황으로는 교량받침 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만), 받침콘크리트재료분리, 교대 균열(0.3㎜이상), 백태, 체수, 교각 균열(0.3㎜이상), 균열부백태, 백태가 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교량받침 받침콘크리트 재료분리 교대 균열(cw=0.3㎜이상), 백태, 체수 교각 균열(cw=0.3㎜이상), 균열부백태, 백태 배수시설 배수관 막힘 및 월류, 변형, 이음부 실링파손 신축이음 신축이음 하부 누수	양호

37.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

37.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

37.2.5 시설물 보수 이력

【표 37.2.2】 신월롱교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

37.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 37.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

37.3 현장조사

37.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S4	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



연단거리 측정



비파괴시험

【사진 37.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

37.3.2 서울방향 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 신월롱교는 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=430.6m 폭 24.4m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 37.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 국부적인 균열(0.3㎜미만), 균열부백태가 조사되었다.

【표 37.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열부백태 (㎡/개소)	
S1	2.00	2	-	-
S2	-	-	-	-
S3	-	-	0.20	2
S4	-	-	-	-
합계	2.00	2	0.20	2

	
바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3㎜미만)	바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
바닥판 하면 S3 균열부백태(0.2×0.5×2EA)	바닥판 하면 S3 균열부백태(0.2×0.5×2EA)

【사진 37.3.3】바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 바닥판하면에 조사된 균열(0.3㎜미만), 균열부백태는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기 탈형, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 PSC BOX는 철근콘크리트로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 외관조사를 실시하였다.



거더외부 전경



거더내부 전경

【사진 37.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 거더외부 백태, 거더내부 체수 및 백태가 조사되었다.

【표 37.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		백태 (㎡/개소)	
거더 외부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	0.06	1
합계		0.06	1

【표 37.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		체수 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)	
거더 내부	S1	9.00	1	-	-
	S2	-	-	-	-
	S3	6.25	1	0.12	3
	S4	6.25	1	-	-
합계		21.50	3	0.12	3

	
거더외부 S4 백태(0.2×0.3)	거더내부 S4 백태(0.2×0.2×3EA)
	
거더내부 S1 바닥체수(3.0×3.0)	거더내부 S4 바닥체수(2.5×2.5)

【사진 37.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더내부에 조사된 체수, 백태는 내부에 설치된 배수시설 배수관의 누수, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 및 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 거더외부에 조사된 백태는 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 스트럿으로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



가로보 스트럿 전경

【사진 37.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 거더외부 백태, 거더내부 체수 및 백태가 조사되었다.

【표 37.3.4】 가로보(스트럿) 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보 (스트럿)	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
	S4	-	-
합계		-	-

	
가로보 스트럿 상태양호	가로보 스트럿 상태양호

【사진 37.3.7】 가로보(스트럿) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보(스트럿)는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 신월롱교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 내부굴착강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 37.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대에 대한 현장조사 결과 기 손상인 폭0.3㎜이상 균열 및 백태가 보수되었고 국부적인 폭0.3㎜미만 균열, 망상균열, 체수 등이 조사되었다.

【표 37.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		체수 (㎡/개소)	
A1	6.00	5	29.46	2	-	-
A2	-	-	6.00	1	2.00	2
합계	6.00	5	35.46	3	2.00	2

	
교대 A1 균열(Cw=0.3㎜미만)	교대 A1 균열(Cw=0.3㎜이상) 보수
	
교대 A2 망상균열(3.0×2.0)	교대 A2 체수(1.0×10.0)

【사진 37.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 조사된 폭0.3㎜미만 균열, 망상균열, 체수는 초기 건조수축, 시공미흡, 신축이음부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리 및 정비(신축이음과 연계) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 신월롱교 교각는 단주식중공사각으로 시공되어있으며, 기초는 내부굴착강관말뚝기초 및 직접기초로 시공되어있다. 교각에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교각 전경(P1)



교각 전경(P3)

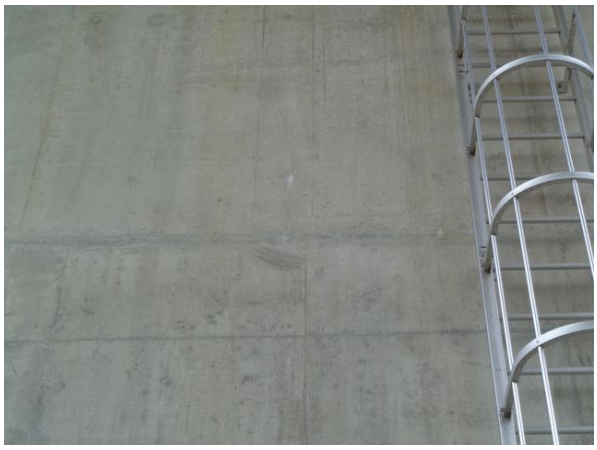
【사진 37.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과 기 손상인 폭0.3㎜이상, 폭0.3㎜미만 균열이 보수되었고 국부적인 폭0.3㎜이상 균열, 폭0.3㎜미만 균열, 망상균열, 백태, 균열부백태, 보수부 박리 등이 조사되었다.

【표 37.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		백태 및 균열부백태 (㎡/개소)		보수부 박리 (㎡/개소)	
P1	38.30	23	2.00	1	-	-	0.02	1	-	-
P2	21.70	13	4.00	2	-	-	0.80	2	-	-
P3	6.30	6	0.40	1	3.00	1	0.22	4	0.51	1
합계	66.30	42	6.40	5	3.00	1	1.04	7	0.51	1

	
교각 P1 균열(Cw=0.3㎜이상)	교각 P3 망상균열(1.2×2.5)
	
교각 P3 균열부백태(0.2×0.4)	교각 P3 백태(0.1×0.2)

【사진 37.3.11】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

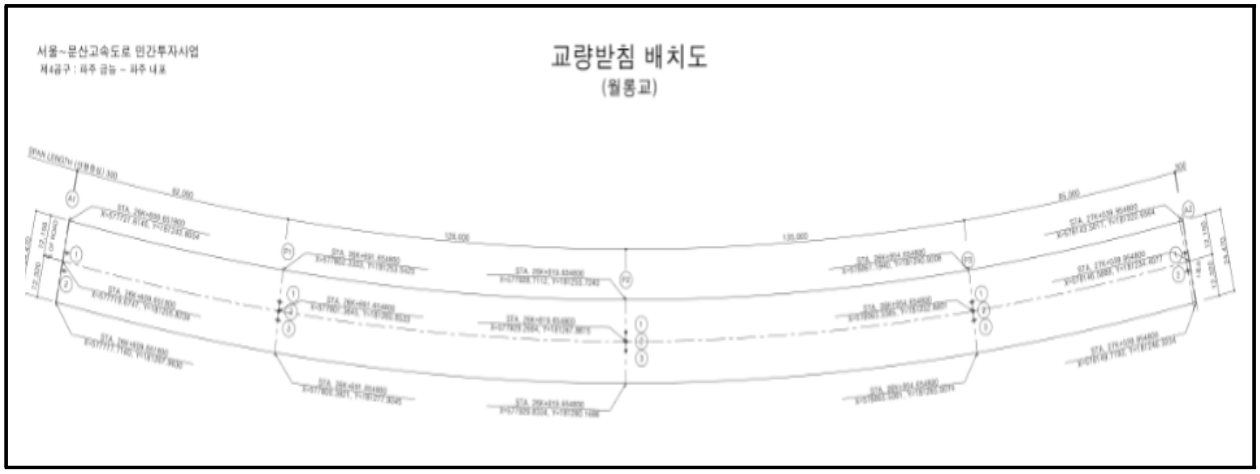
4) 검토의견

- 교각에 조사된 폭0.3㎜미만 균열, 망상균열, 백태 및 균열부백태, 보수부 박리는 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 신축이음부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 신월롱교의 받침은 지진격리받침으로 총 13기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



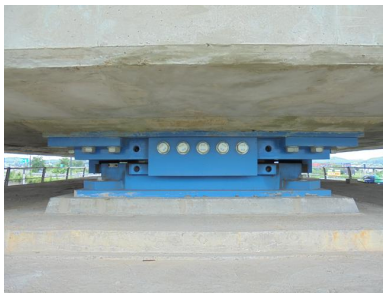
【그림 37.3.1】 교량받침 배치도



지진격리받침 전경



지진격리받침 전경



지진격리받침(고정) 전경

【사진 37.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침에 대한 현장조사 결과 받침몰탈균열이 보수되고, 기 손상인 받침콘크리트 재료분리가 조사되었고, 신규 손상 및 기 손상의 진전은 없는 것으로 확인되었다.

【표 37.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침콘크리트 재료분리 (㎡/개소)	
A1	-	-
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
A2	0.12	1
합계	0.12	1



P1-Sh1 받침몰탈균열 보수



P2-Sh3 받침몰탈균열 보수



A2-Sh1 받침콘크리트 재료분리(0.6×0.2)



A2-Sh1 받침콘크리트 재료분리(0.6×0.2)

【사진 37.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

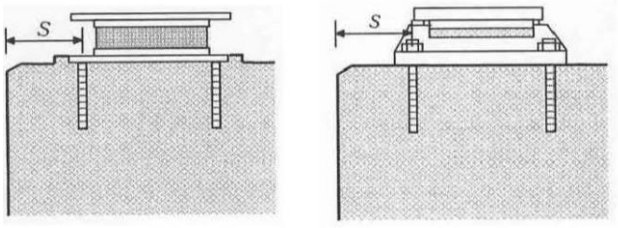
4) 검토의견

■ 교량받침에 조사된 받침콘크리트 재료분리는 초기 다짐불량, 온도변화, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 연단거리 검토

■ 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.

■ 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 37.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

【사진 37.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=82.3m) : 200+5×82.3 = 612(㎜)
- 거더 경간길이(L=128.0m) : 300+4×128.0 = 812(㎜)
- 거더 경간길이(L=135.0m) : 300+4×135.0 = 840(㎜)
- 거더 경간길이(L=85.3m) : 200+5×85.3 = 627(㎜)

【표 37.3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)			검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	
A1		612	820	820		O.K
P1	A1측	612	2590	2600	2600	O.K
	A2측	812	2550	2550	2560	O.K
P2	A1측	812	2640	2640	2640	O.K
	A2측	840	2650	2650	2650	O.K
P3	A1측	840	2640	2640	2640	O.K
	A2측	627	2600	2610	2600	O.K
A2		627	810	810		O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 37.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-15℃ ~ 35.0℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 37.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	34.4	15.6	0.00001	210.3	72.3	32.8	
P1	34.4	15.6	0.00001	128.0	44.0	20.0	
P2	고정단						
P3	34.4	15.6	0.00001	135.0	46.4	21.1	
A2	34.4	15.6	0.00001	220.3	75.8	34.4	
1) 조사당시 온도 : 24.8℃(조사일 : 2022년 08월 29일, 평균온도, 파주) 2) 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방)							

【표 37.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용 변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	+20	220	180	72.3	32.8	±200	OK
	SH2	+20	220	180			±200	OK
P1	SH1	−20	130	170	44.0	20.0	±150	OK
	SH2	−20	130	170			±150	OK
	SH3	−20	130	170			±150	OK
P2	고정단							
P3	SH1	+20	170	130	46.4	21.1	±150	OK
	SH2	+20	170	130			±150	OK
	SH3	+20	170	130			±150	OK
A2	SH1	−5	195	205	75.8	34.4	±200	OK
	SH2	−5	195	205			±200	OK
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

■ 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 모두 강핑거죠인트로 시공된 상태이다.



EXP.J1(A1) 전경



EXP.J2(A2) 전경

【사진 37.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

■ 신축이음에 대한 현장조사 결과 기 손상인 후타재 균열이 조사 되었고, 신규로 추가 후타재 균열, 후타재 파손, 차수판 앵커탈락이 조사되었다.

【표 37.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		차수판 앵커탈락 (EA/개소)	
A1 (EXP J1)	12.50	29	-	-	1.00	1
A2 (EXP J2)	3.50	7	0.10	1	5.00	5
합계	16.00	36	0.10	1	6.00	6

	
신축이음 A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	신축이음 A2 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
신축이음 A2 후타재 파손(0.2×0.5)	신축이음 A2 차수판 앵커탈락(3EA)

【사진 37.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

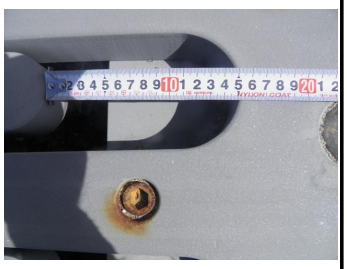
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 후타재 파손, 차수판 앵커탈락의 경우, 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−10℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 09. 26. 기온 적용: 16.2℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃−16.2℃ = 18.8℃
△T(수축시) : −15.0℃−(16.2℃) = 31.2℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 37.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 37.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	31.2	18.8	0.00001	210.3	65.6	39.5	150	265	480	
A2	31.2	18.8	0.00001	220.3	68.7	41.4	150	290	490	
1) 조사당시 온도 : 19.4℃(조사일 : 2022년 08월 29일, 평균온도, 파주) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방)										

【표 37.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	65.6	39.5	150	300	84.4	110.5	O.K
	바닥판			265	-	-	225.5	O.K
	거더			480	-	-	440.5	O.K
A2	신축이음	68.7	41.4	150	300	81.3	108.6	O.K
	바닥판			290	-	-	248.6	O.K
	거더			490	-	-	448.6	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 신월롱교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

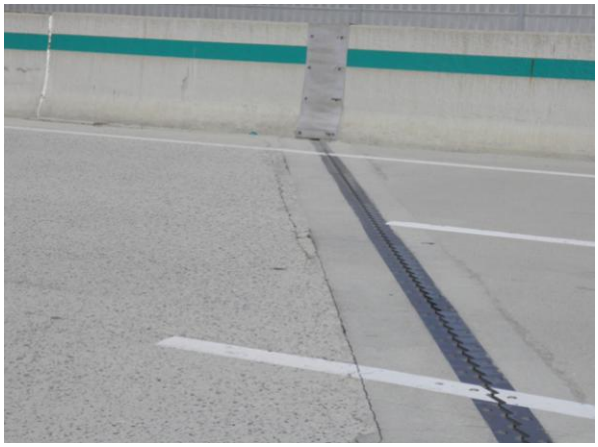
【사진 37.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장에 대한 현장조사 결과 접속도로 파손, 접속도로 포장박리, 접속부 이격, 포장균열, 포장 망상균열, 화재 흔적이 신규 조사되었다.

【표 37.3.14】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 파손 (㎡/개소)		접속부 이격 (㎡/개소)		접속도로 포장박리 (㎡/개소)		포장균열 (m/개소)		포장 망상균열 (㎡/개소)		화재흔적 (㎡/개소)	
S1	-	-	18.00	2	-	-	-	-	10.00	1	-	-
S2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1
S3	-	-	-	-	-	-	55.00	11	690.0	1	-	-
S4	0.25	1	-	-	2.50	1	-	-	600.0	1	-	-
합계	0.25	1	18.00	2	2.50	1	55.00	11	1300.0	3	1.00	1

	
S1(A1) 접속도로 파손(0.1×0.1 ×2EA)	S1(A1) 접속도로 파손(0.3×4.0)
	
S1(A2) 접속도로 파손(0.3×4.5)	S1 교면포장 상태 양호

【사진 37.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장에 발생한 접속도로 파손, 접속부 이격, 접속도로 포장박리, 포장 균열, 포장 망상균열, 화재흔적은 초기 건조수축, 시공미흡, 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량, 교통사고 흔적 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수, 충진보수, 표면처리, 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 신월롱교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 PSC BOX 내부에 배수시설이 설치되어 있다.



배수구 전경



배수관 전경

【사진 37.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과 국부적인 배수관 누수가 조사되었다.

【표 37.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수관누수 (EA/개소)	
S1	3.00	3
S2	1.00	1
S3	1.00	1
S4	1.00	1
합계	6.00	6

	
배수시설 S1 배수관 누수 3EA	배수시설 S4 배수관 누수 1EA

【사진 37.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수시설 배수관에 조사된 배수관 누수는 시공 미흡, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 정비(재설치)등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조이며, 방호벽 상면에 방음벽이 설치되어있다.



방호벽 전경



중앙분리대 전경

【사진 37.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과 균열(0.3㎜미만), 백태, 균열부백태, 화재 흔적, 접속부 단차, 접속부 실란트 파손이 조사되었다.

【표 37.3.16】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		백태 및 균열부백태 (㎡/개소)		접속부 단차 (m/개소)		접속부 실란트 파손 (m/개소)		화재 흔적 (㎡/개소)	
S1	45.50	32	-	-	-	-	1.50	1	-	-
S2	36.00	24	0.45	3	-	-	-	-	0.50	2
S3	42.00	28	0.75	5	-	-	-	-	-	-
S4	32.00	21	2.30	16	1.50	1	1.50	1	-	-
합계	155.50	105	3.50	24	1.50	1	3.00	2	0.50	2

	
방호벽 S1 균열(Cw=0.3㎜미만)	방호벽 S3 균열부백태(0.1×1.5×3EA)
	
방호벽 S4 실란트파손(L=1.5m)	방호벽 S2 화재흔적(0.5×0.5)

【사진 37.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열(0.3㎜미만), 균열부백태, 실란트파손, 접속부 단차, 화재흔적은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 시공미흡 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 단면보수, 재충진, 정비를 실시하는 것이 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 신월롱교의 점검통로는 교량 하부 사다리를 이용하여 출입가능하며, P1~P3에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.



점검통로 전경



점검통로 전경

【사진 37.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 37.3.17】 교량 점검시설 외관조사 결과

구분	상태양호	
P1	-	-
P2	-	-
P3	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 37.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

37.3.3 현장조사 총괄표

【표 37.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	2.00	2	
		균열부백태	㎡	0.20	1	
거더	외부	백태	㎡	0.06	1	
	내부	백태	㎡	21.50	3	
		체수	㎡	0.12	3	
가로보(스트럿)		상태양호	-	-	-	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	6.00	5	
		망상균열	㎡	35.46	3	
		체수	㎡	2.00	2	
교각		균열(0.3㎜미만)	m	66.30	42	
		균열(0.3㎜이상)	m	6.40	5	
		망상균열	㎡	3.00	1	
		백태 및 균열부백태	㎡	1.04	7	
		보수부 박리	㎡	0.51	1	
교량받침		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.12	1	
신축이음		후타재 균열	m	16.00	36	
		후타재 파손	㎡	0.10	1	
		차수판 앵커탈락	EA	6.00	6	
교면포장		접속도로 파손	㎡	0.25	1	
		접속부 이격	㎡	18.00	2	
		접속도로 포장박리	㎡	2.50	1	
		포장균열	m	55.00	11	
		포장망상균열	㎡	1300.00	3	
		화재흔적	㎡	1.00	1	
배수시설		배수관누수	EA	6.00	6	
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	155.50	105	
		백태 및 균열부 백태	㎡	3.50	24	
		접속부 단차	m	1.50	1	
		접속부 실란트 파손	m	3.00	2	
		화재흔적	㎡	0.50	2	
교량점검시설		상태양호	-	-	-	

37.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

37.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

37.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 37.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	9	9	9	9	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	2	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



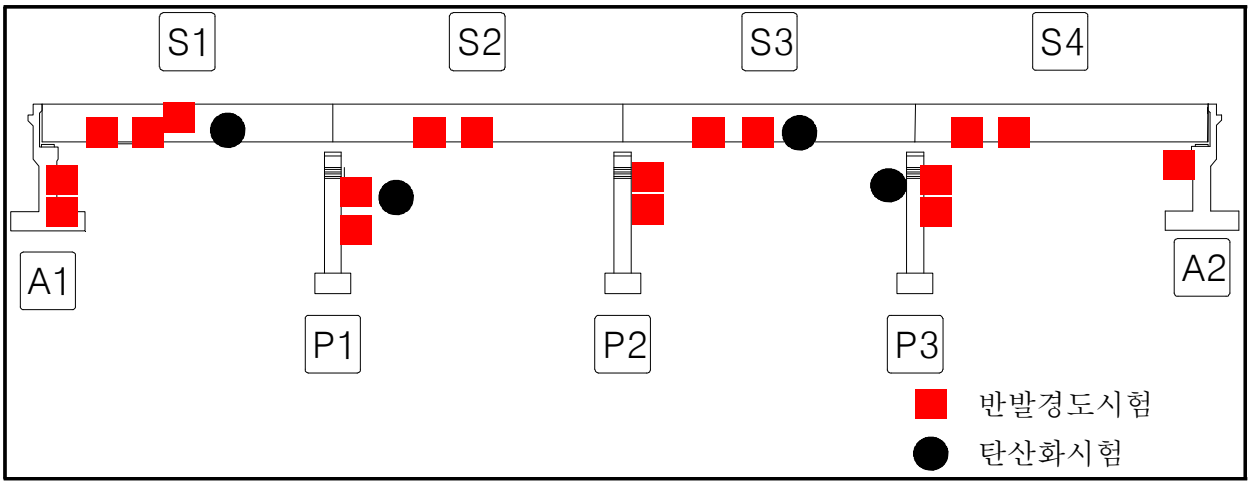
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 37.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 37.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

37.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 각 방향별로 상·하부구조에서 반발경도시험(총 18개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 37.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1 캔틸레버	54.1	46.6	57.5	0.67	45.0	
	S1 캔틸레버	54.7	47.2	58.5			
	S2 캔틸레버	54.0	46.5	57.3			
	S3 캔틸레버	53.9	46.3	57.1			
	S4 캔틸레버	52.7	45.2	55.3			
	S1 거더	52.9	45.4	55.7			
	S2 거더	53.0	45.4	55.7			
	S3 거더	53.4	45.8	56.4			
	S4 거더	53.9	46.4	57.2			

【표 37.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
		반발경도(R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
하부구조	A1 교대	42.6	24.1	27.0	0.67	24.0	
	A1 교대	42.8	24.4	27.1			
	A2 교대	43.3	24.8	27.3			

【표 37.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치		반발경도법(㎫)				설계기준 강도 (㎫)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1 교각	48.6	41.1	49.0	0.67	40.0	
	P1 교각	48.8	41.3	49.3			
	P2 교각	48.6	41.1	49.0			
	P2 교각	48.9	41.3	49.4			
	P3 교각	48.6	41.1	49.0			
	P3 교각	49.0	41.4	49.6			

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 45.2~58.5㎫, 하부구조 교대 24.1~27.3㎫, 교각 41.1~49.6㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(상부구조: 45.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 37.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판, 거더	45.2 ~ 58.5	45.0	100.4 ~ 130.0
하부구조	교대	24.1 ~ 27.3	24.0	100.6 ~ 113.8
	교각	41.1 ~ 49.6	40.0	102.7 ~ 123.9

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 37.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S1 바닥판하면	1.0	40.0	39.0	a	0.71	100년이상	
	S3 바닥판하면	1.5	40.0	38.5	a	1.06	100년이상	
하부구조	P1 코핑부	3.0	100.0	97.0	a	2.12	100년이상	
	P3 코핑부	1.5	100.0	98.5	a	1.06	100년이상	

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0~1.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 37.4.6】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.0~1.5	38.5~39.0	
하부구조	1.5~3.0	97.0~98.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 37.4.7】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판, 거더	45.2~58.5	45.0	■설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.1~27.3	24.0	
		교각	41.1~49.6	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.5~39.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

37.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

37.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 37.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	PSC BOX	b	a	a	b	b	b	b	a	b	q	a	-
S2	P1	PSC BOX	a	a	a	a	b	b	-	a	c	q	-	a
S3	P2	PSC BOX	b	a	a	c	b	b	-	a	c	q	a	-
S4	P3	PSC BOX	a	b	a	c	b	b	-	a	c	q	-	a
	A2	PSC BOX							c	b	b	q	-	-
평균			0.150	0.125	0.100	0.275	0.200	0.200	0.300	0.120	0.320	-	0.100	0.100
가중치			20	20	3	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.030	0.025	0.003	0.019	0.006	0.004	0.027	0.011	0.064	-	0.004	0.003
													0.196	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.196) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 37.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
신월롱교	0.196	B	431	4	1,722	1.000	0.196
합계(∑)			431	4	1,722	1.000	0.196
1. 평가지수 =							0.196
2. 상태평가결과 =							B

37.5.2 기 점검 결과와의 비교

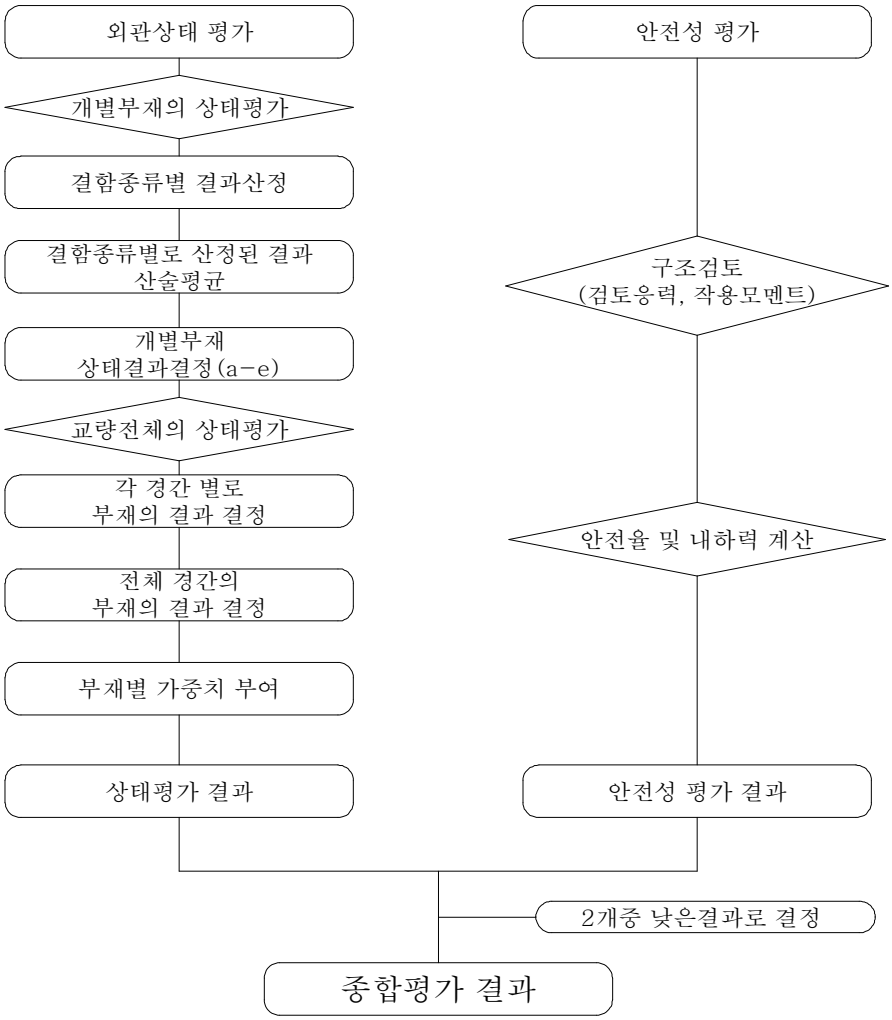
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

37.6 종합평가 및 안전등급 지정

37.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 37.6.1】 종합평가 결과 산정절차

37.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 37.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
신월롱교	0.196	B	-	-	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

37.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 37.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

37.7 보수·보강 및 유지관리방안

37.7.1 보수·보강 방안

【표 37.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	2.00	2	표면처리	하자
		균열부백태	m	0.20	1	표면처리	하자
거더	외부	백태	㎡	0.06	1	표면처리	하자
	내부	백태	㎡	21.50	3	표면처리	하자
		체수	㎡	0.12	3	정비	하자
가로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		균열(0.3㎜미만)	m	6.00	5	단면보수	하자
		망상균열	㎡	35.46	3	표면처리	하자
		체수	㎡	2.00	2	정비	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	m	66.30	42	표면처리	하자
		균열(0.3㎜이상)	m	6.40	5	주입보수	하자
		망상균열	㎡	3.00	1	표면처리	하자
		백태 및 균열부백태	㎡	1.04	7	표면처리	하자
		보수부 박리	㎡	0.51	1	단면보수	하자
교량받침		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.12	1	단면보수	하자
신축이음		후타재 균열	m	16.00	36	표면처리	하자
		후타재 파손	㎡	0.10	1	단면보수	하자
		차수판 앵커탈락	EA	6.00	6	정비(재설치)	하자
교면포장		접속도로 파손	㎡	0.25	1	단면보수	하자
		접속부 이격	㎡	18.00	2	실링재충전	하자
		접속도로 포장박리	㎡	2.50	1	단면보수	하자
		포장균열	m	55.00	11	표면처리	하자
		포장망상균열	㎡	1300.00	3	표면처리	하자
		화재흔적	㎡	1.00	1	정비	하자
배수시설		배수관누수	EA	6.00	6	정비(재설치)	하자
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	155.50	105	표면처리	하자
		백태 및 균열부 백태	㎡	3.50	24	표면처리	하자
		접속부 단차	m	1.50	1	실링재충전	하자
		접속부 실란트 파손	m	3.00	2	실링재충전	하자
		화재흔적	㎡	0.50	2	정비	하자
교량점검시설		상태양호	-	-	-	-	-

37.7.2 개략공사비

【표 37.7.2】 개략공사비

구 분		손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	표면처리	2.00	0.75	㎡	-	-	하자
		균열부백태	주입보수	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
거더	외	균열부백태	표면처리	0.06	0.09	㎡	-	-	하자
	내	백태	표면처리	21.50	32.25	㎡	-	-	하자
		체수	정비	0.12	0.12	㎡	-	-	하자
교대		균열(0.3㎜미만)	표면처리	6.00	2.25	㎡	-	-	하자
		망상균열	표면처리	35.46	53.19	㎡	-	-	하자
		체수	정비	2.00	3.00	㎡	-	-	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	표면처리	66.30	24.86	㎡	-	-	하자
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	6.40	9.60	m	-	-	하자
		망상균열	표면처리	3.00	4.50	㎡	-	-	하자
		백태 및 균열부백태	표면처리	1.04	1.56	㎡	-	-	하자
		보수부 박리	단면보수	0.51	0.77	㎡	-	-	하자
교량받침		받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.12	0.18	㎡	-	-	하자
신축이음		후타재 균열	표면처리	16.00	6.00	㎡	-	-	하자
		후타재 파손	단면보수	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
		차수판 앵커탈락	정비(재설치)	6.00	6.00	EA	-	-	하자
교면포장		접속도로 파손	단면보수	0.25	4.13	㎡	-	-	하자
		접속부 이격	실링재충전	18.00	27.00	m	-	-	하자
		접속도로 포장박리	단면보수	2.50	3.75	㎡	-	-	하자
		포장균열	표면처리	55.00	82.50	㎡	-	-	하자
		포장망상균열	표면처리	1300.00	1,950.00	㎡	-	-	하자
		화재흔적	정비	1.00	1.50	㎡	-	-	하자
배수시설		배수관누수	정비(재설치)	6.00	6.00	EA	-	-	하자
방호벽		균열(0.3㎜미만)	표면처리	155.50	58.31	㎡	-	-	하자
		백태 및 균열부 백태	표면처리	3.50	5.25	㎡	-	-	하자
		접속부 단차	실링재충전	1.50	2.25	m	-	-	하자
		접속부 실란트 파손	실링재충전	3.00	4.50	m	-	-	하자
		화재흔적	정비	0.50	0.75	㎡	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

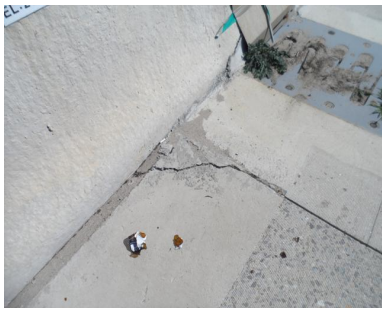
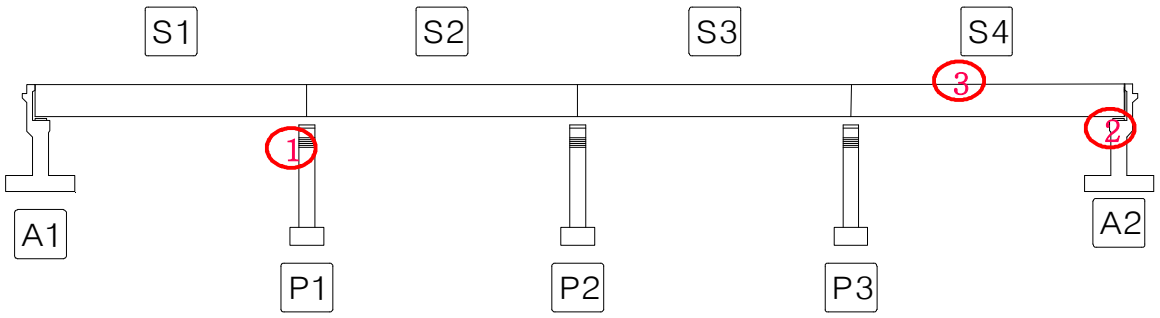
37.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 37.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>① 교각 균열(0.3㎜ 이상) – 진전 여부확인</td><td>② 교량받침 받침콘크리트 재료분리 – 진전 여부확인</td><td>② 교대 망상균열 – 진전 여부확인</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="3">③ 교면포장 포장 망상균열 및 접속도로 파손 – 진전 여부확인</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
</table>

37.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 월롱면 위전리 287-8에 위치한 교량으로 총 연장 430.6m, 폭 24.4m의 PSC BOX거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

37.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3㎜미만), 균열부백태는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- 거더내부에 조사된 체수, 백태는 내부에 설치된 배수시설 배수관의 누수, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 및 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 거더외부에 조사된 백태는 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

3) 가로보

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 대한 현장조사 결과 기 손상인 폭0.3㎜이상 균열 및 백태가 보수되었고 국부적인 폭 0.3㎜미만 균열, 망상균열, 체수 등이 조사되었다.
- 교대에 조사된 폭0.3㎜미만 균열, 망상균열, 체수는 초기 건조수축, 시공미흡, 신축이음부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리 및 정비(신축이음과 연계) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교각

- 교각에 대한 현장조사 결과 기 손상인 폭0.3㎜이상, 폭0.3㎜미만 균열이 보수되었고 국부적인 폭0.3㎜이상 균열, 폭0.3㎜미만 균열, 망상균열, 백태, 균열부백태, 보수부 박리 등이 조사되었다.
- 교각에 조사된 폭0.3㎜미만 균열, 망상균열, 백태 및 균열부백태, 보수부 박리는 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 신축이음부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

6) 교량받침

- 교량받침에 대한 현장조사 결과 받침몰탈균열이 보수되고, 기 손상인 받침콘크리트 재료분리가 조사되었고, 신규 손상 및 기 손상의 진전은 없는 것으로 확인되었다.
- 교량받침에 조사된 받침콘크리트 재료분리는 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 후타재 파손, 차수판 앵커탈락의 경우, 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장에 발생한 접속도로 파손, 접속부 이격, 접속도로 포장박리, 포장 균열, 포장 망상균열, 화재흔적은 초기 건조수축, 시공미흡, 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량, 교통사고 흔적 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수, 충진보수, 표면처리, 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

9) 배수시설

■ 배수시설 배수관에 조사된 배수관 누수는 시공 미흡, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 정비(재설치)등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

10) 방호벽

■ 방호벽에 발생한 균열(0.3㎜미만), 균열부백태, 실란트파손, 접속부 단차, 화재흔적은 초기건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 시공미흡 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 단면보수, 재충진, 정비를 실시하는 것이 필요하다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 45.2~58.5㎫, 하부구조 교대 24.1~27.3㎫, 교각 41.1~49.6㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(상부구조: 45.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0~1.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~3.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 신월롱교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.196인 “B” 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 신월롱교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

37.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

37.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

38. 덕은교

38.1 시설물 개요
38.2 자료수집 및 분석
38.3 현장조사
38.4 콘크리트 내구성조사
38.5 상태평가
38.6 종합평가 및 안전등급 지정
38.7 보수·보강 및 유지관리 방안
38.8 종합결론

38. 덕은교

38.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 파주시 월롱면 덕은리 14-2에 위치한 교량으로 총 연장 50.6m, 폭 24.3m로 시공되어 있다.

38.1.1 일반사항

【표 38.1.1】 덕은교 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000145	관리번호	-	
시설물위치		경기도 파주시 월롱면 덕은리 14-2	준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		-	노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=50.6m(단경간)			
	폭	B=24.3m			
구조형식	상부	IPC 거더	기초형식	교 대	강관말뚝
	하부	교대: 역T형			
교량받침		탄성받침	신축이음	뉴모노셀조인트	
교차시설물		시도27호선	통과높이	-	
부착시설내용		-	설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		㈜대우건설	관리주체	㈜신성엔지니어링	
감 리 자		㈜신성엔지니어링	관리주체	서울문산고속도로주식회사	

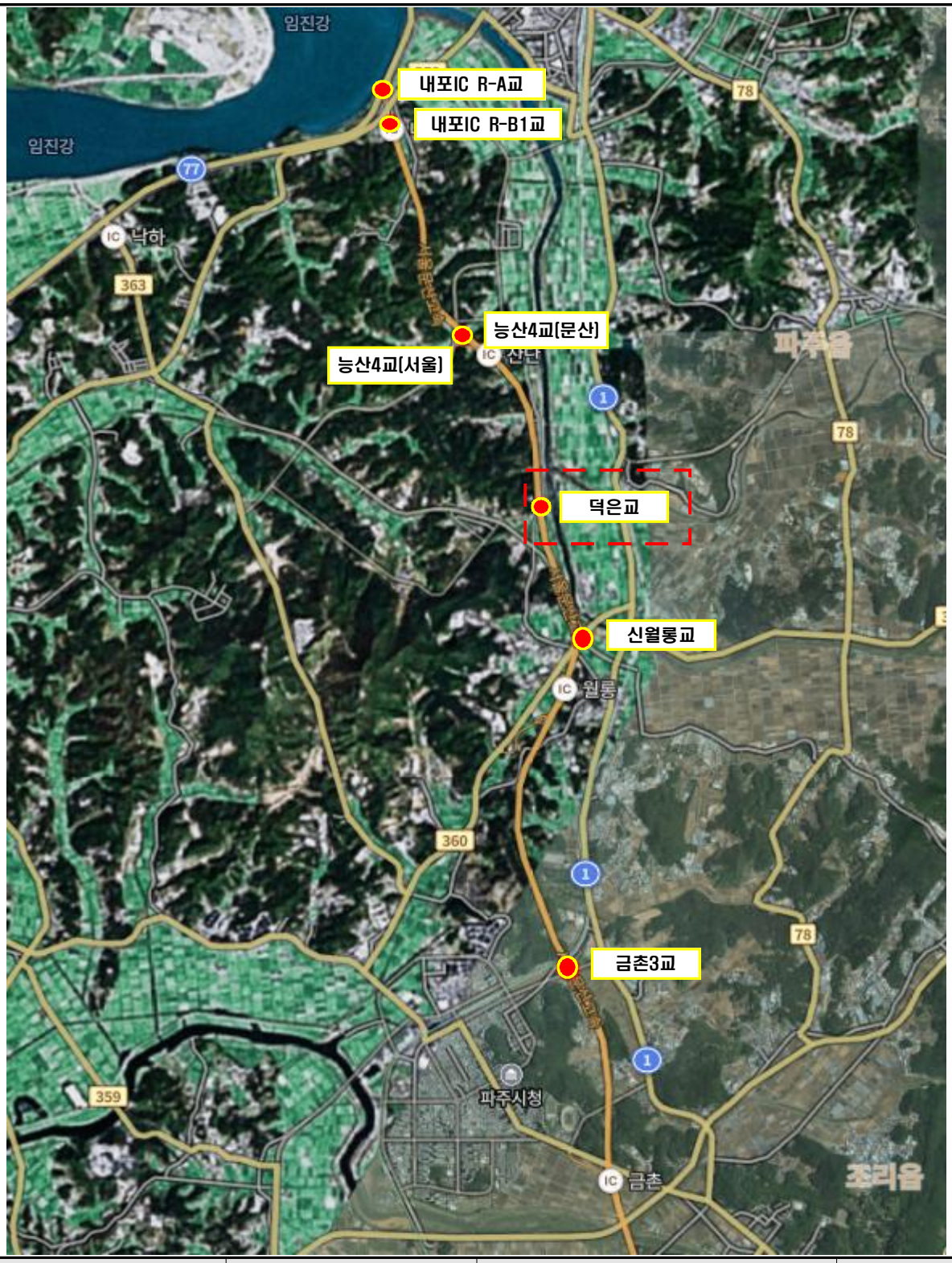


측면 전경



상부 전경

38.1.2 위치도 및 전경사진



Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 38.1.1】 위치도

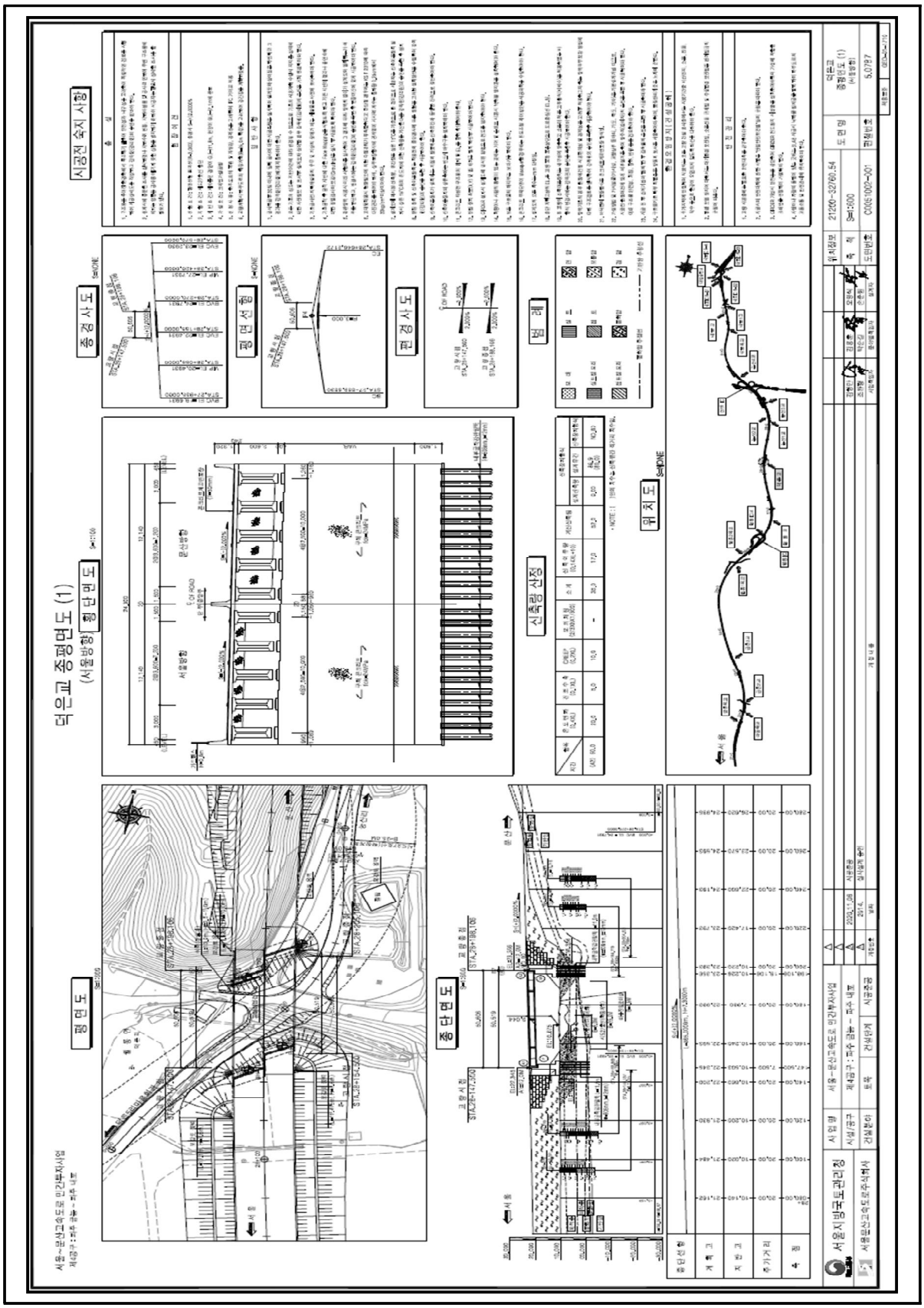
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교대 전경

【그림 38.1.2】 부재별 현황(서울방향)

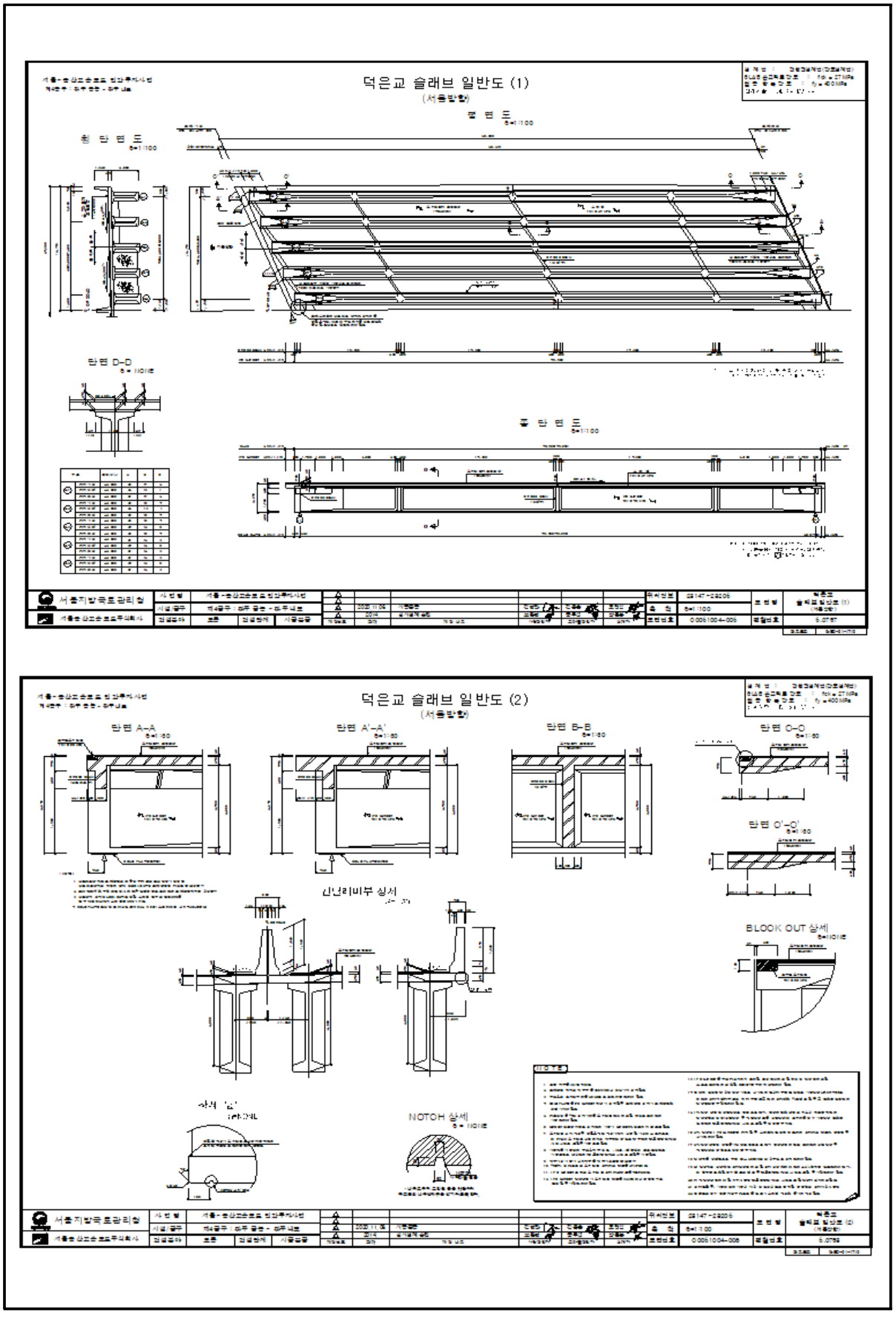
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교대 전경

【그림 38.1.3】 부재별 현황(문산방향)

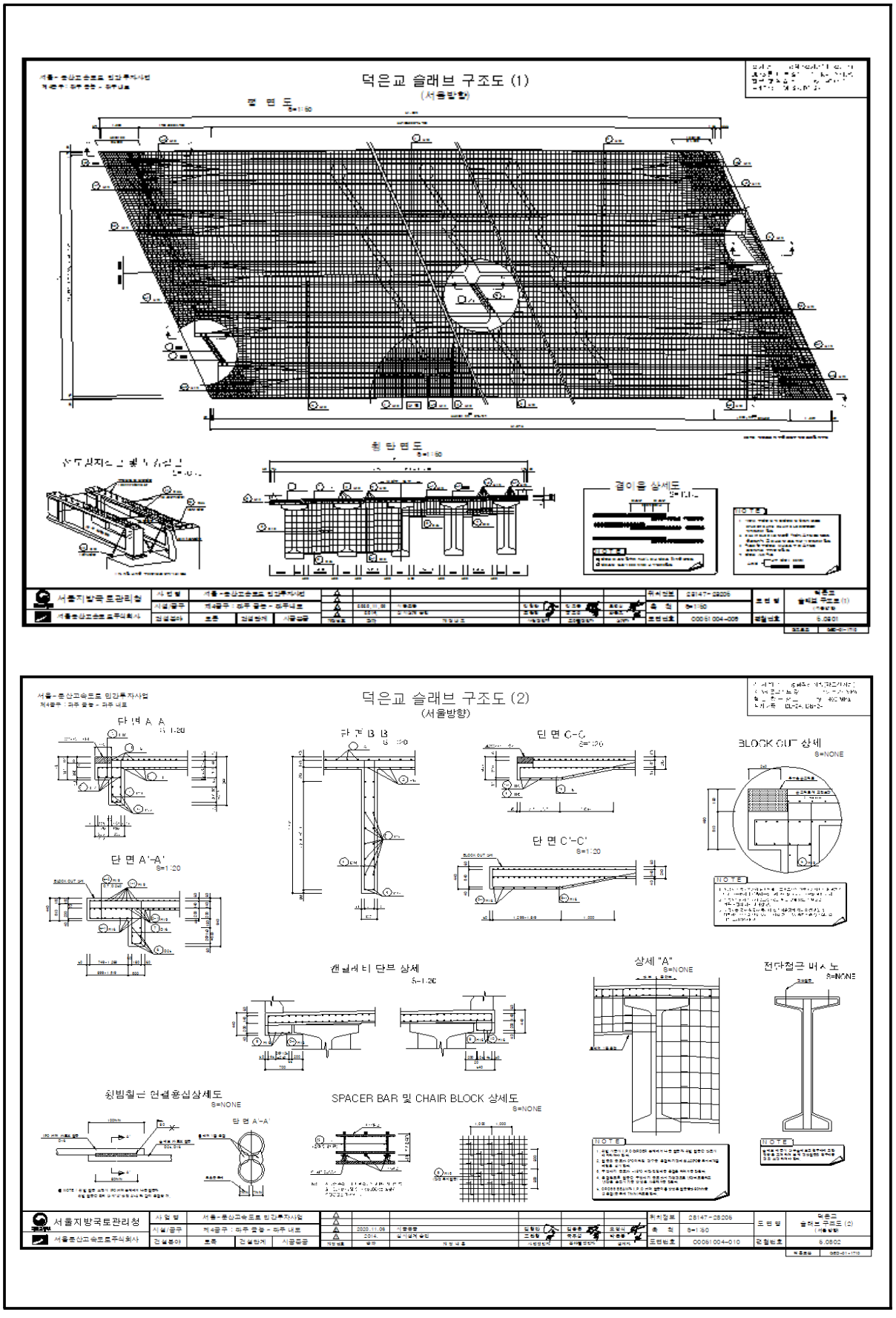
38.1.3 시설물 일반도



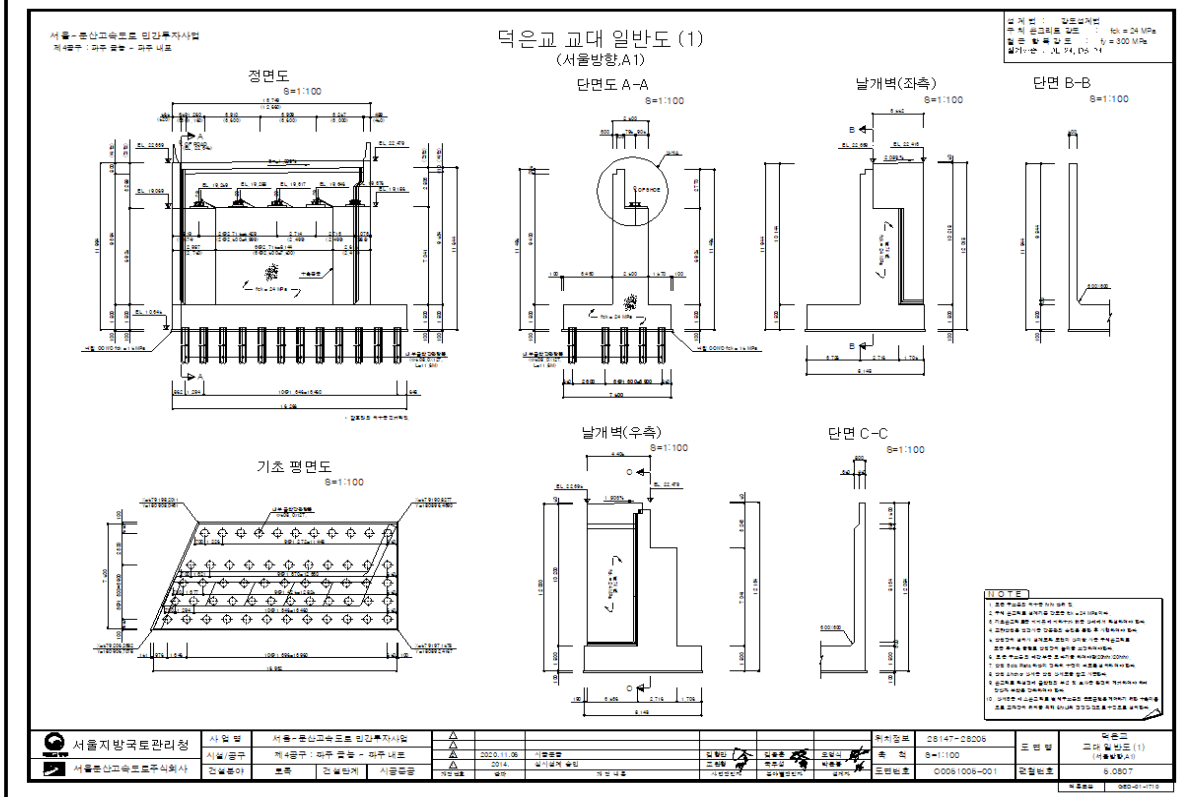
【그림 38.1.4】 평면 및 종단면도(서울방향)

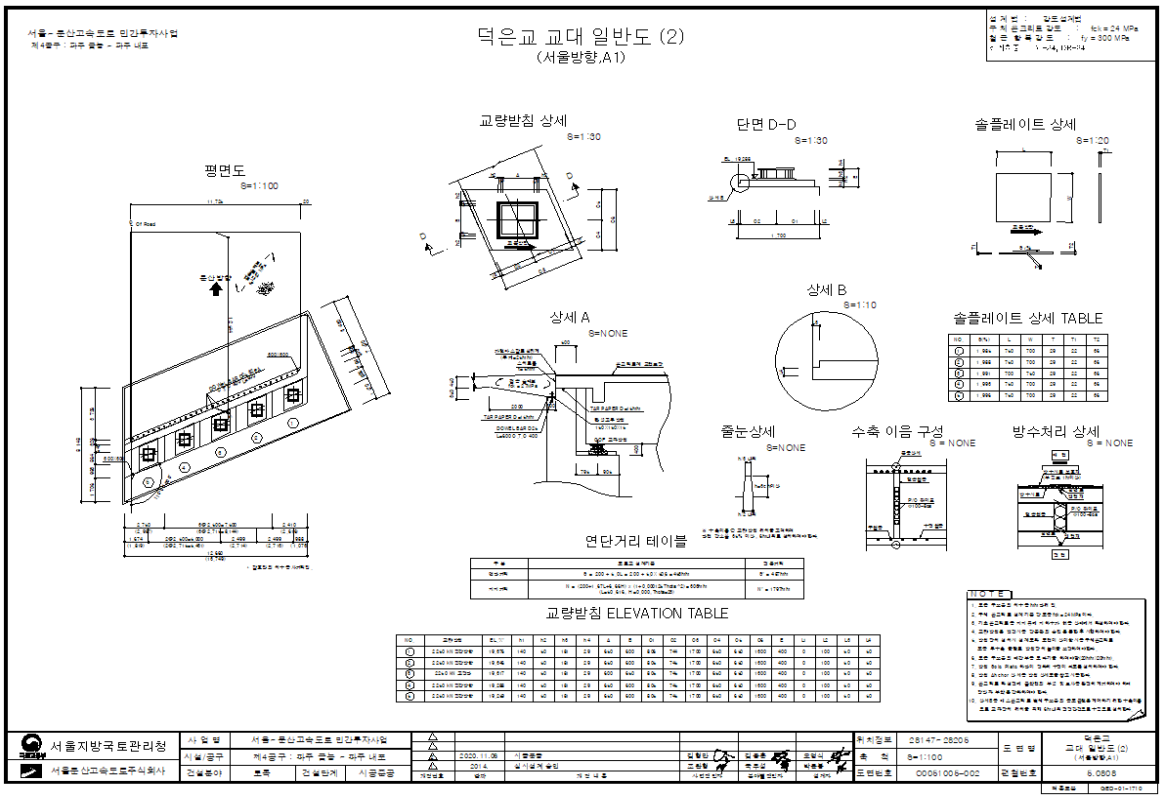


【그림 38.1.5】 바닥판하면 일반도(서울방향)

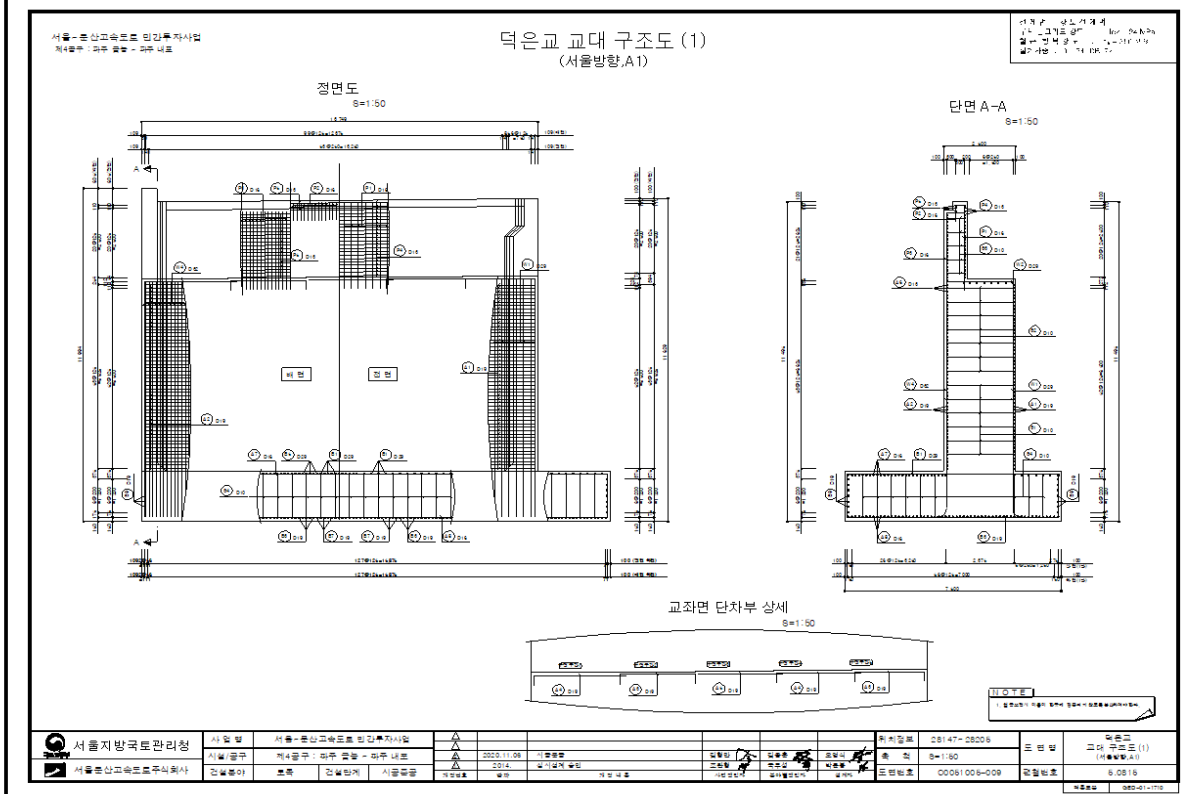


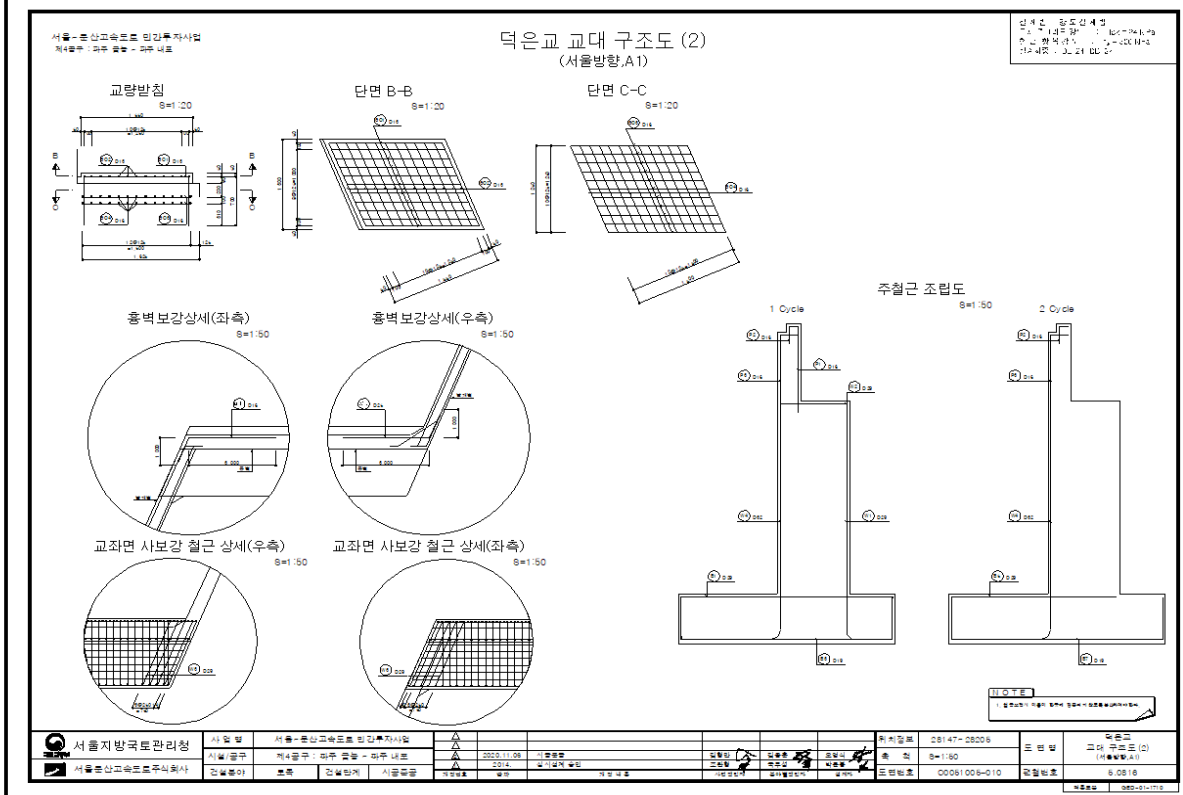
【그림 38.1.6】 슬래부 구조도(서울방향)



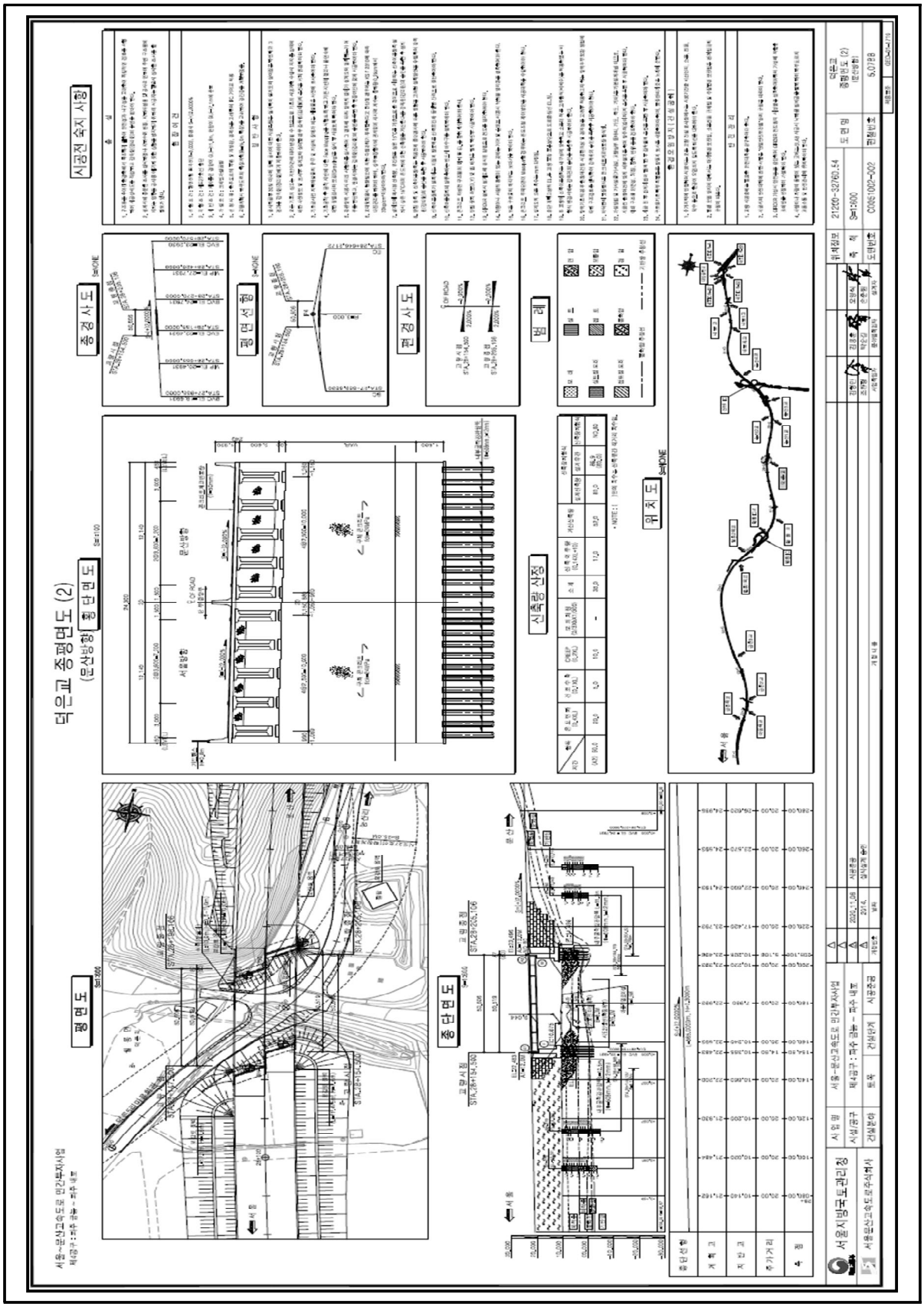


【그림 38.1.7】 교대 일반도(서울방향)

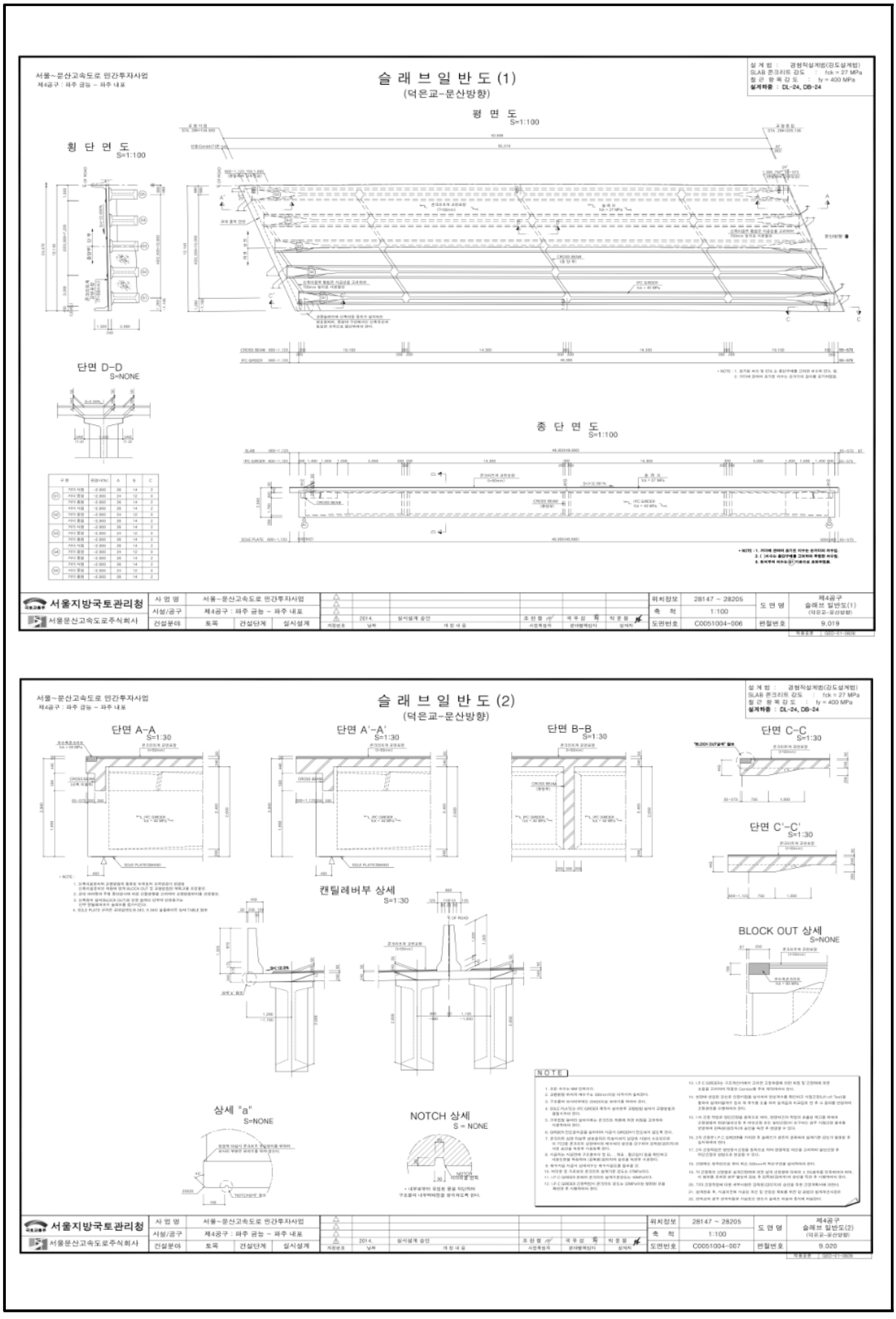




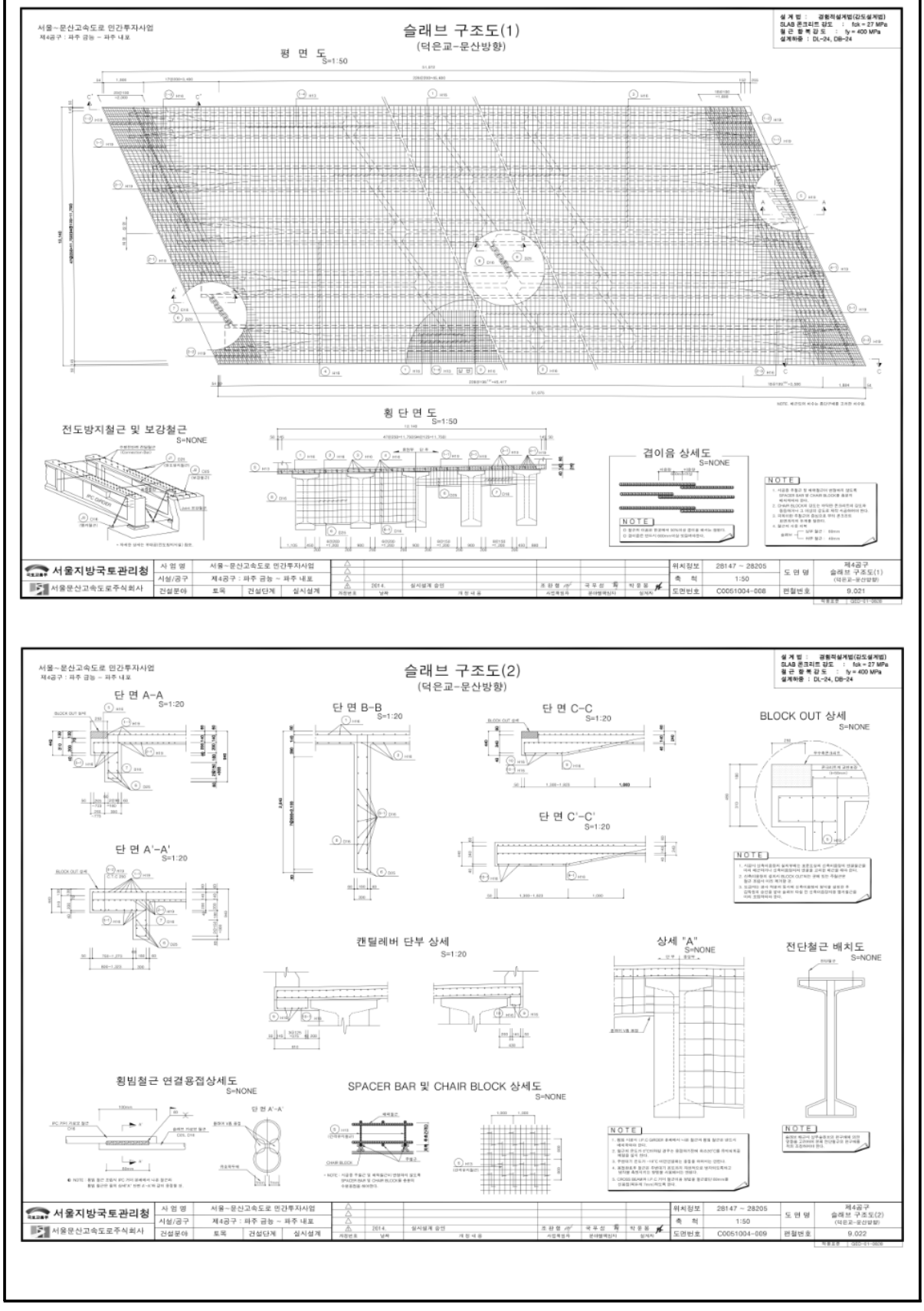
【그림 38.1.8】 교대 구조도(서울방향)



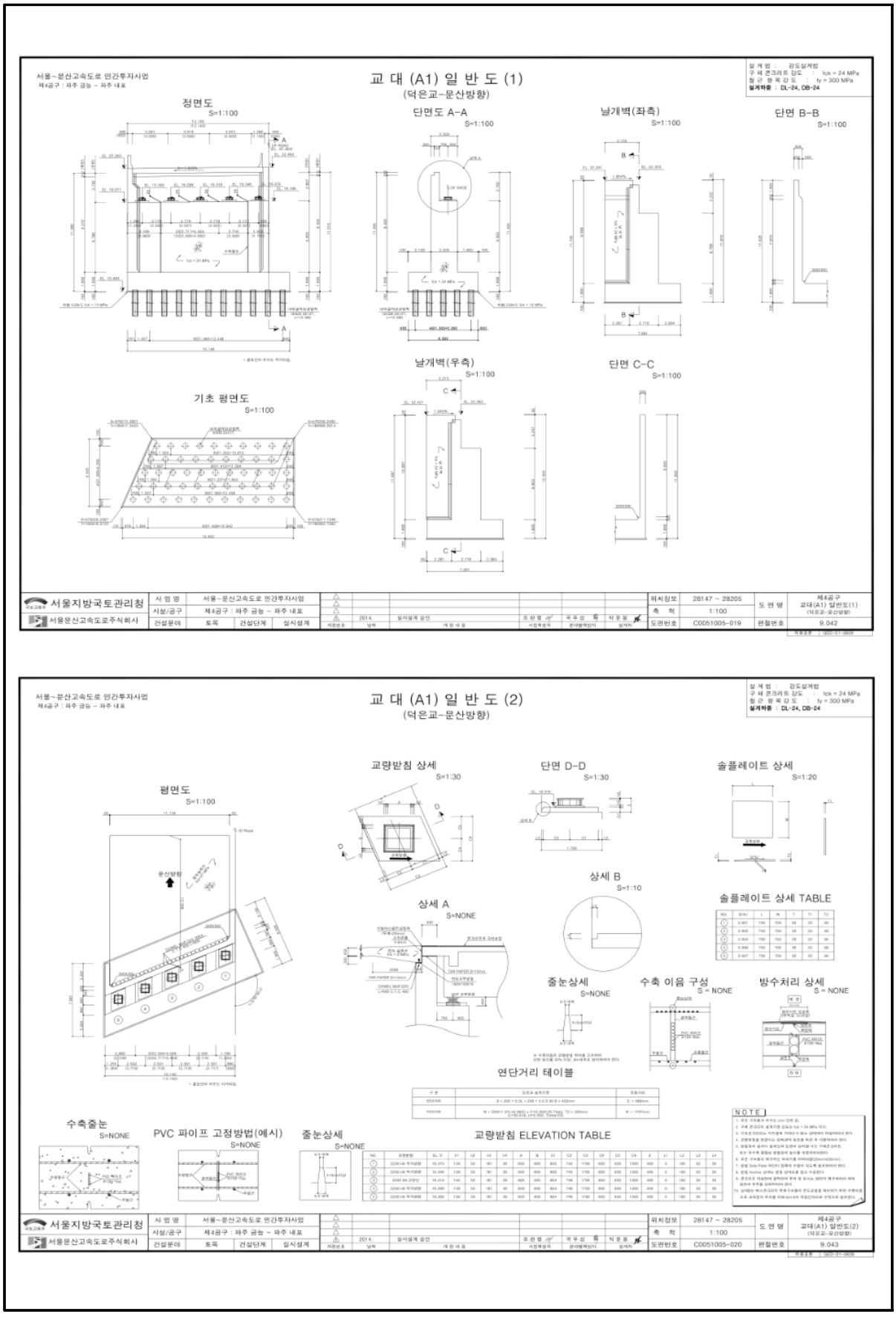
【그림 38.1.9】 평면 및 종단면도(문산방향)



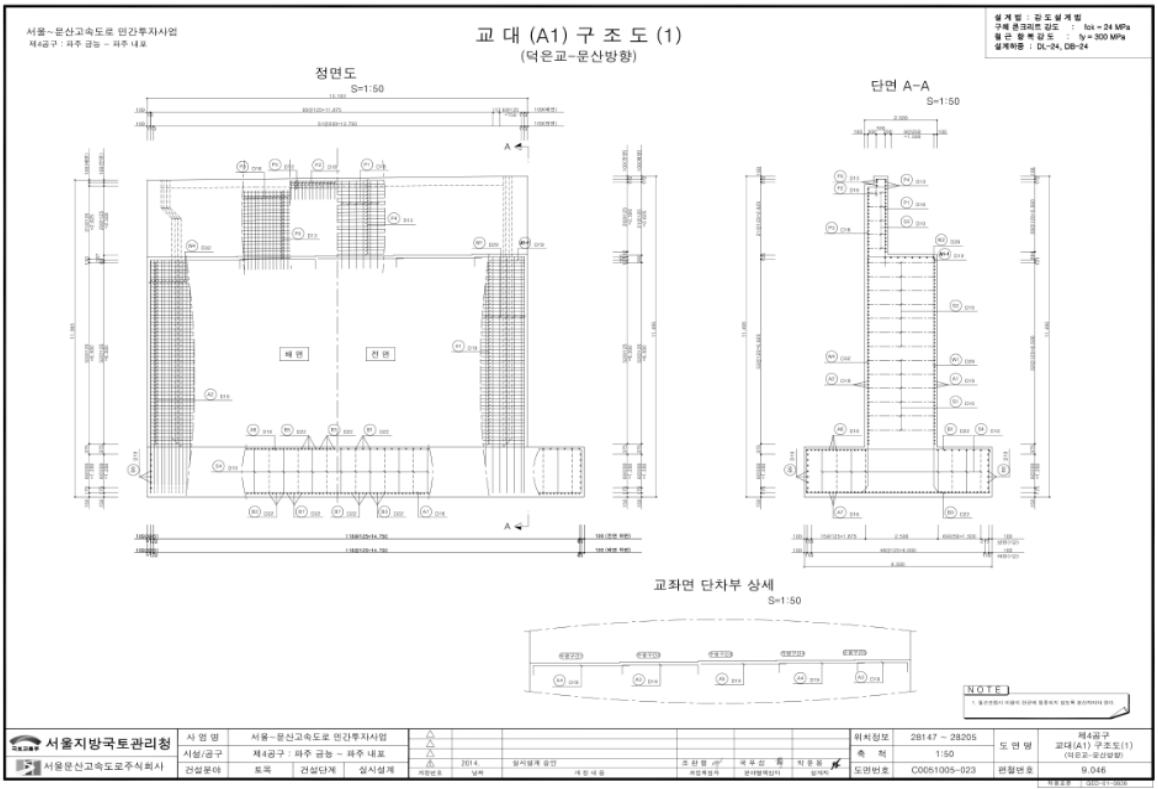
【그림 38.1.10】 바닥판하면 일반도(문산방향)

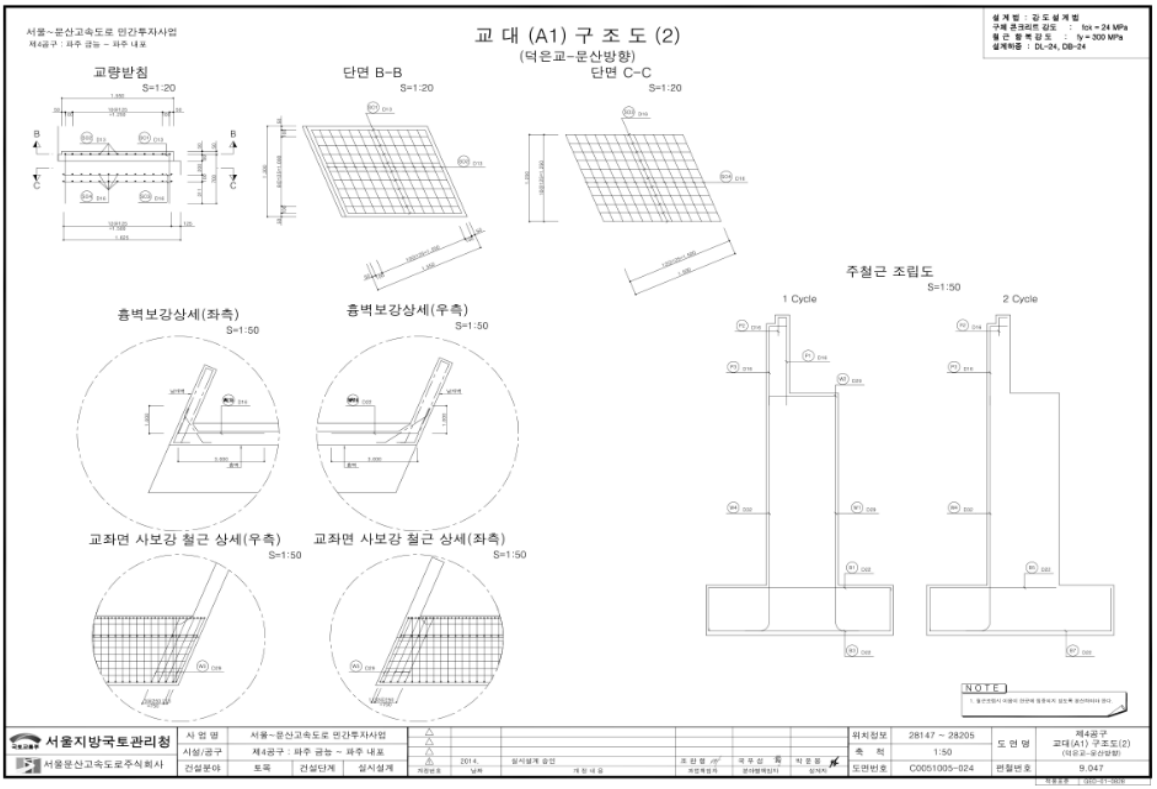


【그림 38.1.11】 슬래부 구조도(문산방향)



【그림 38.1.12】 교대 일반도(문산방향)





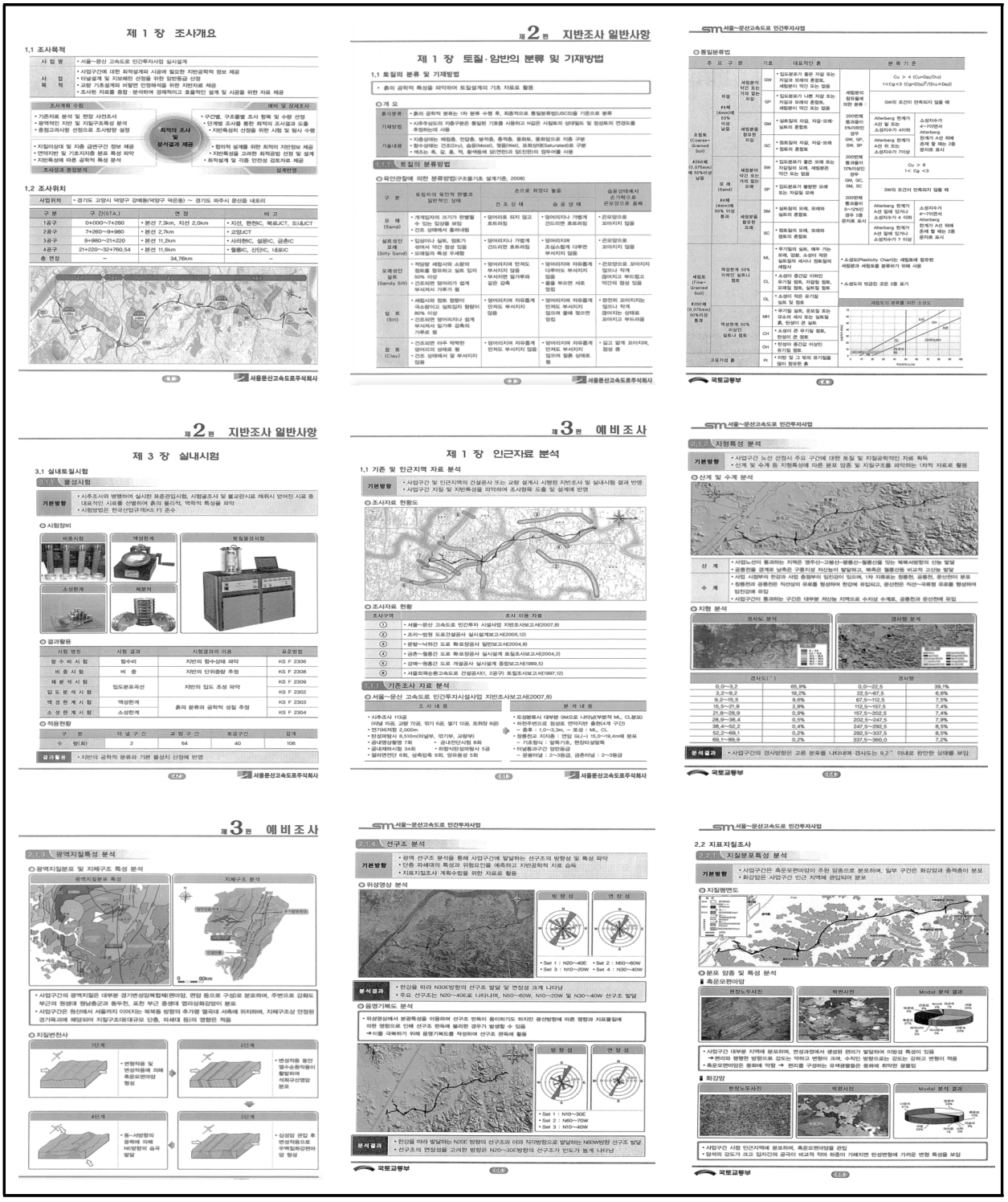
【그림 38.1.13】 교대 구조도(문산방향)

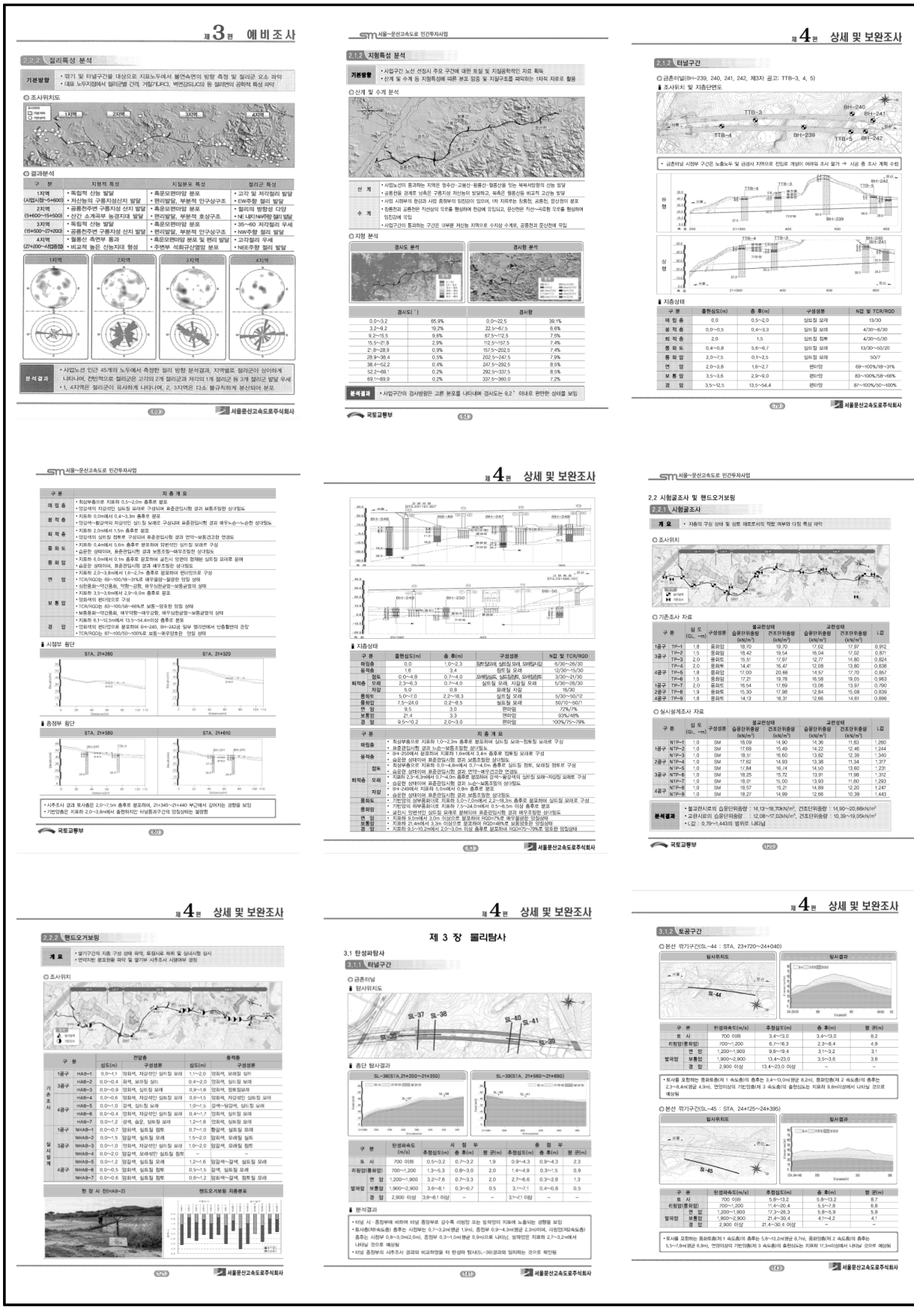
38.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

38.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질




제3편 예비조사
2.2.2 절리특성 분석
제4편 상세 및 보완조사
2.1.2 터널구간
제4편 상세 및 보완조사
제 3 장 물리탐사
3.1 탄성파탐사
3.1.1 터널구간
제4편 상세 및 보완조사
3.1.2 토공구간

나. 지반 및 지질 조사보고서

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	• 지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용 • 점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 기존조사 자료

▮ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌터널	TTB-3	8.0	풍화암	50/8	206	290	PMT
	TTB-3	25.3	경 암	94	9,290	13,000	GMJ
	TTB-4	25.0	경 암	99	13,100	15,000	GMJ
	TTB-5	23.6	경 암	90	8,470	9,930	GMJ
영태터널	TTB-6	18.0	경 암	100	9,690	11,100	GMJ
	TTB-9	37.0	경 암	93	10,400	11,100	GMJ
	TTB-14	35.0	경 암	70	9,730	11,100	GMJ
	TTB-15	32.0	경 암	80	8,370	9,960	GMJ

▮ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
월롱1교	BB-53	19.3	연 암	27	1,026	1,076	PMT
능산2교	BB-59	4.5	풍화암	50/5	306	420	PMT
내포 IC RAMP-B3	BB-64	10.0	퇴적층(실트)	4/30	2.1	–	LLT
	BB-64	21.0	연 암	9	624	754	PMT

▮ 깎기구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
제22깎기부	CCB-6	12.0	연 암	9	743.5	1,197	PMT

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌 터널	BH-239	10.0	경 암	87	9,122	20,611	GMJ
	BH-239	45.0	경 암	94	23,862	67,171	GMJ

▮ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌3교	BH-246	25.0	풍화암	50/4	173	287	PMT
월롱교	BH-271	9.0	풍화암	50/5	244	442	PMT
능산1-1교	BH-286	13.0	연 암	31	543	1,222	PMT
내포IC R-B교	BH-309	16.0	연 암	14	621	917	PMT
내포IC R-A교	BH-315	22.0	풍화암	50/5	237	436	PMT
	BH-315	24.0	연 암	43	452	885	PMT

▮ 깎기구간

공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-243	11.0	풍화암	50/10	149	327	PMT
BH-252-1	15.5	풍화암	50/6	265	387	PMT
BH-252-1	28.0	경 암	65	13,418	17,970	GMJ
BH-254	12.0	풍화토	20/30	62	78	PMT
BH-261-5	14.5	풍화암	50/8	203	349	PMT
BH-282	15.0	연 암	11	625	1,210	PMT
BH-284	10.5	연 암	8	480	1,009	PMT
BH-287	18.5	연 암	28	1,390	2,003	PMT
BH-293	15.4	연 암	18	3,405	6,500	PMT
BH-293-1	10.0	풍화암	50/8	226	482	PMT
BH-299	16.0	연 암	0~9	523	858	PMT
BH-302	13.0	풍화암	50/4	258	529	PMT
	18.0	연 암	23	581	933	PMT
BH-306	25.0	연 암	32	1,192	2,190	PMT

▮ 쌓기구간

공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-236	3.0	퇴적(점토)	2/30	1.93	–	LLT
BH-256	8.0	풍화암	50/7	318	513	PMT
BH-268	2.0	퇴적(점토)	8/30	9.67	–	LLT
BH-277	3.5	퇴적(점토)	3/30	3.89	–	LLT

○ 결과분석

구분	변형계수(MPa)					분석결과
	퇴적층	풍화토	풍화암	연 암	경 암	
터널구간	–	–	–	–	9,122~23,862	• 연암 변형계수 -교량구간:452~621MPa -깎기구간:480~3,406MPa • 위치 및 구조물별로 편차가 나타남
교량구간	–	–	173~244	452~621	–	
깎기구간	–	62	149~265	480~3,405	13,418	
쌓기구간	1.93~9.67	–	318	–	–	

4.1.2 공내전단시험

개 요	• 풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대층의 원위치 상태의 점착력(C)과 내부마찰각(ø)측정

○ 기존조사 자료

▮ 터널구간

구분		심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)	구분		심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)
금촌터널	TTB-3	8.0	풍화토	50/8	20.0	28.0	영태터널	TTB-6	11.0	풍화암	50/6	27.4	32.0
	TTB-4	4.0	풍화암	50/9	26.0	32.5							

▮ 깎기구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)
깎기4-1	CCB-6	12.0	연 암	9	743.5	1,197

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)
금촌터널	BH-179	4.0	풍화토	50/15	18.6	28.2

▮ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)
내포IC R-A교	BH-315	21.0	풍화암	50/8	32.9	28.5

▮ 깎기구간

구분	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)	구분	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)
BH-252-1	12.5	풍화토	50/13	17.4	28.2	BH-289	4.0	풍화암	50/7	32.3	29.8
BH-254	8.0	풍화토	18/30	14.6	24.6	BH-293	4.0	풍화토	50/18	19.4	29.3
BH-261-5	9.0	풍화토	50/17	17.5	29.4	BH-299	7.0	풍화토	50/28	15.8	27.1
BH-282	6.0	풍화암	50/7	32.5	31.5	BH-302	6.0	풍화토	50/27	17.2	25.9
BH-284	3.0	풍화토	50/15	18.7	27.5	BH-303-1	3.0	풍화토	50/30	18.0	28.1
BH-287	4.0	풍화암	50/8	29.7	28.3	BH-306	7.0	풍화토	50/15	19.0	25.6

○ 결과분석

구분	점착력(kPa)		내부마찰각(˚)		분석결과
	풍화토	풍화암	풍화토	풍화암	
터널구간	18.6	–	28.2	–	• 풍화토 점착력(kPa)/마찰각(˚) -교량구간:18.6/28.2 -깎기구간:14.6~19.4/24.6~29.4
교량구간	–	32.9	–	28.5	
깎기구간	14.6~19.4	29.7~32.5	24.6~29.4	28.3~31.5	

4.1.3 SPT효율시험

개 요	• 표준관입시험시 롯드에 전달된 실제 타격에너지를 측정한 후 이를 이론적 타격에너지와 비교하여 에너지 전달율을 구함으로써 N값의 신뢰도 확보

○ 시험현황

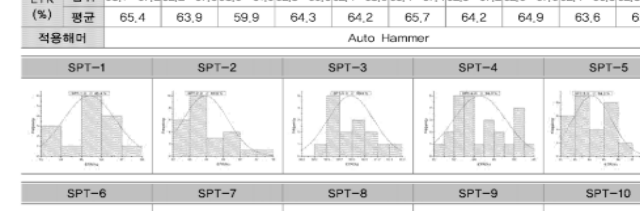
구 분	기존조사				실시설계			
	터널	교량	깎기	쌓기	터널	교량	깎기	쌓기
수량(회)	1	3	–	–	2	5	2	1

○ 기존조사 자료

공 번		BB-43	BB-51	BB-53	TTB-5
측정지층		풍화암	풍화토	풍화토	풍화토
ETR (%)	범위	49.1~61.5	48.1~58.3	53.0~65.5	50.6~56.2
	평균	54.1	53.2	60.1	52.6
적용해머		Donut Hammer	Donut Hammer	Auto Hamme	Donut Hammer

○ 실시설계조사 자료

공 번		SPT-1	SPT-2	SPT-3	SPT-4	SPT-5	SPT-6	SPT-7	SPT-8	SPT-9	SPT-10
측정지층		풍화토	풍화토	풍화암	풍화암	풍화암	풍화토	퇴적층	풍화토	퇴적층	풍화토
ETR (%)	범위	63.1~67.2	62.2~67.5	58.5~61.9	62.3~66.6	62.4~68.0	63.4~67.4	62.3~67.2	62.5~67.6	62.4~66.3	62.8~68.1
	평균	65.4	63.9	59.9	64.3	64.2	65.7	64.2	64.9	63.6	65.3
적용해머		Auto Hammer									



분석결과	• 기존 조사시 평균ETR 52.6~60.1%(평균 55.0%)로 나타남 • 금회 조사시 평균ETR 59.9~65.7%(평균 64.1%)로 나타남

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	• 사업구간내 시추공의 지하수위를 측정하여 안정된 지하수위 분포 현황을 파악 • 각 시추공별 지하수위는 24, 48, 72시간 경과 후 측정

○ 기존조사 자료

구 분		터널구간	교량구간	깎기구간	쌓기구간
지하수위	GL. -m	1.7~16.3	0.4~9.5	1.3~17.3	3.9
	EL. m	39.2~95.6	2.1~53.5	19.8~60.3	2.7~4.3

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m	구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m	구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m
BH-239	27.0	51.5	BH-241	2.2	43.1	BH-242	2.4	42.8
BH-240	3.1	50.7	–	–	–	–	–	–

▮ 교량구간

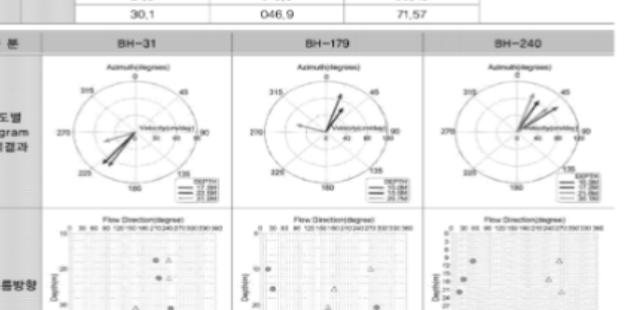
구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m	구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m	구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m
BH-243-2	2.8	20.0	BH-278	4.6	5.8	BH-304-2	1.6	13.5
BH-246	2.7	7.0	BH-279	4.9	5.4	BH-305	1.6	13.7
BH-247	3.1	7.4	BH-280	1.9	7.1	BH-305-1	2.6	12.5
BH-248	4.3	6.2	BH-281	4.3	5.5	BH-305-2	2.2	12.6
BH-249	1.8	7.5	BH-285-1	3.5	6.1	BH-305-6	3.8	10.5
BH-250	1.2	8.6	BH-285-2	1.6	6.0	BH-308	4.5	2.3
BH-261-1	1.7	23.2	BH-286	4.2	3.4	BH-309	4.5	3.8
BH-261-2	1.8	23.9	BH-286-1	4.6	3.0	BH-310	4.7	3.7
BH-261-3	7.2	26.6	BH-286-2	3.8	4.7	BH-311	4.8	4.2
BH-261-4	8.0	26.0	BH-288	2.5	8.8	BH-313	9.7	2.7
BH-270	5.5	9.5	BH-288-1	2.4	9.4	BH-314-1	9.2	1.6
BH-271	2.5	9.5	BH-294-1	3.3	11.8	BH-315	10.2	1.8
BH-272	0.5	10.3	BH-295	0.1	10.3	–	–	–
BH-273	2.5	7.5	BH-296	1.8	10.3	–	–	–

4.2.4 지하수 유향유속시험

개 요	• 터널구간 불연속면 분포구간에 대한 지하수 유동속도 및 방향성 측정 • 터널의 전체적인 지하수 흐름 경향 파악 및 설계시공의 기초 자료로 활용

○ 실시설계조사 시험결과

구 분	공 번	측정심도(m)	유향(MN)	유속(cm/day)	주흐름방향
강매터널	BH-31	17.5	212.9	67.74	SSW~SWW
		22.5	220.0	68.34	
		31.0	249.7	44.96	
문봉터널	BH-179	10.0	018.1	90.72	NWW~NNE
		15.5	030.0	60.48	
		20.7	286.8	55.54	
금촌터널	BH-240	10.3	053.2	88.84	NNE~NEE
		17.2	029.8	79.78	
		21.8	019.6	90.43	
		30.1	046.9	71.57	



분석결과	• BH-31 유향은 212.9˚ ~249.7˚ (SSW~SWW방향)이며 44.96~68.34cm/day의 유속을 보임 • BH-179 유향은 286.8˚ ~30.0˚ (NWW~NNE방향)이며 55.54~90.72cm/day의 유속을 보임 • BH-240 유향은 19.6˚ ~53.2˚ (NNE~NEE방향)이며 71.57~90.43cm/day의 유속을 보임

4.2.5 순간충격시험

개 요	• 순간적으로 물을 주입후 상승한 수위가 원래의 안정수위로 회복하는 수위변화를 측정 • 투수량 계수(T)와 투수계수(K)를 구하여 수리 해석시 입력 물성치로 활용

○ 실시설계조사 시험결과

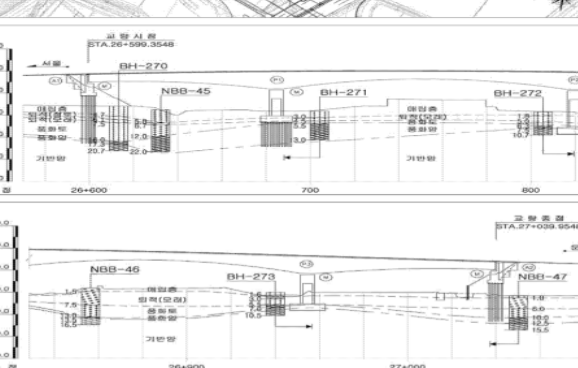
구 분	공번	심도(m)	초기수위(m)	대수층 두께(m)	분석방법	K(cm/sec)	T(cm^2/sec)
강매 터널	BH-31	34.0	17.15	16.85	Bouwer-Rice	1.10×10^{-4}	0.186
					Hvorslev	1.59×10^{-4}	0.268
					평균	1.35×10^{-4}	0.227
	BH-34	15.0	3.50	11.50	Bouwer-Rice	3.73×10^{-4}	0.429
					Hvorslev	5.21×10^{-4}	0.599
					평균	4.47×10^{-4}	0.514
문봉 터널	BH-179	30.5	7.45	23.05	Bouwer-Rice	6.28×10^{-6}	0.014
					Hvorslev	8.32×10^{-6}	0.019
					평균	7.30×10^{-6}	0.017
	BH-180	20.1	8.76	11.34	Bouwer-Rice	6.26×10^{-6}	0.007
					Hvorslev	8.68×10^{-6}	0.010
					평균	7.47×10^{-6}	0.008
금촌 터널	BH-240	33.0	3.20	29.80	Bouwer-Rice	1.51×10^{-5}	0.045
					Hvorslev	2.05×10^{-5}	0.061
					평균	1.78×10^{-5}	0.053
	BH-242	29.0	2.15	26.85	Bouwer-Rice	3.52×10^{-4}	0.898
					Hvorslev	4.65×10^{-4}	1.186
					평균	4.09×10^{-4}	1.042



분석결과	• 시험결과 투수계수(K)는 7.30×10^{-6} ~ 4.47×10^{-4}cm/sec의 범위를 보이며 투수량 계수(T)는 0.008~1.042cm^2/sec의 범위를 나타냄

○ 월롱교(BH-270, 271, 272, 273, 보완설계 : NBB-45, 46, 47)

▮ 조사위치 및 지층단면도



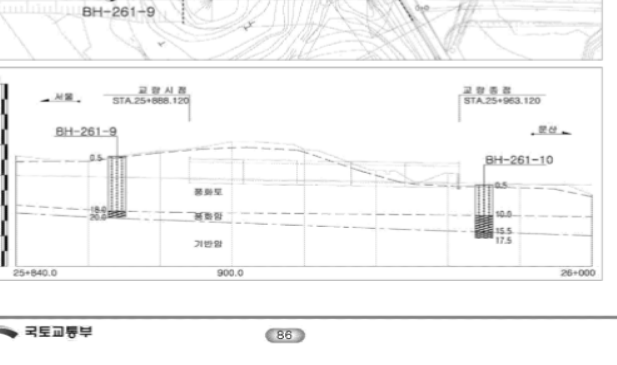
▮ 지층상태

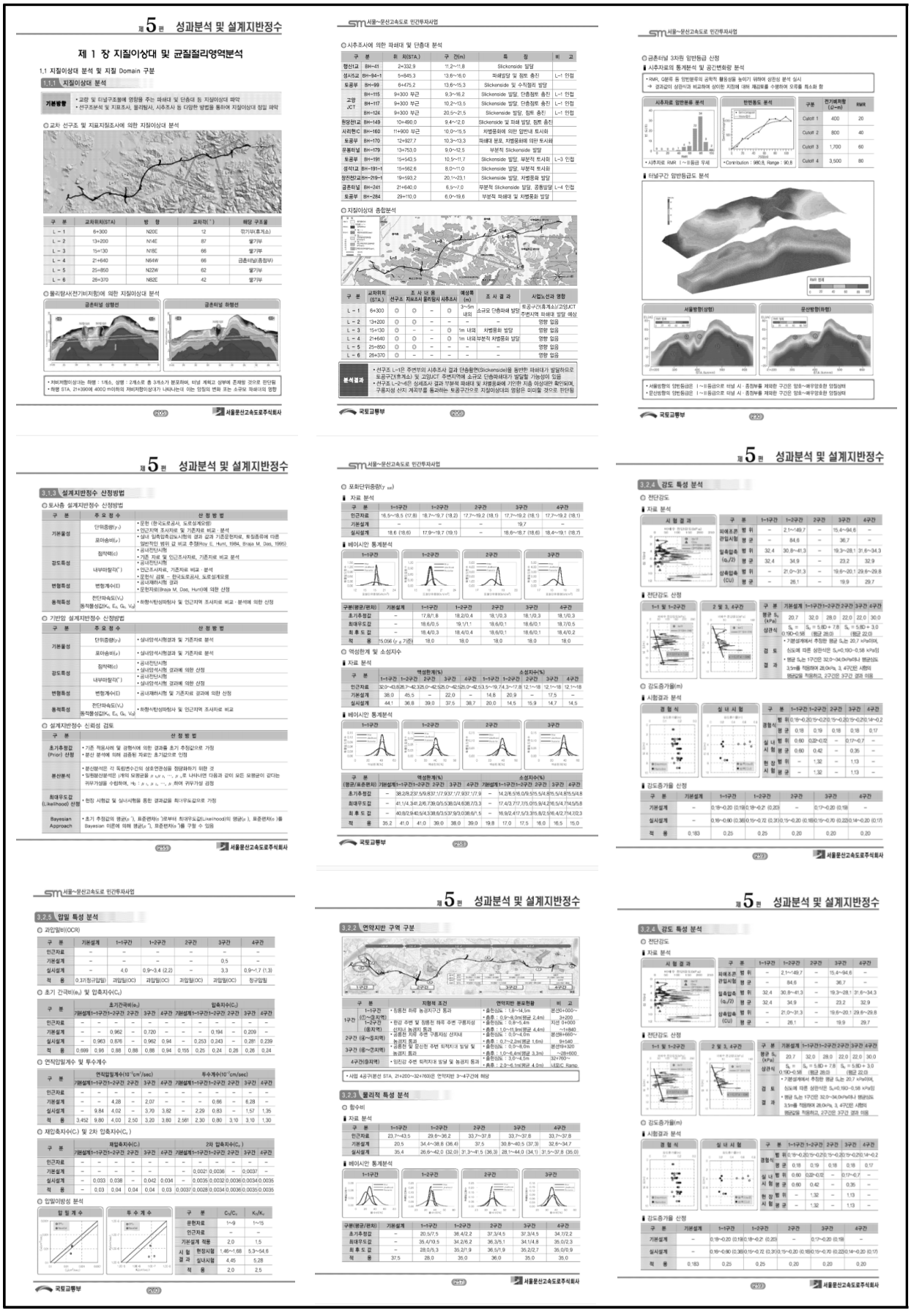
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	1.0~4.7	실트질 모래, 모래질 자갈	7/30~22/30
붕적층		0.0	6.7	실트질 모래, 모래질 자갈	15/30~20/30
퇴적층	점토	4.7	1.4	모래질 실트	6/30~8/30
	모래	1.6~6.1	1.4~3.9	실트질 모래, 점토질 모래	5/30~11/30
	자갈	1.0~1.5	5.0~6.0	모래질 자갈	4/30~23/30
풍화토		4.5~7.5	1.0~8.5	실트질 모래	21/30~50/13
풍화암		5.5~16.0	0.5~7.5	실트질 모래	50/10~50/2
연 암		7.0~17.3	3.0~3.5	편마암	84~100%/12~25%
보통암		13.5	3.0	편마암	100%/39%

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 1.0~4.7m 층후로 분포하며 자갈섞인 실트질 모래, 실트질 모래, 모래질 자갈로 구성
붕적층		• 지표하 0.0m에서 6.7m 층후로 분포하며 황갈색의 실트질 모래, 모래질 자갈로 구성
퇴적층	점토	• 지표하 4.7m에서 1.4m 층후로 분포하며 암회색의 모래질 실트로 구성, 보통견고한 연경도
	모래	• 지표하 1.6~6.1m에서 1.4~3.9m 층후로 분포하여 자갈섞인 실트질 모래, 자갈섞인 점토질 모래로 구성
	자갈	• 지표하 1.0~1.5m에서 5.0~6.0m 층후로 분포하여 모래질 자갈로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 매우느슨~보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 지표하 4.5~7.5m에서 1.0~8.5m 층후로 분포하여 암편섞인 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 5.5~16.0m에서 0.5~7.5m 이상 층후로 분포 • 갈색~암갈색을 띠는 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편이 협재된 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 7.0~17.3m에서 3.0~3.5m 이상 층후로 분포하여 갈색~담회색, 암갈색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 84~100%/12~25%로 매우불량~불량한 암질 상태
보통암		• 지표하 13.5m에서 3.0m 이상 층후로 분포하여 담회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 100%/39%로 불량한 암질 상태

○ 월롱지하차도(BH-261-9~10)

▮ 조사위치 및 지층단면도





제5편 성과분석 및 설계지반정수

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

기본방향
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

○ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석

구 분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	해당 구조물
L - 1	6+300	N20E	12	인기IC(휴게소)
L - 2	13+200	N14E	87	쌀기봉
L - 3	15+130	N18E	66	쌀기봉
L - 4	21+640	N64W	66	금촌터널(좌점부)
L - 5	25+850	N22W	62	쌀기봉
L - 6	26+370	N82E	42	쌀기봉

○ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석

금촌터널 상행선 / 금촌터널 하행선

- 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 좀 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 하행 STA. 21+390에 400Ω·m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

2005 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구 분	위 치(STA.)	구 간(m)	특 징	비 고
행산교	BH-41	2+332.9	11.2~11.8	Slickonside 발달	
성사3교	BH-94-1	5+845.3	13.6~16.0	파쇄암대 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	6+475.2	13.6~15.3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양 JCT	BH-115	9+300 부근	9.3~16.2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10.2~13.5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20.5~21.5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
원당천교	BH-149	10+460.0	9.4~12.0	Slickenside 및 파쇄 발달, 점토 충진	
사리현IC	BH-160	11+900 부근	10.0~15.5	지반풍화에 의한 암반내 토사층	
토공부	BH-170	12+927.7	10.3~13.3	파쇄대 분포, 지반풍화에 의한 토사화	
문봉터널	BH-179	13+753.0	9.0~12.5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543.5	10.5~11.7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
성석1교	BH-191-1	15+562.6	8.0~11.0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천교하-219-1		19+593.2	20.1~23.1	Slickenside 발달, 지반풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640.0	6.5~7.0	부분적 Slickenside 발달, 풍화암발달	L-4 인접
토공부	BH-264	29+110.0	6.0~19.6	부분적 파쇄대 및 지반풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석

구 분	교차위치 (STA.)	조사 내용 선구조	지표조사	물리탐사	시추조사	예상폭 (m)	조사결과	사업노선과 영향
L - 1	6+300	○	○	–	○	3~5m 내외	소규모 단층파쇄 발달	토공구간(휴게소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L - 2	13+200	○	○	–	–	–	–	영향 없음
L - 3	15+130	○	–	–	○	1m 내외	지반풍화 발달	영향 없음
L - 4	21+640	○	○	–	○	1m 내외	부분적 지반풍화 발달	영향 없음
L - 5	25+850	○	○	–	–	–	–	영향 없음
L - 6	26+370	○	–	–	–	–	–	영향 없음

분석결과
- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층파쇄(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(휴게소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~L-6은 상세조사 결과 뚜렷한 파쇄대 및 지반풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구릉지성 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

2008 국토교통부

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 금촌터널 3차원 암반등급 산정

▮ 시추자료의 통계분석 및 공간변화량 분석

- RMR, Q분류 등 암반분류의 공학적 활용성을 높이기 위하여 상관성 분석 실시
- → 결과값이 상관식과 비교하여 상이한 지점에 대해 재검토를 수행하여 오류를 최소화 함

시추조사로 암반분류 분석 / 반반중도 분석

구분	전기비저항 (Ω-m)	RMR
Cutoff 1	400	20
Cutoff 2	800	40
Cutoff 3	1,700	60
Cutoff 4	3,500	80

- 시추자료 RMR 1~9등급 무세
- Contribution : 980.8, Range : 90.8

▮ 터널구간 암반등급도 분석

서울방향(상행) / 문산방향(하행)

- 서울방향의 암반등급은 1~9등급으로 비설 시 · 종점부를 제외한 구간은 암등~매우암등한 암질상태
- 문산방향의 암반등급은 1~8등급으로 비설 시 · 종점부를 제외한 구간은 암등~매우암등한 암질상태

2020 국토교통부

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.1.3 설계지반정수 산정방법

○ 토사층 설계지반정수 산정방법

구 분	주 요 정 수	산 정 방 법
기본물성	단위중량(γ_{t})	• 문헌 (한국도로공사, 도로설계요령)
	포아송비(μ)	• 인근지역 조사자료 및 기존자료 비교 · 분석
강도특성	점착력(c)	• 실내 일축압축강도시험의 결과 결과 기존문헌자료, 토질종류에 따른 일반적인 범위 값 비교 추정(Hoy E. Hunt, 1984, Braja M. Das, 1995)
	내부마찰각(°)	• 공내전단시험 • 인근전단시험, 기존자료 비교 · 분석 • 문헌의 경우 - 한국도로공사, 도로설계요령
변형특성	변형계수(E)	• 공내재하시험 결과 • 문헌자료(Braja M. Das, Hunt)에 의한 산정
동적특성	전단파속도(V_s) 동적물성값(K_d, E_d, G_d, V_{sd})	• 하향식탄성파탐사 및 인근지역 조사자료 비교 · 분석에 의한 산정

○ 기반암 설계지반정수 산정방법

구 분	주 요 정 수	산 정 방 법
기본물성	단위중량(γ_{t})	• 실내암석시험결과 및 기존자료 분석
	포아송비(μ)	• 실내암석시험결과 및 기존자료 분석
강도특성	점착력(c)	• 공내전단시험 • 실내암석시험 결과에 의한 산정
	내부마찰각(°)	• 실내암석시험 결과에 의한 산정
변형특성	변형계수(E)	• 공내재하시험 및 기존자료 결과에 의한 산정
동적특성	전단파속도(V_s) 동적물성값(K_d, E_d, G_d, V_{sd})	• 하향식탄성파탐사 및 인근지역 조사자료 비교

○ 설계지반정수 신뢰성 검토

구 분	산 정 방 법
초기추정값 (Prior) 산정	• 기존 적용사례 및 경험사례 의한 결과를 초기 추정값으로 가정 • 문산 분석에 의해 검증된 자료만 초기값으로 인정
분산분석	• 분산분석은 각 독립변수간의 상호연관성을 정량화하기 위한 것 • 일원분산분석은 1개의 모평균을 $\mu_1, \mu_2, \cdots, \mu_k$로 나타내면 다음과 같이 모든 모평균이 같다는 귀무가설을 수립하며, 예: $\mu_1 = \mu_2 = \cdots = \mu$ 하여 귀무가설 검정
최대우도값 (Likelihood) 산정	• 현장 시험값 및 실내시험값을 통한 결과값을 최대우도값으로 가정
Bayesian Approach	• 초기 추정값의 평균(μ'), 표준편차는 1로부터 최대우도값(Likelihood)의 평균(μ), 표준편차(σ)를 Bayesian 이론에 의해 평균(μ''), 표준편차(σ'')를 구할 수 있음

2051 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 포화단위중량(γ_{sat})

▮ 자료 분석

구 분	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근지표	16.5~18.5 (17.8)	18.7~19.7 (19.2)	17.7~19.2 (18.1)	17.7~19.2 (18.1)	17.7~19.2 (18.1)
기본설계	–	–	–	19.7	–
실시설계	18.6 (18.6)	17.9~19.7 (19.1)	–	18.6~18.7 (18.6)	18.4~19.1 (18.7)

▮ 베이시안 통계분석

구분(평균/편차)	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	17.8/1.8	18.2/0.4	18.1/0.3	18.1/0.3	18.1/0.3
최대우도값	–	18.6/0.5	19.1/1.1	18.6/0.1	18.6/0.1	18.7/0.5
최 종 도 값	–	18.4/0.3	18.4/0.4	18.6/0.1	18.6/0.1	18.4/0.2
적 용	15.056 (γ_{sat}기준)	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0

○ 액성한계 및 소성지수

▮ 자료 분석

구 분	액성한계(%) 1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	소성지수(%) 1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근지표	32.0~43.8(38.7~42.3)/25.0~42.5(25.0~42.5)/25.0~42.5(25.5~42.5)					3.5~19.7/4.3~17.8/ 12.1~18				12.1~18
기본설계	38.0	45.5	–	22.0	–	14.8	20.9	–	17.5	–
실시설계	44.1	36.8	39.0	37.5	38.7	20.0	14.5	15.9	14.7	14.5

▮ 베이시안 통계분석

구 분 (평균/표준편차)	액성한계(%) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	소성지수(%) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	38.2/8.2	37.5/9.8	37.1/7.9	37.1/7.9	37.1/7.9	–	14.2/6.5	16.0/9.5	15.5/4.8	15.5/4.8	15.5/4.8
최대우도값	–	41.1/4.3	41.2/6.7	39.0/5.5	38.0/4.6	38.7/3.3	–	17.4/3.7	17.7/5.0	15.9/4.2	16.5/4.7	14.5/5.8
최 종 도 값	–	40.8/2.9	40.5/4.5	38.6/3.5	37.9/3.0	38.0/6.7	–	16.9/2.4	17.5/3.3	15.8/2.5	16.4/2.7	14.7/2.3
적 용	35.2	41.0	41.0	39.0	38.0	39.0	19.8	17.0	17.5	16.0	16.5	15.0

2053 국토교통부

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.4 강도 특성 분석

○ 전단강도

▮ 자료 분석

시 험 결 과

구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
퍼센조콘 관입시험	범 위	–	2.1~489.7	–	15.4~94.6	–
	평 균	–	84.6	–	36.7	–
일축압축 (q_u/2)	범 위	32.4	30.8~41.3	–	19.3~28.1	31.6~34.3
	평 균	32.4	34.9	–	23.2	32.9
삼축압축 (CU)	범 위	–	21.0~31.3	–	19.6~20.1	29.6~29.8
	평 균	–	26.1	–	19.9	29.7

▮ 전단강도 산정

1-1 및 1-2구간 / 2 및 3, 4구간

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
평균 S_u (kPa)	–	20.7	32.0	28.0	22.0	22.0	30.0
삼관식		S_u = S_u = 5.8D + 7.8 (0.190~0.58)			S_u = 5.8D + 3.0 (평균 28.0)		S_u = 5.8D + 3.0 (평균 22.0)	
검 토 결 과		• 기본설계에서 추정한 평균 S_u는 20.7 kPa이며, 심도에 따른 상관식은 S_u=0.190~0.58 kPa임 • 평균 S_u는 1구간은 32.0~34.0kPa에서 평균심도 3.5m를 적정하며 28.0kPa, 3, 4구간은 시험의 평균값을 적용하고, 2구간은 3구간 결과 이용				

○ 강도증가율(m)

▮ 시험결과 분석

구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
경험식	범 위	0.19~0.20	0.19~0.21	0.19~0.21	0.19~0.20	0.14~0.2
	평 균	0.19	0.19	0.19	0.19	0.17
실내시험	범 위	0.60	0.22~0.52	–	0.17~0.7	–
	평 균	0.60	0.42	–	0.35	–
현장시험	범 위	–	1.32	–	1.13	–
	평 균	–	1.32	–	1.13	–

▮ 강도증가율 산정

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
기본설계	–	0.19~0.20 (0.19)	0.19~0.21 (0.20)	–	0.17~0.20 (0.19)	–
실시설계	–	0.19~0.60 (0.38)	0.19~0.72 (0.37)	0.15~0.20 (0.18)	0.15~0.70 (0.22)	0.14~0.20 (0.17)
적 용	0.183	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20

2251 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

3.2.5 압밀 특성 분석

○ 과압밀비(OCR)

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	–	–	0.5	–
실시설계	–	4.0	0.9~3.4 (2.2)	–	3.3	0.9~1.7 (1.3)
적 용	0.3기정규압밀	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	정규압밀

○ 초기 간극비(e_o) 및 압축지수(C_c)

구 분	초기간극비(e_o) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	압축지수(C_c) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	0.962	–	0.720	–	–	–	0.194	–	0.209	–
실시설계	–	0.963	0.876	–	0.962	0.94	–	0.253	0.243	–	0.281	0.239
적 용	0.699	0.95	0.88	0.88	0.88	0.94	0.155	0.25	0.24	0.26	0.26	0.24

○ 연직압밀계수 및 투수계수

구 분	연직압밀계수(10^{-3}cm²/sec) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	투수계수(10^{-7}cm/sec) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	4.28	–	2.07	–	–	–	0.66	–	6.28	–
실시설계	–	9.84	4.02	–	3.70	3.82	–	2.29	0.83	–	1.57	1.35
적 용	3.452	9.80	4.00	2.50	3.20	3.80	2.561	2.30	0.80	3.10	3.10	1.30

○ 재압축지수(C_r) 및 2차 압축지수(C_α)

구 분	재압축지수(C_r) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	2차 압축지수(C_α) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	–	–	–	–	–	0.0021	0.0036	–	0.0037	–
실시설계	–	0.033	0.038	–	0.042	0.034	–	0.0035	0.0032	0.0036	0.0034	0.0035
적 용	–	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.0037	0.0028	0.0034	0.0036	0.0035	0.0035

○ 압밀이방성 분석

압 밀 계 수 / 투 수 계 수

구 분	C_v/C_r	K_r/K_v
문헌자료	1~9	1~15
인근자료	–	–
기본설계 적용	2.0	1.5
시험결과 현장시험	1.46~1.68	5.3~54.6
실내시험	4.45	5.28
적 용	2.0	2.5

2252 국토교통부

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.2 연약지반 구역 구분

구 분	지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간 (인~②지점) 1-2구간 (②지점)	• 침식된 하천 능선지구간 통과 • 현재 주변 및 침식된 하천 주변 구릉지성 산지로 능선지 통과 • 공원전 지형 주변 구릉지성 산지대	• 층전심도 : 1.8~34.5m • 층후 : 0.9~8.0m(평균 2.4m) • 층전심도 : 0.9~5.4m • 층후 : 1.0~11.9m(평균 4.4m) • 층전심도 : 0.0~4.0m • 층후 : 0.7~2.2m(평균 1.6m)	본선(+000~+2+200) 지선 0+000~0+640
2구간 (②~③지점)	능선지 통과		본선(+640~+3+760) 0+540~0+320
3구간 (②~③지점)	• 공원전 및 주변 주변 퇴적지대 및 및 능선지 통과	• 층전심도 : 0.0~6.0m • 층후 : 1.0~6.4m(평균 3.3m) • 층전심도 : 3.0~4.5m	~2+660
4구간(유지역)	• 인천강 주변 퇴적지대 및 및 능선지 통과	• 층후 : 2.0~6.1m(평균 4.0m)	시점단 Ramp

• 사업 4공구본선 STA. 21+200~32+760은 연약지반 3~4구간에 해당

3.2.3 물리적 특성 분석

○ 함수비

▮ 자료 분석

구 분	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근지표	23.7~43.5	29.6~36.2	33.7~37.8	33.7~37.8	33.7~37.8
기본설계	20.5	34.4~38.6 (36.4)	37.5	30.8~40.5 (37.3)	32.6~34.7
실시설계	35.4	26.6~42.0 (32.0)	31.3~41.5 (36.3)	28.1~44.0 (34.1)	31.5~37.8 (35.0)

▮ 베이시안 통계분석

구분(평균/편차)	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	20.5/7.5	36.4/2.2	37.3/4.5	37.3/4.5	34.7/2.2
최대우도값	–	35.4/10.5	34.2/6.2	36.3/5.1	34.1/4.8	35.0/2.3
최 종 도 값	–	28.0/5.3	35.2/1.9	36.5/1.9	35.2/2.7	35.0/0.9
적 용	37.5	28.0	35.0	36.0	35.0	35.0

2253 서울문산고속도로주식회사

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.4 강도 특성 분석

○ 전단강도

▮ 자료 분석

시 험 결 과

구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
퍼센조콘 관입시험	범 위	–	2.1~489.7	–	15.4~94.6	–
	평 균	–	84.6	–	36.7	–
일축압축 (q_u/2)	범 위	32.4	30.8~41.3	–	19.3~28.1	31.6~34.3
	평 균	32.4	34.9	–	23.2	32.9
삼축압축 (CU)	범 위	–	21.0~31.3	–	19.6~20.1	29.6~29.8
	평 균	–	26.1	–	19.9	29.7

▮ 전단강도 산정

1-1 및 1-2구간 / 2 및 3, 4구간

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
평균 S_u (kPa)	–	20.7	32.0	28.0	22.0	22.0	30.0
삼관식		S_u = S_u = 5.8D + 7.8 (0.190~0.58)			S_u = 5.8D + 3.0 (평균 28.0)		S_u = 5.8D + 3.0 (평균 22.0)	
검 토 결 과		• 기본설계에서 추정한 평균 S_u는 20.7 kPa이며, 심도에 따른 상관식은 S_u=0.190~0.58 kPa임 • 평균 S_u는 1구간은 32.0~34.0kPa에서 평균심도 3.5m를 적정하며 28.0kPa, 3, 4구간은 시험의 평균값을 적용하고, 2구간은 3구간 결과 이용				

○ 강도증가율(m)

▮ 시험결과 분석

구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
경험식	범 위	0.19~0.20	0.19~0.21	0.19~0.21	0.19~0.20	0.14~0.2
	평 균	0.19	0.19	0.19	0.19	0.17
실내시험	범 위	0.60	0.22~0.52	–	0.17~0.7	–
	평 균	0.60	0.42	–	0.35	–
현장시험	범 위	–	1.32	–	1.13	–
	평 균	–	1.32	–	1.13	–

▮ 강도증가율 산정

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
기본설계	–	0.19~0.20 (0.19)	0.19~0.21 (0.20)	–	0.17~0.20 (0.19)	–
실시설계	–	0.19~0.60 (0.38)	0.19~0.72 (0.37)	0.15~0.20 (0.18)	0.15~0.70 (0.22)	0.14~0.20 (0.17)
적 용	0.183	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20

2251 서울문산고속도로주식회사

다. 구조계산서 및 내진설계

OUTPUT 결과 요약 및 설계의견

◈ 결과 요약

○ 덕은교(서울방향)

■ 단면 휨 설계

단 면 위 치	Req.A_s (mm^2)	폭 b(mm)	깊이 d(mm)	피 복 d' (mm)	사용철근량 (Use A_s) (mm^2)	M_u (kN-m)	ΦM_n (kN-m)	비 고
캔틸레버 (방호벽 G1측)	771	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993	45.45	57.90	O.K
캔틸레버 (중분대 G5측)	1,147	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993 H13 @ 200 = 634	66.29	91.80	O.K
중간슬래브 (상 면)	720	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
중간슬래브 (하 면)	960	1,000	200	40	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
슬래브단부	1,543	1,000	230	60	H19 @ 125 = 2,292	113.61	163.69	O.K
캔틸레버 단 부	2,294	1,000	180	60	H19 @ 100 = 2,865	88.68	150.99	O.K

■ 배력철근량(온도철근량) 산정

단 면 위 치		필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (Use A_s) [mm^2]	비 고
캔틸레버	방호벽(G1측)	517	H16 @ 250 = 794	O.K
	중분대(G5측)	768	H16 @ 250 = 794	O.K
캔 틸 레 버 단 부		1,537	H16 @ 125 = 1,589	O.K

■ 사용성 검토 요약표

구 분		인장응력(f_s)	철근간격 (S)	허용간격 (Sa)	비 고
캔 틸 레 버	방호벽(G1측)	49.1	200.0	1283.1	O.K
	중분대(G5측)	147.1	100.0	405.2	O.K
슬 래 브 단 부		114.2	125.0	551.7	O.K

1. 설 계 조 건

1.1 교량 형식 : INCREMENTALLY POST TENSIONING TYPE I.P.C GIRDER교
1.2 경 간 : 50,000 mm
1.3 폭 원 : 12,140 mm
1.4 교량 등급 : DB - 24, DL - 24 (1등급교)
1.5 거더 갯수 : 49,900 mm
1.6 지간 길이 : 49,000 mm
1.7 단위 중량 : 콘크리트(철근) .... 2,500 kgf/m^3
콘크리트(무근) .... 2,350 kgf/m^3
콘크리트계고려포장..... 2,350 kgf/m^3

1.8 재료의 물리상수 및 허용 응력

1) 슬래브
(1) 콘 크 리 트 : fck = 27 MPa
Ec2 = 0.077× $m_c^{1.5}$×$\sqrt[3]{}$fcu : 29,000 MPa
(2) 철 근 (SD400) : fy = 400 MPa
Es = 200,000 MPa

2) I.P.C GIRDER
(1) 콘 크 리 트 : fck = 40 MPa
Ec1 = 0.077× $m_c^{1.5}$×$\sqrt[3]{}$fcu = 32,000 MPa
(2) 철 근 (SD300) : fy = 300 MPa
Es = 200,000 MPa

(3) 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전 항복응력
① 허용 휨 압축응력 (fci' = 0.8 x fck = 32 Mpa)
- fci = 0.6 x fci = 19.2 MPa
② 허용 휨 인장 응력
- 부착된 철근이 없는 인장 구역 :
fti = 0.25 x $\sqrt{}$fci' = 1.41 MPa

(4) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용응력
① 허용 휨 압축응력
- fcag = 0.45 x fck = 18 MPa
- 압축연단응력(유효프리스레스+전체하중)
fcag = 0.60 x fck = 24 MPa

② 허용 휨 균열 응력
fcag = 0.63 x $\sqrt{}$fck = 3.98 MPa

(5) 허용 균열 응력
① 보통 콘크리트 : ftcr = 0.63 x $\sqrt{}$fck = 3.98 MPa
② 부분 경량 콘크리트 : ftcr = 0.54 x $\sqrt{}$fck = 3.42 MPa
③ 전 경량 콘크리트 : ftcr = 0.47 x $\sqrt{}$fck = 2.97 MPa

(6) 정착부의 허용 지압 응력
- 긴장재 정착직후 fcr = 0.7 × fci ×$\sqrt{}$ (A'b/Ab-0.2) ≤1.10 × fci
- 프리스트레스 손실 발생후 fcr = 0.5 × fck ×$\sqrt{}$ (A'b/Ab) ≤0.90 × fck

3) P.S STRAND (SWPC 7B Ø15.2mm)
- A = 138.7 mm^2 /ea
- Ep = 200,000 MPa
(1) 인장 강도 : fpu = 1,900 MPa
(2) 항복 강도 : fpy = 1,600 MPa
(3) JACK에 의한 최대 긴장 응력 : 0.94 ×fpy = 1,504 MPa
0.80 ×fpu = 1,520 MPa ∴ 1,504 MPa
(4) 허용 인장 응력
① 정착 후 정착부에서의 허용응력
- fpa = 0.7 x fpu = 1,330 MPa
② 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용 응력
- fpa = 0.82 x fpy = 1,312 MPa
0.74 x fpu = 1,406 MPa ∴ 1,312 MPa

4) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	1차 긴장용	2차 긴장용
쉬스관의 외경	mm	80	75
쉬스관의 두께	mm	5	5
수용가능 긴장재 면적	mm^2	2,208	1,923
수용가능 긴장재 개수	개	16	14
쉬스관 순간격	mm	40	40
쉬스의 덮개	mm	40	40
파상 마찰 계수 k	k/m	0.005	0.005
곡률 마찰 계수 μ	m/rad	0.25	0.25

1.9 설계 방법 (강도 설계법:도.설.기 P32)

- U = 1.3 x Md + 2.15 x ML+I
- U = 1.3 x Md + 1.3 x Mh + 1.3 x ML+I
- U = 1.3 x Md + 0.65 x Mw + 1.3 x ML+I

1.10 참고 문헌

- 도로교 설계 기준(한국도로교통협회)
- 도로교 설계기준 해설편(대한 토목학회)
- 구조 설계 기준(콘크리트학회)
- 도로 설계 요령(한국도로공사)

■ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1586.98	709.436	O.K
	허용인발력(kN/EA)	442.824	-	O.K
	휨응력(MPa)	140	118.808	O.K
	전단응력(MPa)	80	13.43	O.K
	수평변위(mm)	15	11.837	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2380.47	1007.81	O.K
	허용인발력(kN/EA)	664.236	-182.324	O.K
	휨응력(MPa)	210	145.962	O.K
	전단응력(MPa)	120	20.722	O.K
	수평변위(mm)	15	10.292	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm^2)	사용철근량 (mm^2)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면지판		1800	150	1947.47	2292	812.288	954.509	1.175	O.K
후면지판		1800	100	3716.38	5139.2	1585.155	2178.322	1.374	O.K
벽체 : H=10.338		2500	100	4177.33	6353.6	2523.807	3812.713	1.511	O.K
흉벽		800	100	903.557	1588.8	159.754	278.868	1.746	O.K
파측날개벽	A(T=500 mm)	500	80	1521.92	2292	158.655	235.623	1.485	O.K
	B(T=500 mm)	500	80	1011.28	1588.8	106.39	165.427	1.555	O.K
	C(T=500 mm)	500	80	1305.33	2292	136.606	235.623	1.725	O.K
우측날개벽	A(T=800 mm)	800	80	2529.07	4053.6	452.345	713.432	1.577	O.K
	화부(T=450	450	80	1654.76	4053.6	150.992	351.648	2.329	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	2342.34	4053.6	419.766	713.432	1.7	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	3203.79	5139.2	568.97	894.036	1.571	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면지판		142.134	150	125	202.806	O.K
후면지판		118.981	150	125	448.12	O.K
벽체 : H=10.338		72.191	150	125	872.687	O.K
흉벽		108.254	150	125	497.453	O.K
파측날개벽	A(T=500 mm)	100.633	150	125	606.295	O.K
	B(T=500 mm)	99.132	150	125	614.393	O.K
	C(T=500 mm)	99.406	150	125	704.561	O.K
우측날개벽	A(T=800 mm)	96.611	150	125	646.375	O.K
	화부(T=450	62.306	150	125	1011.145	O.K
	B(T=800 mm)	90.077	150	125	699.404	O.K
	C(T=800 mm)	97.434	150	125	644.49	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식	: 역T형 교대	
(2) 상 부 형 식	: IPC GIRDER	
(3) 교 량 등 급	: 1 등교	
(4) 교 대 총 폭	: B = 13.749 M	
(5) 교 대 총 높 이	: H = 12.138 M	
(6) 기 초 형 식	: 말뚝기초	
(7) SKEW	: 113.000 °	

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량	: γc = 25.000 kN/m³	[도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량	: γs1 = 20.000 kN/m³ (토사)	[도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량	: γs2 = 20.000 kN/m³	
(4) 과 재 하 중	: qi = 10.000 kN/m	
(5) 상부 고정하중 반력	: Rd = 458.433 kN/m	
(6) 상부 활하중 반력	: Rl = 158.078 kN/m	

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각	: Φ1 = 35.000 °	
(2) 기초지반의 N치	: N = 35.000	
(3) 기초지반의 내부마찰각	: Φ2 = 37.913 ° {Φ2 = 15 + √15N}	
(4) 기초지반의 점착력	: C = 17.000 kN/m²	
(5) 기초지반의 마찰계수	: μ = 0.472 ; TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트	
(6) 지반 가속도 계수	: A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수	
- 내진 등급 : I 등급	- 위험도 계수 : 1.400	[도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역	- 지진구역 계수 : 0.110	

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도	: fck = 24.000 MPa	
- 탄성계수	: Ec = 27804.000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300)	: fy = 300.000 MPa	
- 탄성계수	: Es = 200000.000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]

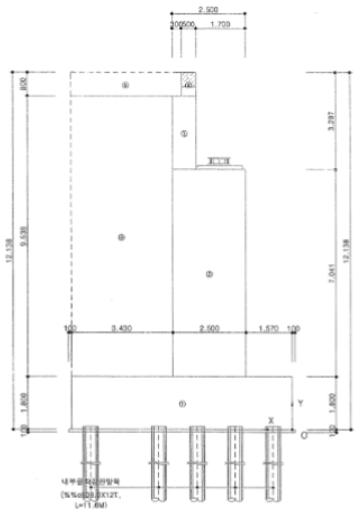
5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토	: 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계	: 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 콘크리트구조 설계기준	: 한국콘크리트학회 (2007)
(2) 도로교 설계기준	: 국토해양부 (2010)
(3) 도로설계 편람	: 국토해양부 (2000)
(4) 도로설계 요령	: 한국도로공사 (2002)

2. 단 면 가 정



※ 교량방향 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	계
고정하중	1309.010	1253.470	1260.180	1233.730	1246.400	6302.790
활하중	429.690	433.000	397.620	417.120	495.910	2173.340

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	계
교축방향	241.905	231.641	232.881	227.993	230.335	1164.756
직각방향	241.905	231.641	232.881	227.993	230.335	1164.756

H = R x A x S R : 교량방향의 고정하중 반력, A : 가속도계수(=0.154), S : 지반계수(=1.200)
교축직각방향 H = R x A x S , R : 교량방향의 고정하중 반력
교축방향 H = R x A x S , R : 교량방향의 고정하중 반력

3. 하 중 계 산

1) 자중 및 관성력 (원점 0을 기준으로)

① 개별하중 산정 (단위 : m단)

구분	번호	체적(Ai)		단위중량(γ)	수직력(Vi)	수평력(Hi)
		m³		kN/m³	kN	kN
교대구체	①	7.500 × 1.800	= 13.500	25.000	337.500	25.988
	②	2.500 × 7.041	= 17.602	25.000	440.054	33.884
	③	0.800 × 2.497	= 1.998	25.000	49.941	3.845
	④	0.500 × 0.800	= 0.400	25.000	10.000	0.770
	소계		= 33.500		837.495	64.487
뒷채움재	⑤	3.430 × 9.538	= 32.715	20.000	654.302	50.381
	⑤	3.730 × 0.800	= 2.984	20.000	59.680	4.595
	소계		= 35.699		713.982	54.977
총 계					1551.478	119.464

註) 수평력(지진시 관성력) Hi = Kh × Vi (Kh = A/2 = 0.077)

② 모멘트 산정

구분	번호	팔 길 이		모멘트	
		수 평	수 직	Mxi	Myi
		Xi(m)	Yi(m)	kN.m	kN.m
교대구체	①	3.750	0.900	1265.625	23.389
	②	2.820	5.320	1240.952	180.278
	③	3.670	10.089	183.285	38.799
	④	3.520	11.738	35.200	9.038
	소 계			2725.062	251.504
뒷채움재	⑤	5.785	6.569	3785.139	330.953
	⑤	5.635	11.738	336.297	53.040
	소 계			4121.436	384.893
총 계				6846.498	636.397

③ 합력의 작용위치 산정

- 교대구체 : X = 2725.062 / 837.495 = 3.254 m
  Y = 251.504 / 64.487 = 3.900 m
- 뒷채움재 : X = 4121.436 / 713.982 = 5.772 m
  Y = 384.893 / 54.977 = 7.001 m

2) 배면토에 의한 토압

① 토압계수 산정

- 평상시 주동토압계수 (RANKINE) : 안정검토시 적용(상시)

$$K_a = \cos\alpha \times \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}$$

- 평상시 주동토압계수 (coulomb) : 단면설계시 적용(상시)

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi-\beta)}{\cos^2\beta * \cos(\beta+\delta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)*\sin(\phi-\alpha)}{\cos(\beta+\delta)*\cos(\beta-\alpha)}}\right]^2}$$

- 지진시 주동토압계수 (Mononobe - Okabe)

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\phi-\theta-\beta)}{\cos\theta * \cos^2\beta * \cos(\delta+\theta+\beta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)*\sin(\phi-\alpha-\theta)}{\cos(\beta+\delta+\theta)*\cos(\beta-\alpha)}}\right]^2}$$

Φ = 뒷채움 흙의 내부마찰각(도)
α = 지표면과 수평면이 이루는 각(도)
β = 벽배면과 연직면이 이루는 각(도)
δ = 벽배면과 뒷채움흙사이의 벽면마찰각(도)
θ = tan-1[Kh/(1-Kv)], Kv = 0
kh = 수평지진계수 = A/2 (변위를 허용한 교대), A=0.154

구분	평 상 시		지 진 시	
	안정검토	벽체설계	안정검토	벽체설계
Φ	35.000	35.000	35.000	35.000
α	0.000	0.000	0.000	0.000
β	0.000	0.000	0.000	0.000
δ	0.000	11.667	0.000	0.000
θ	0.000	0.000	4.403	4.403
Kh	0.000	0.000	0.077	0.077
Ka,Kae	0.271	0.251	0.314	0.314

OUTPUT 결과 요약 및 설계의견

◈ 결과 요약

○ 덕은교(문산방향)

■ 단면 휨 설계

단 면 위 치	Req.A_s (mm^2)	폭 b(mm)	깊이 d(mm)	피 복 d' (mm)	사용철근량 (Use A_s) (mm^2)	M_u (kN-m)	ΦM_n (kN-m)	비 고
캔틸레버 (방호벽 G1측)	1,203	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993 H13 @ 200 = 634	69.35	91.80	O.K
캔틸레버 (중분대 G5측)	713	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993	42.14	57.90	O.K
중간슬래브 (상 면)	720	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
중간슬래브 (하 면)	960	1,000	200	40	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
슬래브단부	1,556	1,000	230	60	H19 @ 125 = 2,292	114.48	163.69	O.K
캔틸레버 단 부	2,406	1,000	180	60	H19 @ 100 = 2,865	89.83	150.99	O.K

■ 배력철근량(온도철근량) 산정

단 면 위 치		필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (Use A_s) [mm^2]	비 고
캔틸레버	방호벽(G1측)	806	H16 @ 125 = 1,589	O.K
	중분대(G5측)	480	H16 @ 250 = 794	O.K
캔 틸 레 버 단 부		1,612	H19 @ 125 = 2,292	O.K

■ 사용성 검토 요약표

구 분		인장응력(f_s)	철근간격 (S)	허용간격 (Sa)	비 고
캔 틸 레 버	방호벽(G1측)	100.8	100.0	625.0	O.K
	중분대(G5측)	33.5	200.0	1880.6	O.K
슬 래 브 단 부		115.1	125.0	547.4	O.K

-1788-

1. 설 계 조 건

1.1 교량 형식 : INCREMENTALLY POST TENSIONING TYPE I.P.C GIRDER교
1.2 경 간 : 50,000 mm
1.3 폭 원 : 12,140 mm
1.4 교량 등급 : DB - 24, DL - 24 (1등급교)
1.5 거더 갯수 : 49,900 mm
1.6 지간 갯수 : 49,000 mm
1.7 단위 중량 : 콘크리트(철근) .... 2,500 kgf/m³
콘크리트(무근) .... 2,350 kgf/m³
콘크리트계고연포장..... 2,350 kgf/m³

1.8 재료의 클리상수 및 허용 응력

1) 슬래브
(1) 콘 크 리 트 : fck = 27 MPa
Ec2 = 0.077× $m_c^{1.5}$×³√fcu , 29,000 MPa
(2) 철 근 (SD400) : fy = 400 MPa
Es = 200,000 MPa

2) I.P.C GIRDER
(1) 콘 크 리 트 : fck = 40 MPa
Ec1 = 0.077× $m_c^{1.5}$×³√fcu = 32,000 MPa
(2) 철 근 (SD300) : fy = 300 MPa
Es = 200,000 MPa

(3) 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전 함복응력
① 허용 휨 압축응력 (fci' = 0.8 x fck = 32 Mpa)
- fci = 0.6 x fci = 19.2 MPa
② 허용 휨 인장 응력
- 부착된 철근이 없는 인장 구역 :
fti = 0.25 x √fci' = 1.41 MPa

(4) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용응력
① 허용 휨 압축응력
- fcag = 0.45 x fck = 18 MPa
- 압축연단응력(유효프리스레스+전체하중)
fcag = 0.60 x fck = 24 MPa

② 허용 휨 균열 응력
fcag = 0.63 x √fck = 3.98 MPa

-1789-

(5) 허용 균열 응력
① 보통 콘크리트 : ftcr = 0.63 x √fck = 3.98 MPa
② 부분 경량 콘크리트 : ftcr = 0.54 x √fck = 3.42 MPa
③ 전 경량 콘크리트 : ftcr = 0.47 x √fck = 2.97 MPa

(6) 정착부의 허용 지압 응력
- 긴장재 정착직후 fcr = 0.7 × fci ×√ (A'b/Ab-0.2) :1.10 × fci
- 프리스트레스 손실 발생후 fcr = 0.5 × fck ×√ (A'b/Ab) ≤0.90 × fck

3) P.S STRAND (SWPC 7B Ø15.2mm)
- A = 138.7 mm^2 /ea
- Ep = 200,000 MPa
(1) 인장 강도 : fpu = 1,900 MPa
(2) 항복 강도 : fpy = 1,600 MPa
(3) JACK에 의한 최대 긴장 응력 : 0.94 ×fpy , 1,504 MPa
0.80 ×fpu , 1,520 MPa ∴ 1,504 MPa
(4) 허용 인장 응력
① 정착 후 정착부에서의 허용응력
- fpa = 0.7 x fpu = 1,330 MPa
② 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용 응력
- fpa = 0.82 x fpy = 1,312 MPa
0.74 x fpu = 1,406 MPa ∴ 1,312 MPa

4) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	1차 긴장용	2차 긴장용
쉬스관의 외경	mm	80	75
쉬스관의 두께	mm	5	5
수용가능 긴장재 면적	mm^2	2,208	1,923
수용가능 긴장재 개수	개	16	14
쉬스관 순간격	mm	40	40
쉬스의 덜개	mm	40	40
파상 마찰 계수 κ	k/m	0.005	0.005
곡률 마찰 계수 μ	a/rad	0.25	0.25

1.9 설계 방법 (강도 설계법:도.설.기 P32)

- U = 1.3 x Md + 2.15 x ML+I
- U = 1.3 x Md + 1.3 x Mh + 1.3 x ML+I
- U = 1.3 x Md + 0.65 x Mw + 1.3 x ML+I

1.10 참고 문헌

- 도로교 설계 기준(한국도로교통협회)
- 도로교 설계기준 해설편(대한 토목학회)
- 구조 설계 기준(콘크리트학회)
- 도로 설계 요령(한국도로공사)

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1586.98	737.891	O.K
	허용인발력(kN/EA)	510.838	-	O.K
	휨응력(MPa)	140	117.607	O.K
	전단응력(MPa)	80	13.558	O.K
	수평변위(mm)	15	11.95	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2380.47	1082.628	O.K
	허용인발력(kN/EA)	766.256	-277.32	O.K
	휨응력(MPa)	210	138.565	O.K
	전단응력(MPa)	120	19.866	O.K
	수평변위(mm)	15	9.867	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm^2)	사용철근량 (mm^2)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1800	150	2672.67	3096.8	1111.133	1284.997	1.156	O.K
후면저판		1800	100	2032.78	3096.8	873.462	1324.481	1.516	O.K
벽체 : H=10.200		2500	100	3897.86	6353.6	2357.002	3812.713	1.618	O.K
흉벽		800	100	903.731	1588.8	159.785	278.868	1.745	O.K
좌측날개벽	A(T=800 mm)	800	80	1182.45	1588.8	214.476	286.971	1.338	O.K
	하부(T=450	450	80	693.225	1588.8	64.505	145.17	2.251	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1057.42	1588.8	192.046	286.971	1.494	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	1262.41	2292	226.79	410.961	1.796	O.K
우측날개벽	A(T=500 mm)	500	80	2195.57	3096.8	226.107	313.686	1.387	O.K
	B(T=500 mm)	500	80	1972.2	2292	203.93	235.623	1.155	O.K
	C(T=500 mm)	500	80	2370.71	3096.8	243.365	313.686	1.289	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
전면저판		141.666	150	125	208.384	O.K
후면저판		110.439	150	125	490.563	O.K
벽체 : H=10.200		69.458	150	125	907.019	O.K
흉벽		106.274	150	125	497.323	O.K
좌측날개벽	A(T=800 mm)	114.166	150	125	509.784	O.K
	하부(T=450	64.363	150	125	978.823	O.K
	B(T=800 mm)	102.498	150	125	588.305	O.K
	C(T=800 mm)	85.62	150	125	735.806	O.K
우측날개벽	A(T=500 mm)	110.29	150	125	541.527	O.K
	B(T=500 mm)	133.124	150	125	415.303	O.K
	C(T=500 mm)	119.164	150	125	488.354	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
- (1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
- (2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
- (3) 교 량 등 급 : 1 등교
- (4) 교 대 용 폭 : B = 13.193 M
- (5) 교 대 총높이 : H = 12.000 M
- (6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
- (7) SKEW : 113.000 °

2) 하 중
- (1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
- (4) 과 재 하 중 : q1 = 10.000 kN/m
- (5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 477.825 kN/m
- (6) 상부 활하중 반력 : Rl = 164.211 kN/m

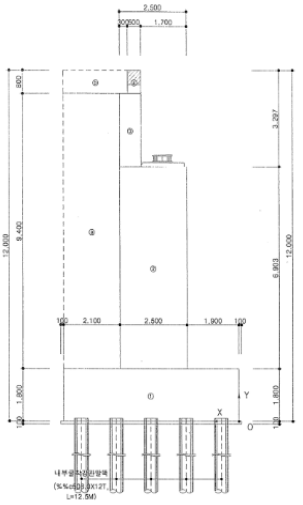
3) 지 반 조 건
- (1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
- (2) 기초지반의 N치 : N = 9.000
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 26.619 ° {Φ2 = 15 + √15N}
- (4) 기초지반의 점착력 : C = 17.000 kN/m²
- (5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.320 : TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
- (6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
  - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
  - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
  - 탄성계수 : Ec = 27804.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
  - 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
- (1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
- (2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
- (1) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
- (2) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
- (3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
- (4) 도로설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	계
고정하중	1200.180	1225.750	1265.630	1242.940	1369.570	6304.070
활하중	432.650	432.940	398.390	418.310	484.190	2166.480

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	계
교축방향	184.828	188.766	194.907	191.413	210.914	970.827
직각방향	184.828	188.766	194.907	191.413	210.914	970.827

H = R x A x S R : 교량받침의 고정하중 반력, A : 가속도계수(=0.154), S : 지반계수(=1.200)
교축직각방향 H = R x A x S , R : 교량받침의 고정하중 반력
교축방향 H = R x A x S , R : 교량받침의 고정하중 반력

3. 하 중 계 산

1) 자중 및 관성력 (원점 0을 기준으로)

① 개별하중 산정 (단위 : m당)

구분	번호	체적(Ai) m³		단위중량(γ) kN/m³	수직력(Vi) kN	수평력(Hi) kN
교대구체	①	6.500 × 1.800	= 11.700	25.000	292.500	22.523
	②	2.500 × 6.903	= 17.256	25.000	431.410	33.219
	③	0.800 × 2.497	= 1.998	25.000	49.949	3.846
	④	0.500 × 0.800	= 0.400	25.000	10.000	0.770
	소계		= 31.354		783.859	60.357
뒷채움재	⑤	2.100 × 9.400	= 19.740	20.000	394.800	30.400
	⑥	2.400 × 0.800	= 1.920	20.000	38.400	2.957
	소계		= 21.660		433.200	33.356
총 계					1217.059	93.714

註) 수평력(지진시 관성력) Hi = Kh × Vi (Kh = A/2 = 0.077)

② 모멘트 산정

구분	번호	팔 길 이 수 평 Xi(m)	팔 길 이 수 직 Yi(m)	모멘트 Mxi kN.m	모멘트 Myi kN.m
교대구체	①	3.250	0.900	950.625	20.270
	②	3.150	5.251	1358.941	174.440
	③	4.000	9.951	199.795	38.273
	④	3.850	11.600	38.500	8.932
	소 계			2547.862	241.915
뒷채움재	⑥	5.450	6.500	2151.660	197.597
	⑤	5.300	11.600	203.520	34.299
	소 계			2355.180	231.896
총 계				4903.042	473.812

③ 합력의 작용위치 산정
- 교대구체 : X = 2547.862 / 783.859 = 3.250 m
  Y = 241.915 / 60.357 = 4.008 m
- 뒷채움재 : X = 2355.180 / 433.200 = 5.437 m
  Y = 231.896 / 33.356 = 6.952 m

2) 배면토에 의한 토압

① 토압계수 산정
- 평상시 주동토압계수 (RANKINE) : 점성토지시 적용(상시)

$$K_a = \cos\alpha \times \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}$$

- 평상시 주동토압계수 (coulomb) : 단면설계시 적용(상시)

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi-\beta)}{\cos^2\beta * \cos(\beta+\delta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)*\sin(\phi-\alpha)}{\cos(\beta+\delta)*\cos(\beta-\alpha)}}\right]^2}$$

- 지진시 주동토압계수 (Mononobe - Okabe)

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\phi-\theta-\beta)}{\cos\theta * \cos^2\beta * \cos(\delta+\theta+\beta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)*\sin(\phi-\alpha-\theta)}{\cos(\beta+\delta+\theta)*\cos(\beta-\alpha)}}\right]^2}$$

Φ = 뒷채움 흙의 내부마찰각(도)
α = 지표면과 수평면이 이루는 각(도)
β = 벽배면과 연직면이 이루는 각(도)
δ = 벽배면과 뒷채움흙사이의 벽면마찰각(도)
Θ = tan-1[Kh/(1-Kv)], Kv = 0
kh = 수평지진계수 = A/2 (변위를 허용한 교대), A=0.154

구분	평 상 시		지 진 시	
	안정검토	벽체설계	안정검토	벽체설계
Φ	35.000	35.000	35.000	35.000
α	0.000	0.000	0.000	0.000
β	0.000	0.000	0.000	0.000
δ	0.000	11.667	0.000	0.000
θ	0.000	0.000	4.403	4.403
Kh	0.000	0.000	0.077	0.077
Ka,Kae	0.271	0.251	0.314	0.314

38.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 38.2.1】 덕은교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	덕은교는 현장조사 및 분석 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 시설물의 전반적인 안정성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로 판단된다. 해당 구조물의 경우 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	덕은교의 주요 손상현황으로는 교대 신축이음 하부 누수가 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	신축이음 하부 누수	양호

38.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

38.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

38.2.5 시설물 보수 이력

【표 38.2.2】 덕은교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

38.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 38.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

38.3 현장조사

38.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



비파괴시험



비파괴시험

【사진 38.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

38.3.2 외관조사 결과(서울방향)

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 덕은교는 단경간으로 이루어져 있으며, 서울방향의 연장은 L=50.6m 폭 12.2m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보, 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면(서울방향) 전경	바닥판 하면(서울방향) 전경

【사진 38.3.2】 바닥판하면(서울방향) 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 외관조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 38.3.1】 바닥판하면(서울방향) 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
바닥판 하면(서울방향) 상태양호	바닥판 하면(서울방향) 상태양호

【사진 38.3.3】 바닥판하면(서울방향) 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. IPC Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 IPC는 철근콘크리트로 시공되었으며, 근접육안조사를 위하여 점검차를 이용하여 외관조사를 실시하였다

	
거더(서울방향) 전경	거더(서울방향) 전경

【사진 38.3.4】 거더(서울방향) 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 38.3.2】 거더(서울방향) 외관조사 결과

구분		상태양호	
IPC 거더	S1	-	-
합계		-	-

	
거더(서울방향) 상태양호	거더(서울방향) 상태양호

【사진 38.3.5】 거더(서울방향) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



가로보(서울방향) 전경

【사진 38.3.6】 가로보(서울방향) 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 38.3.3】 가로보(서울방향) 현장조사 결과

구분			-
가로보	S1	-	-
합계		-	-

	
가로보(서울방향) 상태양호	가로보(서울방향) 상태양호

【사진 38.3.7】 가로보(서울방향) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 덕은교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝으로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대(서울방향) 전경(A1)



교대(서울방향) 전경(A2)

【사진 38.3.8】 교대(서울방향) 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과 기 손상인 폭 0.3㎜ 미만 보수부 재균열 균열 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 손상의 진전 및 신규손상은 없는 것으로 확인되었다.

【표 38.3.4】 교대(서울방향) 외관조사 결과

구분	보수부 재균열(0.3㎜미만) (m/개소)	
A1	0.50	1
A2	-	-
합계	0.50	1

	
A1 보수부 재균열(Cw=0.3㎜미만)	A1 보수부 재균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 38.3.9】 교대(서울방향) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

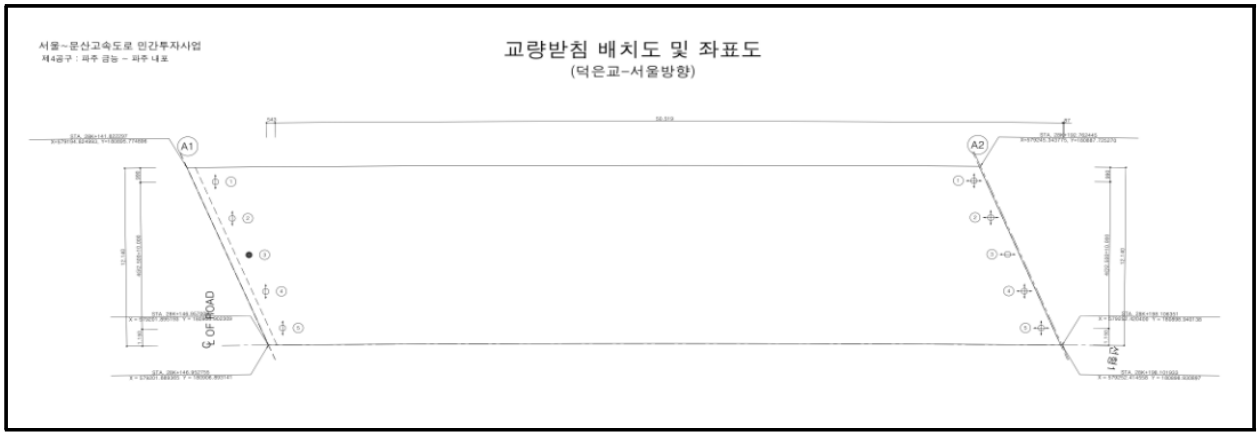
4) 검토의견

■ 교대에 기 손상인 균열이 확인되었고 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다. 손상부는 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 유지관리가 필요한 것으로 사료된다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 덕은교 서울방향의 받침은 탄성받침으로 총 10기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 38.3.1】 교량받침(서울방향) 배치도



탄성받침(서울방향) 전경



고정단(서울방향) 전경



탄성받침(서울방향) 전경

【사진 38.3.10】 교량받침(서울방향) 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 38.3.5】 교량받침(서울방향) 외관조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
교량받침(서울방향) A2-SH5 상태양호	교량받침(서울방향) A1-SH4 상태양호

【사진 38.3.11】 교량받침(서울방향) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

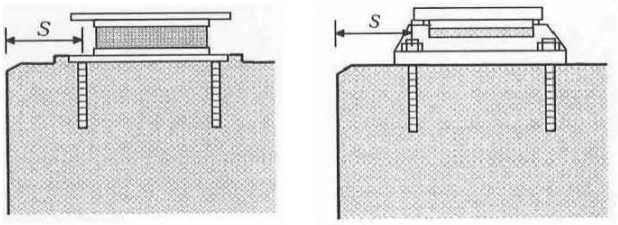
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교량받침의 현장조사결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나, 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다.

5) 연단거리 검토

- 교대의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 38.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

【사진 38.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.6m) : 200+5×50.6 = 453(㎜)

【표 38.3.6】 연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)					검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
A1	453	600	600	600	600	600	O.K
A2	453	550	550	550	550	550	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.

	
교량 받침 가동량 측정(1)	교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 38.3.13】 교량받침(서울방향) 이동량 측정

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 38.3.7】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	고정단						
A2	31.2	18.8	0.00001	50.6	15.8	9.5	
1) 조사당시 온도 : 16.2℃(조사일 : 2022년 09월 26일, 평균온도, 파주) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)							

【표 38.3.8】 교량받침(서울방향) 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	고정단							
A2	SH1	+10	60	40	15.8	9.5	±50	O.K
	SH2	+10	60	40			±50	O.K
	SH3	+10	60	40			±50	O.K
	SH4	+10	60	40			±50	O.K
	SH5	+10	60	40			±50	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K 허용변위 = 받침높이 × 0.3								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A2에 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A2)(서울방향) 전경	EXP.J1(A2)(서울방향) 전경

【사진 38.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 후타재 파손 등의 손상이 조사되었고, 0.3㎜미만의 후타재 균열이 신규 조사되었다.

【표 38.3.9】 신축이음장치(서울방향) 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)	
A2 (EXP J1)	12.00	30	0.10	1
합계	12.00	30	0.10	1

	
A2 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	A2 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
A2 후타재 파손(0.1m×1.0m)	A2 후타재 파손(0.1m×1.0m)

【사진 38.3.15】 신축이음장치(서울방향) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

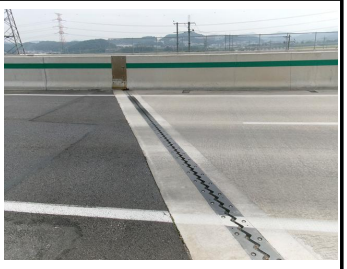
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 후타재 파손의 경우 초기 건조수축, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 표면처리 및 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갓길측 체수 등에 의한 본체 부식 등의 손상의 추가적으로 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 09. 26. 기온 적용: 16.2℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃−16.2℃ = 18.8℃
△T(수축시) : −15.0℃−(16.2℃) = 31.2℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 38.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 38.3.10】 신축이음(서울방향) 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A2	31.2	18.8	0.00001	50.6	15.8	9.5	35.0	60.0	200.0	
1) 조사당시 온도 : 16.2℃(조사일 : 2022년 09월 26일, 평균온도, 파주) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 38.3.11】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(서울방향) 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A2	신축이음	15.8	9.5	35.0	60	50.8	25.5	O.K
	바닥판			60.0	-	-	50.5	O.K
	거더			200.0	-	-	190.5	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 덕은교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.

	
교면포장(서울방향) 전경	교면포장(서울방향) 전경

【사진 38.3.17】 교면포장(서울방향) 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장의 현장조사 결과 기 손상인 접속부 이격이 조사되었고, 금회 정밀안전점검으로 접속도로 아스콘파손이 신규 발생한 것으로 조사되었다. 기존손상의 진전은 없는 것으로 확인되었다.

【표 38.3.12】 교면포장(서울방향) 외관조사 결과

구분	접속부 이격 (m/개소)		접속도로 아스콘 파손 (㎡/개소)	
S1	12.00	1	0.2	1
합계	12.00	1	0.2	1

	
교면포장 S1 접속부아스콘 파손(0.2m×1.0m)	교면포장 S1 접속부 아스콘 파손(0.2m×1.0m)
	
교면포장 S1 접속부이격(L=12.0m, T=3.0cm)	교면포장 S1 접속부이격(L=12.0m, T=3.0cm)

【사진 38.3.18】 교면포장(서울방향) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장에 기 손상인 접속부 이격이 조사되었고, 신규로 접속부 아스콘 파손이 조사되었다. 손상부는 시공 마감불량 등에 의한 손상으로 판단되며 부재의 사용성 확보차원의 충진보수 및 단면보수가 필요할 것으로 사료된다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 덕은교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구(서울방향) 전경	배수관(서울방향) 전경

【사진 38.3.19】 배수시설(서울방향) 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 38.3.13】 배수시설(서울방향) 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
배수구(서울방향) 상태 양호	배수관(서울방향) 상태 양호

【사진 38.3.20】 배수시설(서울방향) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽(서울방향) 전경



중분대(서울방향) 전경

【사진 38.3.21】 방호벽 및 중앙분리대(서울방향) 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 38.3.14】 방호벽 및 중앙분리대(서울방향) 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
방호벽(서울방향) 상태양호	방호벽(서울방향) 상태양호
	
중분대(서울방향) 상태양호	중분대(서울방향) 상태양호

【사진 38.3.22】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 해당 교량의 경우 점검시설이 미설치 된 상태이다.

카. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

38.3.3 외관조사 결과(문산방향)

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 덕은교는 단경간으로 이루어져 있으며, 문산방향의 연장은 L=50.6m 폭 12.2m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보, 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 38.3.23】 바닥판하면(문산방향) 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 외관조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 38.3.15】 바닥판하면(문산방향) 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
바닥판 하면(문산방향) 상태양호	바닥판 하면(문산방향) 상태양호

【사진 38.3.24】 바닥판하면(문산방향) 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 바닥판하면은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

나. IPC Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 IPC는 철근콘크리트로 시공되었으며, 근접육안조사를 위하여 점검차를 이용하여 외관조사를 실시하였다



거더(문산방향) 전경



거더(문산방향) 전경

【사진 38.3.25】 거더(문산방향) 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 38.3.16】 거더(문산방향) 외관조사 결과

구분		상태양호	
IPC 거더	S1	-	-
합계		-	-

	
거더(문산방향) 상태양호	거더(문산방향) 상태양호

【사진 38.3.26】 거더(문산방향) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



가로보(문산방향) 전경

【사진 38.3.27】 가로보(문산방향) 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 38.3.17】 가로보(문산방향) 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
합계		-	-



가로보(문산방향) 상태양호



가로보(문산방향) 상태양호

【사진 38.3.28】 가로보(문산방향) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 덕은교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝으로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대(문산방향) 전경(A1)



교대(문산방향) 전경(A2)

【사진 38.3.29】 교대(문산방향) 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과 기 손상인 백태 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 손상의 진전 및 신규손상은 없는 것으로 확인되었다.

【표 38.3.18】 교대(문산방향) 외관조사 결과

구분	백태 (㎡/개소)	
A1	-	-
A2	0.40	8
합계	0.40	8

	
A2 백태 (0.1×0.5×8EA)	A2 백태 (0.1×0.5×8EA)

【사진 38.3.30】 교대(문산방향) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

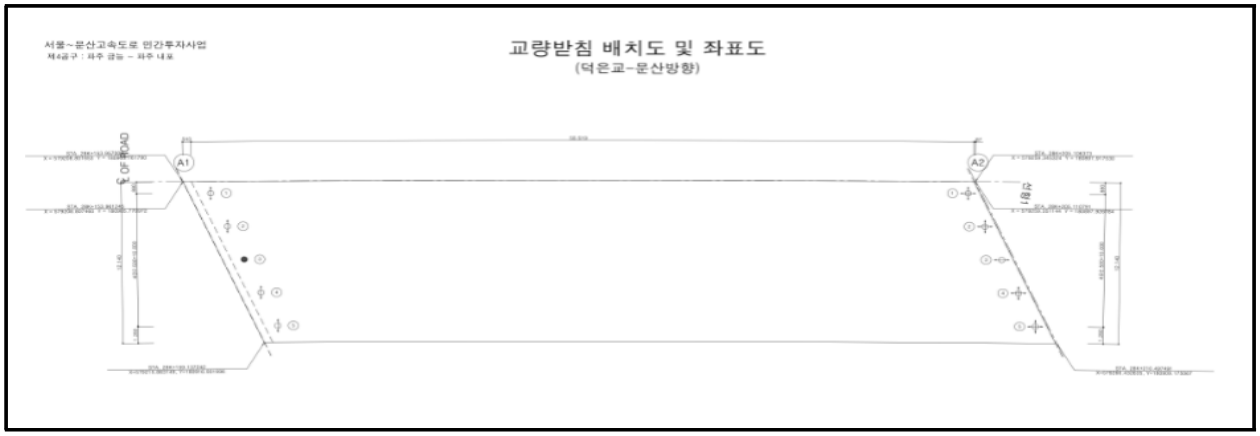
4) 검토의견

- 교대에 기 손상인 백태가 확인되었고 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다. 백태는 신축이음 하부에서 우수유입으로 인한 손상으로 판단되며, 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 유지관리 보수가 필요할 것으로 판단된다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 덕은교 서울방향의 받침은 탄성받침으로 총 10기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 38.3.3】 교량받침(문산방향) 배치도


탄성받침(문산방향) 전경


고정단(문산방향) 전경


탄성받침(문산방향) 전경

【사진 38.3.31】 교량받침(문산방향) 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침 외관조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 38.3.19】 교량받침(문산방향) 외관조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
교량받침(문산방향) A1-SH2 상태양호	교량받침(문산방향) A2-SH2 상태양호

【사진 38.3.32】 교량받침(문산방향) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

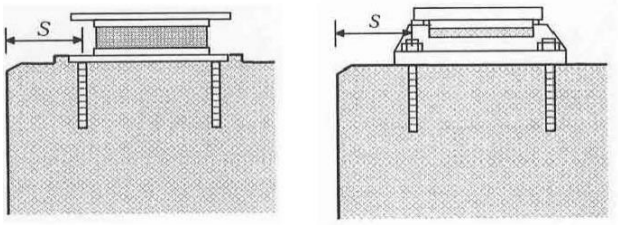
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교량받침의 현장조사결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나, 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다.

5) 연단거리 검토

- 교대의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 38.3.4】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

【사진 38.3.33】교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.6m) : 200+5×50.6 = 453(㎜)

【표 38.3.20】연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)					검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
A1	453	600	600	600	600	600	O.K
A2	453	600	600	600	600	600	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 38.3.34】 교량받침(문산방향) 이동량 측정

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 38.3.21】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	고정단						
A2	31.2	18.8	0.00001	50.6	15.8	9.5	
1) 조사당시 온도 : 16.2℃(조사일 : 2022년 09월 26일, 평균온도, 파주) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)							

【표 38.3.22】 교량받침(문산방향) 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	고정단							
A2	SH1	+15	65	35	15.8	9.5	±50	O.K
	SH2	+15	65	35			±50	O.K
	SH3	+15	65	35			±50	O.K
	SH4	+15	65	35			±50	O.K
	SH5	+15	65	35			±50	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K 허용변위 = 받침높이 × 0.3								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

■ 본 교량의 신축이음장치는 A2에 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A2)(문산방향) 전경	EXP.J1(A2)(문산방향) 전경

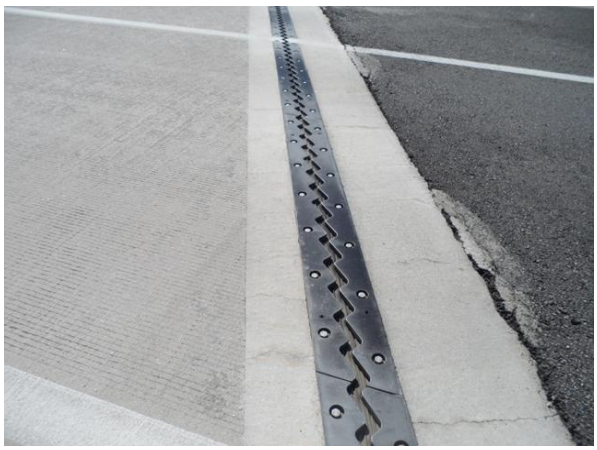
【사진 38.3.35】 신축이음장치(문산방향) 전경

2) 현장조사 결과

■ 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 후타재 균열(0.3㎜미만) 등의 손상이 조사되었고, 손상의 진전 및 신규손상은 없는 것으로 확인되었다.

【표 38.3.23】 신축이음장치(문산방향) 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)	
A2 (EXP J1)	11.20	32
합계	11.20	32

	
A2 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	A2 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
A2 후타재 박락(0.1m×1.0m)	A2 후타재 박락(0.1m×1.0m)

【사진 38.3.36】 신축이음장치(문산방향) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열의 경우, 초기 건조수축 균열 등으로 인한 손상으로 판단되며, 표면처리를 실시하는 유지관리가 필요하다. 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갓길측 체수 등에 의한 본체 부식 등의 손상이 추가적으로 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 09. 26. 기온 적용: 16.2℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃−16.2℃ = 18.8℃
△T(수축시) : −15.0℃−(16.2℃) = 31.2℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 38.3.37】 신축이음 유간 측정방법

【표 38.3.24】 신축이음(문산방향) 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A2	31.2	18.8	0.00001	50.6	15.8	9.5	30.0	45.0	150.0	
1) 조사당시 온도 : 16.2℃(조사일 : 2022년 09월 26일, 평균온도, 파주) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 38.3.25】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(문산방향) 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A2	신축이음	15.8	9.5	30.0	60	45.8	20.5	O.K
	바닥판			45.0	-	-	35.5	O.K
	거더			150.0	-	-	140.5	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 덕은교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.

	
교면포장(문산방향) 전경	교면포장(문산방향) 전경

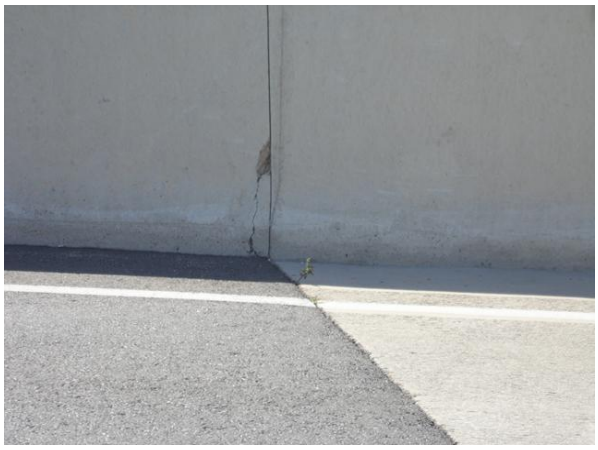
【사진 38.3.38】 교면포장(문산방향) 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장의 외관조사 결과 접속부 아스콘 파손이 신규 조사되었다.

【표 38.3.26】 교면포장(문산방향) 외관조사 결과

구분	접속부 아스콘 파손 (㎡/개소)	
S1	0.20	1
합계	0.20	1

	
교면포장 S1 접속부아스콘 파손(0.2m×1.0m)	교면포장 S1 접속부아스콘 파손(0.2m×1.0m)

【사진 38.3.39】 교면포장(문산방향) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교면포장 현장조사 결과 신규로 접속부 아스콘 파손이 조사되었다. 아스콘 파손의 경우 시공 마감불량 등에 의한 손상으로 판단되며 부재의 사용성 확보차원의 단면보수가 필요할 것으로 사료된다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 덕은교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



배수구(문산방향) 전경



배수관(문산방향) 전경

【사진 38.3.40】 배수시설(문산방향) 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 38.3.27】 배수시설(문산방향) 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-

	
배수구(문산방향) 상태 양호	배수관(문산방향) 상태 양호

【사진 38.3.41】 배수시설(문산방향) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽(문산방향) 전경



중분대(문산방향) 전경

【사진 38.3.42】 방호벽 및 중앙분리대(문산방향) 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 38.3.28】 방호벽 및 중앙분리대(문산방향) 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
합계	-	-



방호벽(문산방향) 상태양호



중분대(문산방향) 상태양호

【사진 38.3.43】 방호벽 및 중앙분리대(문산방향) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 방호벽은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 해당 교량의 경우 점검시설이 미설치 된 상태이다.

카. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

38.3.4 외관조사 총괄표

가. 서울방향

【표 38.3.29】 손상내용 총괄표(서울방향)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	상태양호	-	-	-	
IPC거더	상태양호	-	-	-	
가로보	상태양호	-	-	-	
교대	보수부 재균열	m	0.50	1	
교량받침	상태양호	-	-	-	
신축이음	후타재 균열	m	12.00	30	
	후타재 파손	㎡	0.10	1	
교면포장	접속부 이격	m	12.00	1	
	접속부 아스콘 파손	㎡	0.20	1	
배수시설	상태양호	-	-	-	
방호벽	상태양호	-	-	-	
점검시설	-	-	-	-	미설치

나. 문산방향

【표 38.3.30】 손상내용 총괄표(문산방향)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	상태양호	-	-	-	
IPC거더	상태양호	-	-	-	
가로보	상태양호	-	-	-	
교대	백태	㎡	0.40	8	
교량받침	상태양호	-	-	-	
신축이음	후타재 균열	m	11.20	32	
교면포장	접속부 아스콘 파손	㎡	1.20	1	
배수시설	상태양호	-	-	-	
방호벽	상태양호	-	-	-	
점검시설	-	-	-	-	미설치

38.3.5 전회차 손상물량 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

38.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

38.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 38.4.1】 서울방향 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	2	2	2	2	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	2	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

【표 38.4.2】 문산방향 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	2	2	2	2	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	2	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



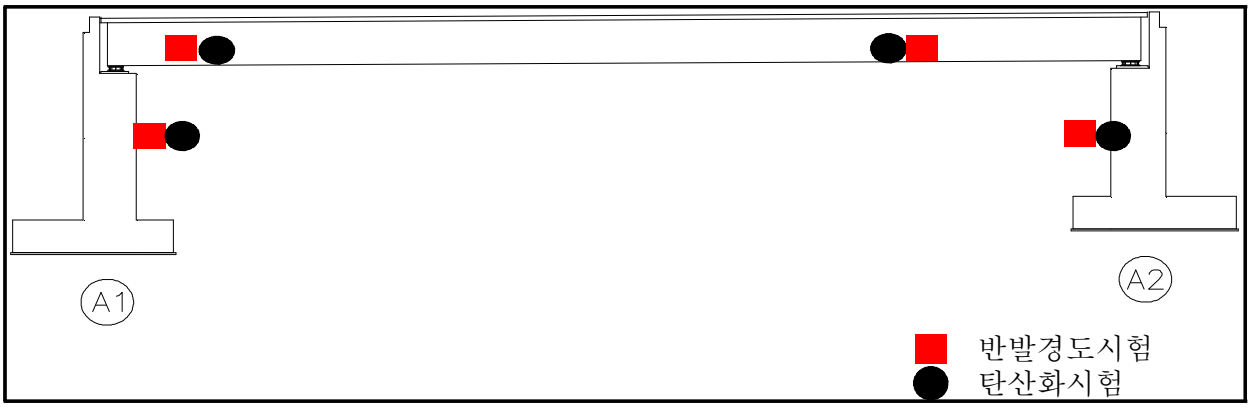
반발경도 시험 현황



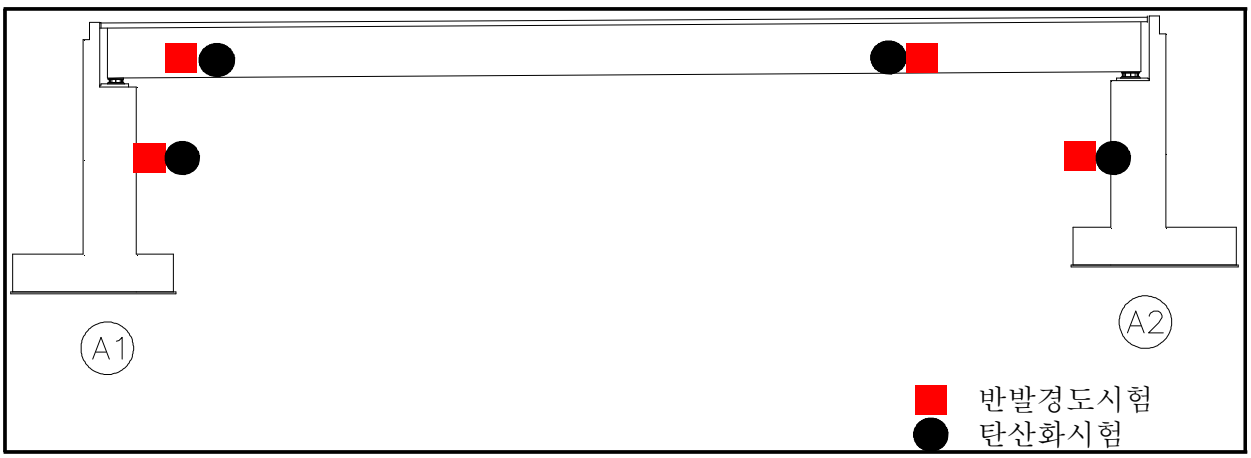
탄산화깊이 측정 현황

【사진 38.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 38.4.1】 서울방향 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 38.4.2】 문산방향 콘크리트 내구성조사 위치도

38.4.2 시험결과 및 분석

가. 서울방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 4개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 38.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(㎫)				설계기준 강도 (㎫)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	46.6	27.6	28.9	0.67	27.0	

【표 38.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(㎫)				설계기준 강도 (㎫)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
상부 구조	S1 거더	48.8	41.2	49.3	0.67	40.0	

【표 38.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(㎫)				설계기준 강도 (㎫)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	41.3	24.2	27.0	0.67	24.0	
	A2 교대	43.7	25.1	27.5			

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.6~28.9㎫, 거더 41.2~49.3㎫, 하부구조 교대 24.2~27.5㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 38.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.6 ~ 28.9	27.0	102.3 ~ 107.1
	거더	41.2 ~ 49.3	40.0	103.1 ~ 123.1
하부구조	교대	24.2 ~ 27.5	24.0	101.0 ~ 114.5

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

2) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 38.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존수명 (년)	비 고
상부구조	S1바닥판하면	1.0	40.0	39.0	a	0.71	100년이상	
	S1바닥판하면	1.5	40.0	38.5	a	1.06	100년이상	
하부구조	A1교대	1.5	67.0	65.5	a	1.06	100년이상	
	A2교대	2.0	82.0	80.0	a	1.41	100년이상	

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0~1.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~2.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 38.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.0~1.5	38.5~39.0	
하부구조	1.5~2.0	65.5~80.0	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 문산방향

1) 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 4개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 38.4.8】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	45.9	27.0	28.6	0.67	27.0	

【표 38.4.9】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
상부 구조	S1 거더	48.6	41.0	48.9	0.67	40.0	

【표 38.4.10】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	43.8	25.2	27.6	0.67	24.0	
	A2 교대	44.6	25.8	27.9			

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.0~28.6MPa, 거더 41.0~48.9 MPa, 하부구조 교대 25.2~27.9MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 38.4.11】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.0 ~ 28.6	27.0	100.0 ~ 105.9
	거더	41.0 ~ 48.9	40.0	102.6 ~ 122.4
하부구조	교대	25.2 ~ 27.9	24.0	105.0 ~ 116.3

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

2) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 38.4.12】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존수명 (년)	비 고
상부구조	S1바닥판하면	1.5	40.0	38.5	a	1.06	100년이상	
	S1바닥판하면	1.0	40.0	39.0	a	0.71	100년이상	
하부구조	A1교대	1.5	67.0	65.5	a	1.06	100년이상	
	A2교대	2.5	82.0	79.5	a	1.77	100년이상	

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0~1.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~2.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 38.4.13】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.0~1.5	38.5~39.0	
하부구조	1.5~2.5	65.5~79.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 38.4.13】 서울방향 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.6~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.2~49.3	40.0	
	하부구조	교대	23.1~27.5	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.5~39.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		65.5~80.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

【표 38.4.14】 문산방향 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.0~28.6	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	41.0~48.9	40.0	
	하부구조	교대	25.2~27.9	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.5~39.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		65.5~79.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

38.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

38.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급'으로 산정되었다.

【표 38.5.1】 상태평가 결과표(서울방향)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	IPC	a	a	a	b	a	a	–	a	b	q	a	a
	A2								c	a	a	q	–	a
평균			0.100	0.100	0.100	0.200	0.100	0.100	0.400	0.100	0.150	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.020	0.005	0.014	0.003	0.002	0.036	0.009	0.030	–	0.004	0.003
													0.144	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.144) < 0.260

【표 38.5.2】 상태평가 결과표(문산방향)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	IPC	a	a	a	b	a	a	–	a	a	q	a	a
	A2								b	a	b	q	–	a
평균			0.100	0.100	0.100	0.200	0.100	0.100	0.200	0.100	0.150	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.020	0.005	0.014	0.003	0.002	0.018	0.009	0.030	–	0.004	0.003
													0.126	
													A	

■ 결함도 범위 : 0.100 ≤ 결함도지수(0.126) < 0.130

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 38.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분		환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
덕은교	서울	0.144	B	55	2	110	0.500	0.072
	문산	0.126	A	55	2	110	0.500	0.063
합계(Σ)				110	4	220	1.000	0.135
1. 평가지수 =								0.135
2. 상태평가결과 =								B

38.5.2 기 점검 결과와의 비교

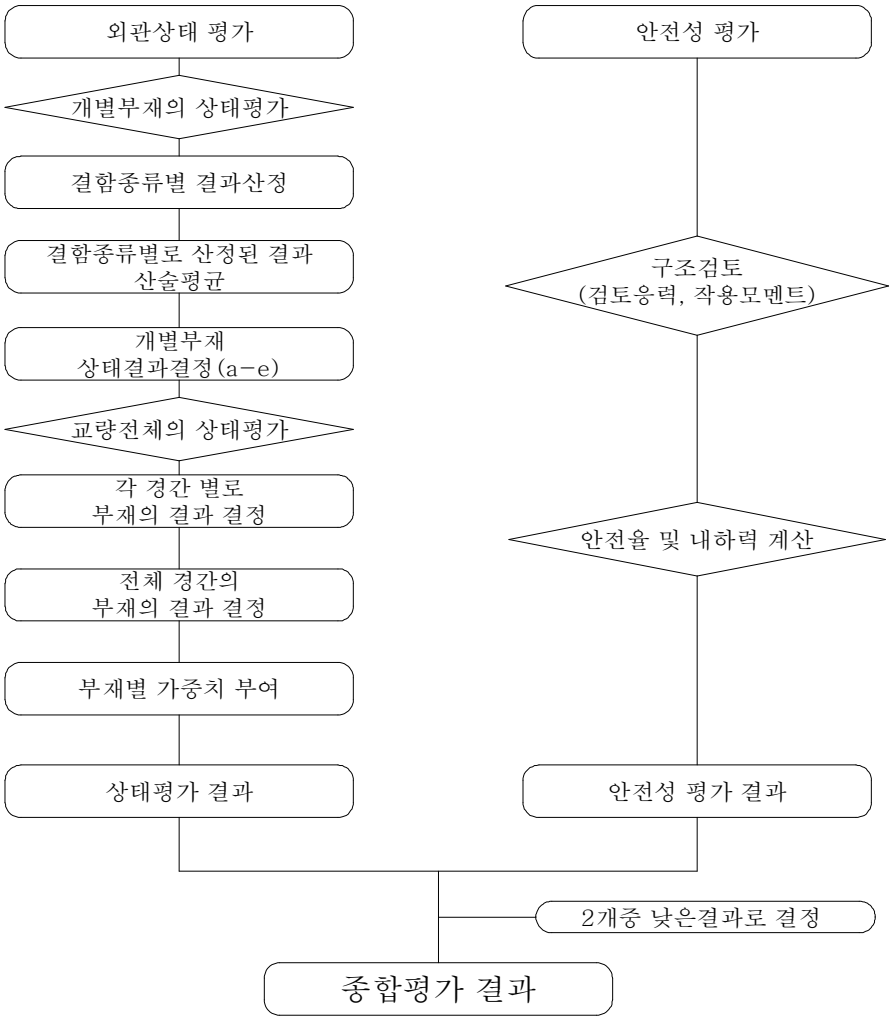
■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

38.6 종합평가 및 안전등급 지정

38.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 38.6.1】 종합평가 결과 산정절차

38.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 38.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
덕은교	0.135	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

38.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 38.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

38.7 보수·보강 및 유지관리방안

38.7.1 보수·보강 방안

【표 38.7.1】 손상별 보수·보강 방안(서울방향)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	상태양호	-	-	-	-	-
IPC거더	상태양호	-	-	-	-	-
가로보	상태양호	-	-	-	-	-
교대	보수부 재균열	m	0.50	1	표면처리	하자
교량받침	상태양호	-	-	-	-	-
신축이음	후타재 균열	m	12.00	30	표면처리	하자
	후타재 파손	㎡	0.10	1	단면보수	하자
교면포장	접속부 이격	m	12.00	1	실링재충진	하자
	접속부 아스콘 파손	㎡	0.20	1	단면보수	하자
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
방호벽	상태양호	-	-	-	-	-
점검시설	-	-	-	-	-	-

【표 38.7.2】 손상별 보수·보강 방안(문산방향)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	상태양호	-	-	-	-	-
IPC거더	상태양호	-	-	-	-	-
가로보	상태양호				-	-
교대	백태	㎡	0.40	8	표면처리	하자
교량받침	상태양호	-	-	-	-	-
신축이음	후타재 균열	m	11.20	32	표면처리	하자
교면포장	접속부 아스콘 파손	㎡	1.20	1	단면보수	하자
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-
방호벽	상태양호	-	-	-	-	-
점검시설	-	-	-	-	-	-

38.7.2 개략공사비

【표 38.7.3】 개략공사비(서울방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교대	보수부 재균열	표면처리	0.50	0.19	㎡	-	-	하자
신축이음	후타재 균열	표면처리	12.00	4.50	㎡	-	-	하자
	후타재 파손	단면보수	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
교면포장	접속부 이격	실링재충진	12.00	18.00	m	-	-	하자
	접속부 아스콘파손	단면보수	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

【표 38.7.4】 개략공사비(문산방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교대	백태	표면처리	0.40	0.60	㎡	-	-	하자
신축이음	후타재 균열	표면처리	11.20	4.20	㎡	-	-	하자
교면포장	접속부 아스콘 파손	단면보수	1.20	1.80	㎡	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

38.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 38.7.5】 중점유지관리 항목

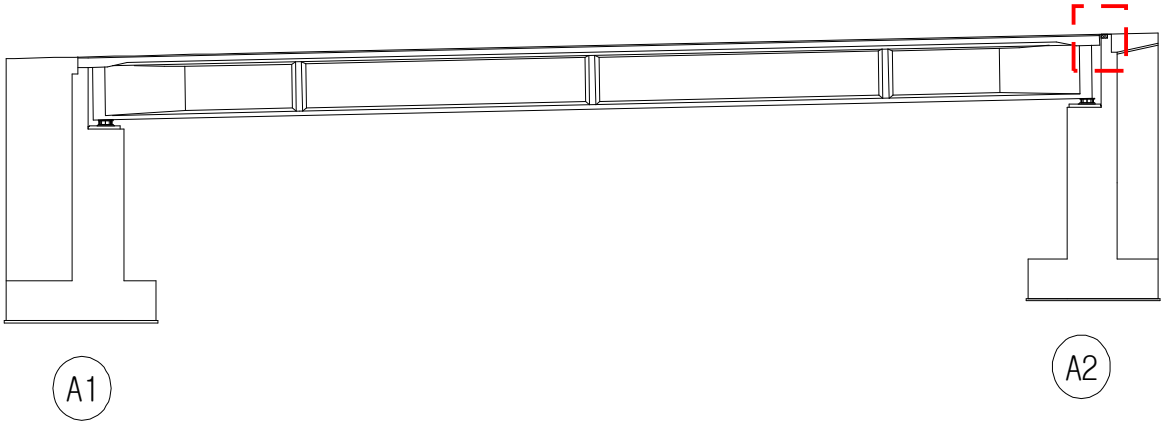
부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상





① 신축이음 균열(0.3㎜미만) 및 교면포장 접속부 파손 등 – 진전 여부확인



38.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 월롱면 덕은리 14-2에 위치한 교량으로 총 연장 50.6m, 폭 24.3m의 IPC거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

38.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험(서울방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 금회 정밀안전점검 결과 기 점검과 동일한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) IPC Girder

- 거더는 기 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 금회 정밀안전점검 결과 기 점검과 동일한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보는 기 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 금회 정밀안전점검 결과 기 점검과 동인한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 기 손상인 폭 0.3㎜ 미만 보수부 재균열 등의 손상이 조사되었다. 기 점검 비교시 기 손상의 진전은 없는 것으로 확인되었고 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다. 손상부는 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 유지관리가 필요한 것으로 사료된다.

5) 교량받침

- 교량받침의 현장조사결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나, 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

6) 신축이음장치

- 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 후타재 파손 등의 손상이 조사되었고, 0.3㎜미만의 후타재 균열이 신규 조사되었고 기손상의 진전은 미미한 것으로 판단된다. 후타재 균열 및 파손의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 축격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 표면처리 및 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갓길측 체수 등에 의한 본체 부식 등의 손상의 추가적으로 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 교면포장의 현장조사 결과 기 손상인 접속부 이격이 조사되었고, 금회 정밀안전점검으로 접속도로 아스콘파손이 신규 발생한 것으로 조사되었다. 기존손상의 진전은 없는 것으로 확인되었다. 손상부는 시공 마감불량 등에 의한 손상으로 판단되며 부재의 사용성 확보차원의 충진보수 및 단면보수가 필요할 것으로 사료된다.

8) 배수시설

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

- 방호벽은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

10) 교량 점검시설

- 해당 교량의 경우 점검시설이 미설치 된 상태이다.

11) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.6~28.9㎫, 거더 41.2~49.3㎫, 하부구조 교대 24.2~27.5㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0~1.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~2.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 현장조사 및 시험(영천방향)

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면은 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 금회 정밀안전점검 결과 기 점검과 동일한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

2) IPC Girder

- 거더는 기 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 금회 정밀안전점검 결과 기 점검과 동일한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보는 기 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 금회 정밀안전점검 결과 기 점검과 동인한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 기 손상인 백태등의 손상이 조사되었다. 기 점검 비교시 기 손상의 진전은 없는 것으로 확인되었고 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다. 백태는 신축이음 하부에서 우수유입으로 인한 손상으로 판단되며, 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 유지관리 보수가 필요할 것으로 판단된다.

5) 교량받침

- 교량받침의 현장조사결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나, 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

6) 신축이음장치

■ 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 폭0.3㎜ 미만 후타재 균열 등의 손상이 조사되었고, 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다. 후타재 균열의 경우 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 축격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 표면처리 및 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다. 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갓길측 체수 등에 의한 본체 부식 등의 손상의 추가적으로 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

■ 교면포장 현장조사 결과 신규로 접속부 아스콘 파손이 조사되었다. 아스콘 파손의 경우 시공 마감불량 등에 의한 손상으로 판단되며 부재의 사용성 확보차원의 단면보수가 필요할 것으로 사료된다.

8) 배수시설

■ 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

■ 방호벽은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

10) 교량 점검시설

■ 해당 교량의 경우 점검시설이 미설치 된 상태이다.

11) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.0~28.6㎫, 거더 41.0~48.9㎫, 하부구조 교대 25.2~27.9㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0~1.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~2.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

다. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 덕은교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.135인 “B” 로 산정되었다.

라. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 덕은교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

38.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

38.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

39. 능산4교(서울)

39.1 시설물 개요
39.2 자료수집 및 분석
39.3 현장조사
39.4 콘크리트 내구성조사
39.5 상태평가
39.6 종합평가 및 안전등급 지정
39.7 보수·보강 및 유지관리 방안
39.8 종합결론

39. 능산4교(서울)

39.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 능산리 산 13-7에 위치한 교량으로 총 연장 195.4m, 폭 12.1m로 시공되어 있다.

39.1.1 일반사항

【표 39.1.1】 능산4교(서울) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000146	관리번호		-
시설물위치		경기도 파주시 조리읍 능산리 산 13-7	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		-	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=195.4m(45.13+45.0+45.17+60.1=195.4m)			
	폭	B=12.1m, 2차로			
구조형식	상부	IPC 거더 + SEG Beam	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교 각	직접기초
교량받침		탄성받침	신축이음		강핑거조인트
교차시설물		능산천	통과높이		-
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		㈜대우건설	설 계 자		㈜신성엔지니어링
감 리 자		㈜신성엔지니어링	관리주체		서울문산고속도로주식회사

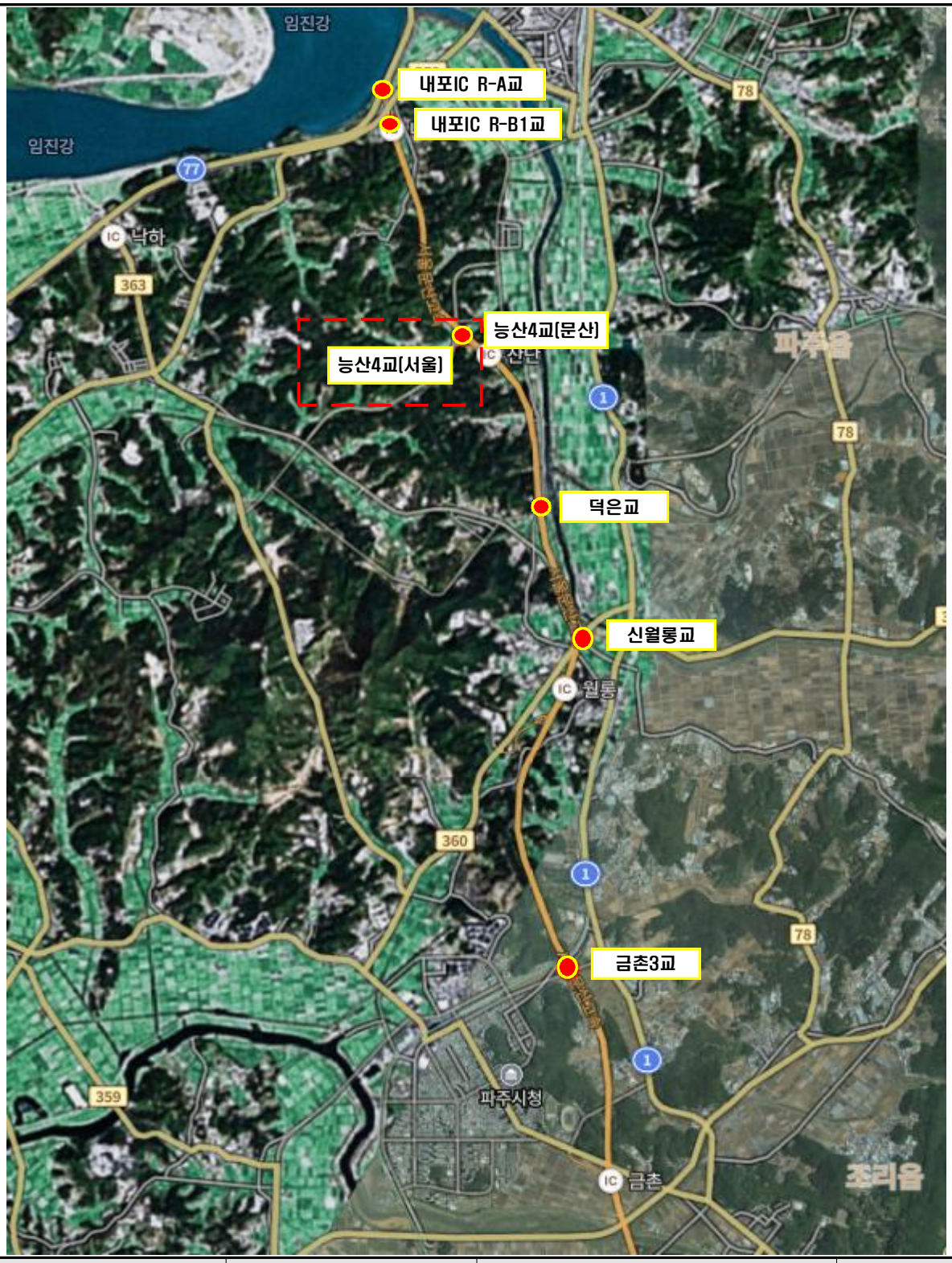


측면 전경



상부 전경

39.1.2 위치도 및 전경사진



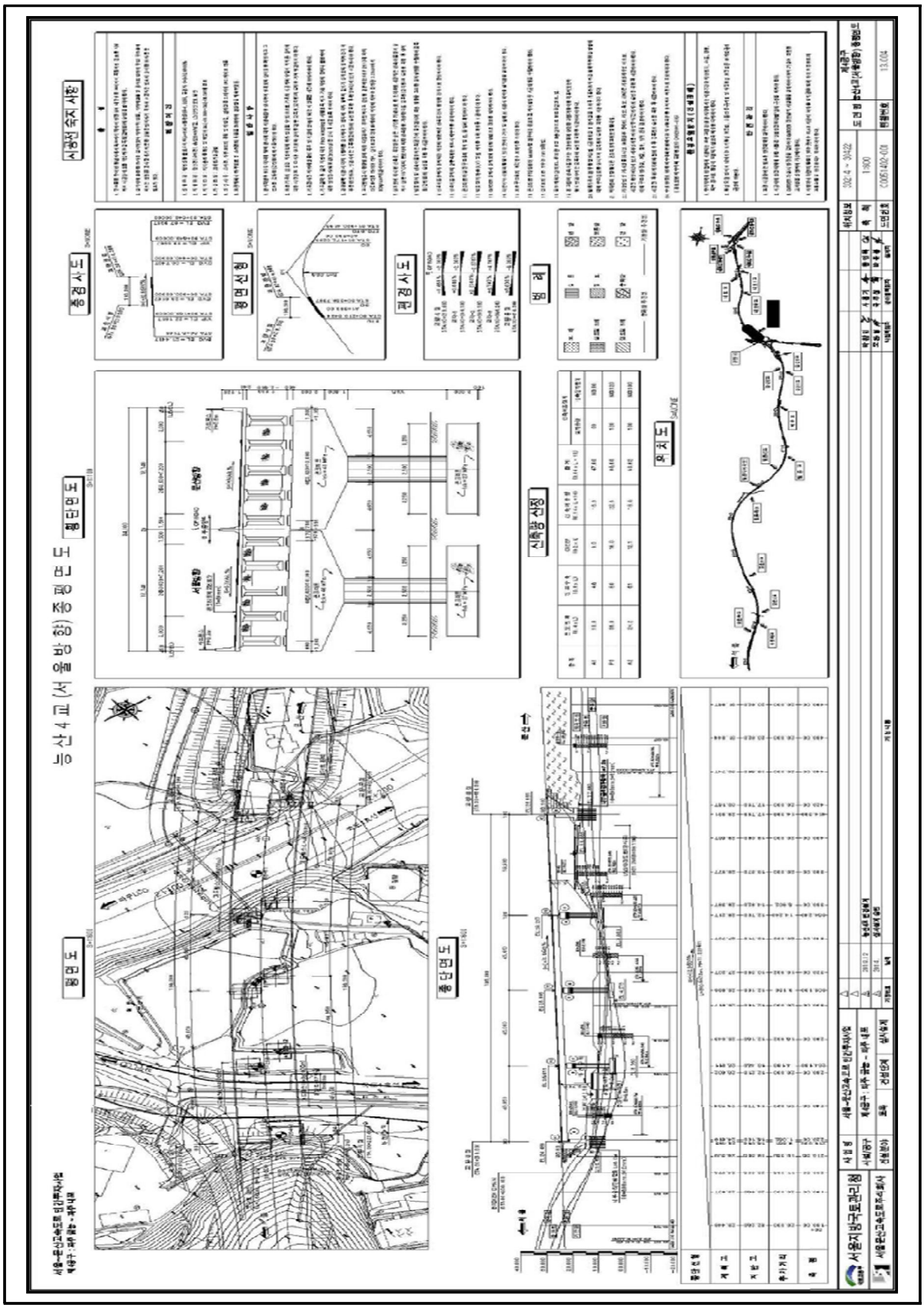
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S4	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 39.1.1】 위치도

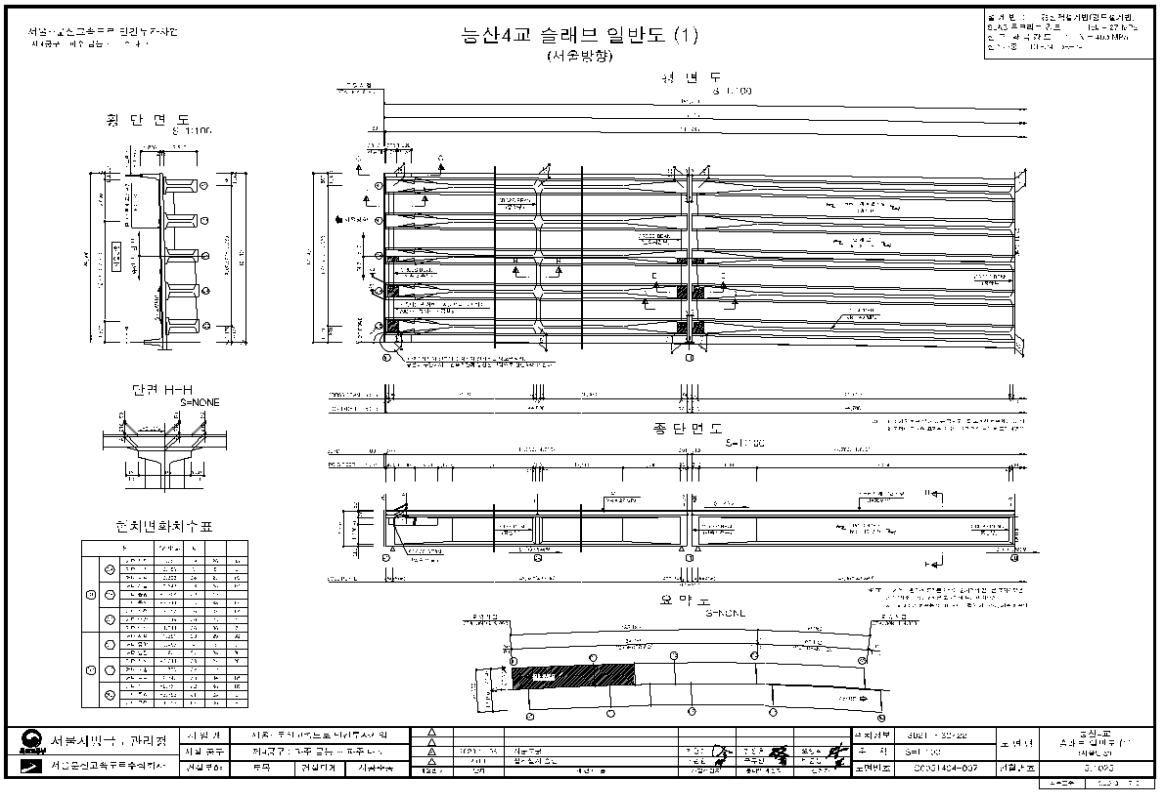
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

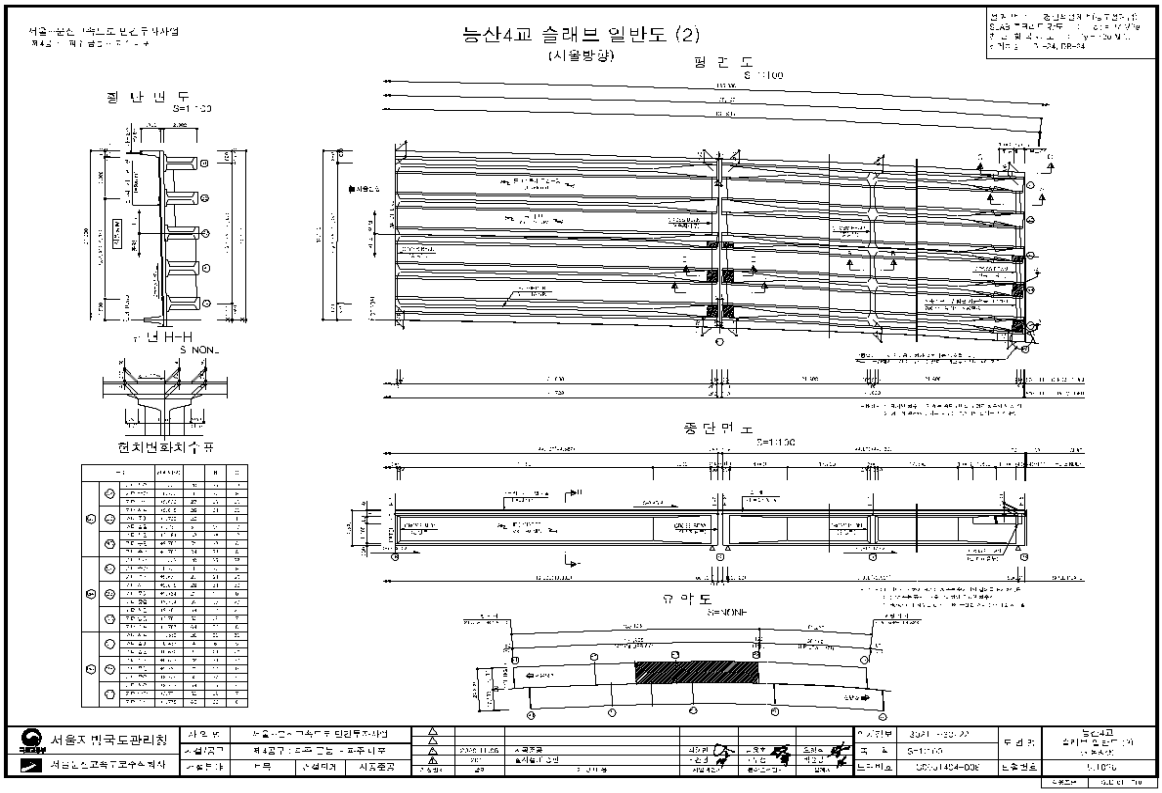
【그림 39.1.2】 부재별 현황

39.1.3 시설물 일반도

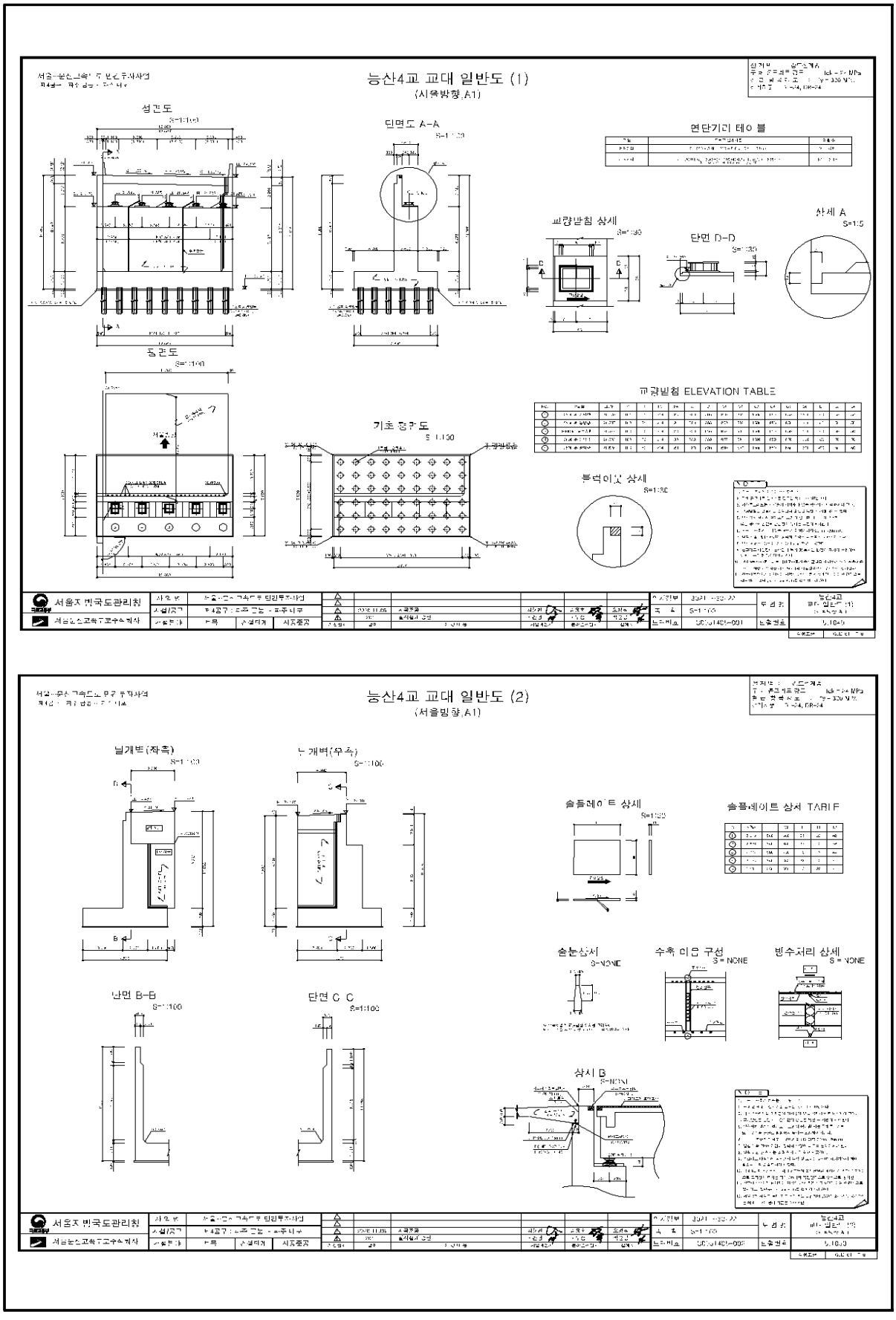


【그림 39.1.3】 평면 및 종단면도

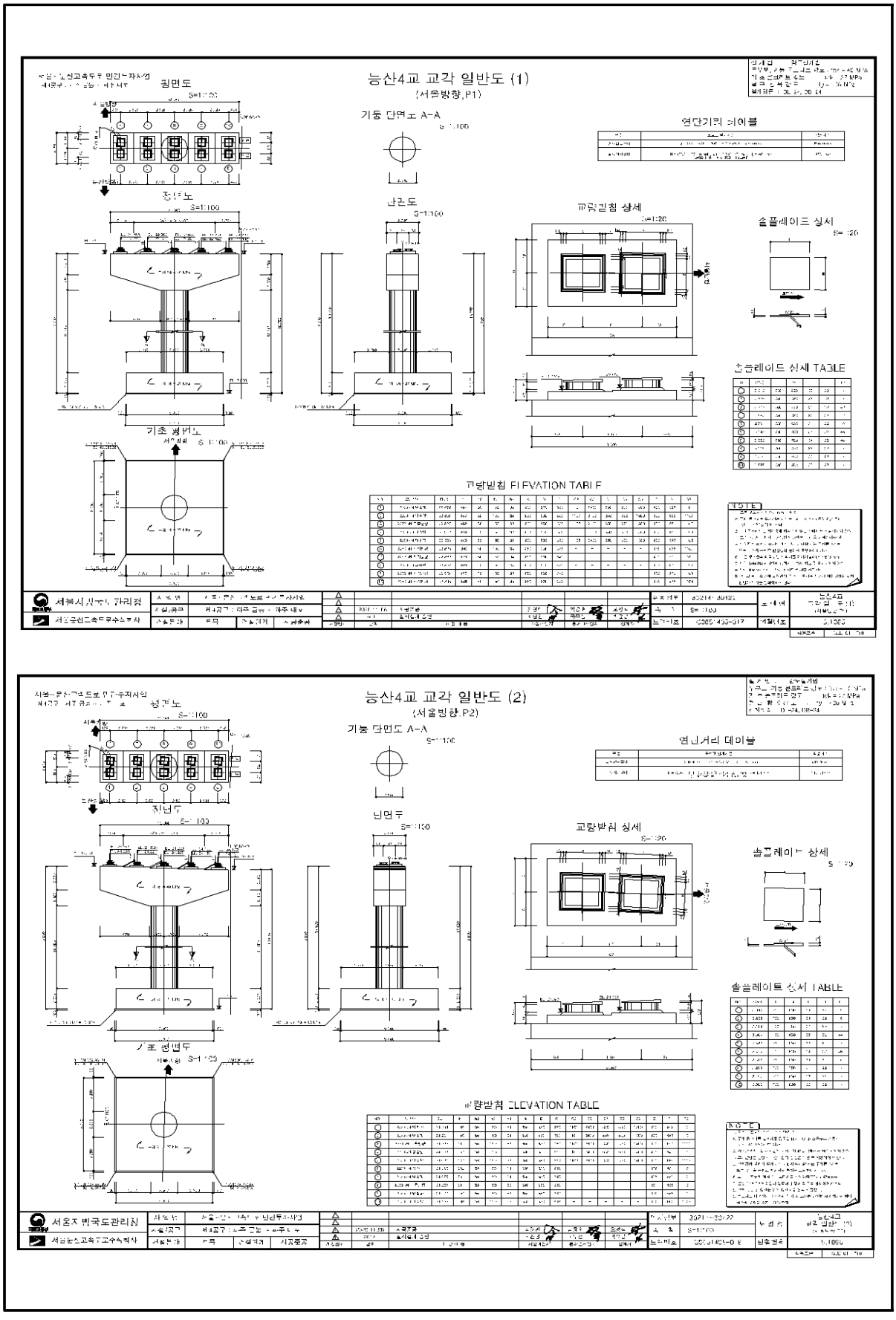




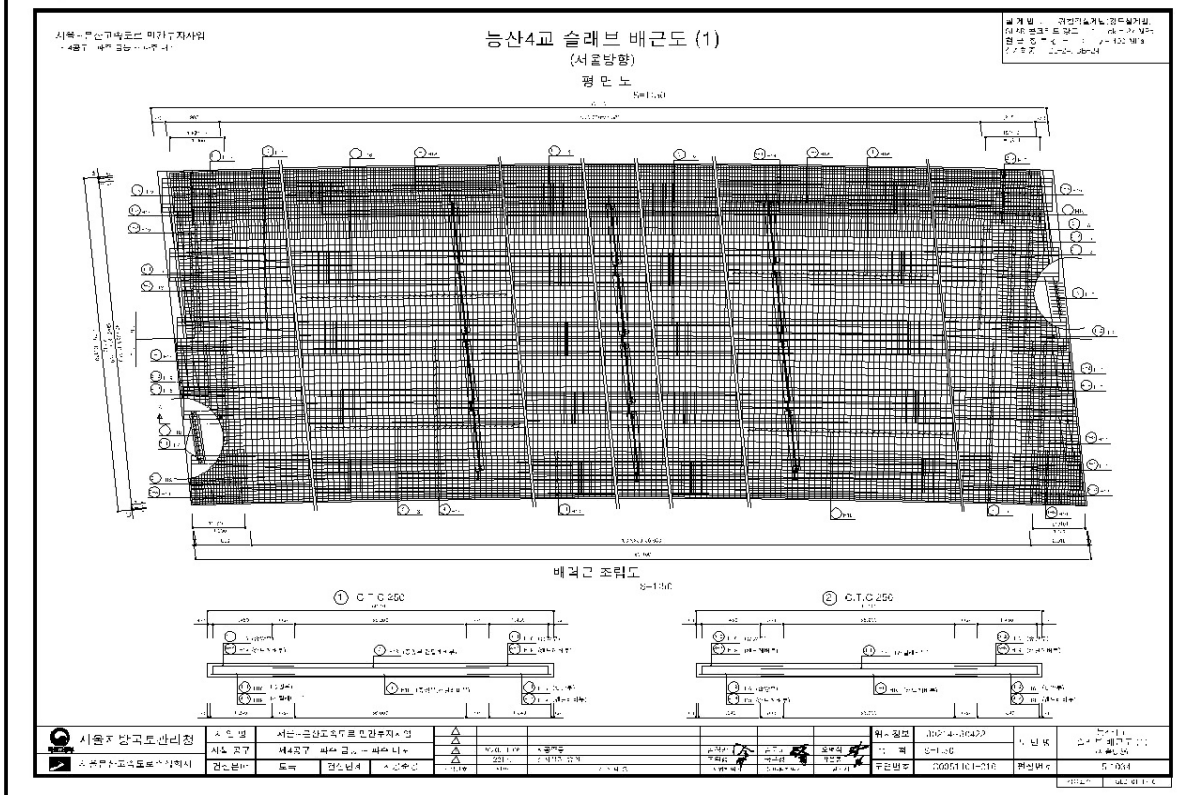
【그림 39.1.4】 바닥판하면 일반도

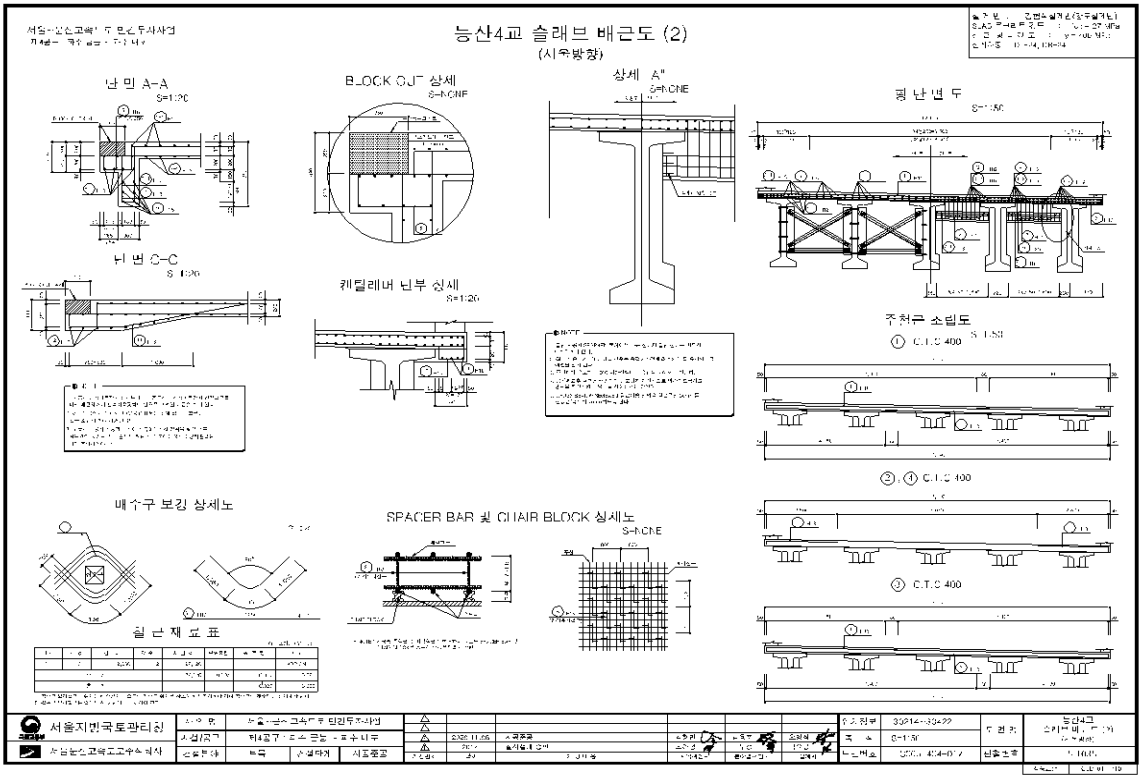


【그림 39.1.5】 교대 일반도

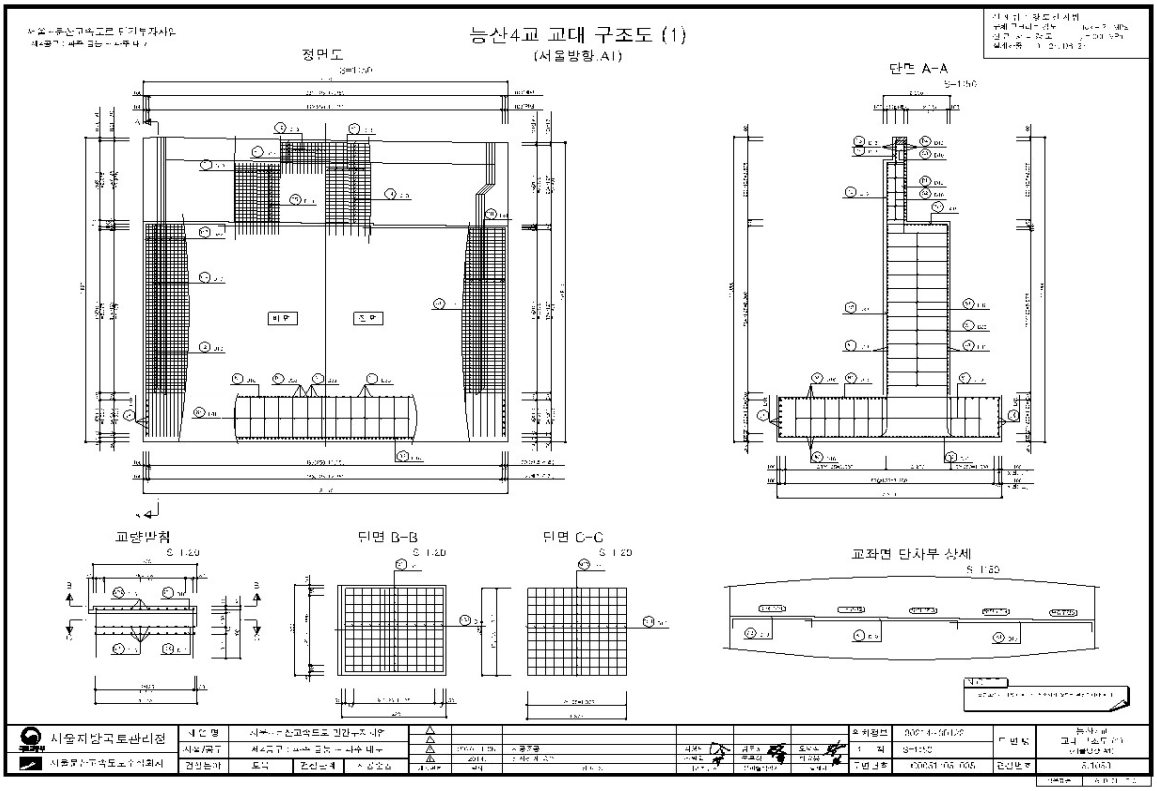


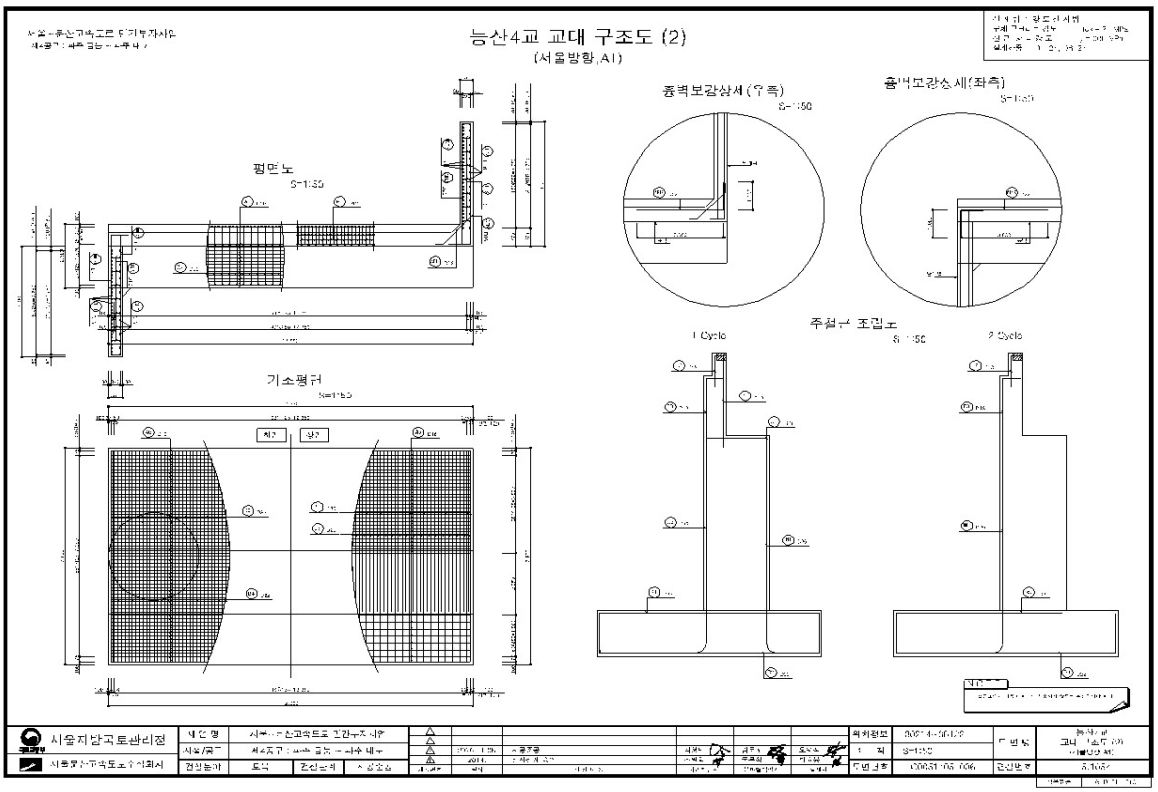
【그림 39.1.6】 교각 일반도



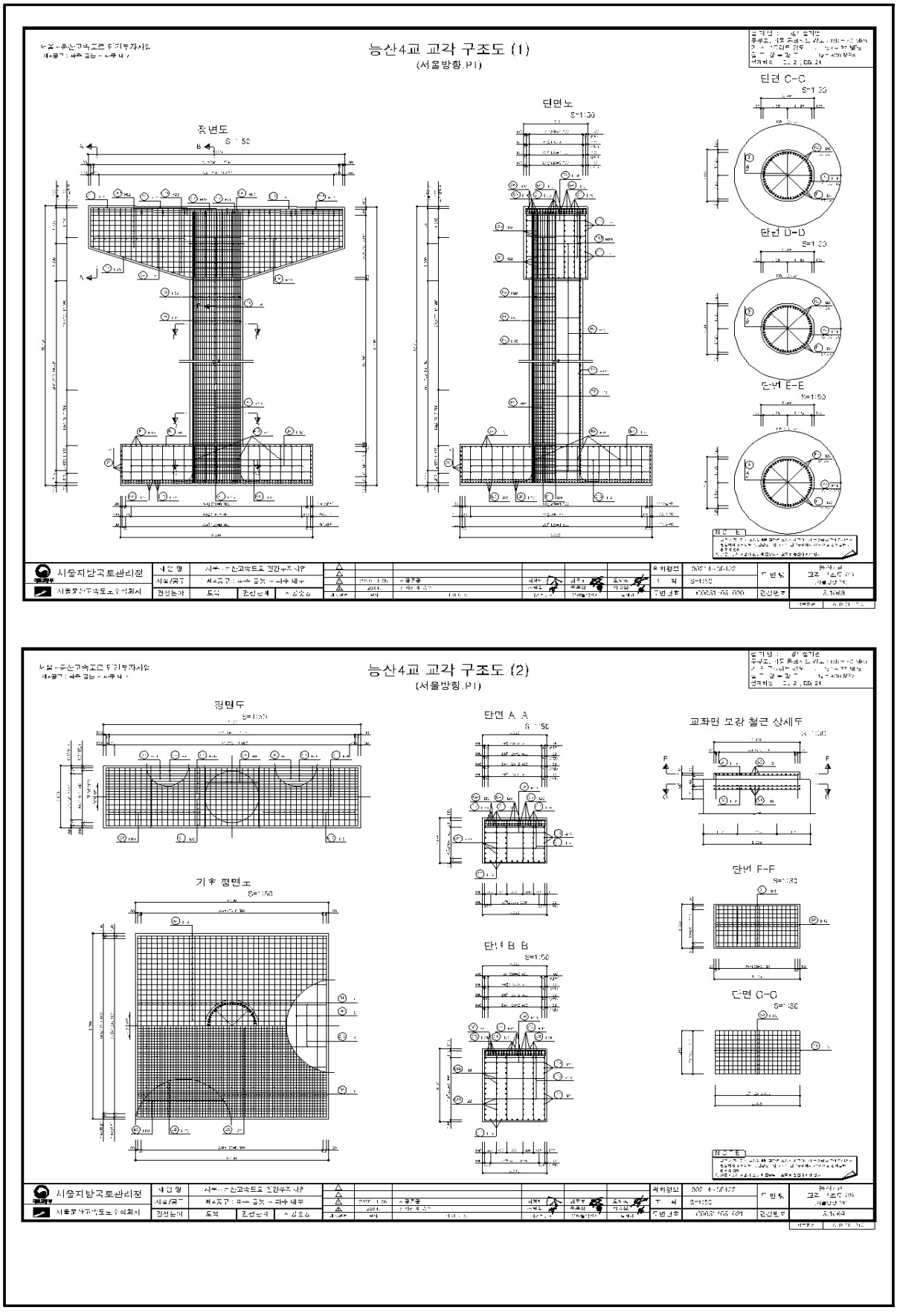


【그림 39.1.7】 바닥판하면 배근도





【그림 39.1.8】 교대 구조도



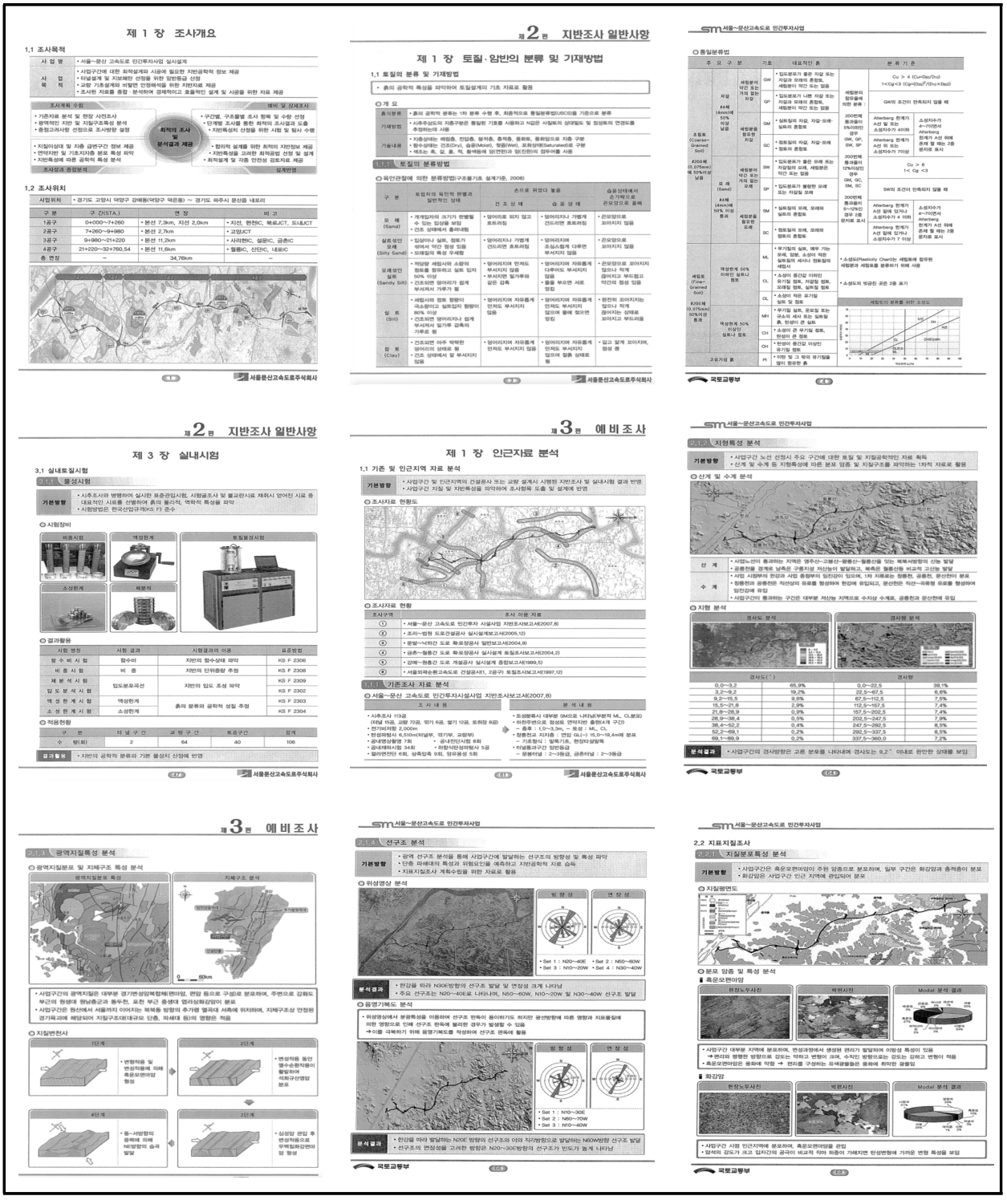
【그림 39.1.9】 교각 구조도

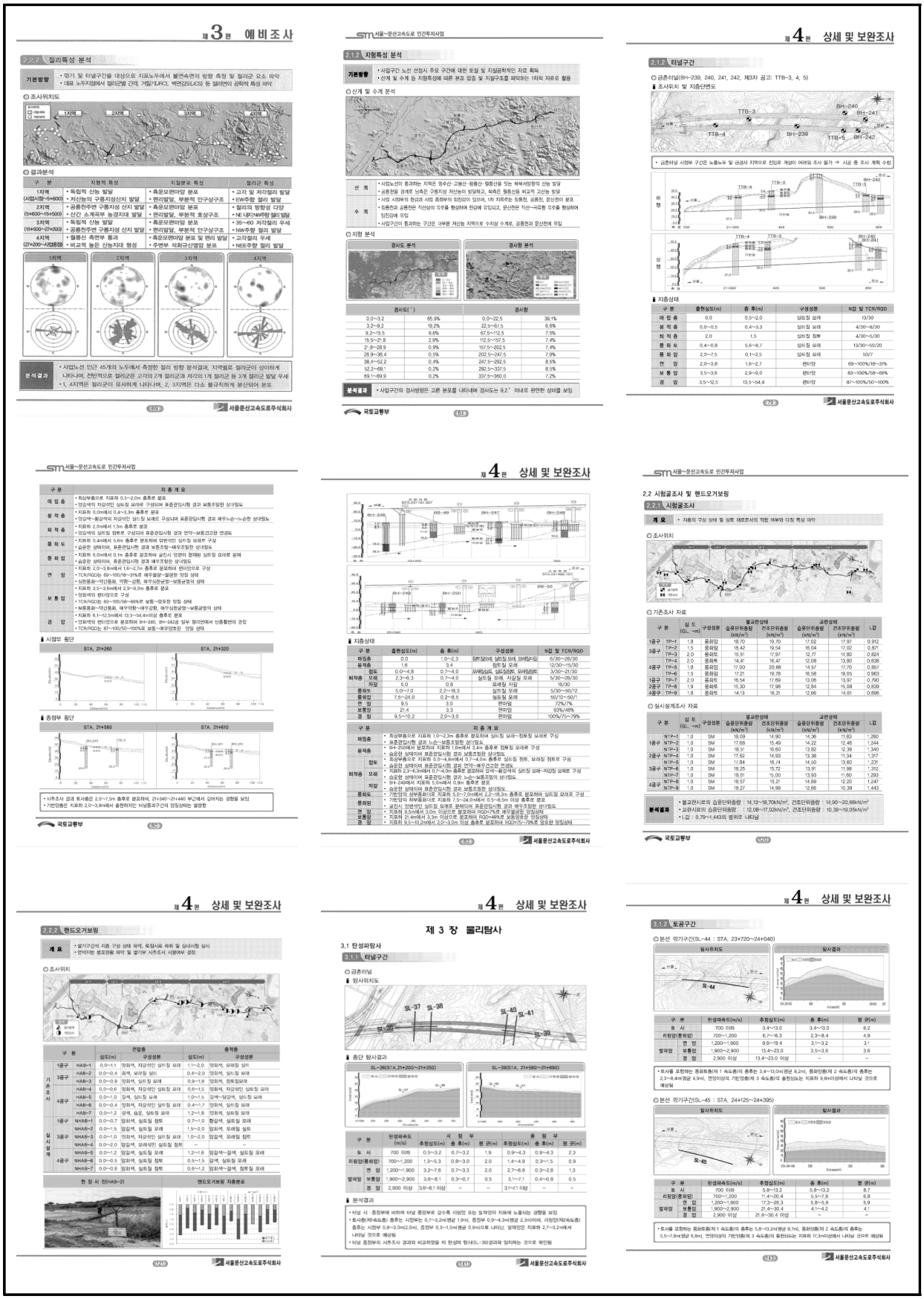
39.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

39.2.1 설계자료 검토

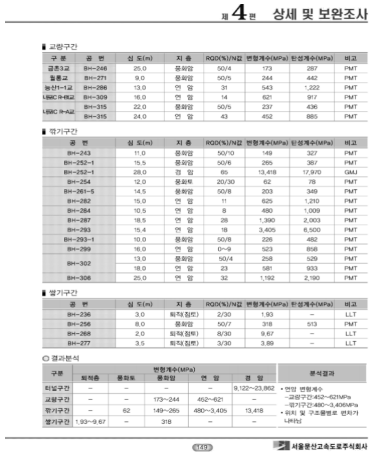
가. 지형 및 지질

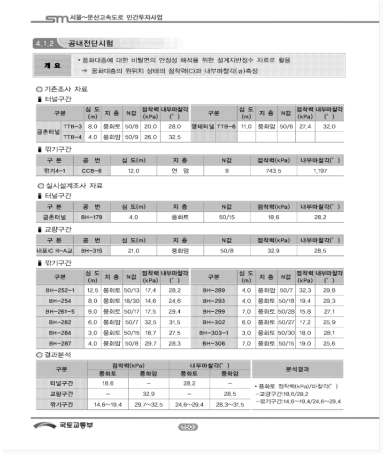


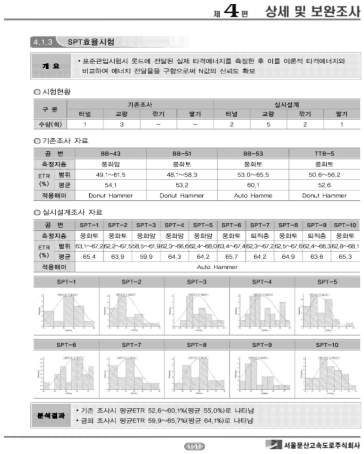


나. 지반 및 지질 조사보고서

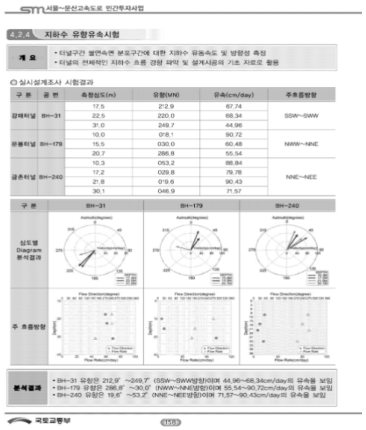




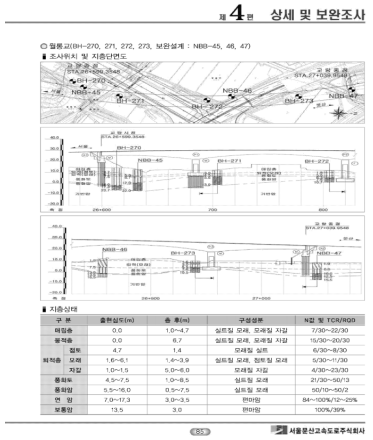


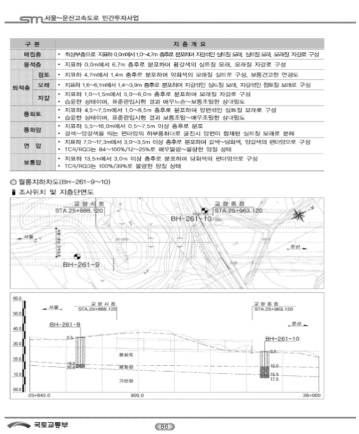












제5편 성과분석 및 설계지반정수

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

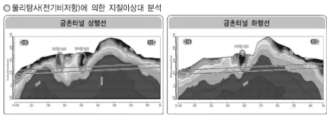
기본방향
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

○ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석



구 분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	해당 구조물
L - 1	6+300	N20E	12	인기IC(휴게소)
L - 2	13+200	N14E	87	옐기부
L - 3	15+130	N18E	66	옐기부
L - 4	21+640	N64W	66	금촌터널(좌점부)
L - 5	25+850	N22W	62	옐기부
L - 6	26+370	N82E	42	옐기부

○ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석



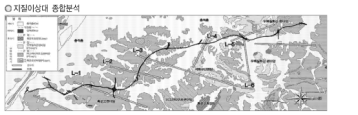
- 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 하행 STA. 21+390에 400Ω·m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구 분	위 치(STA.)	구 간(m)	특 징	비 고
행산교	BH-41	2+332.9	11.2~11.8	Slickonside 발달	
성사3교	BH-94-1	5+845.3	13.6~16.0	파쇄암대 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	6+475.2	13.6~15.3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양 JCT	BH-115	9+300 부근	9.3~16.2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10.2~13.5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20.5~21.5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
원당천교	BH-149	10+460.0	9.4~12.0	Slickenside 및 파쇄 발달, 점토 충진	
사리현IC	BH-160	11+900 부근	10.0~15.5	지맥풍화에 의한 암반내 토사화	
토공부	BH-170	12+927.7	10.3~13.3	파쇄대 본포, 지맥풍화에 의한 토사화	
문봉터널	BH-179	13+753.0	9.0~12.5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543.5	10.5~11.7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
성석1교	BH-191-1	15+562.6	8.0~11.0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천교하-219-1		19+593.2	20.1~23.1	Slickenside 발달, 지맥풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640.0	6.5~7.0	부분적 Slickenside 발달, 풍화심달	L-4 인접
토공부	BH-284	29+110.0	6.0~19.6	부분적 파쇄대 및 지맥풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석



구 분	교차위치 (STA.)	조 사 내 용 선구조	지표조사	물리탐사	시추조사	예상폭 (m)	조 사 결 과	사업노선과 영향
L - 1	6+300	○	○	–	○	3~5m 내외	소규모 단층파쇄 발달	토공구간(휴게소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L - 2	13+200	○	○	–	–	–	–	영향 없음
L - 3	15+130	○	–	–	○	1m 내외	지맥풍화 발달	영향 없음
L - 4	21+640	○	○	–	○	1m 내외	부분적 지맥풍화 발달	영향 없음
L - 5	25+850	○	○	–	–	–	–	영향 없음
L - 6	26+370	○	–	–	–	–	–	영향 없음

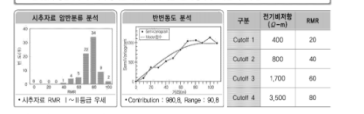
분석결과
- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층확연(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(휴게소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~L-6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 지맥풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구조지질 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 금촌터널 3차원 암반등급 산정

■ 시추자료의 통계분석 및 공간변화량 분석

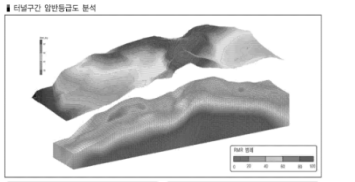
- RMR, Q분류 등 암반분류의 공학적 활용성을 높이기 위하여 상관성 분석 실시
- → 결과값이 상관식과 비교하여 상이한 지점에 대해 재검토를 수행하여 오류를 최소화 함

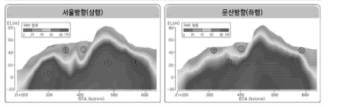


구분	전기비저항 (Ω-m)	RMR
Cutoff 1	400	20
Cutoff 2	800	40
Cutoff 3	1,700	60
Cutoff 4	3,500	80

- 시추자료 RMR 1~9등급 무세
- Contribution : 980.8, Range : 90.8

■ 터널구간 암반등급도 분석





- 서울방향의 암반등급은 1~9등급으로 터널 시 · 종점부를 제외한 구간은 암등~매우암등한 암질상태
- 문산방향의 암반등급은 1~8등급으로 터널 시 · 종점부를 제외한 구간은 암등~매우암등한 암질상태

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.1.3 설계지반정수 산정방법

○ 토사층 설계지반정수 산정방법

구 분	주 요 정 수	산 정 방 법
기본물성	단위중량(γ_t)	• 문헌 (한국도로공사, 도로설계요령)
	포아송비(μ)	• 인근지역 조사자료 및 기존자료 비교 · 분석
강도특성	점착력(c)	• 실내 일축압축강도시험의 결과 결과 기존문헌자료, 토질종류에 따른 일반적인 범위 값 비교 추정(Hoy E. Hunt, 1984, Braja M. Das, 1995)
	내부마찰각(°)	• 공내전단시험 • 인근조사자료, 기존자료 비교 · 분석 • 문헌의 경우 - 한국도로공사, 도로설계요령 • 공내콘MS시험 결과 • 문헌자료(Braja M. Das, Hunt)에 의한 산정
변형특성	변형계수(E)	
동적특성	전단파속도(V_s) 동적물성값(K_d, E_d, G_d, V_d)	• 하향식탄성파탐사 및 인근지역 조사자료 비교 · 분석에 의한 산정

○ 기반암 설계지반정수 산정방법

구 분	주 요 정 수	산 정 방 법
기본물성	단위중량(γ_t)	• 실내암석시험결과 및 기존자료 분석
	포아송비(μ)	• 실내암석시험결과 및 기존자료 분석
강도특성	점착력(c)	• 공내전단시험 • 실내암석시험 결과에 의한 산정
	내부마찰각(°)	• 실내암석시험 결과에 의한 산정
변형특성	변형계수(E)	• 공내재하시험 및 기존자료 결과에 의한 산정
동적특성	전단파속도(V_s) 동적물성값(K_d, E_d, G_d, V_d)	• 하향식탄성파탐사 및 인근지역 조사자료 비교

○ 설계지반정수 신뢰성 검토

구 분	산 정 방 법
초기추정값 (Prior) 산정	• 기존 적용사례 및 경험사례 의한 결과를 초기 추정값으로 가정 • 문헌 분석에 의해 검증된 자료만 초기값으로 인정
분산분석	• 분산분석은 각 독립변수간의 상호연관성을 정량화하기 위한 것 • 일원분산분석은 1개의 모평균을 $\mu_1, \mu_2, \cdots, \mu_k$로 나타내면 다음과 같이 모든 모평균이 같다는 귀무가설을 수립하여, $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \cdots = \mu_k$ 하여 귀무가설 검정
최대우도값 (Likelihood) 산정	• 현장 시험값 및 실내시험값을 통한 결과값을 최대우도값으로 가정
Bayesian Approach	• 초기 추정값의 평균(μ'), 표준편차는 1로부터 최대우도값(Likelihood)의 평균(μ), 표준편차(σ)를 Bayesian 이론에 의해 평균(μ''), 표준편차(σ'')를 구할 수 있음

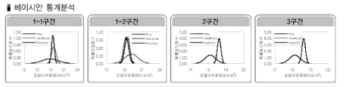
SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 포화단위중량(γ_{sat})

■ 자료 분석

구 분	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근지표	16.5~18.5 (17.8)	18.7~19.7 (19.2)	17.7~19.2 (18.1)	17.7~19.2 (18.1)	17.7~19.2 (18.1)
기본설계	–	–	–	19.7	–
실시설계	18.6 (18.6)	17.9~19.7 (19.1)	–	18.6~18.7 (18.65)	18.4~19.1 (18.7)

■ 베이시안 통계분석



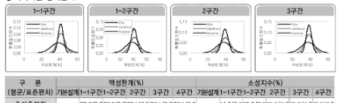
구분(평균/편차)	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	17.8/1.8	18.2/0.4	18.1/0.3	18.1/0.3	18.1/0.3
최대우도값	–	18.6/0.5	19.1/1.1	18.6/0.1	18.6/0.1	18.7/0.5
최 종 도 값	–	18.4/0.3	18.4/0.4	18.6/0.1	18.6/0.1	18.4/0.2
적 용	15.056 (γ_{sat}기준)	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0

○ 액성한계 및 소성지수

■ 자료 분석

구 분	액성한계(%) 1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	소성지수(%) 1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근지표	32.0~43.8(38.7~42.3)/5.0~42.5(25.0~42.5)/5.0~42.5(3.5~19.7/4.3~17.8/					12.1~18	12.1~18	12.1~18		
기본설계	38.0	45.5	–	22.0	–	14.8	20.9	–	17.5	–
실시설계	44.1	36.8	39.0	37.5	38.7	20.0	14.5	15.9	14.7	14.5

■ 베이시안 통계분석



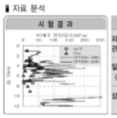
구 분 (평균/표준편차)	액성한계(%) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	소성지수(%) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	38.2/8.2	37.5/0.8	37.1/7.9	37.1/7.9	37.1/7.9	–	14.2/6.5	16.0/9.5	15.5/4.8	15.5/4.8	15.5/4.8
최대우도값	–	41.1/4.3	41.2/6.7	39.0/5.5	38.0/4.6	38.7/3.3	–	17.4/3.7	17.7/5.0	15.9/4.2	16.5/4.7	14.5/5.8
최 종 도 값	–	40.8/2.9	40.5/4.5	38.6/3.5	37.9/3.0	38.6/1.5	–	16.9/2.4	17.5/3.3	15.8/2.5	16.4/2.7	14.7/2.3
적 용	35.2	41.0	41.0	39.0	38.0	39.0	19.8	17.0	17.5	16.0	16.5	15.0

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.4 강도 특성 분석

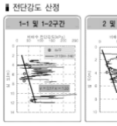
○ 전단강도

■ 자료 분석



구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
퍼센조콘 관입시험	범 위	–	2.1~489.7	–	15.4~94.6	–
	평 균	–	84.6	–	36.7	–
일축압축 (q_u/2)	범 위	32.4	30.8~41.3	–	19.3~28.1	31.6~34.3
	평 균	32.4	34.9	–	23.2	32.9
삼축압축 (CU)	범 위	–	21.0~31.3	–	19.6~20.1	29.6~29.8
	평 균	–	26.1	–	19.9	29.7

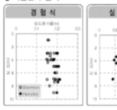
■ 전단강도 산정



구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
점착력 S_u (kPa)	20.7	32.0	28.0	22.0	22.0	30.0
삼각식	$S_u = S_u = 5.8Q + 7.8$ (평균 28.0)			$S_u = 5.8D + 3.0$ (평균 22.0)		
검 토 결 과	• 기본설계에서 추정한 평균 S_u는 20.7 kPa이며, 심도에 따른 상관식은 S_u=0.19D~0.58 kPa임 • 평균 S_u는 1구간은 32.0~34.0kPa이나 평균심도 3.5m를 적용하여 28.0kPa, 3, 4구간은 시험의 평균값을 적용하고, 2구간은 3구간 결과 이용					

○ 강도증가율(m)

■ 시험결과 분석



구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
결정식	범 위	0.19~0.20	0.15~0.21	0.15~0.20	0.19~0.21	0.14~0.2
	평 균	0.19	0.19	0.19	0.19	0.17
실내시험	범 위	0.60	0.22~0.52	–	0.17~0.7	–
	평 균	0.60	0.42	–	0.35	–
현장시험	범 위	–	1.32	–	1.13	–
	평 균	–	1.32	–	1.13	–

■ 강도증가율 산정

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
기본설계	–	0.19~0.20 (0.19)	0.19~0.21	0.15~0.20 (0.20)	–	0.17~0.20 (0.19)
실시설계	–	0.19~0.60 (0.38)	0.19~0.72 (0.37)	0.15~0.20 (0.18)	0.19~0.70 (0.22)	0.14~0.20 (0.17)
적 용	0.183	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

3.2.5 압밀 특성 분석

○ 과압밀비(OCR)

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	–	–	0.5	–
실시설계	–	4.0	0.9~3.4 (2.2)	–	3.3	0.9~1.7 (1.3)
적 용	0.3가정규압밀	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	정규압밀

○ 초기 간극비(e_o) 및 압축지수(C_c)

구 분	초기간극비(e_o) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	압축지수(C_c) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	0.962	–	0.720	–	–	–	0.194	–	0.209	–
실시설계	–	0.963	0.876	–	0.962	0.94	–	0.253	0.243	–	0.281	0.239
적 용	0.699	0.95	0.88	0.88	0.88	0.94	0.155	0.25	0.24	0.26	0.26	0.24

○ 연직압밀계수 및 투수계수

구 분	연직압밀계수(10^{-3}cm²/sec) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	투수계수(10^{-7}cm/sec) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	4.28	–	2.07	–	–	–	0.66	–	6.28	–
실시설계	–	9.84	4.02	–	3.70	3.82	–	2.29	0.83	–	1.57	1.35
적 용	3.452	9.80	4.00	2.50	3.20	3.80	2.561	2.30	0.80	3.10	3.10	1.30

○ 재압축지수(C_r) 및 2차 압축지수(C_α)

구 분	재압축지수(C_r) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	2차 압축지수(C_α) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	–	–	–	–	–	0.0021	0.0036	–	0.0037	–
실시설계	–	0.033	0.038	–	0.042	0.034	–	0.0035	0.0032	0.0036	0.0034	0.0035
적 용	–	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.0037	0.0028	0.0034	0.0036	0.0035	0.0035

○ 압밀이방성 분석



구 분	C_h/C_v	K_r/K_v
문헌자료	1~9	1~15
인근자료	–	–
기본설계 적용	2.0	1.5
시험결과 현장시험	1.46~1.68	5.3~54.6
실내시험	4.45	5.28
적 용	2.0	2.5

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.2 연약지반 구역 구분



구 분	지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간 ((1)~(2)지역) 1-2구간 (종지역)	• 침식된 하천 능선지구간 통과 • 현곡 주변 및 침식된 하천 주변 구릉지성 산지와 능선지 통과 • 공릉천 지류 주변 구릉지성 산지대	• 층분포 : 1.8~34.5m • 층후 : 0.9~8.0m(평균 2.4m) • 층위치 : 0.9~5.4m • 층후 : 1.0~11.9m(평균 4.4m) • 층위치 : 0.0~4.0m	본선(+000~+2+200) 지선 0+000~+1840 본선(+460~+540) 본선(+320~+2+660)
2구간 ((2)~(3)지역)	능선지 통과	• 층분포 : 0.7~2.2m(평균 1.6m) • 층위치 : 0.0~6.0m	
3구간 ((2)~(3)지역)	• 공릉천 및 문산천 주변 퇴적지대 및 일부 능선지 통과	• 층후 : 1.0~6.4m(평균 3.3m) • 층위치 : 3.0~4.5m	
4구간(종지역)	• 임진강 주변 퇴적지대 및 일부 능선지 통과	• 층후 : 2.0~6.1m(평균 4.0m)	본선(+760~+2+060) 시점(+0+000~+320) 시점(+600~+760)

• 사업 4공구본선 STA. 21+200~32+760은 연약지반 3~4구간에 해당

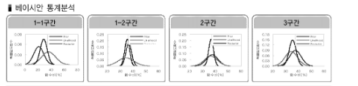
3.2.3 물리적 특성 분석

○ 함수비

■ 자료 분석

구 분	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근지표	23.7~43.5	29.6~36.2	33.7~37.8	33.7~37.8	33.7~37.8
기본설계	20.5	34.4~38.6 (36.4)	37.5	30.8~40.5 (37.3)	32.6~34.7
실시설계	35.4	26.6~42.0 (32.0)	31.3~41.5 (36.3)	28.1~44.0 (34.1)	31.5~37.8 (35.0)

■ 베이시안 통계분석



구분(평균/편차)	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	20.5/7.5	36.4/2.2	37.3/4.5	37.3/4.5	34.7/2.2
최대우도값	–	35.4/10.5	34.2/6.2	36.3/5.1	34.1/4.8	35.0/2.3
최 종 도 값	–	28.0/5.3	35.2/1.9	36.5/1.9	35.2/2.7	35.0/0.9
적 용	37.5	28.0	35.0	36.0	35.0	35.0

다. 구조계산서 및 내진설계

OUTPUT 결과 요약 및 설계의견

◈ 결과 요약

○능산4교(3@45)_(A1-P3)_(서울방향)

■ 단면 휨 설계

단 면 위 치	Req'd A_s (mm^2)	폭 b(mm)	유효깊이 d(mm)	피복 d' (mm)	사용철근량 (Use A_s) (mm^2)	M_u (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	비 고
캔틸레버 (방호벽 G1측)	876	#####	180	60	H16 @ 200 = 993	51.34	57.90	O.K
캔틸레버 (방호벽 G5측)	1,191	#####	180	60	H16 @ 200 = 993 H13 @ 200 = 634	68.69	91.80	O.K
중간슬래브 (상 면)	720	###	180	60	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
중간슬래브 (하 면)	960	###	200	40	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
슬래브단부	932	###	180	60	H16 @ 125 = 1,589	54.48	89.75	O.K
캔틸레버 단 부	2,382	###	180	60	H19 @ 100 = 2,865	93.60	150.99	O.K

■ 배력철근량(온도철근량) 산정

단 면 위 치		필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (Use A_s) (mm^2)	비 고
캔틸레버	방호벽 G1측	587	H16 @ 250 = 794	O.K
	방호벽 G5측	798	H16 @ 125 = 1,589	O.K
캔 틸 레 버 단 부		1,596	H19 @ 125 = 2,292	O.K

■ 사용성 검토 요약표

구 분		인장응력(fs)	철근간격 (S)	허용간격 (Sa)	비 고
캔 틸 레 버	방호벽 G1측	60.1	200.0	1048.3	O.K
	방호벽 G5측	99.4	100.0	633.8	O.K
슬 래 브 단 부		99.8	125.0	631.3	O.K

-

1. 설 계 조 건

1.1 교량 형식 : INCREMENTALLY POST TENSIONING TYPE I.P.C GIRDER교
1.2 경 간 : 45,000 mm + 45,000 mm + 45,000 mm
1.3 폭 원 : 12,140 mm
1.4 교량 등급 : DB - 24, DL - 24 (1등급교)
1.5 거더 갯수 : 44,600 mm + 44,700 mm + 44,600 mm
1.6 지간 갯수 : 43,950 mm + 43,900 mm + 43,950 mm
1.7 단위 중량 : 콘크리트(철근) .... 2,500 kgf/m³
콘크리트(무근) .... 2,350 kgf/m³
콘크리트계고편포장..... 2,350 kgf/m³

1.8 재료의 물리상수 및 허용 응력

1) 슬래브
(1) 콘 크 리 트 : fck = 27 MPa
Ec2 = 0.077× $m_c^{1.5}$×$^3\sqrt{fcu}$ = 27,804 MPa
(2) 철 근 (SD400) : fy = 400 MPa
Es = 200,000 MPa

2) I.P.C GIRDER
(1) 콘 크 리 트 : fck = 40 MPa
Ect = 0.077× $m_c^{1.5}$×$^3\sqrt{fcu}$ = 30,891 MPa
(2) 철 근 (SD300) : fy = 300 MPa
Es = 200,000 MPa

(3) 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전 허용응력
① 허용 휨 압축응력 (fci' = 0.8 x fck = 32 Mpa)
- fci = 0.6 x fci = 19.2 MPa
② 허용 휨 인장 응력
- 부착된 철근이 없는 인장 구역 :
fti = 0.25 x $\sqrt{fci'}$ = 1.41 MPa

(4) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용응력
① 허용 휨 압축응력
- fcag = 0.45 x fck = 18 MPa
- 압축연단응력(유효프리스레스+전체하중)
fcag = 0.60 x fck = 24 MPa

② 허용 휨 인장 응력
fcag = 0.63 x $\sqrt{fck}$ = 3.98 MPa

(5) 허용 균열 응력
① 보통 콘크리트 : ftcr = 0.63 x $\sqrt{fck}$ = 3.98 MPa
② 부분 경량 콘크리트 : ftcr = 0.54 x $\sqrt{fck}$ = 3.42 MPa
③ 전 경량 콘크리트 : ftcr = 0.47 x $\sqrt{fck}$ = 2.97 MPa

(6) 정착부의 허용 지압 응력
- 긴장재 정착직후 fcr = 0.7 × fci ×$\sqrt{(A'b/Ab-0.2)}$ ≤1.10 × fci
- 프리스트레스 손실 발생후 fcr = 0.5 × fck ×$\sqrt{(A'b/Ab)}$ ≤0.90 × fck

3) P.S STRAND (SMPC 7B Ø15.2mm)
- A = 138.7 mm^2 /ea
- Ep = 200,000 MPa
(1) 인장 강도 : fpu = 1,900 MPa
(2) 항복 강도 : fpy = 1,600 MPa
(3) JACK에 의한 최대 긴장 응력 : 0.94 ×fpy = 1,504 MPa
0.80 ×fpu = 1,520 MPa ∴ 1,504 MPa
(4) 허용 인장 응력
① 설착 후 정착부에서의 허용응력
- fpa = 0.7 x fpu = 1,330 MPa
② 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용 응력
- fpa = 0.82 x fpy = 1,312 MPa
0.74 x fpu = 1,406 MPa ∴ 1,312 MPa

4) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	1차 긴장용	2차 긴장용
쉬스관의 외경	mm	80	80
쉬스관의 두께	mm	5	5
수용가능 긴장재 면적	mm^2	2,208	2,208
수용가능 긴장재 개수	개	16	16
쉬스관 순간격	mm	40	40
쉬스의 덮개	mm	40	40
파상 마찰 계수 k	k/m	0.005	0.005
곡률 마찰 계수 μ	m/rad	0.25	0.25

1.9 설계 방법 (강도 설계법:도.설.기 P32)

- U = 1.3 x Md + 2.15 x ML+I
- U = 1.3 x Md + 1.3 x Mh + 1.3 x ML+I
- U = 1.3 x Md + 0.65 x Mw + 1.3 x ML+I

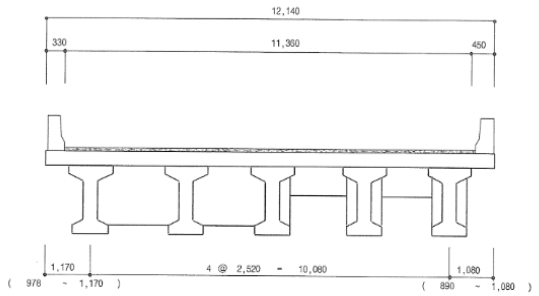
1.10 참고 문헌

- 도로교 설계 기준(한국도로교통협회)
- 도로교 설계기준 해설편(대한 토목학회)
- 구조 설계 기준(콘크리트학회)
- 도로 설계 요령(한국도로공사)

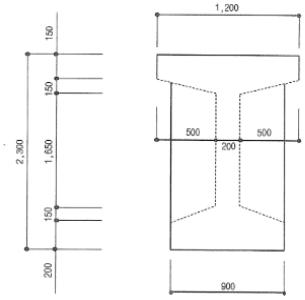
2. 바닥판 슬래브의 설계

2.1 설계 가정단면

1) 상부 슬래브



2) I.P.C GIRDER



2) 경험적 설계 적용 여부 검토 : 도로교 설계기준 4.7.7 (P4-164 ~ P4-166)

(1) 지지 부재들이 콘크리트로 된경우. ---------- 콘크리트 교량

(2) 콘크리트가 현장타설되고 습윤양생 되어야 함. ---------- 습윤양생

(3) 바닥판이 두께에 대한 유효경간비가 6 이상 15 이하인 경우.

① 중앙부 바닥판 : 1,820 > 240 x 6 = 1,440 ---------- O.K
1,820 < 240 x 15 = 3,600 ---------- O.K

(4) 바닥판의 상부와 하부에 배치된 철근의 외측면 사이의 두께가 150㎜ 이상인 경우 (상면 피복 60 ㎜ 하면 피복 40 ㎜
상부 철근 직경 16 ㎜ 하부 철근 직경 16 ㎜) 150 < 156

(5) 유효경간이 표준차선폭 3600㎜ 이하인 경우. ---------- 1.820 < 3.6

(6) 바닥판의 흙짐, 마모면, 그리고 보호피복두께층을 제외한 바닥판의 최소두께가 240㎜ 이상인 경우. ---------- 240 ≥ 240 ㎜

(7) 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 5배 이상이거나, 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께에 3배이상이고 구조적으로 연속적인 콘크리트 방호책과 합성인경우.

① 방호벽 G1측 1.080 > 240 x 3 = 720 ---------- O.K

② 방호벽 G5측 1.170 > 240 x 3 = 720 ---------- O.K

(8) 콘크리트의 28일 압축강도는 27 Mpa 이상인 경우. ---------- 27 ≥ 27 MPa

(9) 철근 콘크리트 바닥판은 바닥판을 지지하는 구조부재들과 완전합성 거동을 하여야함. ---------- 콘크리트 합성 거동

(10) 콘크리트 거더교인 경우 위조항을 만족시키기 위하여 바닥판과 콘크리트 주거더를 합성시키는 전단연결재가 충분히 배치 되어야 한다. ---------- 콘크리트 합성 거동

3) 검토 결론

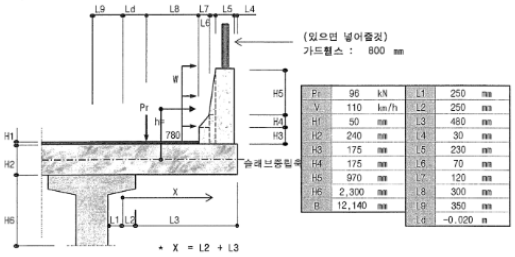
① 캔 틸 레 버(방호벽 G1측) : 강도 설계법 적용

② 캔 틸 레 버(방호벽 G5측) : 강도 설계법 적용

③ 중 앙 부 바 닥 판 : 경험적 설계법 적용

2.3 캔틸레버 (방호벽 G1측) - 캔틸레버길이는 1,080
(890 ~ 1,080)

1) 설계단면



Pr	96	kN	L1	250	㎜
V	110	㎞/h	L2	250	㎜
H1	50	㎜	L3	480	㎜
H2	240	㎜	L4	30	㎜
H3	175	㎜	L5	230	㎜
H4	175	㎜	L6	70	㎜
H5	970	㎜	L7	120	㎜
H6	2,300	㎜	L8	300	㎜
B	12,140	㎜	L9	350	㎜
			Ld	-0.020	m

* X = L2 + L3

2) 바닥판의 유효지간장 산정 (도.기 4.7.3)

☞ 상부플랜지폭 / 바닥판두께 = 1,200 / 240 = 5.000 > 4

(b/t =1200/240 = 5 > 4 이므로 상부플랜지 중심부에서 캔틸레버 끝단 거리)

3) 바닥판의 최소두께 (도.기 4.7.4.1)

① 활하중에 의한 지간 L = 0.000 m

② 바닥판의 최소두께 T_{min} = 280 L + 180 = 180 ㎜ < Tmin = 220 ㎜

∴ T_c = 240 > T_{min} O.K

③ 바닥판의 적용두께

· 바닥판 최소두께 t = 220 ㎜ 적용시 철근의 연직 순간격

S = 220 - (13 × 2 + 16 × 2 + 16 × 2) - 100 (피복)
= 30 ㎜ < 40 ㎜ ∴ N.G

· 바닥판 최소두께 t = 240 ㎜ 적용시 철근의 연직 순간격

S = 240 - (13 × 2 + 16 × 2 + 16 × 2) - 100 (피복)
= 50 ㎜ > 40 ㎜ ∴ O.K

∴ 바닥판 두께 t = 240 ㎜ 적용

4) 하중계산

① 고정하중

구 분		Vd (kN)		X (m)	M (kN-m)
방호벽	L5 × (H3 + H4 + H5) × Y_c	=	7.590	0.585	4.440
	L6 × (H3 + H4) × Y_c	=	0.613	0.435	0.266
	L7 × H3 × Y_c	=	0.525	0.340	0.179
난간	L6 × H5 / 2 × Y_c	=	0.849	0.447	0.379
	L7 × H4 / 2 × Y_c	=	0.263	0.360	0.095
		=	1.000	0.585	0.585
	소 계	=	10.839		5.944
슬래브	(L2 + L3) × H2 × Y_c	=	4.380	0.365	1.599
	소 계	=	4.380		1.599
포 장	(L8 + Ld) × H1 × Y_{ac}	=	0.329	0.140	0.046
	소 계	=	0.329		0.046
총 계		=	15.548		7.589

- 방호벽의 무게중심 X1 = 5.944 / 10.839 = 0.548 m

- 슬래브의 무게중심 X2 = 1.599 / 4.380 = 0.365 m

- 포 장의 무게중심 X3 = 0.046 / 0.329 = 0.140 m

∴ X = 7.589 / 15.548 = 0.488 m

▶ M_d = 15.548 × 0.488 = 7.587 kN-m

② 활하중

i) DB - 24

- 충격계수 i = 15 / (40 + L) = 0.375 ≥ 최대 0.300
∴ i = 0.300

- 차량하중 분포폭 (주철근의 방향이 차량 진행방향에 직각인 경우) (도.기 4.7.5.2)
E = 0.800 × 0.000 + 1.140 = 1.140 m

▶ M = 96 × 0.000 × (1 + 0.300) / 1.140 = 0.000 kN-m

③ 충돌하중 (도.기.해,2008) p.112

i) 작용높이 : 노면상 1.000 m

P_s = (V / 60)² × 750 + 250 = 2.771 tonf/m

M_s = 1.000 × 2.771 × 10 = 27.71 kN-m

ii) 작용높이 : 방호벽 상단

☞ 직선부는 10 kN/m, 곡선부(R≤200m)는 20 kN/m를 적용

M_s = 1.320 × 10 = 13.20 kN-m

iii) 적용 모멘트

▶ M_s = = 27.71 kN-m

④ 풍 하 중 (도.기 2.1.11)

1m 당 작용하는 풍하중 (부재의 단면형상을 각형으로 설계) = 3.00 kN/m²

∴ P_e = 3.00 kN/m

▶ M_e = 3.00 × 2.070 × 1.205 = 7.48 kN-m

⑤ 원심하중 (곡선교일 경우 적용) (도.기 2.1.17)

곡률을 무시할 수 있는 한계중심각 (도.기.해,2008) p.30

교 차 수	단일 지간	복수 지간
2	2°	3°
3 또는 4	3°	4°
5 이상	4°	5°

▶ 개단면 상부구조에서 중심각이 위의 표에서 주어진 중심각보다 작은 지간에는 곡률의 영향을 무시할 수 있다.

- 중심각 : (45.0 × 180) / (1025 × π)
= 2.515 ° < 4 ° ∴ O.K ☞ 곡률의 영향 무시

- 작용 높이 : H = 1.800 m
CF = 0.790 × V ² / R = 0.790 × 110 ² / 0 = 0.000 %

P_{cf} = 96 × 0.000 / 100 = 0.000 kN

▶ M_{cf} = 0.000 × 1.800 = 0.000 kN-m

⑥ 모멘트 요약 정리

구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)
고정하중	7.587	충돌하중	27.710	원심하중	0.000
활 하 중	0.000	풍 하 중	7.483		

5) 하중조합

① 사용하중 - 사용성 검토시

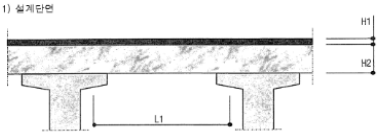
하 중 경 우	고정하중	활 하 중	충돌하중	풍 하 중	원심하중	비 고
Case 1	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
Case 2	1.00	0.00	0.00	0.30	0.00	
Case 3	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	
Case 4	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	

② 계수하중 - 단면 검토시

하 중 경 우	고정하중	활 하 중	충돌하중	풍 하 중	원심하중	비 고
Case 1	1.30	2.15	0.00	0.00	1.30	
Case 2	1.30	0.00	0.00	1.30	0.00	
Case 3	1.30	1.30	0.00	0.65	1.30	
Case 4	1.25	1.25	0.00	0.625	1.25	
Case 5	1.30	1.30	1.30	0.00	1.30	
Case 6	1.20	0.00	1.20	1.20	0.00	

2.5 중간 슬래브(경험적 설계법)

1) 설계단면



Pn	96	kN
H1	50	mm
H2	240	mm
L1	1,820	m

☞ 상부플랜지폭 / 바닥판두께 = 1,200 / 240 = 5.000 > 4 이므로,
상부 플랜지 돌출폭 중앙점 사이의거리

2) 경험적 설계법에 의한 철근량 산정

(1) 시방서 규정 : 도로교 설계기준 4.7.7 (P346 ~ P348)

① 경간 방향 : 하부 철근량 = 콘크리트 바닥판 단면의 0.4% 이상 (주 철 근)
상부 철근량 = 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상 (주 철 근)

② 경간 방향에 직각 방향 : 하부 철근량 = 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상 (배력철근)
상부 철근량 = 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상 (배력철근)

(2) 필요 철근량 산정

① 경간 방향 : 주철근
하부 철근량 = 240 x 1000 x 0.004 = 960 mm^2
상부 철근량 = 240 x 1000 x 0.003 = 720 mm^2

② 경간 방향에 직각 방향 : 배력철근
하부 철근량 = 240 x 1000 x 0.003 = 720 mm^2
상부 철근량 = 240 x 1000 x 0.003 = 720 mm^2

(3) 하면 철근량 산정
요구되는 철근량 $Req.A_s$ = 960 mm^2

사용철근량 Use As = H16 @ 200 = 993 mm^2 ∴ O.K

적용 배력철근량 : $Req.A_s$ = 720 mm^2

사용철근량 Use As = H16 @ 250 = 794 mm^2 ∴ O.K

(4) 상면 철근량 산정
요구되는 철근량 $Req.A_s$ = 720 mm^2

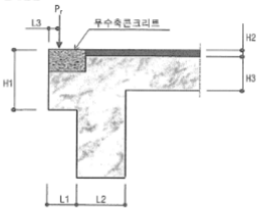
사용철근량 Use As = H16 @ 200 = 993 mm^2 ∴ O.K

적용 배력철근량 : $Req.A_s$ = 720 mm^2

사용철근량 Use As = H16 @ 250 = 794 mm^2 ∴ O.K

2.6 슬래브판 단부 설계 (도.기 4.7.3)

1) 설계단면



Pr	96	kN
H1	490	mm
H2	50	mm
H3	240	mm
L1	311	mm
L2	300	mm
L3	100	mm

2) 하중계산

① 고정하중

P_d = 311 × 490 × 2,500 × 10 = 3.810 kN/m

▶ M_d = 3.810 × 0.311 × ½ = 0.59 kN-m

② 활하중

- 충격계수 i = 15 / (40 + L) = 0.373 ≥ 최대 0.300 ∴ i = 0.300

- 차량하중 분포폭 (주철근의 방향이 차량 진행방향인 경우) (도.기 4.7.5.2)

E = 0.350 × 0.211 + 0.980 = 1.054 m < 2.100 m ∴ E = 1.054 m

▶ M = 96 × 0.211 × (1 + 0.300) / 1.054 = 24.984 kN-m

③ 모멘트 요약 정리

구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)
고정하중	0.590	활 하 중	24.984

3) 하중조합

① 사용하중 및 계수하중

하중조건	고정하중	활 하 중	비 고
Case 1	1.00	1.00	사용하중 - 사용성 검토시
	1.30	2.15	계수하중 - 단면력 검토시

② 하중조합 결과

구 분	사 용 하 중	계 수 하 중	비 고
	M (kN-m)	M (kN-m)	
Case 1	25.574	54.483	

4) 단면 설계

▶ 입 력 자 료

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27 MPa	철근의 항복강도	f_y = 400 MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 54.483 kN-m	휨강도 감소계수	ϕ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 240 mm	부 재 폭	b = 1,000 mm
인 장 피 복	d' = 60 mm	유 효 높 이	d = 180 mm

감도감소계수(Φ) 산정

$T = A_s \times f_y$ = 635520 N

$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b$ = 22950 a

$T = C$ ∴ a = 27.69 mm

c = 32.58 mm

$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$ = 0.0020

$\varepsilon_t = \frac{0.003 \times (d_t - c)}{c}$ = 0.0136

∴ $\varepsilon_t \geq$ 0.005 이므로인장제어단면이며, Φ = 0.85

① 휨철근량 산정

$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_{ck} b}$ ····· (1) $A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$ ····· (2)

(1), (2)에 의해 요구철근량 $Req.As = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{4M_u}{1.445 f_{ck} b}}}{\frac{2 f_y}{1.7 f_{ck} b}}$ = 932 mm^2

균형철근비 $P_b = 0.85k_1 \frac{f_{ck}}{f_y} \frac{600}{600 + f_y}$ = 0.02926

최대철근비 $P_{max} = 0.714 \times P_b$ = 0.02089

최소철근비 $P_{min} = 1.4 / f_y$ = 0.00350

최소철근량 $As_{min} = P_{min} \times b \times d$ = 630 mm^2

최소철근량 $As_{min} = \frac{0.25\sqrt{f_{ck}}}{f_y} bd$ = 585 mm^2 ∴ 최소철근량 A_s = 630 mm^2 (두값중 큰값 적용) ------(도.기 4.3.6.1)

해석요구량 $Req.A_s$ = 932 mm^2 > 최소철근량 $A_{s\,min}$ = 630 mm^2

그러므로 요구되는 철근량 $Req.A_s$ = 932 mm^2

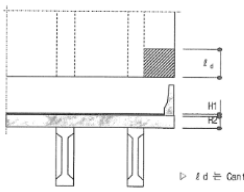
사용철근량 Use As = H16 @ 125 = 1,589 mm^2
Total Use As = 1,589 mm^2 ∴ O.K

사용철근비 Use P = 1589 / (1000 × 180) = 0.00883 , a = 27.7 mm

$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)$ = 89.75 kN-m

그러므로, ϕM_n = 89.75 kN-m > M_u = 54.48 kN-m ∴ O.K

2.7 캔틸레버 단부 설계 (도.기 4.7.6.4)



ℓ_d	0.820	m
H1	50	mm
H2	240	mm

▷ ℓd 는 Cantilever의 고정하중에 대한 경간

1) 단면력 산정

① 방호벽 G1측 단면력

구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)
고정하중	7.587	활 하 중	0.000	충돌하중	27.710

② 방호벽 G4측 단면력

구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)
고정하중	6.774	활 하 중	18.353	충돌하중	27.710

③ 적용 단면력

구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)
고정하중	7.587	활 하 중	18.353	충돌하중	27.710

2) 하중조합

① 계수하중 - 단면 검토시

하중조건	고정하중	활 하 중	충돌하중	비 고
Case 1	1.30	2.15	0.00	
Case 2	1.30	1.30	1.30	

② 하중조합 결과

구 분	계 수 하 중	비 고
	M (kN-m)	
Case 1	88.781	
Case 2	93.604	

③ 적용 하중

구 분	계 수 하 중	비 고
	M (kN/m)	
Case 2	93.604	

01. 교량제원 및 설계상수

1.1 교량형식 : PSC Girder 교

1.2 해석 대상 교량 총연장 : L = 3@45.0 + 60 = 195.000 m

1.3 교 폭 : 12.140m

1.4 교각형식 : T형 교각

1.5 교각기초형식 : 직접기초

1.6 내진설계상수

1) 내진등급 : 내진 1 등급교 (도로교 설계기준 6-11)
2) 지진구역계수 : 0.11 (도로교 설계기준 6-10)
3) 위험도계수 : I = 1.4 (도로교 설계기준 6-10)
4) 가속도계수 : A = 0.154 (도로교 설계기준 6-9)
5) 지반계수 : S = 1.2 (지반종류 2 , 도로교 설계기준 6-11)
6) 응답수정계수 (도로교 설계기준 6-13)
7) 고유치 해석방법 : Eigen Vectors - Ritz Vectors
8) 받침형식 : 탄성받침

1.7 해석방법

1) 해석방법 선정
응답스펙트럼해석
2) 병합조합방법 : 100-30%방법

1.8 해석모델

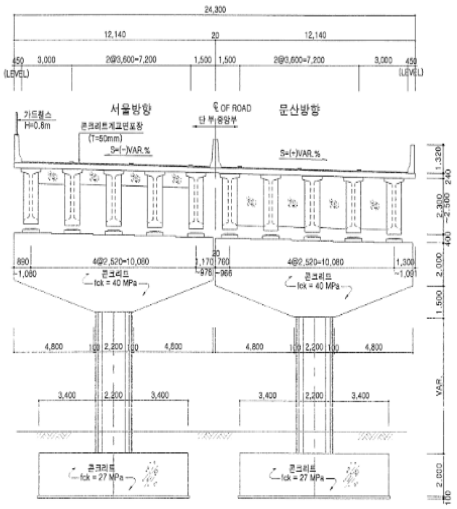
1) 사용프로그램 : MIDAS CIVIL 2016
2) 모델링 : Frame요소사용
3) 질량산정 : 1,2차 고정하중 및 자중을 각 요소에 분포질량으로 입력

1.9 참고자료

1) 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2010년)
2) 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2012년)
3) 도로설계요령 (한국도로공사, 2009년)
4) 설계 실무 자료집 (한국도로공사)

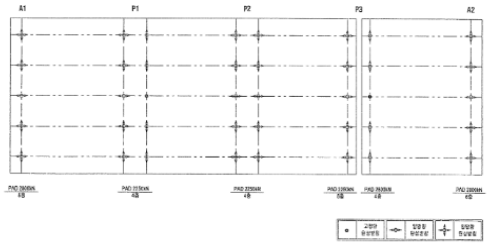
02. 교량 및 받침 특성

2.1 교량 단면 특성



2.2 적용 받침 특성

1) 받침배치



2) 탄성받침

* MIDAS CIVIL 2016 - Elastic Link Property

```
1,  1001,  2001, GEN ,   0, 956400, 2875, 2875, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
2,  1002,  2002, GEN ,   0, 956400, 2875, 2875, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
3,  1003,  2003, GEN ,   0, 956400, 2875, 2875, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
4,  1004,  2004, GEN ,   0, 956400, 2875, 2875, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
5,  1005,  2005, GEN ,   0, 956400, 2875, 2875, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
6,  1006,  2006, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
7,  1007,  2007, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
8,  1008,  2008, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
9,  1009,  2009, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
10, 1010,  2010, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
11, 1011,  2011, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
12, 1012,  2012, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
13, 1013,  2013, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
14, 1014,  2014, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
15, 1015,  2015, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
16, 1016,  2016, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
17, 1017,  2017, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
18, 1018,  2018, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
19, 1019,  2019, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
20, 1020,  2020, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
21, 1021,  2021, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
22, 1022,  2022, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
23, 1023,  2023, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
24, 1024,  2024, GEN ,   0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
```

04. 탄성지진응답 계수

(1) 탄성지진응답계수

1) 가속도계수

구분	적용 계수	비고
구역계수 (Z)	0.110	지진구역 I
지진위험도계수 (I)	1.400	내진등급 1등급 (재현주기 1000년)
가속도계수 (A)	0.154	A = Z x I

2) 지반계수

구분	적용 계수	비고
지반계수 (S)	1.200	지반종류 II

3) 탄성지진응답계수(Cs) 산정

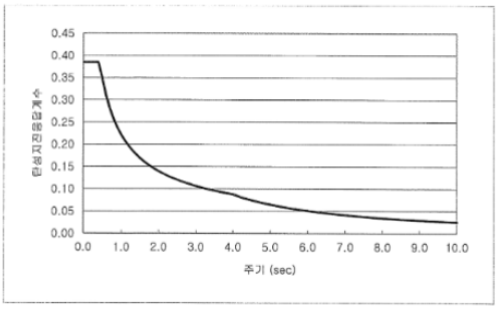
① T ≤ 4.0 sec

$Cs = (1.2 \times A \times S) / T2/3 \quad \leq \quad 2.5 \times A$

② T > 4.0 sec

$Cs = (3 \times A \times S) / T4/3$

여기서, T : 교량의 주기



▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1792.800	705.096	O.K
	허용인발력(kN/EA)	215.650	-	O.K
	휨응력(MPa)	140.000	107.999	O.K
	전단응력(MPa)	80.000	11.270	O.K
	수평변위(mm)	15.000	10.343	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2172.700	1000.526	O.K
	허용인발력(kN/EA)	323.480	-133.601	O.K
	휨응력(MPa)	210.000	142.686	O.K
	전단응력(MPa)	120.000	18.288	O.K
	수평변위(mm)	15.000	9.457	O.K

■ 단면 휨 설계

단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN·m)	ΦMn (kN·m)	안전도	비고
전면저판		1700	150	2006.88	3096.8	785.667	1206.029	1.535	O.K
후면저판		1700	100	3348.16	4053.6	1345.031	1623.059	1.207	O.K
벽체 (H=9,300)		2300	100	3879.05	5746.4	2147.932	3161.816	1.472	O.K
중벽		800	100	276.247	1013.6	49.167	179.001	3.641	O.K
좌측날개벽	A(T=500 mm)	500	80	2163.44	3096.8	222.929	313.686	1.407	O.K
	B(T=500 mm)	500	80	1507.84	2292	157.227	235.623	1.499	O.K
	C(T=500 mm)	500	80	1524.5	2292	158.916	235.623	1.483	O.K
우측날개벽	A(T=800 mm)	800	80	2050.13	3096.8	368.523	550.591	1.494	O.K
	하부(T=450	450	80	886.033	3096.8	82.125	274.202	3.339	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1591.30	3096.8	287.431	550.591	1.916	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	2219.71	4053.6	398.3	713.432	1.791	O.K

■ 사용성 검토

구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
전면저판		111.464	150	125	359.006	O.K
후면저판		129.173	150	125	390.899	O.K
벽체 (H=9,300)		63.963	150	125	984.943	O.K
중벽		146.284	150	125	304.588	O.K
좌측날개벽	A(T=500 mm)	106.452	150	125	567.271	O.K
	B(T=500 mm)	102.439	150	125	592.503	O.K
	C(T=500 mm)	103.668	150	125	583.387	O.K
우측날개벽	A(T=800 mm)	100.006	150	125	614.956	O.K
	하부(T=450	43.792	150	125	1438.605	O.K
	B(T=800 mm)	79.65	150	125	790.963	O.K
	C(T=800 mm)	85.299	150	125	738.574	O.K

1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
- (1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
- (2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
- (3) 교 량 등 급 : 1 등교
- (4) 교 대 폭 목 : B = 12.660 m
- (5) 교 대 총높이 : H = 11.000 m
- (6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
- (7) SKEW : 90.000 °

2) 하 중
- (1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3편 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
- (4) 과 재 하 중 : q1 = 10.000 kN/m²
- (5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 408.954 kN/m
- (6) 상부 활하중 반력 : Rl = 115.312 kN/m
- (7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.000

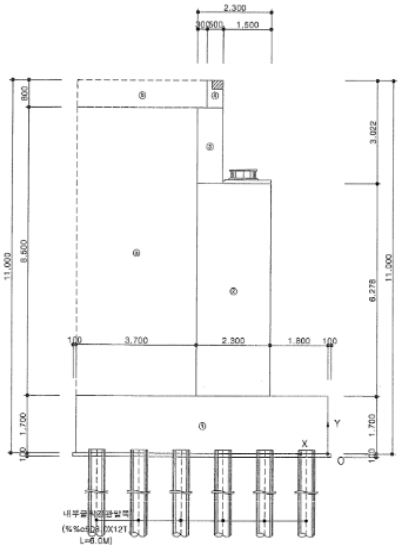
3) 지 반 조 건
- (1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
- (2) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도계수 × 지진구역계수
  - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
  - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
  - 탄성계수 : Ec = 26086.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
  - 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
- (1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
- (2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
- (1) 콘크리트구조 설계기준 : 건설교통부 (2007)
- (2) 도로교 설계기준 : 국토교통부 (2010)
- (3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2008)
- (4) 도로설계 요령 : 한국도로공사 (2009)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	계
고정하중	1115.719	1016.473	988.457	996.276	1060.436	5177.361
활하중	301.954	311.365	347.698	296.207	202.628	1459.852

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	계
교축방향	292.88	289.11	286.42	289.79	293.28	1451.48
직각방향	149.39	149.89	150.02	149.89	149.39	748.58

3. 하 중 계 산

1) 자중 및 관성력 (원점 0을 기준으로)

① 계별하중 산정 (단위 : m당)

구분	번호	체적(Ai) m³		단위중량(γ) kN/m³	수직력(Vi) kN	수평력(Hi) kN
교대구체	①	7.800 × 1.700	= 13.260	25.000	331.500	25.526
	②	2.300 × 6.278	= 14.439	25.000	360.976	27.795
	③	0.800 × 2.222	= 1.778	25.000	44.447	3.422
	④	0.500 × 0.800	= 0.400	25.000	10.000	0.770
	소계		= 29.877		746.923	57.513
뒷채움재	⑤	3.700 × 8.500	= 31.451	20.000	629.015	48.434
	⑥	4.000 × 0.800	= 3.200	20.000	64.000	4.928
	소계		= 34.651		693.015	53.362
총 계					1439.938	110.875

註) 수평력(지진시 관성력) Hi = Kh × Vi (Kh = A/2 = 0.077)

② 모멘트 산정

구분	번호	팔 길 이 수 평 Xi(m)	팔 길 이 수 직 Yi(m)	모멘트 Mxi kN·m	모멘트 Myi kN·m
교대구체	①	3.900	0.850	1292.850	21.697
	②	2.950	4.839	1064.879	134.498
	③	3.700	9.089	164.455	31.107
	④	3.550	10.600	36.500	8.162
	소 계			2557.683	195.464
뒷채움재	⑤	5.950	5.950	3742.638	288.188
	⑥	5.800	10.600	371.200	52.238
	소 계			4113.838	340.426
총 계				6671.521	535.890

③ 합력의 작용위치 산정
- 교대구체 : X = 2557.683 / 746.923 = 3.424 m
  Y = 195.464 / 57.513 = 3.399 m
- 뒷채움재 : X = 4113.838 / 693.015 = 5.936 m
  Y = 340.426 / 53.362 = 6.380 m

2. 해석결과 요약

▣ 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	안전율	허용안전율	비 고
교축방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	118461.894	9345.913	12.68	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	15794.919	653.596	24.17	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/m²)	844.100	435.466	1.94	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	118461.894	33643.299	3.52	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	15794.919	3535.051	4.47	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/m²)	1266.100	601.898	2.10	1.00	O.K
교축직각방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	118461.894	22219.254	5.33	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	15794.919	1722.353	9.17	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/m²)	844.100	507.873	1.66	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	118461.894	28793.738	4.11	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	15794.919	2460.651	6.42	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/m²)	1266.100	561.984	2.25	1.00	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

① 기둥 상단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.017	25041.425	110245.777	4.403	O.K
	모멘트최대	0.017	17143.388	47890.317	2.794	O.K
	단성설계	0.017	13714.710	21322.283	1.555	O.K
	편심최대	0.017	13028.975	38574.438	2.961	O.K
교축직각방향	축력최대	0.017	25041.425	110245.777	4.403	O.K
	모멘트최대	0.017	16457.652	27361.197	1.664	O.K
	단성설계	0.017	13714.710	24649.496	1.797	O.K
	편심최대	0.017	19077.812	66334.468	3.477	O.K
합성부재력	축력최대	0.017	25041.425	110245.777	4.403	O.K
	모멘트최대	0.017	17143.388	31561.124	1.841	O.K
	단성설계	0.017	13714.710	17060.574	1.244	O.K
	편심최대	0.017	13028.975	24064.078	1.847	O.K
	모멘트최대	0.017	16457.652	26361.640	1.602	O.K
	편심최대	0.017	19077.812	65598.371	3.438	O.K

② 기둥 하단

단면위치		Puse	Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.017	27147.270	125503.005	4.623	O.K
	모멘트최대	0.017	19168.238	55197.602	2.880	O.K
	단성설계	0.017	15334.591	24266.241	1.582	O.K
	편심최대	0.017	14567.861	44539.834	3.057	O.K
교축직각방향	축력최대	0.017	27147.270	124155.068	4.573	O.K
	모멘트최대	0.017	18401.509	30831.279	1.675	O.K
	단성설계	0.017	15334.591	28096.721	1.832	O.K
	편심최대	0.017	13801.132	22522.697	1.632	O.K
합성부재력	축력최대	0.017	27147.270	119655.958	4.408	O.K
	모멘트최대	0.017	19168.238	35844.368	1.870	O.K
	단성설계	0.017	15334.591	19771.869	1.289	O.K
	편심최대	0.017	14567.861	27049.873	1.857	O.K
	모멘트최대	0.017	18401.509	29589.892	1.608	O.K
	편심최대	0.017	13801.132	21494.448	1.557	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		깊이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3529.4	100.0	39953.127	44325.600	-	-	1.332	O.K
	우측내민보	3529.4	100.0	39953.127	44325.600	-	-	1.362	O.K
	좌측내민보4	3000.0	100.0	2905.686	7214.800	2860.222	7084.296	2.477	O.K
	우측내민보4	3000.0	100.0	2907.059	7214.800	2861.572	7084.296	2.476	O.K
	교량받침1	2366.7	100.0	130.204	44325.600	95.909	31344.487	326.814	O.K
	교량받침6	2370.3	100.0	169.950	44325.600	125.387	31397.964	250.409	O.K
	교량받침2	3164.9	100.0	13302.809	44325.600	13292.042	43372.989	3.263	O.K
	교량받침7	3168.4	100.0	13373.781	44325.600	13378.459	43426.466	3.246	O.K
	교량받침4	3138.8	100.0	13191.975	44325.600	13065.140	42979.416	3.290	O.K
	교량받침9	3135.2	100.0	13124.092	44325.600	12982.670	42925.940	3.306	O.K
	교량받침5	2311.0	100.0	166.843	44325.600	119.729	30503.806	254.773	O.K
	교량받침10	2307.4	100.0	130.196	44325.600	93.277	30450.329	326.452	O.K
기초	교축방향	2000.0	150.0	33699.376	54968.200	20250.142	32645.805	1.612	O.K
	교직-지점부	2000.0	150.0	31079.760	71951.400	18702.816	42329.893	2.263	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
두부보	좌측내민보	134.408	180.000	130.435	372.150	O.K
	우측내민보	134.306	180.000	130.435	372.600	O.K
	좌측내민보수평	140.826	180.000	220.589	345.450	O.K
	우측내민보수평	140.893	180.000	220.589	345.186	O.K
	교량받침1	0.837	180.000	130.435	75232.278	O.K
	교량받침6	1.056	180.000	130.435	59648.453	O.K
	교량받침2	72.520	180.000	130.435	868.726	O.K
	교량받침7	72.904	180.000	130.435	864.151	O.K
	교량받침4	73.705	180.000	130.435	854.698	O.K
	교량받침9	73.329	180.000	130.435	859.140	O.K
	교량받침5	1.048	180.000	130.435	60129.878	O.K
	교량받침10	0.838	180.000	130.435	75156.132	O.K
기초	교축방향	155.002	180.000	126.761	160.558	O.K
	교직-지점부	138.369	180.000	126.761	225.381	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
3) 교 량 등 급 : 1 등급
4) 기 초 형 식 : 직접기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.15

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 50
2) 기초지반의 내부마찰각 : φ2 = 42.386 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 28 kN/m²
4) 기초지반의 최대 허용지지력 : Qa = 844 kN/m²
5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.6 ; tanφb = 0.60, Cb = 0:암과 콘크리트
6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fcK = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 30891 MPa
기둥: 30891 MPa
기초: 27804 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
기둥(전단철근) 400 MPa
기초(전단철근) 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 : 국토교통부 (2010)
2) 콘크리트구조 설계기준 : 건설교통부 (2007)
3) 도로설계 편람 : 국토교통부 (2008)
4) 도로 설계 요령 : 한국도로공사 (2009)

5. 하 중 계 산

5.1 상부반력 및 교각자중

교좌번호	고정하중(D)	활하중(L)		
		만재하시(L1)	좌측편재하(L2)	우측편재하(L3)
1	1156.576	418.064	450.754	94.056
2	1130.387	379.030	363.678	147.028
3	1099.396	353.558	296.112	264.752
4	1079.456	324.145	156.610	372.448
5	1071.364	328.692	103.862	470.762
6	1081.898	360.309	389.536	79.873
7	1058.901	325.913	314.250	124.600
8	1034.611	304.002	229.676	228.148
9	1021.399	278.916	132.996	321.701
10	1020.706	281.930	86.992	407.591
계	10754.894	3354.559	2494.466	2509.959

※ 교각자중은 25.000 kN/m³ 의 값을 프로그램에서 자동재하

5.2 풍 하 중

1) 교축직각방향 (W-TR)

① 상부구조에 작용하는 풍하중

B/D = 12.140 / 4.260 = 2.850 [1≤ B/D< 8]

W1 = [4.0 - 0.2 x (12.140 / 4.260)] x 4.260 = 14.612 kN/m ≥ 6.0 이므로

= 14.612 kN/m

P1 = 14.612 x (45.130 + 45.000) / 2 x sin90.6

= 658.458 kN

작용위치 h = 4.260/2 + 0.400 + 1.000 = 3.53 m

작용모멘트 My = Ph x h = 658.458 x 3.530 = 2324.248 kN.m

☞ 작용모멘트는 수직력으로 환산하여 교량받침에 재하한다. 「※ 수직력 산정 참조」

구 분	1	2	3	4	5
수직력	92.33	46.21	0.1	-46.01	-92.13
구 분	6	7	8	9	10
수직력	92.13	46.01	-0.1	-46.21	-92.33

② 하부구조에 작용하는 풍하중

W'copping = 3.000 x 3.500 x 3.000 = 31.497 kN

W'column = 1.500 x 2.500 = 3.75 kN/m (풍상측)

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2를 적용 한다.

▣ 수직력 산정 : 교축직각방향 모멘트를 연직반력으로 변환



L1 = 0.000 m
L2 = 2.520 m
L3 = 5.040 m
L4 = 7.560 m
L5 = 10.080 m
L6 = 0.011 m
L7 = 2.531 m
L8 = 5.051 m
L9 = 7.571 m
L10 = 10.091 m

$M = \sum(Vi \times Li)$, i=1 ~ i=9 ---------- ①

V2 = (V1 + V10) x L2 / L10 - V10 ---------- ②
V3 = (V1 + V10) x L3 / L10 - V10 ---------- ③
V4 = (V1 + V10) x L4 / L10 - V10 ---------- ④
V5 = (V1 + V10) x L5 / L10 - V10 ---------- ⑤
V6 = (V1 + V10) x L6 / L10 - V10 ---------- ⑥
V7 = (V1 + V10) x L7 / L10 - V10 ---------- ⑦
V8 = (V1 + V10) x L8 / L10 - V10 ---------- ⑧
V9 = (V1 + V10) x L9 / L10 - V10 ---------- ⑨
$\sum V = \sum Vi$, i=1 ~ i=10 ---------- ⑩
$-V10 = \sum Vi$, i=1 ~ i=9 = 0 ---------- ⑪

= V1 + (V1 + V10) x L2 / L10 - V10
+ (V1 + V10) x L3 / L10 - V10
+ (V1 + V10) x L4 / L10 - V10
+ (V1 + V10) x L5 / L10 - V10
+ (V1 + V10) x L6 / L10 - V10
+ (V1 + V10) x L7 / L10 - V10
+ (V1 + V10) x L8 / L10 - V10
+ (V1 + V10) x L9 / L10 - V10

☞ ⑪식에서 V10 = αV1 → ⑧식 의 형태로 수렴한다.
⑧식을 ② ~ ⑨식에 대입하고, ② ~ ⑨식을 식①에 대입하면

M = β x V1
V1 = M / β
☞ V1값을 ② ~ ⑨식,⑧식에 대입한다.

연립방정식의 결과는 다음과 같다.
V1 = 0.040 x M
V2 = 0.020 x M
V3 = 0.000 x M
V4 = -0.020 x M
V5 = -0.040 x M
V6 = 0.040 x M
V7 = 0.020 x M
V8 = 0.000 x M
V9 = -0.020 x M
V10 = -0.040 x M

2) 교축방향 (W-LO)
① 하부구조에 작용하는 풍하중
W"copping = 106.121 kN (Copping 높이에 따라 재하)
W"column = 1.500 x 2.500 = 3.75 kN/m
※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용 한다.

5.3 풍하중에 작용하는 풍하중
활하중에 재하되는 풍하중에 대하여는 교면상 1.5m 위치에서 1500.000 N/m의 풍하중이 재하되는 것으로 한다. [도로설계기준 P19]
Ph = 1.500 x (45.130 + 45.000)/2 x sin90.6 = 67.594 kN
작용위치 h = 3.013 + 1.500 + 1.000 = 5.513 m
작용모멘트 My = Ph x h = 67.594 x 5.513 = 372.664 kN.m
☞ 작용모멘트는 수직력으로 환산하여 교량받침에 재하한다. 「R 수직력 산정 참조」

구 분	1	2	3	4	5
수직력	14.8	7.41	0.02	-7.38	-14.77
구 분	6	7	8	9	10
수직력	14.77	7.38	-0.02	-7.41	-14.8

5.4 온도하중 산정
1) 교축직각방향 (G-TR)
① 온도변화 범위 : ΔT = 10℃ 적용
② 건조수축 : ΔT = α / ε = 0.00015/0.000010 = -15.0℃

2) 교축방향 (G-LO)
① 교각의 종방향 변위를 유발하는 수평력
δ = α x ΔT x L 0.000012 x 25.0 x 45.000 = 0.0135 m

$$\delta = \frac{P \times L^3}{3 \times E \times I} \qquad P_h = \frac{3 \times E \times I \times \delta}{L^3}$$

Ph = 3 x 30891000 x 1.91748 x 1EA x 0.01350 / 16.700³ x sin90.6
= 515.077 kN
② 탄성받침의 전단변형을 유발하는 수평력
교량받침의 개수 : N = 10 EA
탄성받침의 전단탄성계수 : kh = 4792.000 kN/m
Ph = kh x δ x N = 4792.000 x 0.01350 x 10 x sin90.6
= 646.889 kN
☞ 수평력은 ①,②중 작은값 515.077 kN를 적용한다.
③ 작용 모멘트
Mh = 515.077 x (0.400 + 2.000/2) = 721.023 kN.m

5.5 교각 응답하중
1) 교축직각방향 (CO-TR)
P = 1000.000 kN의 하중이 지면상 1.8m 에서 수평으로 작용 하는것으로 한다.
작용위치 h = 6.360 m (기초상단으로 부터)

2) 교축방향 (CO-LO)
P = 500.000 kN의 하중이 지면상 1.8m 에서 수평으로 작용 하는것으로 한다.
작용위치 h = 6.360 m (기초상단으로 부터)

5.6 지진에 의한 하중 : 내진해석 참조

(Ig 적용)

구 분			교축 방향			교축직각방향		
위치	하중경우	기둥	전단력	모멘트	변위[m]	전단력	모멘트	변위[m]
기둥 상단	경우 1	기둥 1	2455.500	6138.100	0.05375	445.000	2336.700	0.02223
	경우 2	기둥 1	755.000	1896.100	0.01649	1385.300	7354.300	0.06947
기둥 하단	경우 1	기둥 1	2490.100	26537.200	0	454.900	7998.200	0
	경우 2	기둥 1	766.500	8145.800	0	1415.700	24974.500	0

5.7 하중조합 : 사용하중 검토시

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	E	CO
SVB01	1.00	1.00								
SVB02	1.00		1.00							
SVB03	1.00			1.00						
SVB04	1.00				1.00					
SVB05	1.00	1.00			0.50	1.00				
SVB06	1.00		1.00		0.50	1.00				
SVB07	1.00			1.00	0.50	1.00				
SVB08	1.00	1.00					1.00	1.00		
SVB09	1.00	1.00					-1.00	1.00		
SVB10	1.00		1.00				1.00	1.00		
SVB11	1.00		1.00				-1.00	1.00		
SVB12	1.00			1.00			1.00	1.00		
SVB13	1.00			1.00			-1.00	1.00		
SVB14	1.00				1.00		1.00	1.00		
SVB15	1.00				1.00		-1.00	1.00		
SVB16	1.00	1.00			0.50	1.00	1.00	1.00		
SVB17	1.00	1.00			0.50	1.00	-1.00	1.00		
SVB18	1.00		1.00		0.50	1.00	1.00	1.00		
SVB19	1.00		1.00		0.50	1.00	-1.00	1.00		
SVB20	1.00			1.00	0.50	1.00	1.00	1.00		
SVB21	1.00			1.00	0.50	1.00	-1.00	1.00		
SVB22	1.00								1.00	
SVB23	1.00	1.00								1.00
SVB24	1.00		1.00							1.00
SVB25	1.00			1.00						1.00
SVB26	1.00				1.00					1.00

D = 고정하중 또는 이에 따른 단면력
L = 활하중 또는 이에 따른 단면력
W = 풍하중 또는 이에 따른 단면력
WL = 차량활하중에 작용하는 풍하중 또는 이에 따른 단면력
E = 지진하중 또는 이에 따른 단면력
CO = 충돌하중 또는 이에 따른 단면력
G = 부동침하,크리프,건조수축(GS),제작 또는 시공시 치수착오,습도변화 또는 온도변화등으로 인한 팽창 또는 수축변형으로 유발된 변형력 또는 이에 따른 단면력
※ 위 테이블에 표시된 SVB는 교축방향이며, 모델링상의 SVO 는 교직방향을 나타냅니다.
SVB 와 SVO 는 동일한 하중조합의 교축, 교직방향 성분들입니다.

39.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 39.2.1】 능산4교(서울) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	능산4교(문산)의 주요 손상현황으로는 가로보 파손 및 철근노출, 교량받침 받침콘크리트 균열(Cw=0.3㎜미만), 받침콘크리트재료분리가 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	능산4교(서울)의 주요 손상현황으로는 바닥판하면 파손(거푸집미제거), 교량받침 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만), 받침몰탈 망상균열이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교량받침 받침콘크리트 균열(cw=0.3㎜미만) 바닥판하면 파손(거푸집 미제거)	양호

39.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

39.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

39.2.5 시설물 보수 이력

【표 39.2.2】 능산4교(서울) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

39.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 39.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

39.3 현장조사

39.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S4	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업전경



작업전경



연단거리 측정



비파괴시험

【사진 39.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

39.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 능산4교(서울)는 총 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=195.4m 폭 12.1m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



바닥판하면 전경(IPC)



바닥판하면 전경(SEG BEAM)

【사진 39.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 외관조사 결과, 파손, 거푸집미제거 등의 손상이 확인되었다.

【표 39.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	파손 (㎡/개소)		거푸집미제거 (㎡/개소)	
S1	-	-	-	-
S2	-	-	-	-
S3	-	-	-	-
S4	0.30	1	0.20	1
합계	0.30	1	0.20	1

	
바닥판 하면 S4 파손(0.3×1.0)	바닥판 하면 S4 파손(0.3×1.0)
	
바닥판 하면 S4 거푸집 미제거(0.2×1.0)	바닥판 하면 S4 거푸집 미제거(0.2×1.0)

【사진 39.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 파손, 거푸집 미제거는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형,, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수, 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 S1~S3구간은 IPC 거더, S4는 SEG Beam으로 시공되었으며, 도보 및 고소차를 이용한 외관조사를 실시하였다.



IPC거더 전경



SEG Beam 거더 전경

【사진 39.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, IPS 거더와 SEG Beam 거더 모두 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 39.3.2】 거더 현장조사 결과(IPC 거더)

구분		상태양호	
IPC 거더	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
합계		-	-

【표 39.3.3】 거더 현장조사 결과(SEG Beam 거더)

구분		상태양호	
SEG Beam	S4	-	-
합계		-	-

	
IPC 거더 손상현황	SEG Beam 거더 상태양호

【사진 39.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- IPC거더는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- SEG Beam 거더는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

■ 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 강재(SEG Beam구간)와 콘크리트(IPC구간)로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소차를 통한 근접조사를 실시하였다.

		
가로보 전경(IPC)	가로보 전경(IPC)	가로보 전경(SEGB)

【사진 39.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

■ 가로보에 대한 현장조사 결과, IPC거더와 SEG Beam거더의 가로보 모두 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 39.3.4】 가로보 현장조사 결과(IPC 거더)

구분		상태양호	
가로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
합계		-	-

【표 39.3.5】 가로보 현장조사 결과(SEG Beam 거더)

구분		상태양호	
가로보	S4	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호 (IPC거더)	가로보 상태양호 (IPC거더)
	
가로보 상태양호(SEG Beam 거더)	가로보 상태양호(SEG Beam 거더)

【사진 39.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- IPC 거더 구간의 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- SEG Beam 거더 구간의 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 능산4교(서울) 교대는 A1, A2 역T형으로 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 39.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 백태, 파손, 긁힘이 조사되었다.

【표 39.3.6】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)		긁힘 (㎡/개소)	
A1	2.00	1	-	-	0.10	2	-	-	-	-
A2	13.30	16	0.02	1	-	-	0.03	2	0.18	1
합계	15.30	17	0.02	1	0.10	2	0.03	2	0.18	1

	
교대 A1 흉벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	교대 A2 흉벽 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
교대 A1 흉벽 백태(0.1×0.5×2EA)	교대 A2 파손 (0.1×0.1)

【사진 39.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 조사된 폭0.3㎜미만 균열, 망상균열, 파손, 백태, 긁힘은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 능산4교(서울)의 교각은 T형 3기로, 기초는 직접기초로 시공되었다. 교각에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교각 전경(P1)



교각 전경(P2)

【사진 39.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 누수흔적, 폐콘크리트 퇴적이 조사되었다.

【표 39.3.7】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)		폐콘크리트퇴적 (㎡/개소)	
P1	18.70	7	27.00	2	-	-	-	-
P2	21.00	8	24.00	1	-	-	-	-
P3	1.50	1	1.00	1	1.00	1	5.00	1
합계	41.20	16	52.00	4	1.00	1	5.00	1

	
교각 P1 코핑부 균열(Cw=0.3㎜미만)	교각 P3 코핑부 누수흔적 (0.2×0.5)
	
교각 P3 코핑부 폐콘크리트 퇴적(1.0×1.0)	교각 P2 코핑부 망상균열 (12.0×2.0)

【사진 39.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

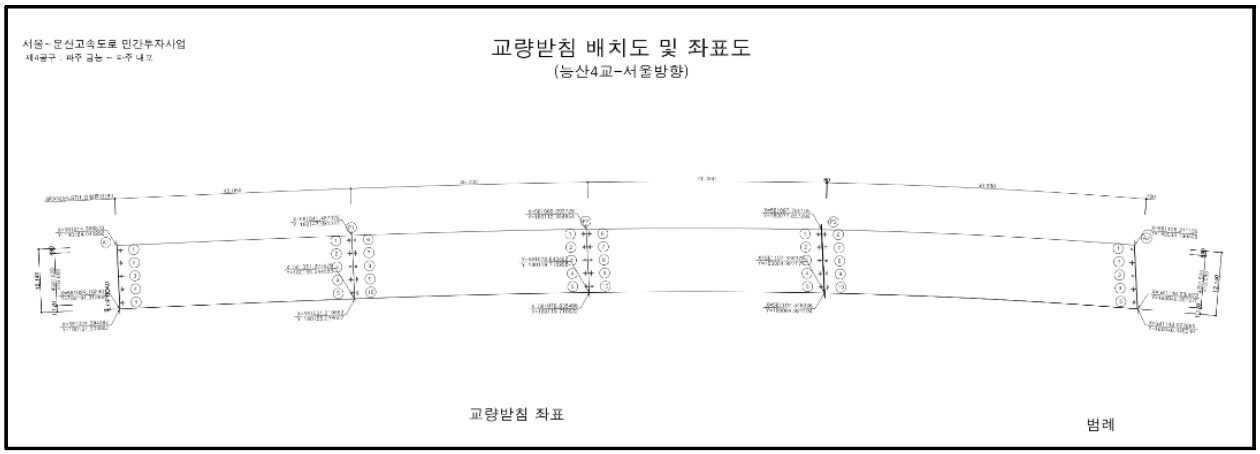
4) 검토의견

■ 교각에 대한 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 누수흔적, 폐콘크리트 퇴적이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 능산4교(서울)의 받침은 탄성받침으로 총 40기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 39.3.1】 교량받침 배치도



탄성받침 전경	탄성받침 전경(고정)	탄성받침 전경

【사진 39.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만), 받침콘크리트 재료분리 등이 조사되었다.

【표 39.3.8】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침콘크리트 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		받침콘크리트 재료분리 (㎡/개소)	
A1	-	-	-	-
P1	-	-	-	-
P2	-	-	0.09	1
P3	0.90	3	-	-
A2	-	-	-	-
합계	0.90	3	0.09	1



P2-Sh2 받침콘크리트 재료분리(0.3×0.3)



P3-Sh1 받침콘크리트 균열 (Cw=0.3㎜미만)

【사진 39.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

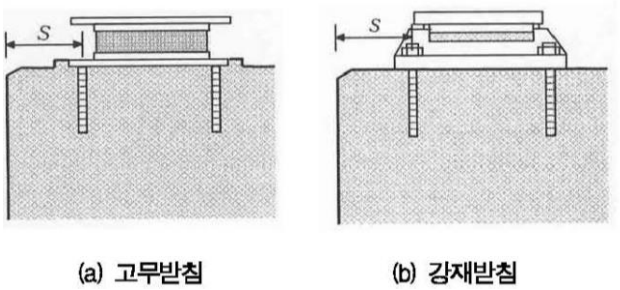
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교량받침에 조사된 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만), 받침콘크리트 재료분리의 경우 초기 건조수축, 시공미흡, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로, 부재의 내구성 확보를 위하여 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 39.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

	
받침장치 연단거리 측정	받침장치 연단거리 측정

【사진 39.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=45.13m) : 200+5×45.13 = 426(㎜)
- 거더 경간길이(L=45.0m) : 200+5×45.0 = 425(㎜)
- 거더 경간길이(L=45.17m) : 200+5×45.17 = 426(㎜)
- 거더 경간길이(L=60.1m) : 200+5×60.1 = 501(㎜)

【표 39.3.9】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)					검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
			Sh6	Sh7	Sh8	Sh9	Sh10	
A1		426	580	550	550	520	520	O.K
P1	A1측	426	930	930	920	920	920	O.K
	A2측	425	930	930	930	930	930	O.K
P2	A1측	425	940	910	910	910	910	O.K
	A2측	426	930	920	920	920	920	O.K
P3	A1측	426	930	930	920	920	920	O.K
	A2측	501	950	940	940	940	940	O.K
A2		501	620	620	620	610	610	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 39.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 39.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	36.3	13.7	0.00001	45.1	16.4	6.2	
P1	고정단						
P2	36.3	13.7	0.00001	45.0	16.3	6.2	
P3(sh1-5)	36.3	13.7	0.00001	90.2	32.7	12.4	
P3(sh5-10)	고정단						
A2	36.3	13.7	0.00001	60.1	21.8	8.2	

1) 조사당시 온도 : 21.3℃(조사일 : 2022년 08월 25일, 평균온도, 파주)
2) 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)

【표 39.3.11】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	-5	62	72	16.4	6.2	±67	O.K
	SH2	-5	62	72			±67	O.K
	SH3	-5	62	72			±67	O.K
	SH4	-5	62	72			±67	O.K
	SH5	-5	62	72			±67	O.K
P1	고정단							
P2	SH1	0	67	67	16.3	6.2	±67	O.K
	SH2	0	67	67			±67	O.K
	SH3	0	67	67			±67	O.K
	SH4	0	67	67			±67	O.K
	SH5	0	67	67			±67	O.K
	SH6	0	67	67			±67	O.K
	SH7	0	67	67			±67	O.K
	SH8	0	67	67			±67	O.K
	SH9	0	67	67			±67	O.K
	SH10	0	67	67			±67	O.K
P3(Sh1~Sh5)	SH1	0	67	67	32.7	12.4	±67	O.K
	SH2	0	67	67			±67	O.K
	SH3	0	67	67			±67	O.K
	SH4	0	67	67			±67	O.K
	SH5	0	67	67			±67	O.K
P3(Sh6~Sh10)	고정단							
A2	SH1	+10	60	40	21.8	8.2	±50	O.K
	SH2	+10	60	40			±50	O.K
	SH3	+10	60	40			±50	O.K
	SH4	+10	60	40			±50	O.K
	SH5	+10	60	40			±50	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K
허용변위 = 받침높이 × 0.3

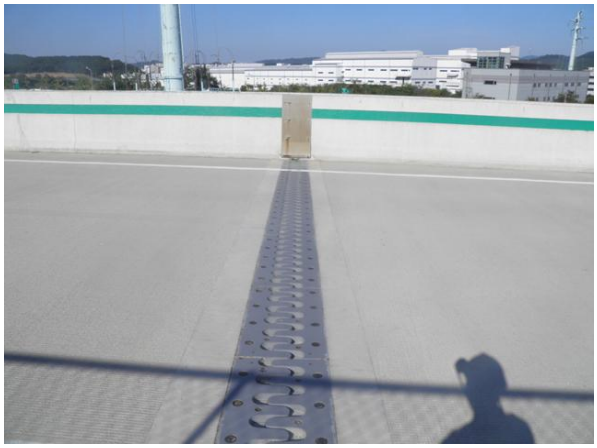
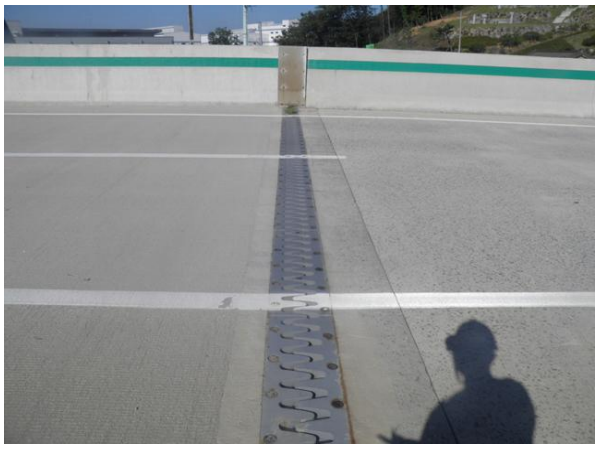
② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

■ 본 교량의 신축이음장치는 A1, P3, A2 강핑거조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(P3) 전경
	-
EXP.J3(A2) 전경	-

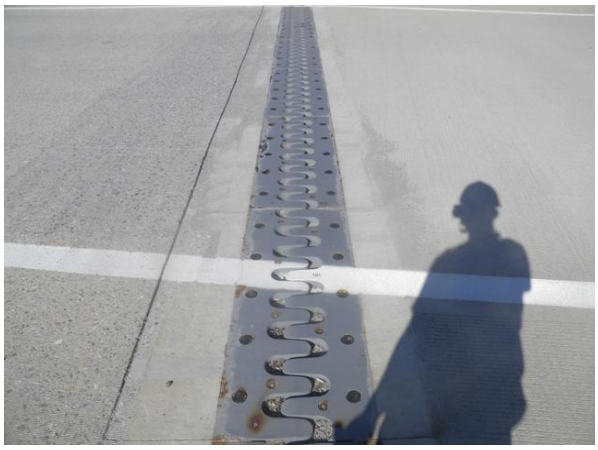
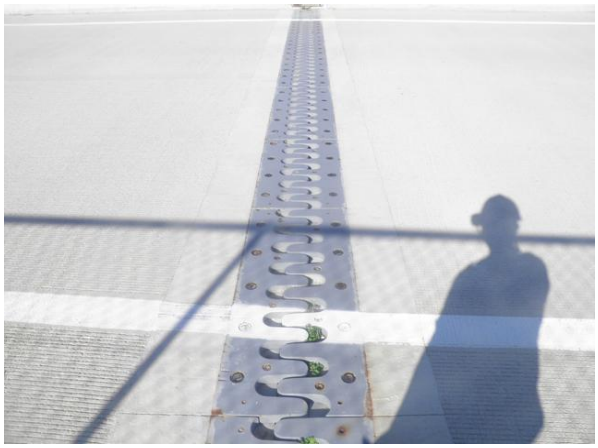
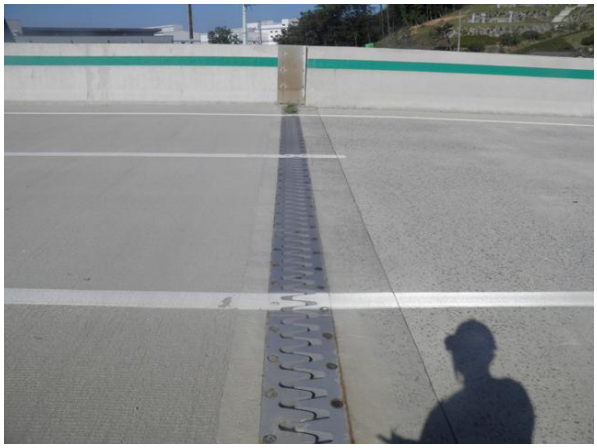
【사진 39.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

■ 신축이음 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 39.3.12】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1 (EXP J1)	-	-
P3 (EXP J2)	-	-
A2 (EXP J3)	-	-
합계	-	-

	
신축이음 A1 상태양호	신축이음 A1 상태양호
	
신축이음 P3 상태양호	신축이음 A2 상태양호

【사진 39.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 09. 26. 기온 적용: 16.2℃(일평균)
RC교 △T(신장시) : 35.0℃−16.2℃ = 18.8℃
△T(수축시) : −15.0℃−(16.2℃) = 31.2℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 39.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 39.3.13】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	31.2	18.8	0.00001	45.1	14.1	8.5	60	80	180	
P3	31.2	18.8	0.00001	90.2	28.1	16.9	70	100	400	
A2	31.2	18.8	0.00001	60.1	18.8	11.3	60	90	80	
1) 조사당시 온도 : 16.2℃(조사일 : 2022년 09월 26일, 평균온도, 파주) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 39.3.14】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	14.1	8.5	60	80	5.9	51.5	O.K
	바닥판			80	-	-	71.5	O.K
	거더			180	-	-	171.5	O.K
P3	신축이음	28.1	16.9	70	120	21.9	53.1	O.K
	바닥판			100	-	-	83.1	O.K
	거더			400	-	-	383.1	O.K
A2	신축이음	18.8	11.3	60	100	21.2	48.7	O.K
	바닥판			90	-	-	78.7	O.K
	거더			80	-	-	68.7	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 능산4교(서울)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 LMC 포장(T=50㎜)으로 되어있다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

【사진 39.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장 현장조사 결과 전체적인 상태는 양호하나 국부적은 접속도로 포장박리가 조사되었다.

【표 39.3.15】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 포장박리 (㎡/개소)	
S1	10.50	1
S2	-	-
S3	-	-
S4	12.50	1
합계	23.00	2

	
교면포장 S1 접속도로 포장박리(1.5×7.0)	교면포장 S5 접속도로 포장박리(1.5×7.0)
	
교면포장 S4 접속도로 포장박리(2.5×5.0)	교면포장 S4 접속도로 포장박리(2.5×5.0)

【사진 39.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장의 현장조사 결과 접속도로 포장박리는 초기 건조수축, 온도변화, 차량의 윤하중, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 실링재 충전 등의 보수대책을 수립 및 지속적인 주의관찰이 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 능산4교(서울)의 상부는 그레이팅 덮개로 마감된 배수구, 하부는 육교형 배수관이 시공되어 있고, 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.



배수구 전경



배수관 전경

【사진 39.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수관 이음부 불량이 조사되었다.

【표 39.3.16】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수관 이음부불량 (EA/개소)	
S1	-	-
S2	-	-
S3	1.00	1
S4	-	-
합계	1.00	1

	
배수시설 S13 배수관 이음부 불량(1EA)	배수시설 S13 배수관 이음부 불량(1EA)

【사진 39.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수시설의 현장조사 결과 시공미흡 등에 의한 배수관 이음부 불량이 조사되었으며, 부재의 내구성 확보 및 2차손상 방지를 위한 정비(재설치) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽 전경



중분대 전경

【사진 39.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3㎜미만), 시공불량(철근노출), 실란트 파손이 조사되었다.

【표 39.3.17】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		시공불량(철근노출) (㎡/개소)		실란트 파손 (m/개소)	
S1	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	-	-	-	-
S4	20.30	26	0.90	1	1.50	1
합계	20.30	26	0.90	1	1.50	1

	
방호벽 S4 균열(Cw=0.3㎜미만)	방호벽 S4 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
방호벽 S4 시공불량(철근노출)(3.0×0.3)	방호벽 S4 실란트파손(L=1.5m)

【사진 39.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열(폭0.3㎜미만), 시공불량(철근노출), 실란트 파손은 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 실란트 재충전, 단면보수 및 방청을 실시하는 것이 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 능산4교(서울)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A2에 강재+알루미늄 재질의 점검로가 설치되어 있다.

	
점검로 전경	점검로 전경

【사진 39.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대에 설치된 점검로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 39.3.18】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
A2	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 40.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

39.3.3 현장조사 총괄표

【표 39.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		파손	㎡	0.30	1	
		거푸집미제거	㎡	0.20	1	
거더	IPC거더	상태양호	-	-	-	
	SEG B거더	상태양호	-	-	-	
가로보	IPC	상태양호	-	-	-	
	SEG B거더	상태양호	-	-	-	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	15.30	17	
		망상균열	㎡	0.02	1	
		백태	㎡	0.10	2	
		파손	㎡	0.03	2	
		긁힘	㎡	0.18	1	
교각		균열(0.3㎜미만)	m	41.20	16	
		망상균열	m	52.00	4	
		누수흔적	㎡	1.00	1	
		폐콘크리트퇴적	㎡	5.00	1	
교량받침		받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)	m	0.90	3	
		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.09	1	
신축이음		상태양호	-	-	-	
교면포장		접속도로 포장박리	㎡	23.00	2	
배수시설		배수관 이음부 불량	EA	1.00	1	
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	20.30	2	
		시공불량(철근노출)	㎡	0.90	1	
		실란트 파손	m	1.50	1	

39.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

39.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

39.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 39.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	4	4	4	4	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	2	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



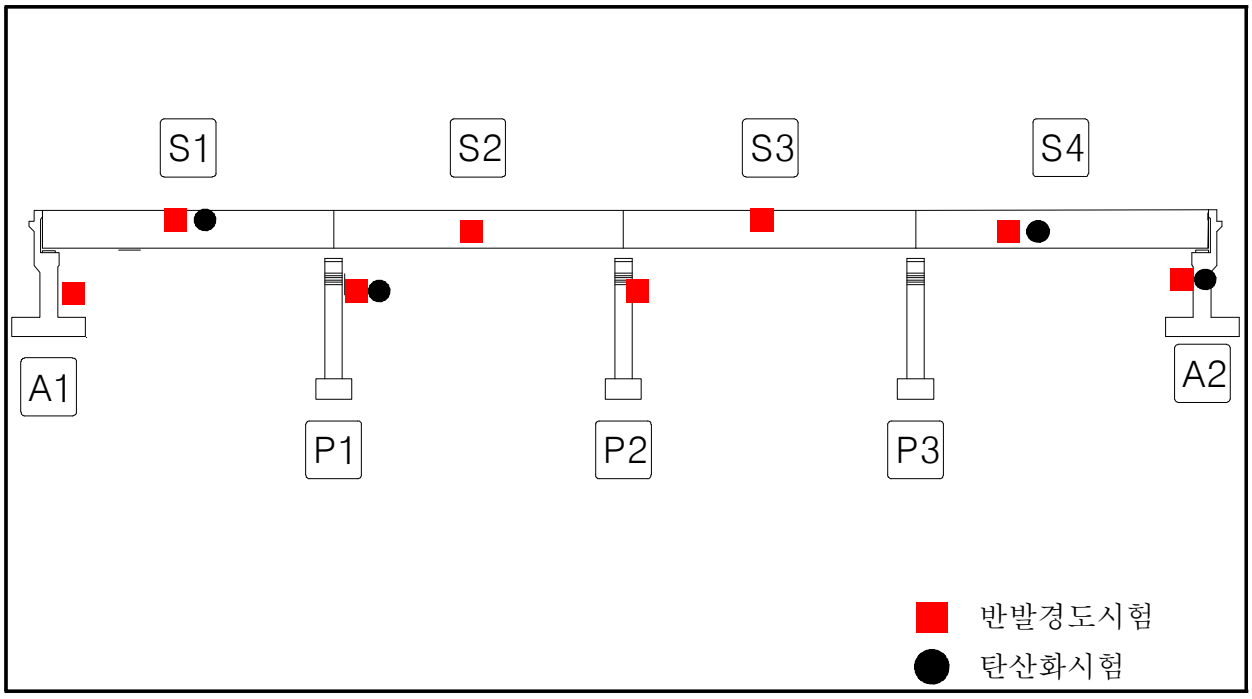
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 39.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 39.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

39.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 8개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 39.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판	46.8	27.8	29.0	0.67	27.0	
	S4 바닥판	46.6	27.6	28.9			

【표 39.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
상부 구조	S2 거더	48.6	41.0	48.9	0.67	40.0	
	S3 거더	48.7	41.1	49.1			

【표 39.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	43.4	24.9	27.4	0.67	24.0	
	A2 교대	43.0	24.5	27.2			

【표 39.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1 교각	48.7	41.2	49.2	0.67	40.0	
	P2 교각	48.4	40.8	48.6			

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.6~29.0MPa, 거더 41.0~49.1 MPa, 하부구조 교대 24.5~27.4MPa, 교각 40.8~49.2MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0MPa, 거더: 40.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 40.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 39.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.6~29.0	27.0	102.3~107.4
	거더	41.0~49.1	40.0	102.6~122.8
하부구조	교대	24.5~27.4	24.0	102.0~114.0
	교각	40.8~49.2	40.0	102.1~123.0

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 39.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S1 바닥판하면	2.0	40.0	38.0	a	1.41	100년이상	
	S4 바닥판하면	1.0	40.0	39.0	a	0.71	100년이상	
하부구조	P1 코핑부	1.5	100.0	98.5	a	1.06	100년이상	
	A2 교대	3.5	100.0	96.5	a	2.47	100년이상	

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0~2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~3.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 39.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.0~2.0	38.0~39.0	
하부구조	1.5~3.5	96.5~98.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 39.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.6~29.0	27.0	■설계강도 이상(양호)
		거더	41.0~49.1	40.0	
	하부구조	교대	24.5~27.4	24.0	
		교각	40.8~49.2	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.0~39.0	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.5~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

39.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

39.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 39.5.1】 상태평가 결과표 (IPC)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	IPC	a	a	a	c	a	a	a	a	b	q	a	–
S2	P1	IPC	a	a	a	a	a	a	–	a	b	q	–	a
S3	P2	IPC	a	a	a	a	a	a	–	b	b	q	–	–
평균			0.100	0.100	0.100	0.200	0.100	0.100	0.100	0.133	0.200	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.020	0.005	0.014	0.003	0.002	0.009	0.012	0.040	–	0.004	0.003
													0.130	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.130) < 0.260

【표 39.5.2】 상태평가 결과표 (SEGB)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S4	P3	SEGB	b	a	a	c	b	c	a	a	b	q	a	–
	A2	SEGB							a	a	b	q	–	a
평균			0.200	0.100	0.100	0.400	0.200	0.400	0.100	0.100	0.200	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.036	0.020	0.005	0.028	0.006	0.008	0.009	0.009	0.040	–	0.004	0.003
													0.168	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.168) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 39.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
능산4교(서울)(IPC)	0.130	B	135.3	2	271	0.692	0.090
능산4교(서울)(SEGB)	0.168	B	60.1	2	120	0.308	0.052
합계(Σ)			195.4	4	391	1.000	0.142
1. 평가지수							0.142
2. 상태평가결과 =							B

39.5.2 기 점검 결과와의 비교

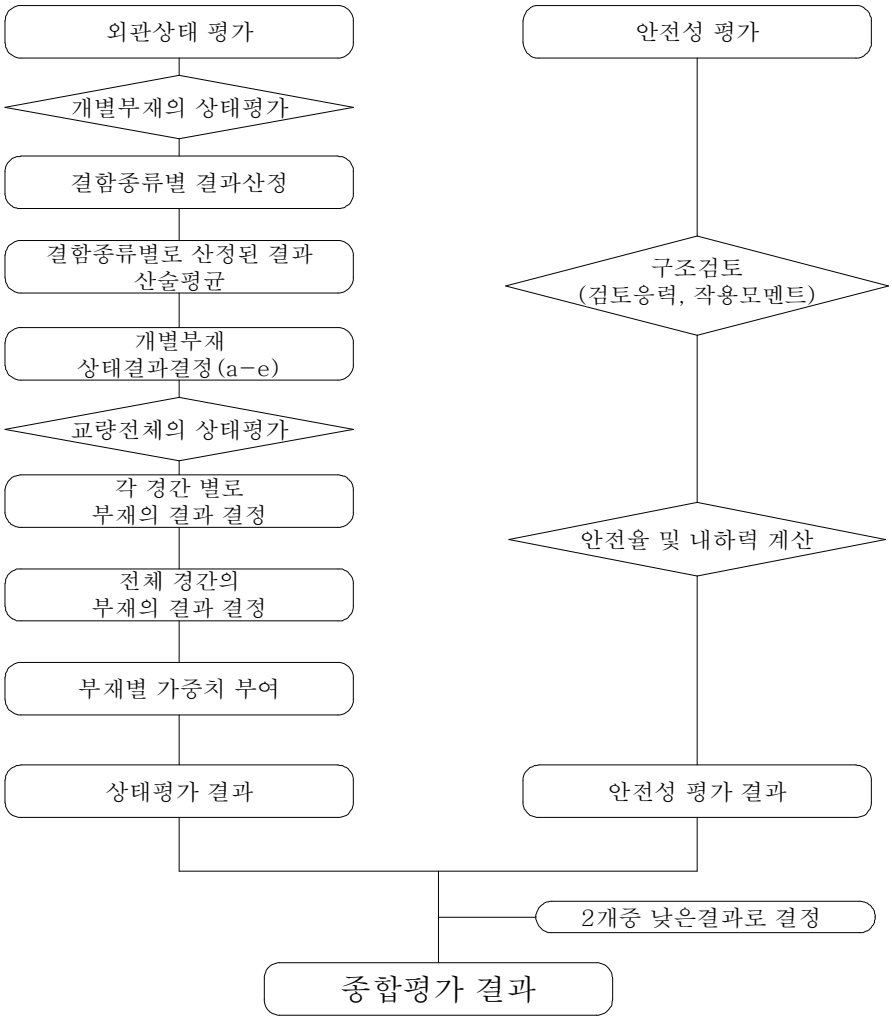
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

39.6 종합평가 및 안전등급 지정

39.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 39.6.1】 종합평가 결과 산정절차

39.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 39.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
능산4교(서울)	0.142	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

39.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 39.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

39.7 보수·보강 및 유지관리방안

39.7.1 보수·보강 방안

【표 39.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		파손	㎡	0.30	1	단면보수	하자
		거푸집미제거	㎡	0.20	1	정비	하자
거더	IPC거더	상태양호	-	-	-	-	-
	SBGB 거더	상태양호	-	-	-	-	-
가로보	IPC거더	상태양호	-	-	-	-	-
	SBGB 거더	상태양호	-	-	-	-	-
교대		균열(0.3㎜미만)	m	15.30	17	표면처리	하자
		망상균열	㎡	0.02	1	단면보수	하자
		백태	㎡	0.10	2	표면처리	하자
		파손	㎡	0.03	2	단면보수	하자
		긁힘	㎡	0.18	1	단면보수	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	m	41.20	16	표면처리	하자
		망상균열	㎡	52.00	4	표면처리	하자
		누수흔적	㎡	1.00	1	표면처리	하자
		폐콘크리트퇴적	㎡	5.00	1	정비	하자
교량받침		받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)	m	0.90	3	표면처리	하자
		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.09	1	단면보수	하자
신축이음		상태양호	-	-	-	-	-
교면포장		접속도로 포장박리	㎡	23.00	2	단면보수	하자
배수시설		배수관 이음부 불량	EA	1.00	1	정비(재설치)	하자
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	20.30	2	표면처리	하자
		시공불량(철근노출)	㎡	0.90	1	단면보수 및 방청	하자
		실란트 파손	m	1.50	1	실란트재충전	하자

39.7.2 개략공사비

【표 39.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	파손	단면보수	0.30	0.45	㎡	-	-	하자
	거푸집미제거	정비	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
교대	균열(0.3㎜미만)	표면처리	15.30	5.74	㎡	-	-	하자
	망상균열	단면보수	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
	백태	표면처리	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
	파손	단면보수	0.03	0.05	㎡	-	-	하자
	긁힘	단면보수	0.18	0.27	㎡	-	-	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	표면처리	41.20	15.45	㎡	-	-	하자
	망상균열	표면처리	52.00	78.00	㎡	-	-	하자
	누수흔적	표면처리	1.00	1.50	㎡	-	-	하자
	폐콘크리트 퇴적	정비	5.00	7.50	㎡	-	-	하자
교량받침	받침콘 균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.90	0.34	㎡	-	-	하자
	받침콘 재료분리	단면보수	0.09	0.14	㎡	-	-	하자
교면포장	접속도로 포장박리	단면보수	23.00	34.50	㎡	-	-	하자
배수시설	배수관 이음부 불량	정비(재설치)	1.00	1.00	EA	-	-	하자
방호벽	균열(0.3㎜미만)	표면처리	20.30	7.61	㎡	-	-	하자
	시공불량(철근노출)	방청	0.90	1.35	㎡	-	-	하자
	실란트 파손	실란트재충전	1.50	1.50	m	-	-	하자
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	-		-			-	
	재경비 (순공사비의 50%)	-		-			-	
	합계	-		-			-	
개략공사비 총계(천원)		-						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

39.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 39.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상





① 바닥판 하면 파손 – 진전 여부확인



② 하부구조 망상균열 – 진전 여부확인

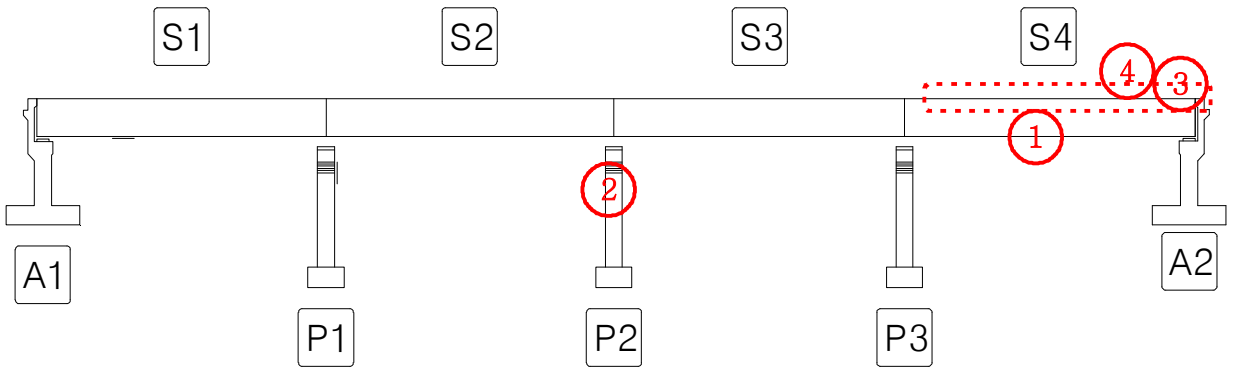




③ 교면포장 포장박리 – 진전 여부확인



④ 방호벽 실란트파손, 시공불량(철근노출) 등 - 진전 여부확인



39.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 능산리 산 13-7에 위치한 교량으로 총 연장 195.4m, 폭 12.1m의 IPC + SEG Beam 거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

39.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 발생한 파손, 거푸집 미제거는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형,, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수, 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- IPC거더는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- SEG Beam 거더는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- IPC 거더 구간의 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- SEG Beam 거더 구간의 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 조사된 폭0.3㎜미만 균열, 망상균열, 파손, 백태, 긁힘은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교각

■ 교각에 대한 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 누수흔적, 폐콘크리트 퇴적이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

6) 교량받침

■ 교량받침에 조사된 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만), 받침콘크리트 재료분리의 경우 초기 건조수축, 시공미흡, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로, 부재의 내구성 확보를 위하여 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

■ 신축이음은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

■ 교면포장의 현장조사 결과 접속도로 포장박리는 초기 건조수축, 온도변화, 차량의 윤하중, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 실링재 충전 등의 보수대책을 수립 및 지속적인 주의관찰이 요구된다.

9) 배수시설

■ 배수시설의 현장조사 결과 시공미흡 등에 의한 배수관 이음부 불량이 조사되었으며, 부재의 내구성 확보 및 2차손상 방지를 위한 정비(재설치) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

10) 방호벽

■ 방호벽에 발생한 균열(폭0.3㎜미만), 시공불량(철근노출), 실란트 파손은 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 다짐불량 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 실란트 재충전, 단면보수 및 방청을 실시하는 것이 필요하다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.6~29.0㎫, 거더 41.0~49.1㎫, 하부구조 교대 24.5~27.4㎫, 교각 40.8~49.2㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0~2.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~3.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 능산4교(서울)의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.142 “B” 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 능산4교(서울)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

39.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

39.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

40. 능산4교(문산)

40.1 시설물 개요
40.2 자료수집 및 분석
40.3 현장조사
40.4 콘크리트 내구성조사
40.5 상태평가
40.6 종합평가 및 안전등급 지정
40.7 보수·보강 및 유지관리 방안
40.8 종합결론

40. 능산4교(문산)

40.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 능산리 산 13-7에 위치한 교량으로 총 연장 195.4m, 폭 12.1m로 시공되어 있다.

40.1.1 일반사항

【표 40.1.1】 능산4교(문산) 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000147	관리번호		-
시설물위치		경기도 파주시 조리읍 능산리 산 13-7	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		-	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=195.4m(45.13+45.0+45.17+60.1=195.4m)			
	폭	B=12.1m, 2차로			
구조형식	상부	IPC 거더 + SEGB Beam	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교 각	직접기초
교량받침		탄성받침	신축이음		강핑거조인트
교차시설물		능산천	통과높이		-
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		㈜대우건설	설 계 자		㈜신성엔지니어링
감 리 자		㈜신성엔지니어링	관리주체		서울문산고속도로주식회사

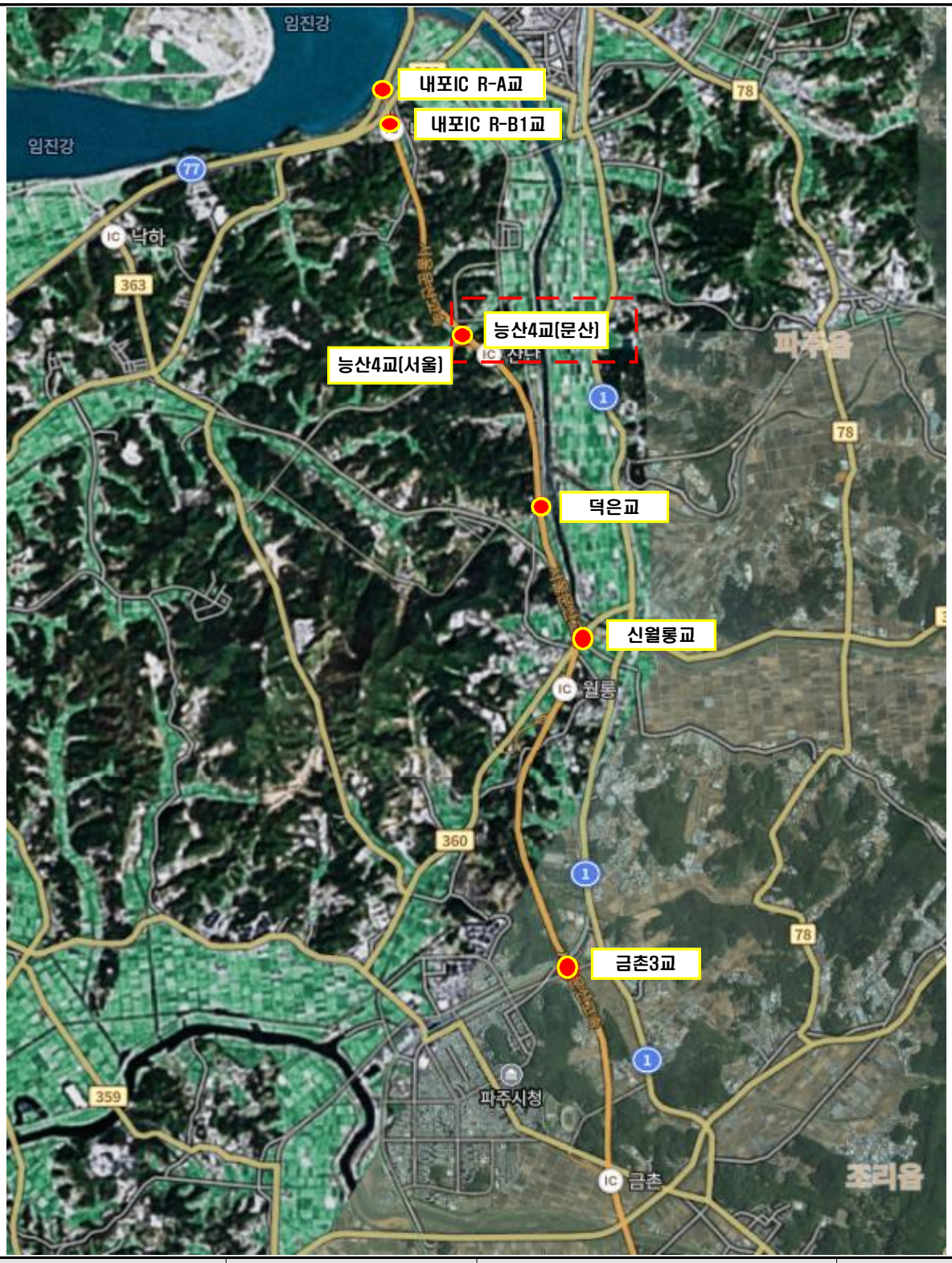


측면 전경



상부 전경

40.1.2 위치도 및 전경사진



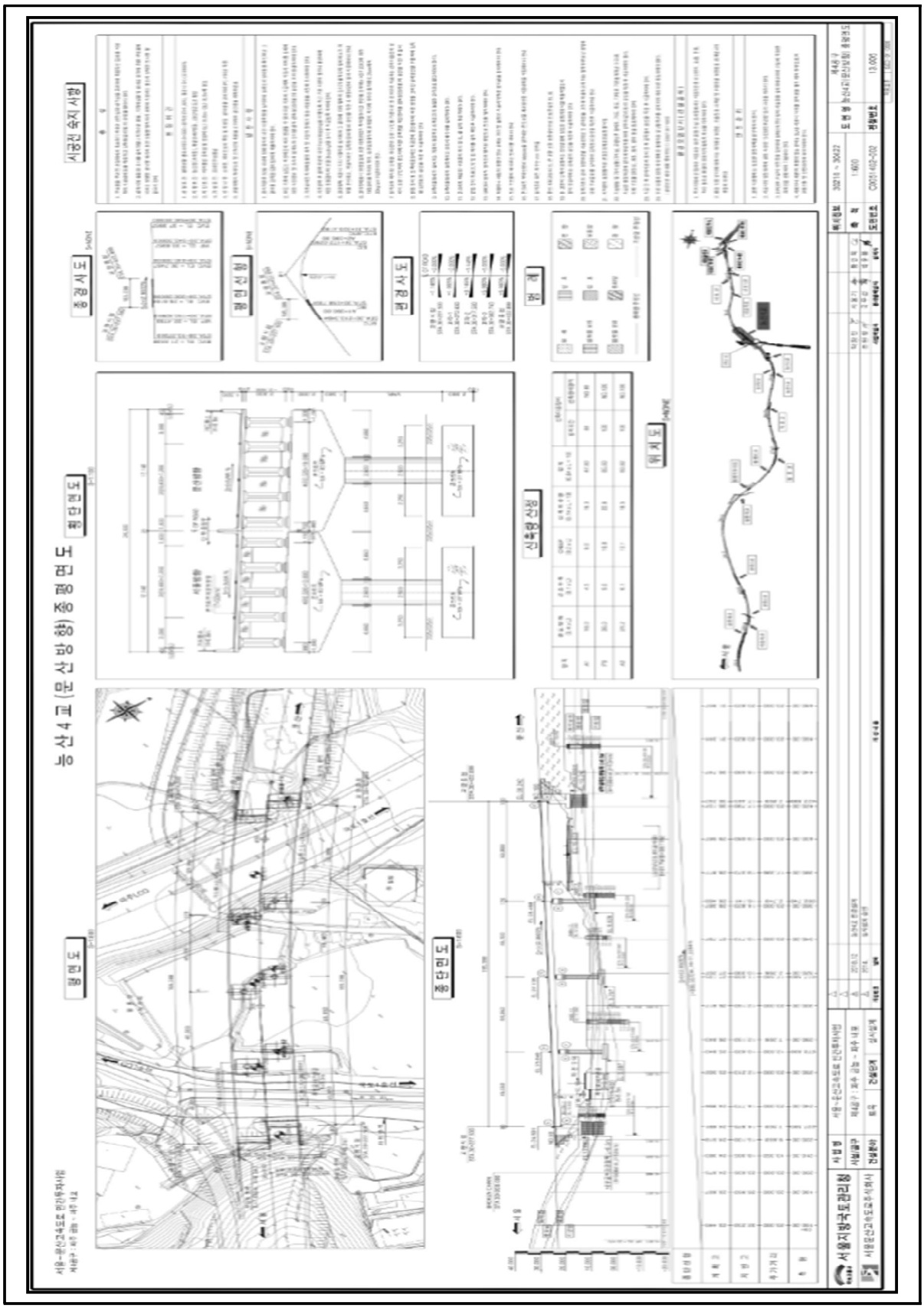
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S4	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	

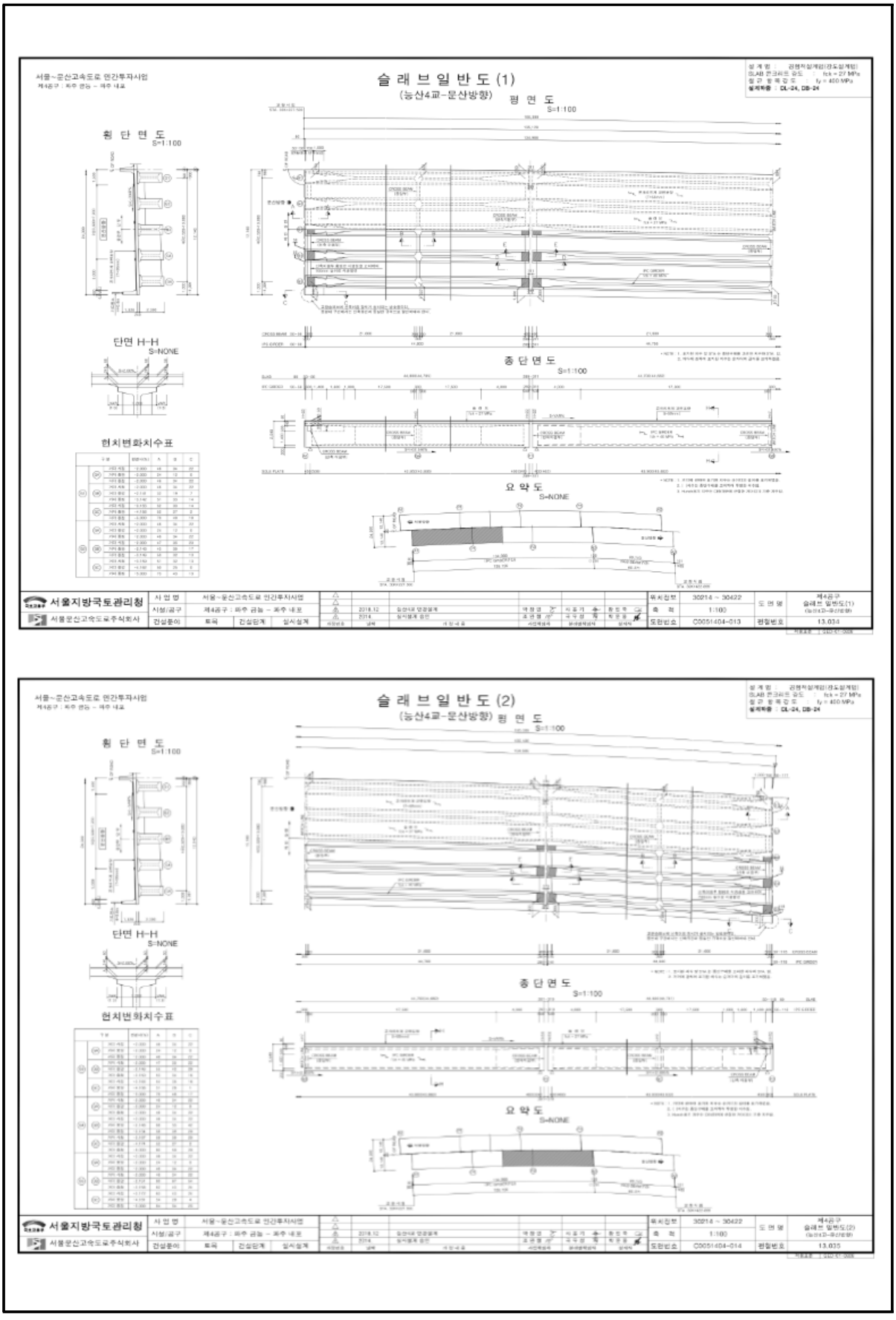
【그림 40.1.1】 위치도

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

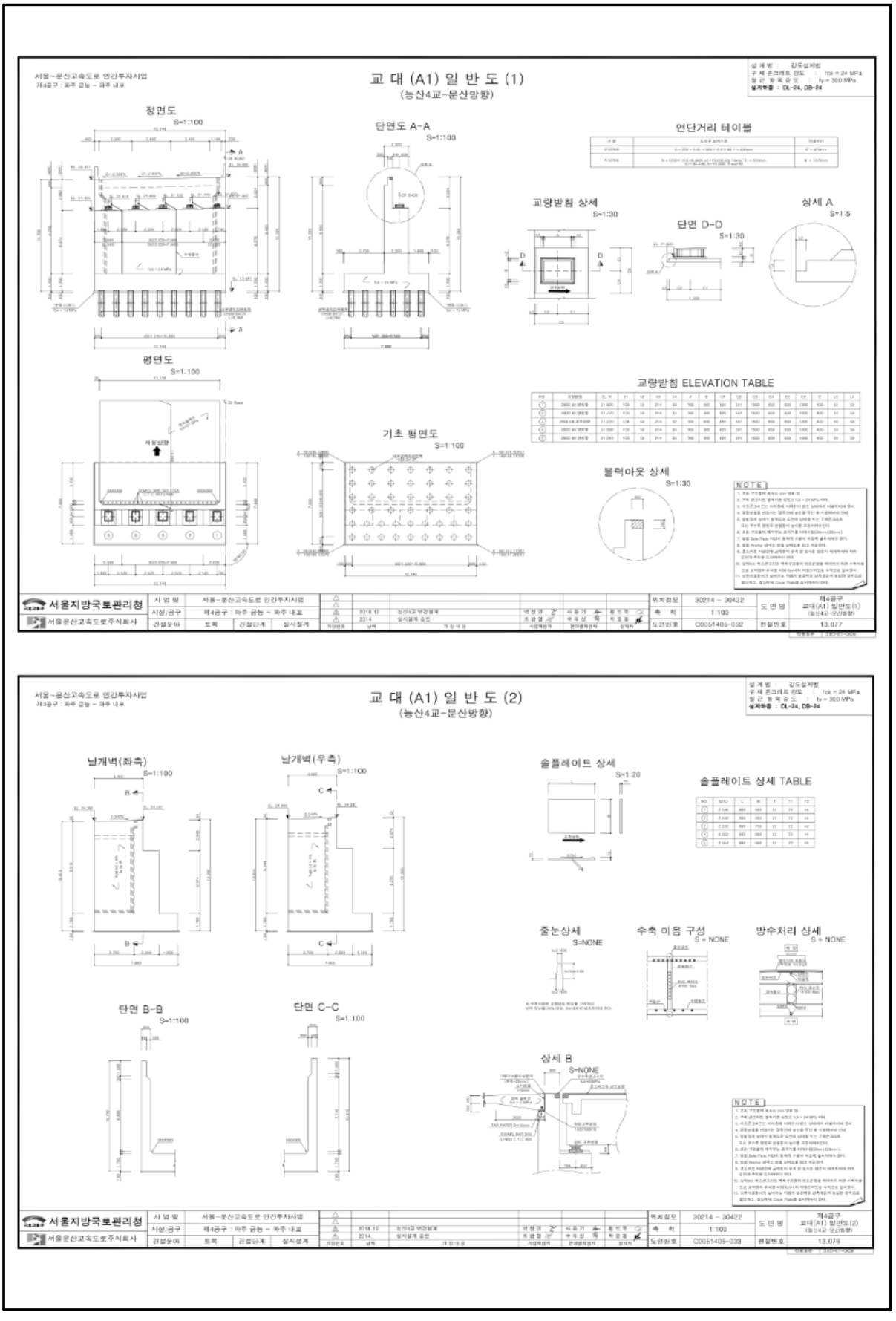
【그림 40.1.2】 부재별 현황

40.1.3 시설물 일반도

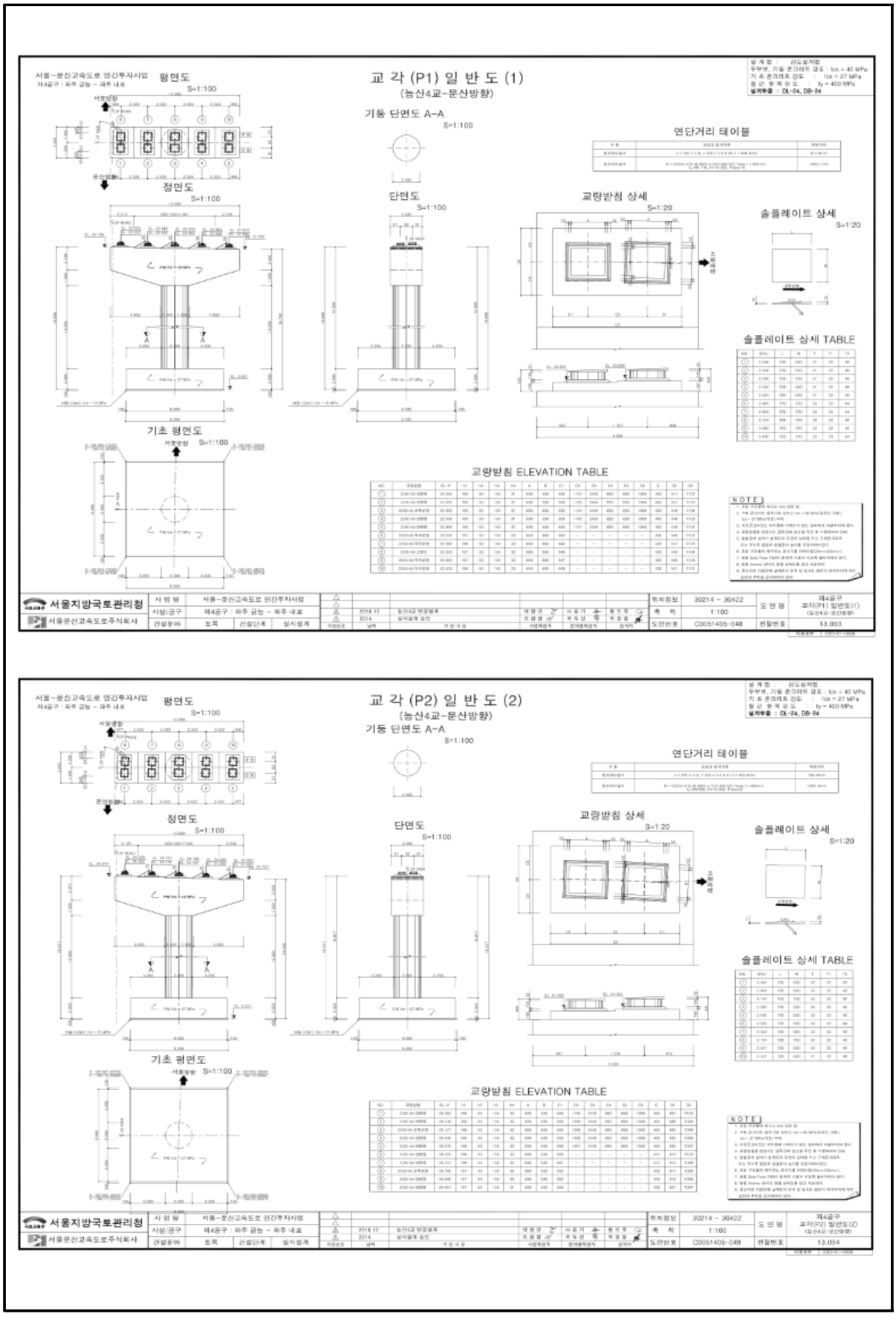

능산4교 (문산방향) 종평면도
평면도
종단면도
횡단면도
교대 및 교각
교대 및 교각 철근상세
교대 및 교각 철근상세
교대 및 교각 철근상세



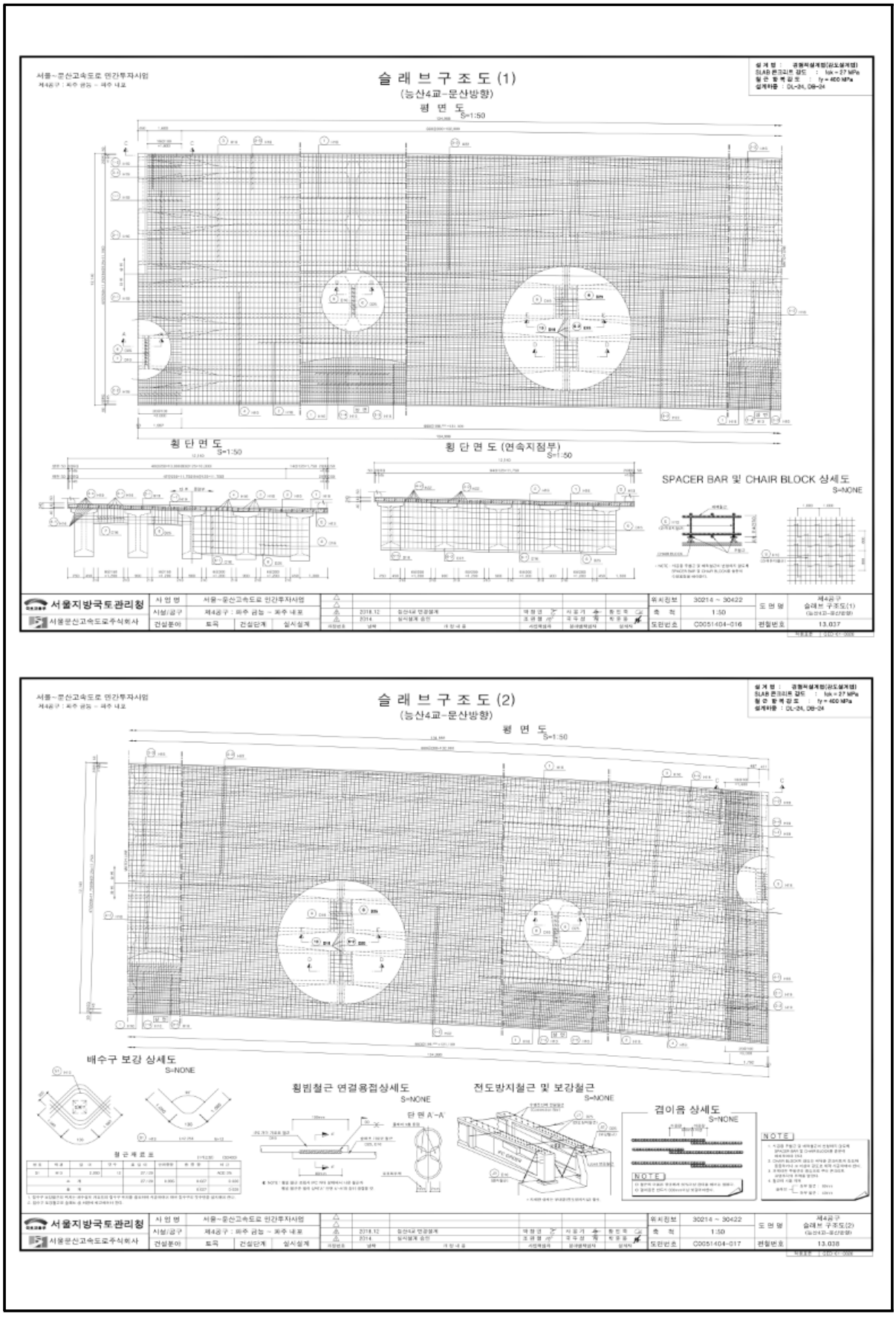
【그림 40.1.4】 바닥판하면 일반도



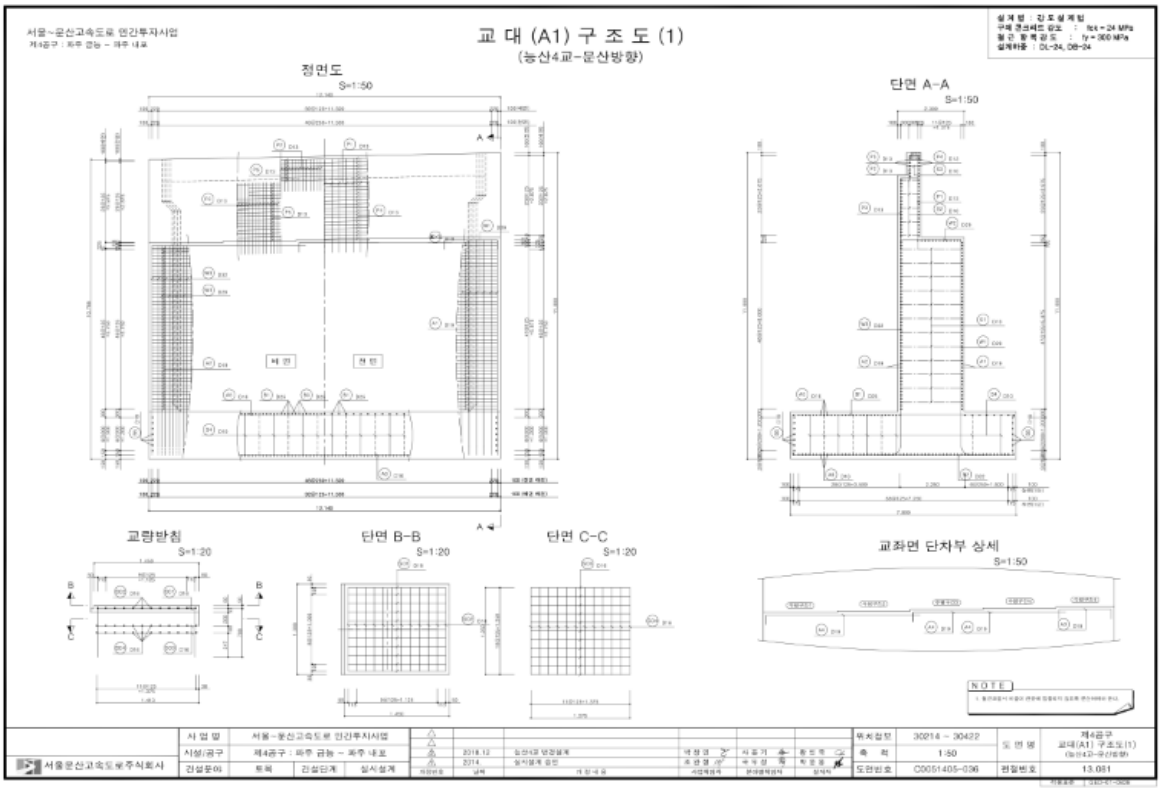
【그림 40.1.5】 교대 일반도

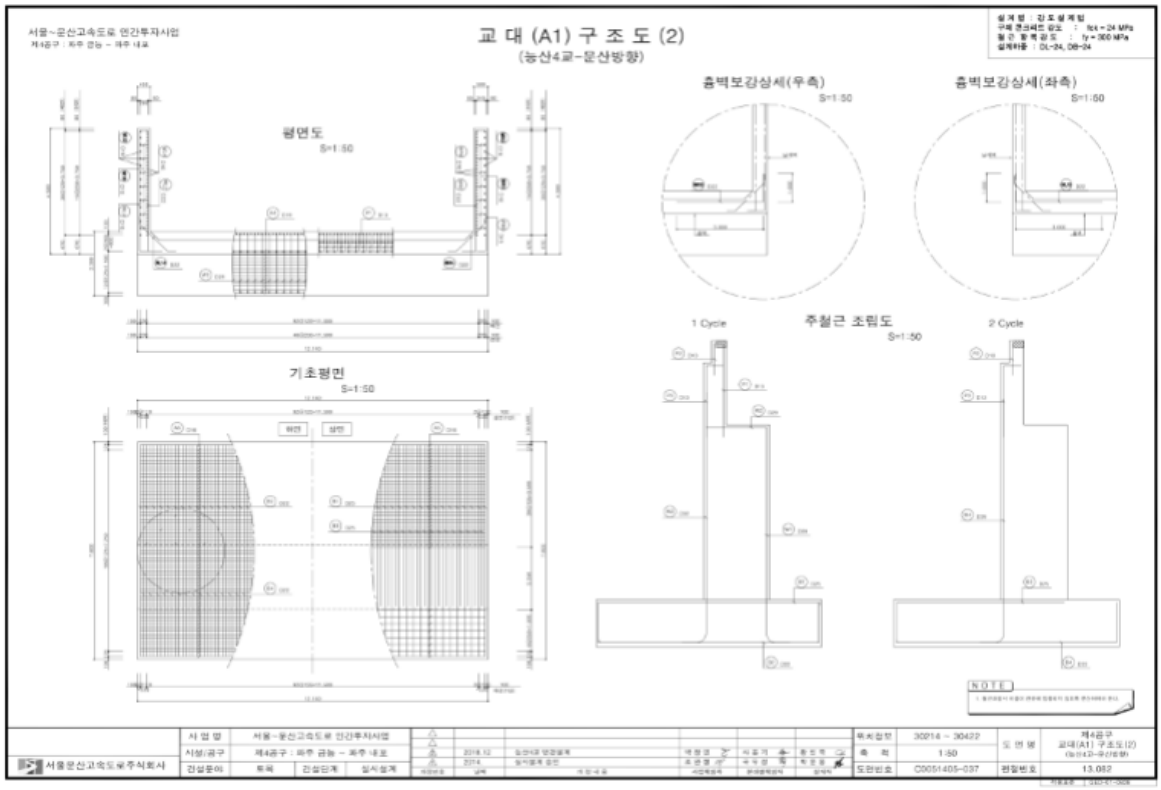


【그림 40.1.6】 교각 일반도

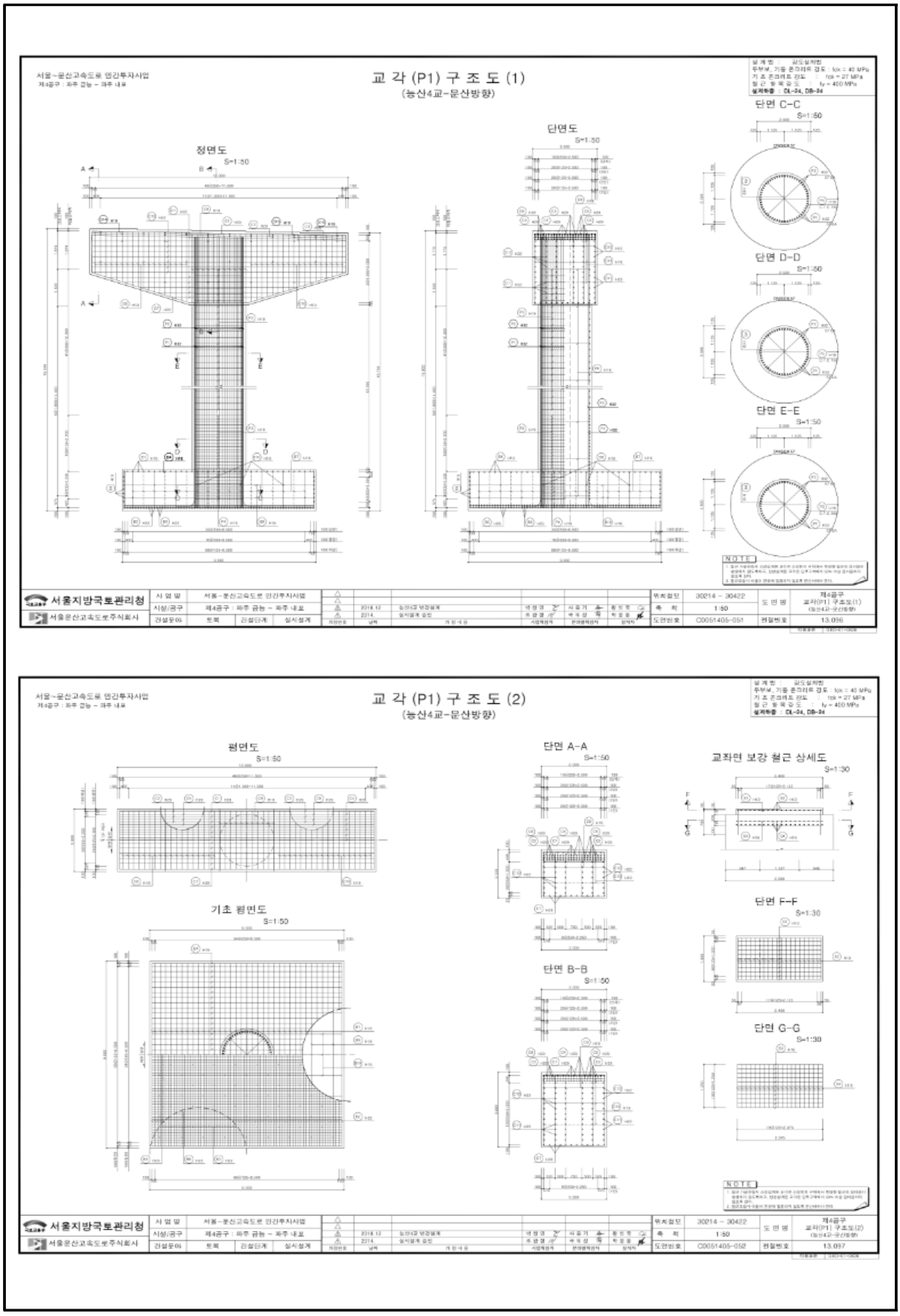


【그림 40.1.7】 바닥판하면 배근도





【그림 40.1.8】 교대 구조도



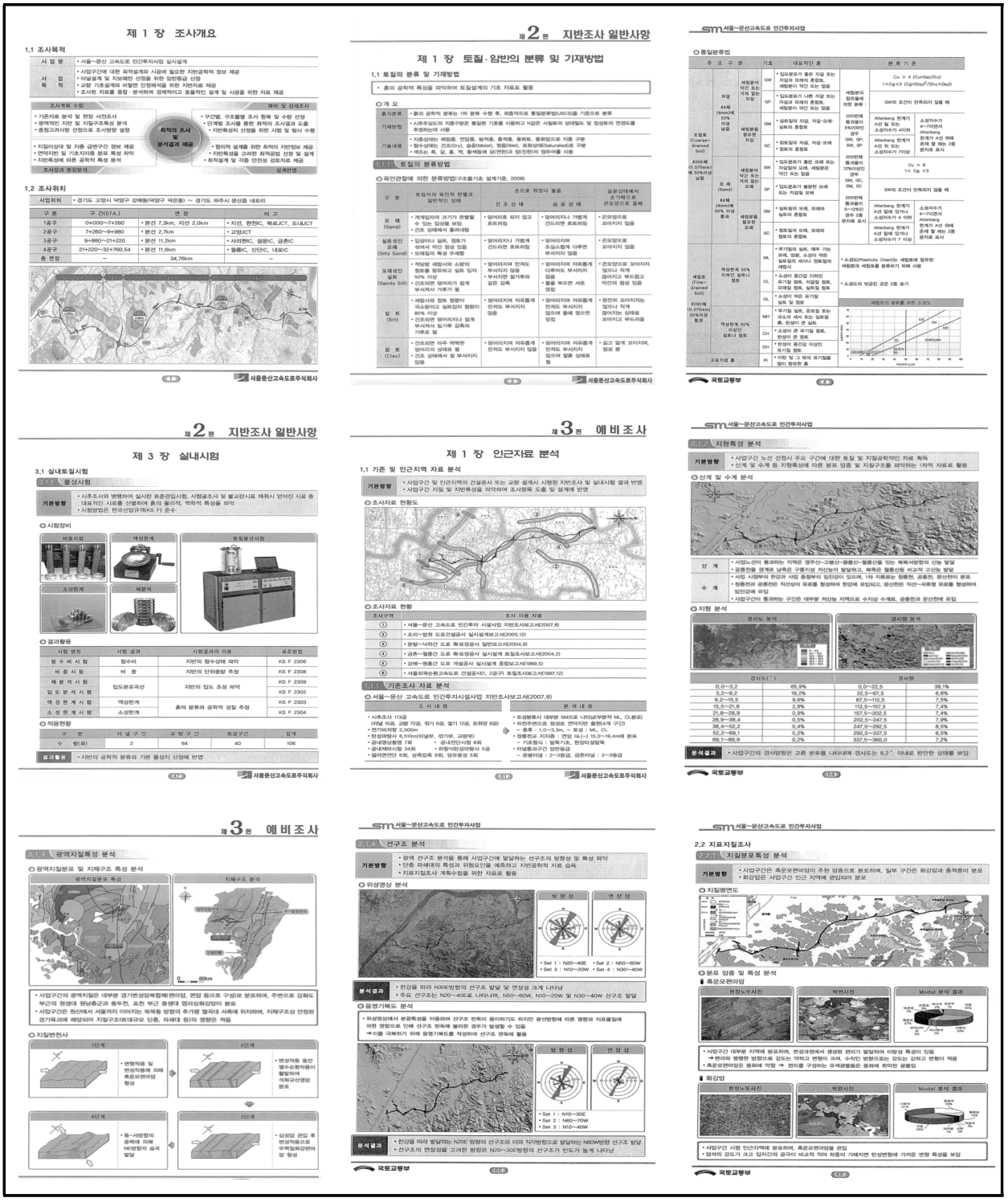
【그림 40.1.9】교각 구조도

40.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

40.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질



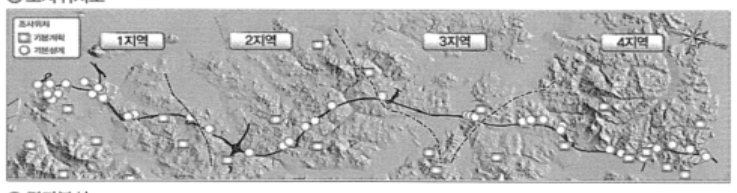
능산4교(문산)- 13

제3편 예비조사

2.2.2 절리특성 분석

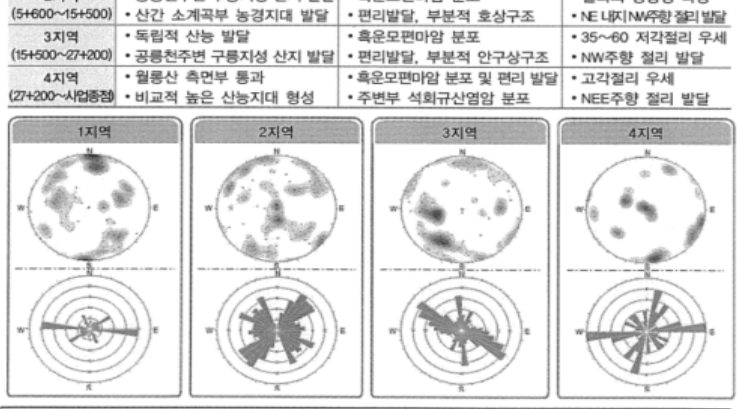
기본방향	• 깎기 및 터널구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악 • 대표 노두지점에서 절리군별 간격, 거칠기(JRC), 벽면강도(JCS) 등 절리면의 공학적 특성 파악

○ 조사위치도



○ 결과분석

구 분	지형적 특성	지질분포 특성	절리군 특성
1지역 (사업시점~5+600)	• 독립적 산능 발달 • 저산능의 구릉지성산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 고각 및 저각절리 발달 • EW주향 절리 발달
2지역 (5+600~15+500)	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달 • 산간 소계곡부 농경지대 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 호상구조	• 절리의 방향성 다양 • NE 내지 NW주향 절리 발달
3지역 (15+500~27+200)	• 독립적 산능 발달 • 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 35~60 저각절리 우세 • NW주향 절리 발달
4지역 (27+200~사업종점)	• 월롱산 측면부 통과 • 비교적 높은 산능지대 형성	• 흑운모편마암 분포 및 편리 발달 • 주변부 석회규산염암 분포	• 고각절리 우세 • NEE주향 절리 발달



분석결과	• 사업노선 인근 45개의 노두에서 측정한 절리 방향 분석결과, 지역별로 절리군이 상이하게 나타나며, 전반적으로 절리군은 고각의 2개 절리군과 저각의 1개 절리군 등 3개 절리군 발달 우세 • 1, 4지역은 절리군이 유사하게 나타나며, 2, 3지역은 다소 불규칙하게 분산되어 분포

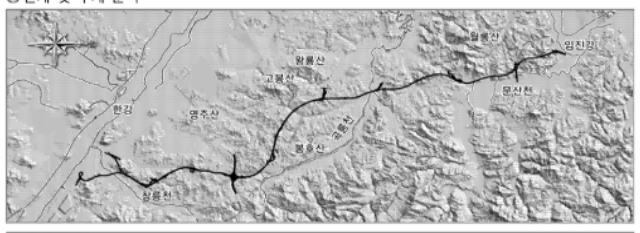
69 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

2.1.2 지형특성 분석

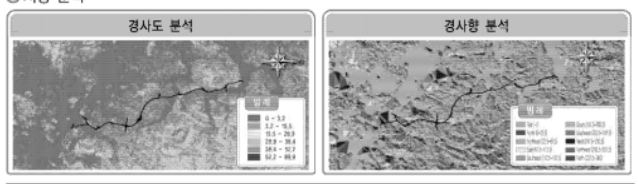
기본방향	• 사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 • 산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

○ 산계 및 수계 분석



산 계	• 사업노선이 통과하는 지역은 영주산-고봉산-왕룡산-월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 • 공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수 계	• 사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 • 창릉천과 공릉천은 직선상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 직선~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 • 사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

○ 지형 분석



경사도(°)		경사향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%
28.9~38.4	0.5%	202.5~247.5	7.9%
38.4~52.2	0.4%	247.5~292.5	8.5%
52.2~69.1	0.2%	292.5~337.5	8.5%
69.1~89.9	0.2%	337.5~360.0	7.2%

분석결과	• 사업구간의 경사방향은 고른 분포를 나타내며 경사도는 9.2° 이내로 완만한 상태를 보임

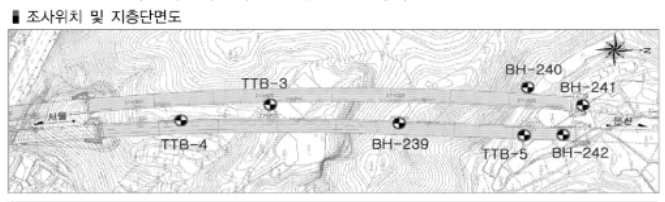
국토교통부 64

제4편 상세 및 보완조사

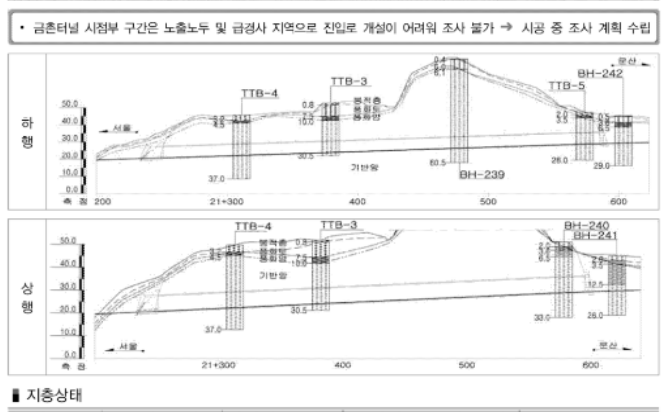
2.1.2 터널구간

○ 금촌터널(BH-239, 240, 241, 242, 제3자 공고: TTB-3, 4, 5)

▮ 조사위치 및 지층단면도



• 금촌터널 시점부 구간은 노출노두 및 급경사 지역으로 진입로 개설이 어려워 조사 불가 → 시공 중 조사 계획 수립



▮ 지층상태

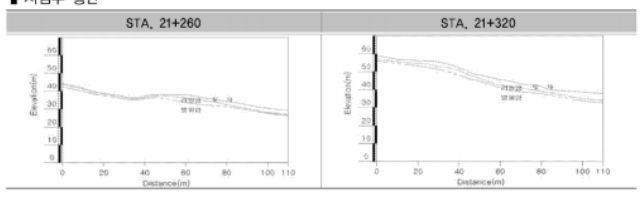
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매 립 층	0.0	0.5~2.0	실트질 모래	13/30
붕 적 층	0.0~0.5	0.4~3.3	실트질 모래	4/30~8/30
퇴 적 층	2.0	1.5	실트질 점토	4/30~5/30
풍 화 토	0.4~0.8	5.6~6.7	실트질 모래	13/30~50/20
풍 화 암	2.0~7.5	0.1~2.5	실트질 모래	50/7
연 암	2.0~3.8	1.6~2.7	편마암	69~100%/18~31%
보 통 암	3.5~3.6	2.9~9.0	편마암	83~100%/58~66%
경 암	3.5~12.5	13.5~54.4	편마암	87~100%/50~100%

79 서울문산고속도로주식회사

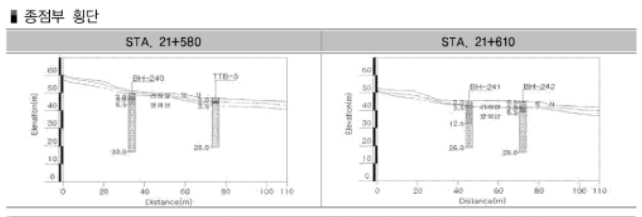
서울~문산고속도로 민간투자사업

구 분	지 층 개 요
매 립 층	• 최상부층으로 지표하 0.5~2.0m 층후로 분포 • 암갈색의 자갈섞인 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
붕 적 층	• 지표하 0.0m에서 0.4~3.3m 층후로 분포 • 암갈색~황갈색의 자갈섞인 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 매우느슨~느슨한 상대밀도
퇴 적 층	• 지표하 2.0m에서 1.5m 층후로 분포 • 암갈색의 실트질 점토로 구성되며 표준관입시험 결과 연약~보통견고한 연경도
풍 화 토	• 지표하 0.4m에서 5.6m 층후로 분포하며 암편섞인 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍 화 암	• 지표하 6.0m에서 0.1m 층후로 분포하며 굴진시 암편이 협재된 실트질 모래로 분해 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
연 암	• 지표하 2.0~3.8m에서 1.6~2.7m 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 69~100/18~31%로 매우불량~불량한 암질 상태 • 심한풍화~약간풍화, 약함~강함, 매우심한균열~보통균열의 상태
보 통 암	• 지표하 3.5~3.6m에서 2.9~9.0m 층후로 분포 • 암회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 83~100/58~66%로 보통~양호한 암질 상태 • 보통풍화~약간풍화, 매우약함~매우강함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경 암	• 지표하 6.1~12.5m에서 13.5~54.4m이상 층후로 분포 • 암회색의 편마암으로 분포하며 BH-240, BH-242공 일부 절리면에서 단층활면이 관찰 • TCR/RQD는 87~100/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태

▮ 시점부 횡단



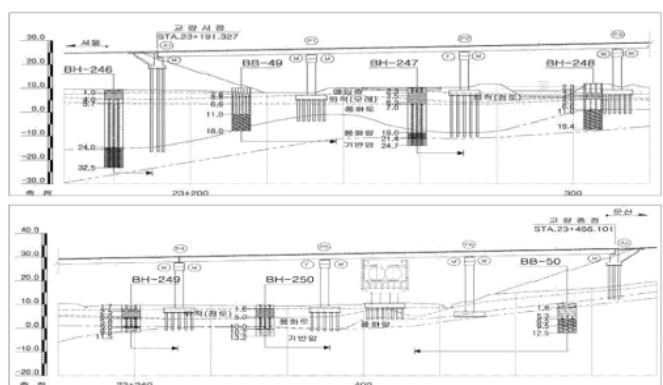
▮ 종점부 횡단



• 시추조사 결과 토사층은 2.0~7.5m 층후로 분포하며, 21+340~21+440 부근에서 깊어지는 경향을 보임
• 기반암층은 지표하 2.0~3.8m에서 출현하지만 터널통과구간의 암질상태는 불량함

국토교통부 80

제4편 상세 및 보완조사



▮ 지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	1.0~2.3	점토질모래, 실트질 모래, 모래질자갈	6/30~26/30
붕적층		1.6	3.4	점토질 모래	12/30~15/30
퇴적층	점토	0.0~4.8	0.7~4.0	모래질실트, 실트질점토, 모래질점토	3/30~21/30
	모래	2.3~6.3	0.7~4.0	실트질 모래, 자갈질 모래	5/30~28/30
	자갈	5.0	0.8	모래질 자갈	16/30
풍화토		5.0~7.0	2.2~18.3	실트질 모래	5/30~50/12
풍화암		7.5~24.0	0.2~8.5	실트질 모래	50/10~50/1
연 암		9.5	3.0	편마암	72%/7%
보통암		21.4	3.3	편마암	93%/48%
경 암		9.5~10.2	2.0~3.0	편마암	100%/75~79%

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 1.0~2.3m 층후로 분포하며 실트질 모래~점토질 모래로 구성 • 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀한 상대밀도
붕적층		• BH-250에서 분포하며 지표하 1.6m에서 3.4m 층후로 점토질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
퇴적층	점토	• 최상부층으로 지표하 0.0~4.8m에서 0.7~4.0m 층후로 실트질 점토, 모래질 점토로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 연약~매우견고한 연경도
	모래	• 지표하 2.3~6.3m에서 0.7~4.0m 층후로 분포하며 갈색~황갈색의 실트질 모래~자갈질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀의 상대밀도
	자갈	• BH-249에서 지표하 5.0m에서 0.8m 층후로 분포 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 5.0~7.0m에서 2.2~18.3m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 7.5~24.0m에서 0.5~8.5m 이상 층후로 분포 • 굴진시 암편석인 실트질 모래로 분해되며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
연 암		• 지표하 9.5m에서 3.0m 이상으로 분포하며 RQD=7%로 매우불량한 암질상태
보통암		• 지표하 21.4m에서 3.3m 이상으로 분포하며 RQD=48%로 보통양호한 암질상태
경 암		• 지표하 9.5~10.2m에서 2.0~3.0m 이상 층후로 분포하며 RQD=75~79%로 양호한 암질상태

83 서울문산고속도로주식회사

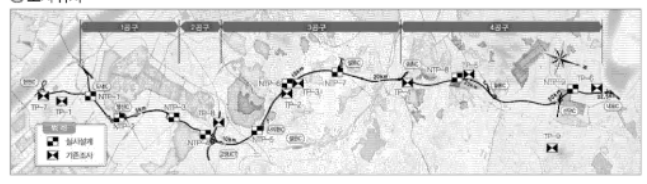
서울~문산고속도로 민간투자사업

2.2 시험굴조사 및 핸드오거보링

2.2.1 시험굴조사

개 요	• 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

○ 조사위치



○ 기존조사 자료

구 분		심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
1공구	TP-1	1.8	풍화암	18.70	19.70	17.02	17.97	0.912
3공구	TP-2	1.5	풍화암	18.42	19.54	16.04	17.02	0.871
	TP-3	2.0	풍화토	15.51	17.97	12.77	14.80	0.824
4공구	TP-4	2.0	풍화토	14.41	16.47	12.08	13.80	0.838
	TP-5	1.8	풍화암	17.00	20.66	14.57	17.70	0.857
	TP-6	1.5	풍화암	17.21	19.78	16.58	19.05	0.963
1공구	TP-7	2.0	풍화토	16.54	17.69	13.06	13.97	0.790
2공구	TP-8	1.9	풍화토	15.30	17.98	12.84	15.08	0.839
4공구	TP-9	1.8	풍화토	14.13	16.31	12.66	14.61	0.896

○ 실시설계조사 자료

구 분		심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	불교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	교란상태 습윤단위중량 (kN/m³)	교란상태 건조단위중량 (kN/m³)	L값
1공구	NTP-1	1.0	SM	18.09	14.90	14.36	11.83	1.260
	NTP-2	1.0	SM	17.68	15.49	14.22	12.46	1.244
	NTP-3	1.0	SM	18.51	16.60	13.82	12.39	1.340
2공구	NTP-4	1.0	SM	17.62	14.93	13.38	11.34	1.317
3공구	NTP-5	1.0	SM	17.84	16.74	14.50	13.60	1.231
	NTP-6	1.0	SM	18.25	15.72	13.91	11.98	1.312
	NTP-7	1.0	SM	18.01	15.00	13.93	11.60	1.293
4공구	NTP-8	1.0	SM	18.57	15.21	14.89	12.20	1.247
	NTP-9	1.0	SM	18.27	14.99	12.66	10.39	1.443

분석결과	• 불교란시료의 습윤단위중량 : 14.13~18.70kN/m³, 건조단위중량 : 14.90~20.66kN/m³ • 교란시료의 습윤단위중량 : 12.08~17.02kN/m³, 건조단위중량 : 10.39~19.05kN/m³ • L값 : 0.79~1.443의 범위로 나타남

국토교통부 120

제4편 상세 및 보완조사

2.2.2 핸드오거보링

개 요	• 쌓기구간의 지층 구성 상태 파악, 토질시료 채취 및 실내시험 실시 • 연약지반 분포현황 파악 및 쌓기부 시추조사 시행여부 결정

○ 조사위치



구 분			전답층 심도(m)	전답층 구성성분	충적층 심도(m)	충적층 구성성분
기존조사	1공구	HAB-1	0.0~1.1	암회색, 자갈섞인 실트질 모래	1.1~2.0	암회색, 모래질 실트
	3공구	HAB-2	0.0~0.4	회색, 모래질 실트	0.4~2.0	암회색, 실트질 모래
		HAB-3	0.0~0.9	암회색, 실트질 모래	0.9~1.8	암회색, 점토질모래
	4공구	HAB-4	0.0~0.6	암회색, 자갈섞인 실트질 모래	0.6~1.5	암회색, 자갈섞인 실트질 모래
		HAB-5	0.0~1.0	갈색, 실트질 모래	1.0~1.5	갈색~담갈색, 실트질 모래
		HAB-6	0.0~0.4	암회색, 자갈섞인 실트질 모래	0.4~1.7	암회색, 실트질 모래
		HAB-7	0.0~1.2	갈색, 습윤, 실트질 모래	1.2~1.8	암회색, 실트질 모래
실시설계	1공구	NHAB-1	0.0~0.7	암회색, 실트질 점토	0.7~1.0	황갈색, 실트질 모래
	3공구	NHAB-2	0.0~1.5	암갈색, 실트질 모래	1.5~2.0	암회색, 모래질 실트
		NHAB-3	0.0~1.0	암회색, 자갈섞인 실트질 모래	1.0~2.0	암갈색, 모래질 점토
		NHAB-4	0.0~2.0	암갈색, 모래섞인 실트질 점토	–	–
	4공구	NHAB-5	0.0~1.2	암갈색, 실트질 모래	1.2~1.6	암갈색~갈색, 실트질 모래
		NHAB-6	0.0~0.5	암회색, 실트질 점토	0.5~1.5	갈색, 실트질 모래
		NHAB-7	0.0~0.6	암회색, 실트질 점토	0.6~1.2	암회색~갈색, 점토질 모래

현 장 사 진(HAB-2)

핸드오거보링 지층분포

121 서울문산고속도로주식회사

제4편 상세 및 보완조사

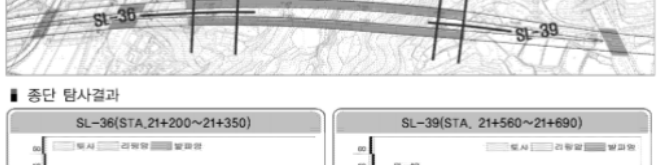
제 3 장 물리탐사

3.1 탄성파탐사

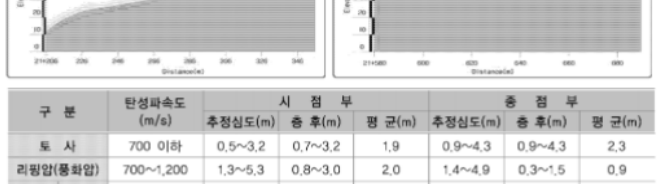
3.1.1 터널구간

○ 금촌터널

▮ 탐사위치도



▮ 종단 탐사결과



구 분		탄성파속도 (m/s)	시점부 추정심도(m)	시점부 층 후(m)	시점부 평 균(m)	종점부 추정심도(m)	종점부 층 후(m)	종점부 평 균(m)
토 사		700 이하	0.5~3.2	0.7~3.2	1.9	0.9~4.3	0.9~4.3	2.3
리핑암(풍화암)		700~1,200	1.3~5.3	0.8~3.0	2.0	1.4~4.9	0.3~1.5	0.9
발파암	연 암	1,200~1,900	3.2~7.6	0.7~3.3	2.0	2.7~6.6	0.3~2.8	1.3
	보통암	1,900~2,900	3.6~8.1	0.3~0.7	0.5	3.1~7.1	0.4~0.8	0.5
	경 암	2,900 이상	3.6~8.1 이상	–	–	3.1~7.1 이상	–	–

▮ 분석결과

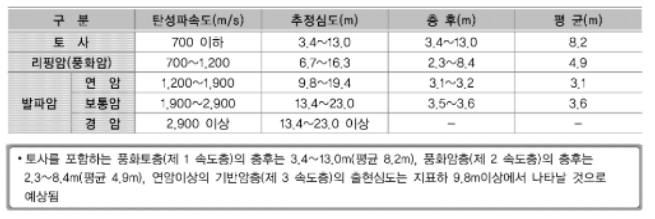
• 터널 시 · 종점부에 비하여 터널 중앙부로 갈수록 리핑암 또는 발파암이 지표에 노출되는 경향을 보임
• 토사층(제1속도층) 층후는 시점부는 0.7~3.2m(평균 1.9m), 종점부 0.9~4.3m(평균 2.3m)이며, 리핑암(제2속도층) 층후는 시점부 0.8~3.0m(2.0m), 종점부 0.3~1.5m(평균 0.9m)으로 나타남, 발파암은 지표하 2.7~3.2m에서 나타날 것으로 예상됨
• 터널 종점부의 시추조사 결과와 비교하였을 때 탄성파 탐사(SL-39)결과와 일치하는 것으로 확인됨

141 서울문산고속도로주식회사

제4편 상세 및 보완조사

3.1.2 토공구간

○ 본선 깎기구간(SL-44 : STA. 23+720~24+040)



구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	3.4~13.0	3.4~13.0	8.2
리핑암(풍화암)		700~1,200	6.7~16.3	2.3~8.4	4.9
발파암	연 암	1,200~1,900	9.8~19.4	3.1~3.2	3.1
	보통암	1,900~2,900	13.4~23.0	3.5~3.6	3.6
	경 암	2,900 이상	13.4~23.0 이상	–	–

• 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 3.4~13.0m(평균 8.2m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 2.3~8.4m(평균 4.9m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 9.8m이상에서 나타날 것으로 예상됨

○ 본선 깎기구간(SL-45 : STA. 24+125~24+395)



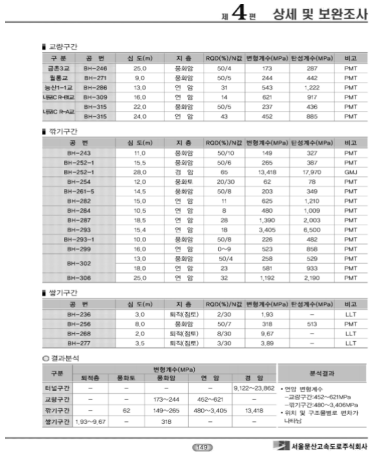
구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	5.8~13.2	5.8~13.2	8.7
리핑암(풍화암)		700~1,200	11.4~20.4	5.5~7.8	6.8
발파암	연 암	1,200~1,900	17.3~26.3	5.8~5.9	5.9
	보통암	1,900~2,900	21.4~30.4	4.1~4.2	4.1
	경 암	2,900 이상	21.4~30.4 이상	–	–

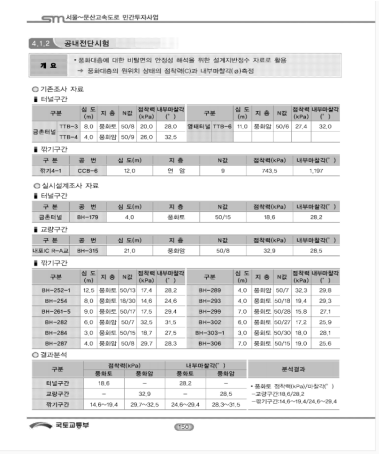
• 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 5.8~13.2m(평균 8.7m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 5.5~7.8m(평균 6.8m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 17.3m이상에서 나타날 것으로 예상됨

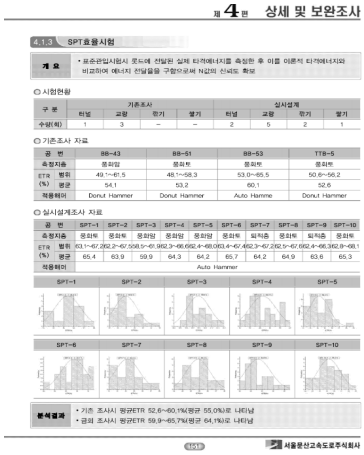
143 서울문산고속도로주식회사

나. 지반 및 지질 조사보고서

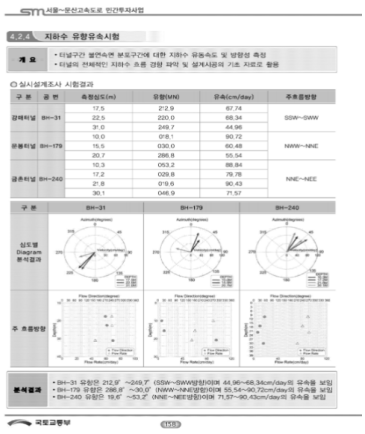


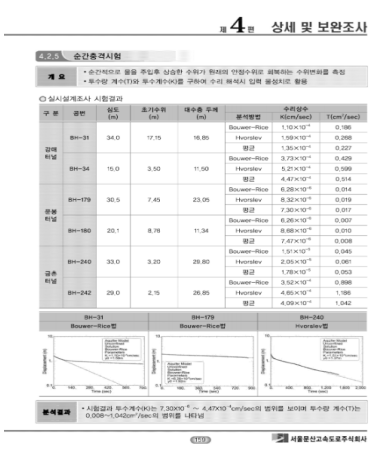


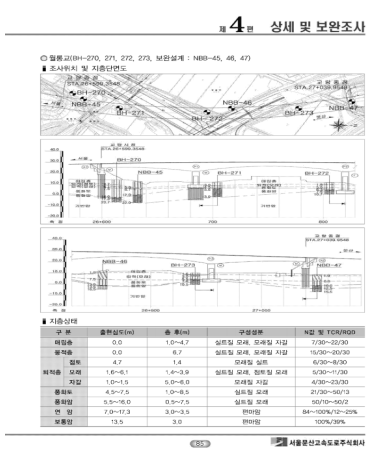


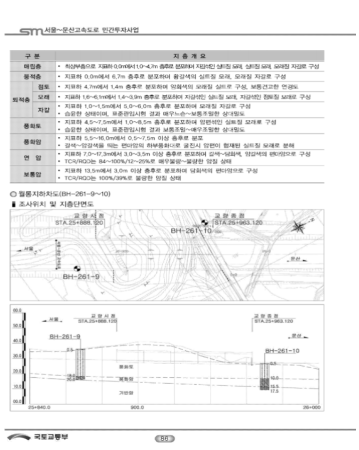


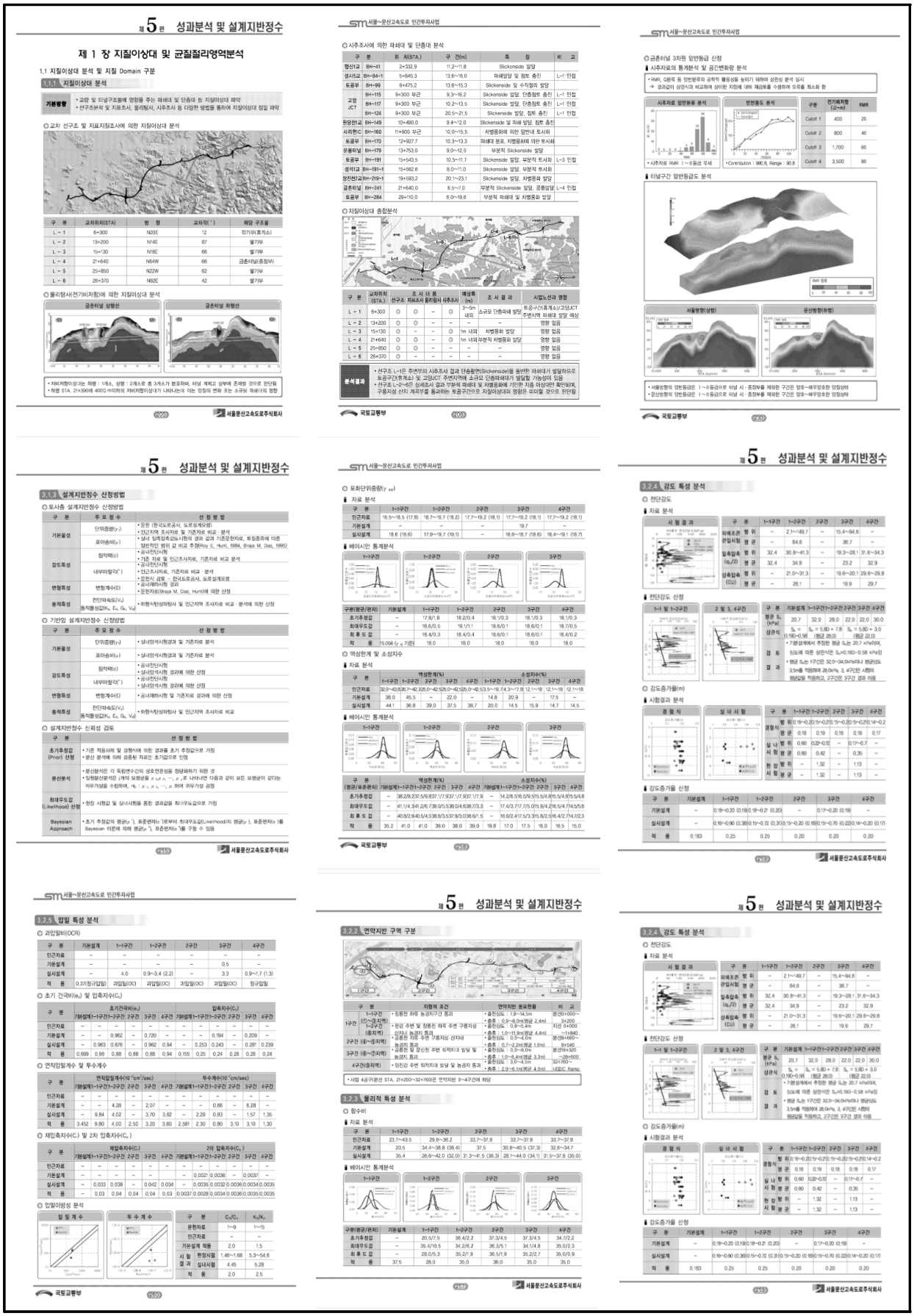












제5편 성과분석 및 설계지반정수

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

기본방향
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

○ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석

구 분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	해당 구조물
L - 1	6+300	N20E	12	인기IC(휴게소)
L - 2	13+200	N14E	87	쌀기봉
L - 3	15+130	N18E	66	쌀기봉
L - 4	21+640	N64W	66	금촌터널(좌점부)
L - 5	25+850	N22W	62	쌀기봉
L - 6	26+370	N82E	42	쌀기봉

○ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석

- 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 하행 STA. 21+390에 400Ω·m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

2005 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구 분	위 치(STA.)	구 간(m)	특 징	비 고
행산교	BH-41	2+332.9	11.2~11.8	Slickonside 발달	
성사3교	BH-94-1	5+845.3	13.6~16.0	파쇄암대 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	6+475.2	13.6~15.3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양 JCT	BH-115	9+300 부근	9.3~16.2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10.2~13.5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20.5~21.5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
원당천교	BH-149	10+480.0	9.4~12.0	Slickenside 및 파쇄 발달, 점토 충진	
사리현IC	BH-160	11+900 부근	10.0~15.5	지반풍화에 의한 암반내 토사층	
토공부	BH-170	12+927.7	10.3~13.3	파쇄대 분포, 지반풍화에 의한 토사화	
문봉터널	BH-179	13+753.0	9.0~12.5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543.5	10.5~11.7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
성석1교	BH-191-1	15+562.6	8.0~11.0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천교	BH-219-1	19+593.2	20.1~23.1	Slickenside 발달, 지반풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640.0	6.5~7.0	부분적 Slickenside 발달, 풍화심달	L-4 인접
토공부	BH-284	29+110.0	6.0~19.6	부분적 파쇄대 및 지반풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석

구 분	교차위치 (STA.)	조 사 내 용 선구조	지표조사	물리탐사	시추조사	예상폭 (m)	조 사 결 과	사업노선과 영향
L - 1	6+300	○	○	–	○	3~5m 내외	소규모 단층파쇄 발달	토공구간(휴게소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L - 2	13+200	○	○	–	–	–	–	영향 없음
L - 3	15+130	○	–	–	○	1m 내외	지반풍화 발달	영향 없음
L - 4	21+640	○	○	–	○	1m 내외	부분적 지반풍화 발달	영향 없음
L - 5	25+850	○	○	–	–	–	–	영향 없음
L - 6	26+370	○	–	–	–	–	–	영향 없음

분석결과
- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층파쇄(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(휴게소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~L-6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 지반풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구릉지성 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

국토교통부 2008

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 금촌터널 3차원 암반등급 산정

▮ 시추자료의 통계분석 및 공간변화량 분석

- RMR, Q분류 등 암반분류의 공학적 활용성을 높이기 위하여 상관성 분석 실시
- → 결과값이 상관식과 비교하여 상이한 지점에 대해 재검토를 수행하여 오류를 최소화 함

구분	전기비저항 (Ω-m)	RMR
Cutoff 1	400	20
Cutoff 2	800	40
Cutoff 3	1,700	60
Cutoff 4	3,500	80

- 시추자료 RMR 1~9등급 무세
- Contribution : 980.8, Range : 90.8

▮ 터널구간 암반등급도 분석

- 서울방향의 암반등급은 1~9등급으로 타날 시 : 종점부를 제외한 구간은 암호~해무암호한 암질상태
- 문산방향의 암반등급은 1~9등급으로 타날 시 : 종점부를 제외한 구간은 암호~해무암호한 암질상태

국토교통부 2120

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.1.3 설계지반정수 산정방법

○ 토사층 설계지반정수 산정방법

구 분	주 요 정 수	산 정 방 법
기본물성	단위중량(γ_t)	• 문헌 (한국도로공사, 도로설계요령)
	포아송비(μ)	• 인근지역 조사자료 및 기존자료 비교 · 분석
강도특성	점착력(c)	• 실내 일축압축강도시험의 결과 결과 기존문헌자료, 토질종류에 따른 일반적인 범위 값 비교 추정(Hoy E. Hunt, 1984, Braja M. Das, 1995)
	내부마찰각(°)	• 공내전단시험 • 인근전단시험, 기존자료 비교 · 분석 • 문헌의 검토 - 한국도로공사, 도로설계요령 • 공내콘관입시험 결과 • 문헌자료(Braja M. Das, Hunt)에 의한 산정
변형특성	변형계수(E)	
동적특성	전단파속도(V_s) 동적물성값(K_d, E_d, G_d, V_d)	• 하향식탄성파탐사 및 인근지역 조사자료 비교 · 분석에 의한 산정

○ 기반암 설계지반정수 산정방법

구 분	주 요 정 수	산 정 방 법
기본물성	단위중량(γ_t)	• 실내암석시험결과 및 기존자료 분석
	포아송비(μ)	• 실내암석시험결과 및 기존자료 분석
강도특성	점착력(c)	• 공내전단시험 • 실내암석시험 결과에 의한 산정
	내부마찰각(°)	• 실내암석시험 결과에 의한 산정
변형특성	변형계수(E)	• 공내재하시험 및 기존자료 결과에 의한 산정
동적특성	전단파속도(V_s) 동적물성값(K_d, E_d, G_d, V_d)	• 하향식탄성파탐사 및 인근지역 조사자료 비교

○ 설계지반정수 신뢰성 검토

구 분	산 정 방 법
초기추정값 (Prior) 산정	• 기존 적용사례 및 경험사례 의한 결과를 초기 추정값으로 가정 • 문헌 분석에 의해 검증된 자료만 초기값으로 인정
분산분석	• 분산분석은 각 독립변수간의 상호연관성을 정량화하기 위한 것 • 일원분산분석은 1개의 모평균을 $\mu_1, \mu_2, \cdots, \mu_k$로 나타내면 다음과 같이 모든 모평균이 같다는 귀무가설을 수립하며, 예: $\mu_1 = \mu_2 = \cdots = \mu$ 하여 귀무가설 검정
최대우도값 (Likelihood) 산정	• 현장 시험값 및 실내시험값을 통한 결과값을 최대우도값으로 가정
Bayesian Approach	• 초기 추정값의 평균(μ'), 표준편차는 1로부터 최대우도값(Likelihood)의 평균(μ), 표준편차(σ)를 Bayesian 이론에 의해 평균(μ''), 표준편차(σ'')를 구할 수 있음

2155 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 모화단위중량(γ_{sat})

▮ 자료 분석

구 분	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
인근지표	16.5~18.5 (17.8)	18.7~19.7 (19.2)	17.7~19.2 (18.1)	19.2~19.8 (19.5)	17.7~19.2 (18.1)
기본설계	–	–	–	19.7	–
실시설계	18.6 (18.6)	17.9~19.7 (19.1)	–	18.6~18.7 (18.65)	18.4~19.1 (18.7)

▮ 베이시안 통계분석

구분(평균/편차)	기본설계	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	17.8/1.8	18.2/0.4	18.1/0.3	18.1/0.3	18.1/0.3
최대우도값	–	18.6/0.5	19.1/1.1	18.6/0.1	18.6/0.1	18.7/0.5
최 종 도 값	–	18.4/0.3	18.4/0.4	18.6/0.1	18.6/0.1	18.4/0.2
적 용	15.056 (γ_{sat}기준)	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0

○ 액성한계 및 소성지수

▮ 자료 분석

구 분	액성한계(%) 1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간	소성지수(%) 1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
인근지표	32.0~43.8(38.7~42.3)(25.0~42.5)(25.0~42.5)(25.0~42.5)					3.5~19.7	4.3~17.8	12.1~18	12.1~18	12.1~18
기본설계	38.0	40.5	–	22.0	–	14.8	20.9	–	17.5	–
실시설계	44.1	36.8	39.0	37.5	38.7	20.0	14.5	15.9	14.7	14.5

▮ 베이시안 통계분석

구 분 (평균/표준편차)	액성한계(%) 기본설계	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간	소성지수(%) 기본설계	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	38.2/8.2	37.5/9.8	37.1/7.9	37.1/7.9	37.1/7.9	–	14.2/6.5	16.0/9.5	15.5/4.8	15.5/4.8	15.5/4.8
최대우도값	–	41.1/4.3	41.2/6.7	39.0/5.5	38.0/4.6	38.7/3.3	–	17.4/3.7	17.7/5.0	15.9/4.2	16.5/4.7	14.5/5.8
최 종 도 값	–	40.8/2.9	40.5/4.5	38.6/3.5	37.9/3.0	38.6/1.5	–	16.9/2.4	17.5/3.3	15.8/2.5	16.4/2.7	14.7/2.3
적 용	35.2	41.0	41.0	39.0	38.0	39.0	19.8	17.0	17.5	16.0	16.5	15.0

국토교통부 2251 서울문산고속도로주식회사

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.4 강도 특성 분석

○ 전단강도

▮ 자료 분석

구 분		1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
피에조콘 관입시험	범 위	–	2.1~489.7	–	15.4~94.6	–
	평 균	–	84.6	–	36.7	–
일축압축 (q_u/2)	범 위	32.4	30.8~41.3	–	19.3~28.1	31.6~34.3
	평 균	32.4	34.9	–	23.2	32.9
삼축압축 (CU)	범 위	–	21.0~31.3	–	19.6~20.1	29.6~29.8
	평 균	–	26.1	–	19.9	29.7

▮ 전단강도 산정

구 분	기본설계	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
평균 S_u (kPa)	–	20.7	32.0	28.0	22.0	22.0	30.0
삼관식		S_u = S_u = 5.8Q + 7.8 (평균 28.0)			S_u = 5.8D + 3.0 (평균 22.0)		
		0.19D~0.39D					
검 토 결 과		• 기본설계에서 추정한 평균 S_u는 20.7 kPa이며, 심도에 따른 상관식은 S_u=0.19D~0.58 kPa임 • 평균 S_u는 1구간은 32.0~34.0kPa이나 평균심도 3.5m를 적용하여 28.0kPa, 3, 4구간은 시험의 평균값을 적용하고, 2구간은 3구간 결과 이용				

○ 강도증가율(m)

▮ 시험결과 분석

구 분		1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
경험식	범 위	0.19~0.20	0.15~0.21	0.15~0.20	0.15~0.21	0.14~0.2
	평 균	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17
실내시험	범 위	0.60	0.22~0.52	–	0.17~0.7	–
	평 균	0.60	0.42	–	0.35	–
현장베인 시험	범 위	–	1.32	–	1.13	–
	평 균	–	1.32	–	1.13	–

▮ 강도증가율 산정

구 분	기본설계	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
기본설계	–	0.19~0.20 (0.19)	0.19~0.21 (0.20)	–	0.17~0.20 (0.19)	–
실시설계	–	0.19~0.60 (0.38)	0.19~0.72 (0.37)	0.15~0.20 (0.18)	0.19~0.70 (0.22)	0.14~0.20 (0.17)
적 용	0.183	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20

2351 서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

3.2.5 압밀 특성 분석

○ 과압밀비(OCR)

구 분	기본설계	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
인근지표	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	–	–	0.5	–
실시설계	–	4.0	0.9~3.4 (2.2)	–	3.3	0.9~1.7 (1.3)
적 용	0.3기정규압밀	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	정규압밀

○ 초기 간극비(e_o) 및 압축지수(C_c)

구 분	초기간극비(e_o) 기본설계	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간	압축지수(C_c) 기본설계	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	0.962	–	0.720	–	–	–	0.194	–	0.209	–
실시설계	–	0.963	0.876	–	0.962	0.94	–	0.253	0.243	–	0.281	0.239
적 용	0.699	0.95	0.88	0.88	0.88	0.94	0.155	0.25	0.24	0.26	0.26	0.24

○ 연직압밀계수 및 투수계수

구 분	연직압밀계수(10^{-3}cm²/sec) 기본설계	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간	투수계수(10^{-7}cm/sec) 기본설계	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	4.28	–	2.07	–	–	–	0.66	–	6.28	–
실시설계	–	9.84	4.02	–	3.70	3.82	–	2.29	0.83	–	1.57	1.35
적 용	3.452	9.80	4.00	2.50	3.20	3.80	2.561	2.30	0.80	3.10	3.10	1.30

○ 재압축지수(C_r) 및 2차 압축지수(C_α)

구 분	재압축지수(C_r) 기본설계	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간	2차 압축지수(C_α) 기본설계	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	–	–	–	–	–	0.0021	0.0036	–	0.0037	–
실시설계	–	0.033	0.038	–	0.042	0.034	–	0.0035	0.0032	0.0036	0.0034	0.0035
적 용	–	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.0037	0.0028	0.0034	0.0036	0.0035	0.0035

○ 압밀이방성 분석

구 분		C_v/C_r	K_r/K_v
문헌자료		1~9	1~15
인근자료		–	–
기본설계 적용		2.0	1.5
시험결과	현장시험	1.46~1.68	5.3~54.6
	실내시험	4.45	5.28
적 용		2.0	2.5

국토교통부 2200

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.2 연약지반 구역 구분

구 분	지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간 (①~②지점) 1-2구간 (②지점)	• 침식된 하천 능선지구간 통과 • 현금 주변 및 침식된 하천 주변 구릉지성 산지는 능선지 통과 • 공릉천 지류 주변 구릉지성 산지대	• 층분포도 : 1.8~34.5m • 층후 : 0.9~8.0m(평균 2.4m) • 층하심도 : 0.9~5.4m	분리선1000~ ~2+200 지선 5+000 ~5+840
2구간 (②~③지점)		• 층분포도 : 0.5~4.0m • 층후 : 1.0~11.9m(평균 4.4m) • 층하심도 : 0.5~4.0m	분선6+660~ ~6+940
3구간 (③~④지점)	공릉천 및 문산천 주변 퇴적지층 일부 및 농경지 통과	• 층분포도 : 0.7~2.2m(평균 1.6m) • 층후 : 1.0~6.4m(평균 3.3m) • 층하심도 : 0.0~6.0m • 층분포도 : 3.0~4.5m • 층후 : 2.0~6.1m(평균 4.0m)	분선9+320 ~9+600 2+760~ 시점C Ramp
4구간(유지)	• 임진강 주변 퇴적지층 일부 및 농경지 통과		

• 사업 4공구분선 STA. 2+200~32+760은 연약지반 3~4구간에 해당

3.2.3 물리적 특성 분석

○ 함수비

▮ 자료 분석

구 분	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
인근지표	23.7~43.5	29.6~36.2	33.7~37.8	33.7~37.8	33.7~37.8
기본설계	20.5	34.4~38.6 (36.4)	37.5	30.8~40.5 (37.3)	32.6~34.7
실시설계	35.4	26.6~42.0 (32.0)	31.3~41.5 (36.3)	28.1~44.0 (34.1)	31.5~37.8 (35.0)

▮ 베이시안 통계분석

구분(평균/편차)	기본설계	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	20.5/7.5	36.4/2.2	37.3/4.5	37.3/4.5	34.7/2.2
최대우도값	–	35.4/10.5	34.2/6.2	36.3/5.1	34.1/4.8	35.0/2.3
최 종 도 값	–	28.0/5.3	35.2/1.9	36.5/1.9	35.2/2.7	35.0/0.9
적 용	37.5	28.0	35.0	36.0	35.0	35.0

2251 서울문산고속도로주식회사

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.4 강도 특성 분석

○ 전단강도

▮ 자료 분석

구 분		1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
피에조콘 관입시험	범 위	–	2.1~489.7	–	15.4~94.6	–
	평 균	–	84.6	–	36.7	–
일축압축 (q_u/2)	범 위	32.4	30.8~41.3	–	19.3~28.1	31.6~34.3
	평 균	32.4	34.9	–	23.2	32.9
삼축압축 (CU)	범 위	–	21.0~31.3	–	19.6~20.1	29.6~29.8
	평 균	–	26.1	–	19.9	29.7

▮ 전단강도 산정

구 분	기본설계	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
평균 S_u (kPa)	–	20.7	32.0	28.0	22.0	22.0	30.0
삼관식		S_u = S_u = 5.8Q + 7.8 (평균 28.0)			S_u = 5.8D + 3.0 (평균 22.0)		
		0.19Q~0.39Q					
검 토 결 과		• 기본설계에서 추정한 평균 S_u는 20.7 kPa이며, 심도에 따른 상관식은 S_u=0.19Q~0.58 kPa임 • 평균 S_u는 1구간은 32.0~34.0kPa이나 평균심도 3.5m를 적용하여 28.0kPa, 3, 4구간은 시험의 평균값을 적용하고, 2구간은 3구간 결과 이용				

○ 강도증가율(m)

▮ 시험결과 분석

구 분		1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
경험식	범 위	0.19~0.20	0.15~0.21	0.15~0.20	0.15~0.21	0.14~0.2
	평 균	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17
실내시험	범 위	0.60	0.22~0.52	–	0.17~0.7	–
	평 균	0.60	0.42	–	0.35	–
현장베인 시험	범 위	–	1.32	–	1.13	–
	평 균	–	1.32	–	1.13	–

▮ 강도증가율 산정

구 분	기본설계	1~1구간	1~2구간	2구간	3구간	4구간
기본설계	–	0.19~0.20 (0.19)	0.19~0.21 (0.20)	–	0.17~0.20 (0.19)	–
실시설계	–	0.19~0.60 (0.38)	0.19~0.72 (0.37)	0.15~0.20 (0.18)	0.19~0.70 (0.22)	0.14~0.20 (0.17)
적 용	0.183	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20

2351 서울문산고속도로주식회사

다. 구조계산서 및 내진설계

OUTPUT 결과 요약 및 설계의견

◆ 결과 요약

○능산4교(3@45)_(A1-P3)_(문산방향)

■ 단면 철 설계

단 면 위 치	Req.A_s (mm^2)	폭 B(mm)	높이 d(mm)	피복 d' (mm)	사용철근량 (Use A_s) (mm^2)	M_u (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	비 고
캔틸레버 (방호벽 인측)	716	#####	180	60	H16 @ 200 = 993	42.30	57.90	O.K
캔틸레버 (방호벽 외측)	1,318	#####	180	60	H16 @ 200 = 993 H13 @ 200 = 634	75.52	91.80	O.K
중간슬래브 (상면)	720	###	180	60	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
중간슬래브 (하면)	960	###	200	40	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
슬래브단부	958	###	180	60	H16 @ 125 = 1,589	55.93	89.75	O.K
캔틸레버 단 부	2,636	###	180	60	H19 @ 100 = 2,865	100.48	150.99	O.K

■ 배력철근량(온도철근량) 산정

단 면 위 치		필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (Use A_s) (mm^2)	비 고
캔틸레버	방호벽 인측	480	H16 @ 250 = 794	O.K
	방호벽 외측	883	H16 @ 125 = 1,589	O.K
캔 틸 레 버 단 부		1,766	H19 @ 125 = 2,292	O.K

■ 사용성 검토 요약표

구 분		인장응력(f_s)	철근간격 (S)	허용간격 (Sa)	비 고
캔 틸 레 버	방호벽 인측	33.0	200.0	1909.1	O.K
	방호벽 외측	124.5	100.0	502.4	O.K
슬 래 브 단 부		102.5	125.0	614.6	O.K

-

1. 설 계 조 건

1.1 교량 형식 : INCREMENTALLY POST TENSIONING TYPE I.P.C GIRDER교
1.2 경 간 : 45,000 mm + 45,000 mm + 45,000 mm
1.3 폭 원 : 12,140 mm
1.4 교량 등급 : DB - 24, DL - 24 (1등급교)
1.5 거더 깊이 : 44,800 mm + 44,700 mm + 44,800 mm
1.6 지간 깊이 : 43,950 mm + 43,900 mm + 43,950 mm
1.7 단위 중량 : 콘크리트(철근) .... 2,500 kgf/m^3
콘크리트(무근) .... 2,350 kgf/m^3
콘크리트계교면포장..... 2,350 kgf/m^3

1.8 재료의 물리상수 및 허용 응력

1) 슬래브
(1) 콘 크 리 트 : fck = 27 MPa
Ec2 = 0.077× $m_c^{1.5}$×$^3\sqrt{fcu}$ = 27,804 MPa
(2) 철 근 (SD400) :fy = 400 MPa
Es = 200,000 MPa

2) I.P.C GIRDER
(1) 콘 크 리 트 : fck = 40 MPa
Ec1 = 0.077× $m_c^{1.5}$×$^3\sqrt{fcu}$ = 30,891 MPa
(2) 철 근 (SD300) :fy = 300 MPa
Es = 200,000 MPa

(3) 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전 압축응력
① 허용 휨 압축응력 (fci' = 0.8 x fck = 32 Mpa)
- fci = 0.6 x fci = 19.2 MPa
② 허용 휨 인장 응력
- 부착된 철근이 없는 인장 구역 :
ftl = 0.25 x $\sqrt{fci'}$ = 1.41 MPa

(4) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용응력
① 허용 휨 압축응력
- fcag = 0.45 x fck = 18 MPa
- 압축연단응력(유효프리스레스+전체하중)
fcag = 0.60 x fck = 24 MPa

② 허용 휨 균열 응력
fcag = 0.63 x $\sqrt{fck}$ = 3.98 MPa

(5) 허용 균열 응력
① 보통 콘크리트 : ftcr = 0.63 x $\sqrt{fck}$ = 3.98 MPa
② 부분 경량 콘크리트 : ftcr = 0.54 x $\sqrt{fck}$ = 3.42 MPa
③ 전 경량 콘크리트 : ftcr = 0.47 x $\sqrt{fck}$ = 2.97 MPa

(6) 정착부의 허용 지압 응력
- 긴장재 정착직후 fcr = 0.7 × fci ×$\sqrt{(A'b/Ab-0.2)}$:1.10 × fci
- 프리스트레스 손실 발생후 fcr = 0.5 × fck ×$\sqrt{(A'b/Ab)}$ ≤0.90 × fck

3) P.S STRAND (SWPC 7B Ø15.2mm)
- A = 138.7 mm^2 /ea
- Ep = 200,000 MPa
(1) 인장 강도 : fpu = 1,900 MPa
(2) 항복 강도 : fpy = 1,600 MPa
(3) JACK에 의한 최대 긴장 응력 : 0.94 ×fpy = 1,504 MPa
0.80 ×fpu = 1,520 MPa ∴ 1,504 MPa
(4) 허용 인장 응력
① 정착 후 정착부에서의 허용응력
- fpa = 0.7 x fpu = 1,330 MPa
② 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용 응력
- fpa = 0.82 x fpy = 1,312 MPa
0.74 x fpu = 1,406 MPa ∴ 1,312 MPa

4) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	1차 긴장용	2차 긴장용
쉬스관의 외경	mm	80	80
쉬스관의 두께	mm	5	5
수용가능 긴장재 면적	mm^2	2,208	2,208
수용가능 긴장재 개수	개	16	16
쉬스관 순간격	mm	40	40
쉬스의 덮개	mm	40	40
파상 마찰 계수 k	k/m	0.005	0.005
곡률 마찰 계수 μ	rad	0.25	0.25

1.9 설계 방법 (강도 설계법:도.설.기 P32)

- U = 1.3 x Md + 2.15 x ML+I
- U = 1.3 x Md + 1.3 x Mh + 1.3 x ML+I
- U = 1.3 x Md + 0.65 x Mw + 1.3 x ML+I

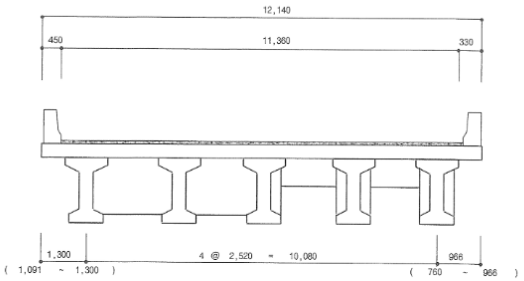
1.10 참고 문헌

- 도로교 설계 기준(한국도로교통협회)
- 도로교 설계기준 해설편(대한 토목학회)
- 구조 설계 기준(콘크리트학회)
- 도로 설계 요령(한국도로공사)

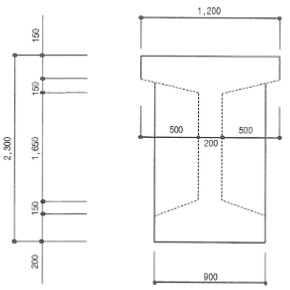
2. 바닥판 슬래브의 설계

2.1 설계 가정단면

1) 상부 슬래브



2) I.P.C GIRDER



2) 경험적 설계 적용 여부 검토 : 도로교 설계기준 4.7.7 (P4-164 ~ P4-166)

(1) 지지 부재들이 콘크리트로 된경우. ---------- 콘크리트 교량

(2) 콘크리트가 현장타설되고 습윤양생 되어야 함. ---------- 습윤양생

(3) 바닥판이 두께에 대한 유효경간비가 6 이상 15 이하인 경우.

① 중앙부 바닥판 : 1,820 > 240 x 6 = 1,440 ---------- O.K
1,820 < 240 x 15 = 3,600 ---------- O.K

(4) 바닥판의 상부와 하부에 배치된 철근의 외측면 사이의 두께가 150mm 이상인 경우 (상면 피복 60 mm 하면 피복 40 mm 상부 철근 직경 16 mm 하부 철근 직경 16 mm) 150 < 156

(5) 유효경간이 표준차선폭 3600mm 이하인 경우. ---------- 1,820 < 3.6

(6) 바닥판의 중앙, 하면면, 그리고 보호피복두께층을 제외한 바닥판의 최소두께가 240mm 이상인 경우. ---------- 240 ≥ 240 mm

(7) 캔틸레버부의 깊이가 내측바닥판 두께의 3배 이상이거나, 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께에 3배이상이고 구조적으로 연속적인 콘크리트 방호책과 합성인경우.

① 방호벽 G1측 966 > 240 x 3 = 720 ---------- O.K

② 방호벽 G5측 1,300 > 240 x 3 = 720 ---------- O.K

(8) 콘크리트의 28일 압축강도는 27 Mpa 이상인 경우. ---------- 27 ≥ 27 MPa

(9) 철근 콘크리트 바닥판은 바닥판을 지지하는 구조부재들과 완전합성 거동을 하여야함. ---------- 콘크리트 합성 거동

(10) 콘크리트 거더교인 경우 위조합을 만족시키기 위하여 바닥판과 콘크리트 주거더를 합성시키는 전단연결재가 충분히 배치 되어야 한다. ---------- 콘크리트 합성 거동

3) 검토 결론

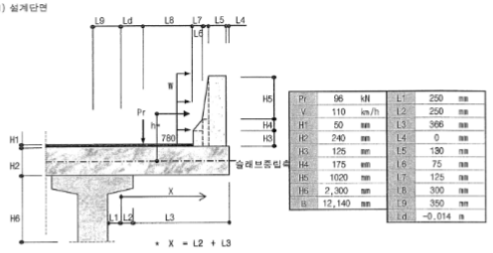
① 캔 틸 레 버(방호벽 G1측) : 강도 설계법 적용

② 캔 틸 레 버(방호벽 G5측) : 강도 설계법 적용

③ 중 앙 부 바 닥 판 : 경험적 설계법 적용

2.3 캔틸레버 (방호벽 G1측) - 캔틸레버길이는 966
(760 ~ 966)

1) 설계단면



Pr	96	kN	L1	250	mm
V	110	km/h	L2	250	mm
H1	50	mm	L3	366	mm
H2	240	mm	L4	0	mm
H3	125	mm	L5	130	mm
H4	175	mm	L6	75	mm
H5	1020	mm	L7	125	mm
H6	2,300	mm	L8	300	mm
H	12,140	mm	L9	350	mm
			Ld	-0.014	m

* X = L2 + L3

2) 바닥판의 유효지간장 산정 (도.기 4.7.3)

☞ 상부플랜지폭 / 바닥판두께 = 1,200 / 240 = 5.000 > 4

(b/t =1200/240 = 5 > 4 이므로 상부플랜지 돌출부 중앙점에서 캔틸레버 끝단 거리)

3) 바닥판의 최소두께 (도.기 4.7.4.1)

① 활하중에 의한 지간 L = 0.000 m

② 바닥판의 최소두께 T_{min} = 280 L + 180 = 180 mm < Tmin = 220 mm

∴ T_c = 240 > T_{min} O.K

③ 바닥판의 적용두께

· 바닥판 최소두께 t = 220 mm 적용시 철근의 연직 순간격

S = 220 - (13 x 2 + 16 x 2 + 16 x 2) - 100 (피복)
= 30 mm < 40 mm ∴ N.G

· 바닥판 최소두께 t = 240 mm 적용시 철근의 연직 순간격

S = 240 - (13 x 2 + 16 x 2 + 16 x 2) - 100 (피복)
= 50 mm > 40 mm ∴ O.K

∴ 바닥판 두께 t = 240 mm 적용

4) 하중계산

① 고정하중

구 분		Vo (kN)		X (m)	M (kN-m)
방호벽	L5 x (H3 + H4 + H5) x Y_c	=	4.290	0.551	2.364
	L6 x (H3 + H4) x Y_c	=	0.563	0.449	0.252
	L7 x H3 x Y_c	=	0.391	0.349	0.136
	L6 x H5 / 2 x Y_c	=	0.956	0.461	0.441
	L7 x H4 / 2 x Y_c	=	0.273	0.369	0.101
난간		=	0.000	0.551	0
	소 계	=	6.473		3.294
슬래브	(L2 + L3) x H2 x Y_c	=	3.696	0.308	1.138
	소 계	=	3.696		1.138
포 장	(L8 + Ld) x H1 x Y_{ac}	=	0.336	0.143	0.048
	소 계	=	0.336		0.048
총 계		=	10.505		4.480

- 방호벽의 무게중심 X1 = 3.294 / 6.473 = 0.509 m

- 슬래브의 무게중심 X2 = 1.138 / 3.696 = 0.308 m

- 포 장의 무게중심 X3 = 0.048 / 0.336 = 0.143 m

∴ X = 4.480 / 10.505 = 0.426 m

▶ M_d = 10.505 x 0.426 = 4.475 kN-m

② 활하중

i) DB - 24

- 충격계수 i = 15 / (40 + L) = 0.375 ≥ 최대 0.300
∴ i = 0.300

- 차량하중 분포폭 (주철근의 방향이 차량 진행방향에 직각인 경우) (도.기 4.7.5.2)
E = 0.800 x 0.000 + 1.140 = 1.140 m

▶ M = 96 x 0.000 x (1 + 0.300) / 1.140 = 0.000 kN-m

③ 풍등하중 (도.기.해,2008) p.112

i) 작용높이 : 노면상 1.000 m

P_0 = (V / 60)² x 750 + 250 = 2.771 tonf/m

M_0 = 1.000 x 2.771 x 10 = 27.71 kN-m

ii) 작용높이 : 방호벽 상단

☞ 직선부는 10 kN/m, 곡선부(R≤200m)는 20 kN/m를 적용

M_0 = 1,320 x 10 = 13.20 kN-m

iii) 적용 모멘트

▶ M_t = = 27.71 kN-m

④ 풍 하 중 (도.기 2.1.11)

1m 당 작용하는 풍하중 (부재의 단면형상을 각형으로 설계) = 3.00 kN/m²

∴ P_w = 3.00 kN/m

▶ M_w = 3.00 x 1.270 x 0.805 = 3.07 kN-m

⑤ 원심하중 (곡선교일 경우 적용) (도.기.해,2008) p.30

곡률을 무시할 수 있는 한계중심각 (도.기.해,2008) p.30

보의 수	단일 지간	복수 지간
2	2°	3°
3 또는 4	3°	4°
5 이상	4°	5°

▶ 개단면 상부구조에서 중심각이 위의 표에서 주어진 중심각보다 작은 지간에는 곡률의 영향을 무시할 수 있다.

- 중심각 : (45.0 x 180) / (1025 x π)
= 2.515 ° < 4 ° ∴ O.K ☞ 곡률의 영향 무시

- 작용 높이 : H = 1.800 m
CF = 0.790 x V ² / R = 0.790 x 110 ² / 0 = 0.000 %

P_{cf} = 96 x 0.000 / 100 = 0.000 kN

▶ M_{cf} = 0.000 x 1.800 = 0.000 kN-m

⑥ 모멘트 요약 정리

구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)
고정하중	4.475	중 앙 부	27.710	원심하중	0.000
활 하 중	0.000	보 하 중	3.067		

5) 하중조합

① 사용하중 - 사용성 검토시

하중경우	고정하중	활 하 중	충돌하중	풍 하 중	원심하중	비 고
Case 1	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
Case 2	1.00	0.00	0.00	0.30	0.00	
Case 3	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	
Case 4	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	

② 계수하중 - 단면 검토시

하중경우	고정하중	활 하 중	충돌하중	풍 하 중	원심하중	비 고
Case 1	1.30	2.15	0.00	0.00	1.30	
Case 2	1.30	0.00	0.00	1.30	0.00	
Case 3	1.30	1.30	0.00	0.65	1.30	
Case 4	1.25	1.25	0.00	0.625	1.25	
Case 5	1.30	1.30	1.30	0.00	1.30	
Case 6	1.20	0.00	1.20	1.20	0.00	

01. 교량제원 및 설계상수

1.1 교량형식 : PSC Girder 교

1.2 해석 대상 교량 총연장 : L = 3@45.0 + 60 = 195.000 m

1.3 교 폭 : 12.140m

1.4 교각형식 : T형 교각

1.5 교각기초형식 : 직접기초

1.6 내진설계상수

1) 내진등급 : 내진 1 등급교 (도로교 설계기준 6-11)
2) 지진구역계수 : 0.11 (도로교 설계기준 6-10)
3) 위험도계수 : I = 1.4 (도로교 설계기준 6-10)
4) 가속도계수 : A = 0.154 (도로교 설계기준 6-9)
5) 지반계수 : S = 1.2 (지반종류 2 , 도로교 설계기준 6-11)
6) 응답수정계수 (도로교 설계기준 6-13)
7) 고유치 해석방법 : Eigen Vectors - Ritz Vectors
8) 받침형식 : 탄성받침

1.7 해석방법

1) 해석방법 선정
응답스펙트럼해석
2) 방향조합방법 : 100-30%방법

1.8 해석모델

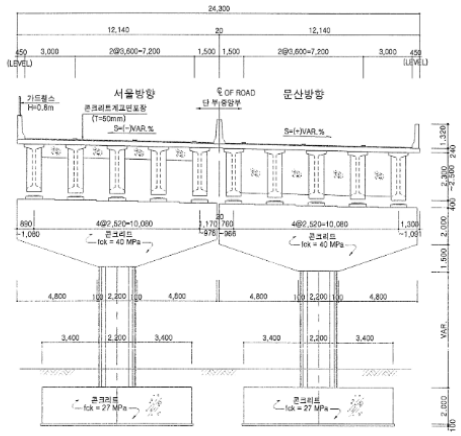
1) 사용프로그램 : MIDAS CIVIL 2016
2) 모델링 : Frame요소사용
3) 질량산정 : 1,2차 고정하중 및 자중을 각 요소에 분포질량으로 입력

1.9 참고자료

1) 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2010년)
2) 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2012년)
3) 도로설계요령 (한국도로공사, 2009년)
4) 설계 실무 자료집 (한국도로공사)

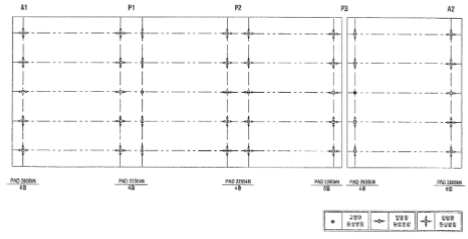
02. 교량 및 받침 특성

2.1 교량 단면 특성



2.2 적용 받침 특성

1) 받침배치



2) 탄성받침

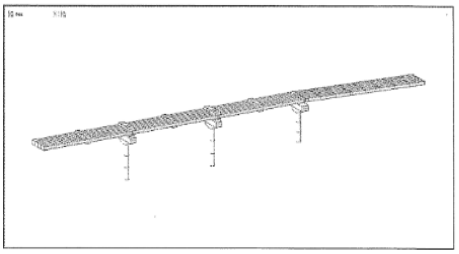
* MIDAS CIVIL 2016 - Elastic Link Property

```
1, 1001, 2001, GEN , 0, 956400, 2875, 2875, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
2, 1002, 2002, GEN , 0, 956400, 2875, 2875, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
3, 1003, 2003, GEN , 0, 956400, 2875, 2875, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
4, 1004, 2004, GEN , 0, 956400, 2875, 2875, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
5, 1005, 2005, GEN , 0, 956400, 2875, 2875, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
6, 1006, 2006, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
7, 1007, 2007, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
8, 1008, 2008, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
9, 1009, 2009, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
10, 1010, 2010, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
11, 1011, 2011, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
12, 1012, 2012, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
13, 1013, 2013, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
14, 1014, 2014, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
15, 1015, 2015, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
16, 1016, 2016, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
17, 1017, 2017, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
18, 1018, 2018, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
19, 1019, 2019, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
20, 1020, 2020, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
21, 1021, 2021, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
22, 1022, 2022, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
23, 1023, 2023, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
24, 1024, 2024, GEN , 0, 1.3938e+006, 4792, 4792, 0, 0, 0, NO, 0.5, 0.5,
```

03. 교량 모델링 및 입력데이타

능산4교 (문산방향)의 기본적인 모델링은 상부 및 하부구조물은 FRAME요소를 이용하였고, 하부구조와 상부구조를 연결하는 교량받침의 특성에 대해서 MIDAS CIVIL 2016 에서 정의하는 Elastic-Link라는 요소를 사용하였다.

3.1 교량 모델링



04. 탄성지진응답 계수

(1) 탄성지진응답계수

1) 가속도계수

구분	적용 계수	비고
구역계수 (Z)	0.110	지진구역 I
지진위험도계수 (I)	1.400	내진등급 1등급 (재현주기 1000년)
가속도계수 (A)	0.154	A = Z x I

2) 지반계수

구분	적용 계수	비고
지반계수 (S)	1.200	지반종류 II

3) 탄성지진응답계수(Cs) 산정

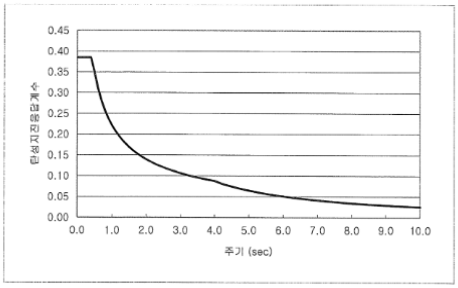
① T ≤ 4.0 sec

Cs = (1.2 x A x S) / T2/3 ≤ 2.5 x A

② T > 4.0 sec

Cs = (3 x A x S) / T4/3

여기서, T : 교량의 주기



4) 탄성지진응답계수

주기 (sec)	가속도 계수	지반 계수	탄성지진 응답계수	탄성지진 가속도 (m/sec²)	비고
0.0000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.1000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.2000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.3000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.4000	0.1540	1.2000	0.3850	3.7769	
0.5000	0.1540	1.2000	0.3520	3.4533	
0.6000	0.1540	1.2000	0.3117	3.0581	
0.7000	0.1540	1.2000	0.2813	2.7594	
0.8000	0.1540	1.2000	0.2573	2.5244	
0.9000	0.1540	1.2000	0.2379	2.3338	
1.0000	0.1540	1.2000	0.2218	2.1755	
1.1000	0.1540	1.2000	0.2081	2.0415	
1.2000	0.1540	1.2000	0.1964	1.9265	
1.3000	0.1540	1.2000	0.1862	1.8264	
1.4000	0.1540	1.2000	0.1772	1.7383	
1.5000	0.1540	1.2000	0.1692	1.6602	
1.6000	0.1540	1.2000	0.1621	1.5903	
1.7000	0.1540	1.2000	0.1557	1.5273	
1.8000	0.1540	1.2000	0.1499	1.4702	
1.9000	0.1540	1.2000	0.1446	1.4181	
2.0000	0.1540	1.2000	0.1397	1.3705	
2.1000	0.1540	1.2000	0.1352	1.3266	
2.2000	0.1540	1.2000	0.1311	1.2861	
2.3000	0.1540	1.2000	0.1273	1.2485	
2.4000	0.1540	1.2000	0.1237	1.2136	
2.5000	0.1540	1.2000	0.1204	1.1810	
2.6000	0.1540	1.2000	0.1173	1.1505	
2.7000	0.1540	1.2000	0.1144	1.1220	
2.8000	0.1540	1.2000	0.1116	1.0951	
2.9000	0.1540	1.2000	0.1090	1.0698	
3.0000	0.1540	1.2000	0.1066	1.0459	
3.2000	0.1540	1.2000	0.1021	1.0018	
3.4000	0.1540	1.2000	0.0981	0.9621	
3.6000	0.1540	1.2000	0.0944	0.9262	
3.8000	0.1540	1.2000	0.0911	0.8934	
4.0000	0.1540	1.2000	0.0880	0.8633	
4.2500	0.1540	1.2000	0.0805	0.7900	
4.5000	0.1540	1.2000	0.0746	0.7321	
4.7500	0.1540	1.2000	0.0694	0.6811	
5.0000	0.1540	1.2000	0.0648	0.6361	
5.2500	0.1540	1.2000	0.0608	0.5960	
5.5000	0.1540	1.2000	0.0571	0.5602	
5.7500	0.1540	1.2000	0.0538	0.5280	
6.0000	0.1540	1.2000	0.0508	0.4988	
6.2500	0.1540	1.2000	0.0482	0.4724	
6.5000	0.1540	1.2000	0.0457	0.4483	
6.7500	0.1540	1.2000	0.0435	0.4263	
7.0000	0.1540	1.2000	0.0414	0.4062	
7.2500	0.1540	1.2000	0.0395	0.3876	
7.5000	0.1540	1.2000	0.0378	0.3705	
7.7500	0.1540	1.2000	0.0361	0.3546	
8.0000	0.1540	1.2000	0.0347	0.3399	
8.2500	0.1540	1.2000	0.0333	0.3263	
8.5000	0.1540	1.2000	0.0320	0.3135	
8.7500	0.1540	1.2000	0.0307	0.3016	
9.0000	0.1540	1.2000	0.0296	0.2905	
9.2500	0.1540	1.2000	0.0286	0.2801	
9.5000	0.1540	1.2000	0.0276	0.2703	
9.7500	0.1540	1.2000	0.0266	0.2611	
10.0000	0.1540	1.2000	0.0257	0.2524	
15.0000	0.1540	1.2000	0.0150	0.1470	
20.0000	0.1540	1.2000	0.0102	0.1002	

05. 고유치해석

5.1 주기 및 진동수

< 모드별 주기 및 진동수 >

MODE	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYC/TIME)	FREQUENCY (RAD/TIME)	EIGENVALUE (RAD/TIME)**2	비고
1	1.8398	0.5435	3.42	11.66	
2	1.4391	0.6949	4.37	19.06	
3	1.3918	0.7185	4.51	20.38	
4	1.2052	0.8297	5.21	27.18	
5	1.1965	0.8358	5.25	27.58	
6	0.7869	1.2708	7.98	63.76	
7	0.6843	1.4614	9.18	84.31	
8	0.6659	1.5016	9.44	89.02	
9	0.6225	1.6063	10.09	101.86	
10	0.5074	1.9709	12.38	153.36	
11	0.4596	2.1758	13.67	186.89	
12	0.4232	2.3627	14.85	220.39	
13	0.4035	2.4785	15.57	242.52	
14	0.3831	2.6101	16.40	268.94	
15	0.3698	2.7043	16.99	288.71	
16	0.3378	2.9600	18.60	345.89	
17	0.3210	3.1157	19.58	383.24	
18	0.3091	3.2350	20.33	413.14	
19	0.3029	3.3012	20.74	430.24	
20	0.3026	3.3045	20.76	431.09	
21	0.2935	3.4067	21.40	458.17	
22	0.2660	3.7593	23.62	557.94	
23	0.2653	3.7688	23.68	560.76	
24	0.2497	4.0047	25.16	633.15	
25	0.2458	4.0678	25.56	653.24	
26	0.2201	4.5441	28.55	815.18	
27	0.1713	5.8364	36.67	1344.77	
28	0.1670	5.9866	37.62	1414.89	
29	0.1394	7.1758	45.09	2032.80	
30	0.1379	7.2536	45.58	2077.14	
31	0.1301	7.6888	48.31	2333.90	
32	0.1269	7.8778	49.50	2450.02	
33	0.1208	8.2799	52.02	2706.52	
34	0.1166	8.5761	53.88	2903.58	
35	0.1150	8.6980	54.65	2986.75	
36	0.1103	9.0627	56.94	3242.46	
37	0.1030	9.7096	61.01	3721.91	
38	0.0932	10.7279	67.41	4543.51	
39	0.0922	10.8427	68.13	4641.23	
40	0.0817	12.2411	76.91	5915.60	
41	0.0782	12.7909	80.37	6458.97	
42	0.0672	14.8843	93.52	8746.11	
43	0.0588	16.9929	106.77	11399.79	
44	0.0499	20.0355	125.89	15847.54	
45	0.0456	21.9211	137.73	18970.71	
46	0.0412	24.2918	152.63	23295.86	
47	0.0277	36.1521	227.15	51597.30	
48	0.0231	43.3004	272.06	74018.93	
49	0.0156	64.0380	402.36	161895.74	
50	0.0152	65.7176	412.92	170499.29	

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1841.500	707.244	O.K
	허용인발력(kN/EA)	266.610	-	O.K
	휨응력(MPa)	140.000	116.493	O.K
	전단응력(MPa)	80.000	12.708	O.K
	수평변위(mm)	15.000	11.662	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2172.700	1006.910	O.K
	허용인발력(kN/EA)	399.920	-98.377	O.K
	휨응력(MPa)	210.000	151.692	O.K
	전단응력(MPa)	120.000	20.638	O.K
	수평변위(mm)	15.000	10.672	O.K

■ 단면 휨 설계

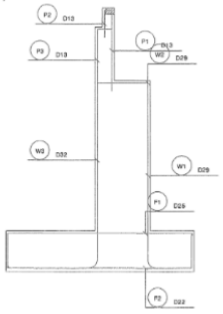
단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비 고
전면저판		1700	150	2114.13	3096.8	827.229	1206.029	1.458	O.K
후면저판		1700	100	3361.62	4053.6	1350.352	1623.059	1.202	O.K
벽체 (H=9.300)		2300	100	3886.91	5746.4	2157.695	3161.815	1.465	O.K
용벽		800	100	276.573	1013.6	49.225	179.001	3.636	O.K
좌측날개벽	A(T=800 mm)	800	80	2055.15	3096.8	369.406	550.591	1.49	O.K
	화부(T=450	450	80	916.155	3096.8	84.865	274.202	3.231	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1573.3	3096.8	284.217	550.591	1.937	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	2208.89	4053.6	396.403	713.432	1.8	O.K
우측날개벽	A(T=800 mm)	800	80	1975.7	3096.8	355.42	550.591	1.549	O.K
	화부(T=500	500	80	962.16	3096.8	101.312	313.686	3.096	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1655.75	4053.6	298.855	713.432	2.387	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	2246.27	4053.6	402.954	713.432	1.771	O.K

■ 사용성 검토

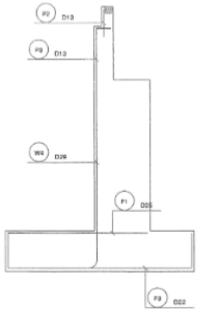
구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
전면저판		117.287	150	125	323.932	O.K
후면저판		121.541	150	125	429.182	O.K
벽체 (H=9.300)		64.323	150	125	979.426	O.K
용벽		146.376	150	125	304.249	O.K
좌측날개벽	A(T=800 mm)	100.215	150	125	613.314	O.K
	화부(T=450	45.307	150	125	1390.519	O.K
	B(T=800 mm)	78.746	150	125	800.044	O.K
	C(T=800 mm)	84.875	150	125	742.267	O.K
우측날개벽	A(T=800 mm)	96.89	150	125	640.275	O.K
	화부(T=500	47.431	150	125	1328.247	O.K
	B(T=800 mm)	63.92	150	125	985.607	O.K
	C(T=800 mm)	86.359	150	125	729.512	O.K

▣ 주철근 조립도

- ① Cycle (CTC = 250)

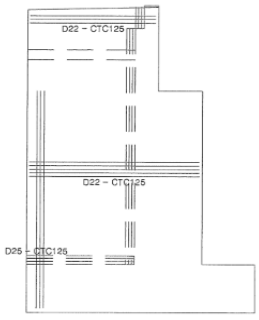


- ② Cycle (CTC = 250)

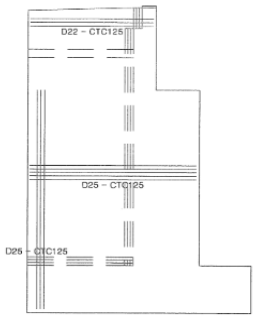


▣ 주철근 조립도

- 좌측날개벽



- 우측날개벽



1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
(3) 교 량 등 급 : 1 등교
(4) 교 대 총 폭 : B = 12.140 m
(5) 교 대 총높이 : H = 11.000 m
(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
(7) SKEW : 90.000 °

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (두사) [도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m²
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 427.107 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 120.319 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.000

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 26986.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 콘크리트구조 설계기준 : 건설교통부 (2007)
(2) 도로교 설계기준 : 국토교통부 (2010)
(3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2008)
(4) 도로설계 요령 : 한국도로공사 (2009)

2. 해석결과 요약

▣ 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	안전율	허용안전율	비 고
교축방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	115825.352	9313.660	12.44	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	15443.380	656.078	23.54	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	844.100	427.565	1.97	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	115825.352	32759.131	3.54	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	15443.380	3447.306	4.48	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	1266.100	587.388	2.16	1.00	O.K
교축직각방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	115825.352	24405.718	4.75	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	15443.380	1721.967	8.97	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	844.100	518.635	1.63	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	115825.352	31796.999	3.64	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	15443.380	2458.806	6.28	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	1266.100	579.469	2.18	1.00	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

① 기둥 상단

단면위치		Puse	Pu(kN)	ϕPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	휨력최대	0.018	25113.643	112019.214	4.460	O.K
	모멘트최대	0.018	17225.706	49389.478	2.867	O.K
	탄성설계	0.018	13780.565	23673.382	1.718	O.K
	편심최대	0.018	13091.536	40081.531	3.062	O.K
교축직각방향	휨력최대	0.018	25113.643	112019.214	4.460	O.K
	모멘트최대	0.018	16536.678	25475.802	1.541	O.K
	탄성설계	0.018	13780.565	22511.512	1.634	O.K
	편심최대	0.018	16223.328	40245.953	2.481	O.K
합성부재력	휨력최대	0.018	25113.643	112019.214	4.460	O.K
	모멘트최대	0.018	17225.706	29090.909	1.689	O.K
	탄성설계	0.018	13780.565	17380.127	1.261	O.K
	편심최대	0.018	13091.536	22852.712	1.746	O.K
	모멘트최대	0.018	16536.678	24778.507	1.498	O.K
	편심최대	0.018	16223.328	32327.562	1.993	O.K

② 기둥 하단

단면위치		Puse	Pu(kN)	ϕPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	휨력최대	0.018	27219.488	127521.873	4.685	O.K
	모멘트최대	0.018	19250.556	57032.185	2.963	O.K
	탄성설계	0.018	15400.445	26856.796	1.744	O.K
	편심최대	0.018	14630.423	46263.309	3.162	O.K
교축직각방향	휨력최대	0.018	27219.488	127521.873	4.685	O.K
	모멘트최대	0.018	18480.534	28501.259	1.542	O.K
	탄성설계	0.018	15400.445	25525.843	1.657	O.K
	편심최대	0.018	13860.401	21776.648	1.571	O.K
합성부재력	휨력최대	0.018	27219.488	127521.873	4.685	O.K
	모멘트최대	0.018	19250.556	32814.231	1.705	O.K
	탄성설계	0.018	15400.445	20060.378	1.303	O.K
	편심최대	0.018	14630.423	25676.351	1.755	O.K
	모멘트최대	0.018	18480.534	27667.459	1.497	O.K
	편심최대	0.018	13860.401	21013.495	1.516	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		길이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (㎟)	Use.As (㎟)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3599.5	100.0	40794.359	44325.600	-	-	1.416	O.K
	우측내민보	3599.5	100.0	40794.359	44325.600	-	-	1.322	O.K
	좌측내민보수평	3000.0	100.0	2848.102	7214.800	2803.721	7084.871	2.527	O.K
	우측내민보수평	3000.0	100.0	2855.616	7214.800	2811.107	7084.871	2.520	O.K
	교량받침1	2506.4	100.0	129.948	44325.600	101.892	33449.524	328.284	O.K
	교량받침6	2510.6	100.0	171.473	44325.600	134.691	33512.724	248.812	O.K
	교량받침2	3269.6	100.0	12170.229	44325.600	12602.835	44951.006	3.567	O.K
	교량받침7	3273.8	100.0	12248.475	44325.600	12700.688	45014.206	3.544	O.K
	교량받침4	3174.3	100.0	13803.368	44325.600	13831.865	43515.166	3.146	O.K
	교량받침9	3170.1	100.0	13720.314	44325.600	13729.837	43451.967	3.165	O.K
	교량받침5	2311.7	100.0	175.699	44325.600	126.125	30514.630	241.938	O.K
	교량받침10	2307.5	100.0	129.939	44325.600	93.096	30451.431	327.097	O.K
기초	교축방향	2000.0	150.0	33338.083	54968.200	20037.005	32645.805	1.629	O.K
	교직-지점부	2000.0	150.0	34710.309	71951.400	20846.066	42329.893	2.031	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sa)	비 고
두부보	좌측내민보	124.977	180.000	130.435	416.365	O.K
	교축내민보	138.831	180.000	130.435	353.487	O.K
	좌측내민보수평	139.005	180.000	224.971	356.880	O.K
	우측내민보수평	139.369	180.000	224.971	355.381	O.K
	교량받침1	0.834	180.000	130.435	75560.086	O.K
	교량받침6	1.060	180.000	130.435	59461.518	O.K
	교량받침2	65.797	180.000	130.435	957.495	O.K
	교량받침7	66.218	180.000	130.435	951.404	O.K
	교량받침4	77.624	180.000	130.435	800.760	O.K
	교량받침9	77.162	180.000	130.435	806.834	O.K
	교량받침5	1.100	180.000	130.435	57274.470	O.K
	교량받침10	0.837	180.000	130.435	75304.714	O.K
기초	교축방향	155.457	180.000	126.761	159.071	O.K
	교직-지점부	144.757	180.000	126.761	200.266	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 직접기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.15

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 50
2) 기초지반의 내부마찰각 : ϕ2 = 42.386 ° : 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 28 kN/m²
4) 기초지반의 최대 허용지지력 : σa = 844 kN/m²
5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.6 : tanΦb = 0.60, Cb = 0:암과 콘크리트
6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 : 위험도 계수 x 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 40 MPa
기둥: 40 MPa
기초: 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 두부보: 30891 MPa
기둥: 30891 MPa
기초: 27804 MPa
[도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
기둥: 400 MPa
기초: 400 MPa
기둥(전단철근) 400 MPa
기초(전단철근) 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 : 국토교통부 (2010)
2) 콘크리트구조 설계기준 : 건설교통부 (2007)
3) 도로설계 편람 : 국토교통부 (2008)
4) 도로 설계 요령 : 한국도로공사 (2009)

5. 하 중 계 산

5.1 상부반력 및 고각자중

교좌번호	고정하중(D)	활하중(L)		
		만재하시(L1)	좌측편재하(L2)	우측편재하(L3)
1	1027.781	417.019	449.526	93.841
2	1078.275	377.998	362.704	146.651
3	1098.567	352.685	265.495	264.059
4	1129.499	323.549	156.419	371.599
5	1158.173	328.297	103.834	469.987
6	979.525	359.687	388.869	78.759
7	1022.826	325.250	313.644	124.348
8	1036.463	303.448	229.293	227.703
9	1060.326	278.579	132.907	321.211
10	1125.789	281.818	87.030	407.255
계	10757.224	3348.330	2489.821	2505.433

※ 교각자중은 25.000 kN/m³ 의 값을 프로그램에서 자동재하

5.2 풍 하 중

1) 교축직각방향 (W-TR)

① 상부구조에 작용하는 풍하중

B/D = 12.140 / 4.260 = 2.850 [1≤ B/D< 8]

W1 = [4.0 - 0.2 x (12.140 / 4.260)] x 4.260 = 14.612 kN/m ≥ 6.0 이므로

= 14.612 kN/m

P1 = 14.612 x (45.130 + 44.950) / 2 x sin90.7

= 658.079 kN

작용위치 h = 4.260/2 + 0.400 + 1.000 = 3.53 m

작용모멘트 My = Ph x h = 658.079 x 3.530 = 2323.041 kN.m

☞ 작용모멘트는 수직력으로 환산하여 교량받침에 재하한다. 「※ 수직력 산정 참조」

구 분	1	2	3	4	5
수직력	92.3	46.21	0.12	-45.97	-92.06
구 분	6	7	8	9	10
수직력	92.06	45.97	-0.12	-46.21	-92.3

② 하부구조에 작용하는 풍하중

W'copping = 3.000 x 3.500 x 3.000 = 31.501 kN

W'column = 1.500 x 2.500 = 3.75 kN/m (종상축)

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용 한다.

※ 수직력 산정 : 교축직각방향 모멘트를 연직반력으로 변환



L1 = 0.000 m L8 = 5.053 m

L2 = 2.520 m L9 = 7.573 m

L3 = 5.040 m L10 = 10.094 m

L4 = 7.561 m

L5 = 10.081 m

L6 = 0.013 m

L7 = 2.533 m

M = ∑(Vi x Li) , i=1 ~ i=9 ---------- ①

V2 = (V1 + V10) x L2 / L10 - V10 ---------- ②

V3 = (V1 + V10) x L3 / L10 - V10 ---------- ③

V4 = (V1 + V10) x L4 / L10 - V10 ---------- ④

V5 = (V1 + V10) x L5 / L10 - V10 ---------- ⑤

V6 = (V1 + V10) x L6 / L10 - V10 ---------- ⑥

V7 = (V1 + V10) x L7 / L10 - V10 ---------- ⑦

V8 = (V1 + V10) x L8 / L10 - V10 ---------- ⑧

V9 = (V1 + V10) x L9 / L10 - V10 ---------- ⑨

∑V = ∑ Vi , i=1 ~ i=10 ---------- ⑩

-V10 = ∑ Vi , i=1 ~ i=9 = 0 ---------- ⑪

= V1 + (V1 + V10) x L2 / L10 - V10

+ (V1 + V10) x L3 / L10 - V10

+ (V1 + V10) x L4 / L10 - V10

+ (V1 + V10) x L5 / L10 - V10

+ (V1 + V10) x L6 / L10 - V10

+ (V1 + V10) x L7 / L10 - V10

+ (V1 + V10) x L8 / L10 - V10

+ (V1 + V10) x L9 / L10 - V10

☞ ⑪식에서 V10 = αV1 → ⑨식 의 형태로 수정한다.

⑨식을 ② ~ ⑨식에 대입하고, ② ~ ⑨식을 식①에 대입하면

M = β x V1

V1 = M / β

☞ V1값을 ② ~ ⑨식,⑨식에 대입한다.

연립방정식의 결과는 다음과 같다.

V1 = 0.040 x M

V2 = 0.020 x M

V3 = 0.000 x M

V4 = -0.020 x M

V5 = -0.040 x M

V6 = 0.040 x M

V7 = 0.020 x M

V8 = 0.000 x M

V9 = -0.020 x M

V10 = -0.040 x M

2) 교축방향 (W-LO)

① 하부구조에 작용하는 풍하중

W'copping = 108.661 kN (Copping 높이에 따라 재하)

W'column = 1.500 x 2.500 = 3.75 kN/m

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용 한다.

5.3 활하중에 작용하는 풍하중

활하중에 재하되는 풍하중에 대하여는 교면상 1.5m 위치에서 1500.000 N/m의

풍하중이 재하되는 것으로 한다. [도로설계기준 P19]

Ph = 1.500 x (45.130 + 44.950)/2 x sin90.7 = 67.555 kN

작용위치 h = 3.024 + 1.500 + 1.000 = 5.524 m

작용모멘트 My = Ph x h = 67.555 x 5.524 = 373.153 kN.m

☞ 작용모멘트는 수직력으로 환산하여 교량받침에 재하한다. 「※ 수직력 산정 참조」

구 분	1	2	3	4	5
수직력	14.83	7.42	0.02	-7.38	-14.79
구 분	6	7	8	9	10
수직력	14.79	7.38	-0.02	-7.42	-14.83

5.4 온도하중 산정

1) 교축직각방향 (G-TR)

① 온도변화 범위 : ΔT = 10℃ 적용

② 건조수축 : ΔT = α/ε = 0.00015/0.000010 = -15.0℃

2) 교축방향 (G-LO)

① 교각의 종방향 변위를 유발하는 수평력

δ = α x ΔT x L 0.000012 x 25.0 x 45.000 = 0.0135 m

$$\delta = \frac{P \times L^3}{3 \times E \times I} \qquad P_h = \frac{3 \times E \times I \times \delta}{L^3}$$

Ph = 3 x 30891000 x 1.91748 x 1EA x 0.01350 / 16.700³ x sin90.7

= 515.03 kN

② 탄성받침의 전단변형을 유발하는 수평력

교량받침의 개수 : N = 10 EA

탄성받침의 전단탄성계수 : kh = 4792.000 kN/m

Ph = kh x δ x N = 4792.000 x 0.01350 x 10 x sin90.7

= 646.875 kN

☞ 수평력은 ①,②중 작은값 515.030 kN를 적용한다.

③ 작용 모멘트

Mh = 515.030 x (0.400 + 2.000/2) = 721.059 kN.m

5.5 교각 충돌하중

1) 교축직각방향 (CO-TR)

P = 1000.000 kN의 하중이 지면상 1.8m 에서 수평으로 작용 하는것으로 한다.

작용위치 h = 5.932 m (기초상단으로 부터)

2) 교축방향 (CO-LO)

P = 500.000 kN의 하중이 지면상 1.8m 에서 수평으로 작용 하는것으로 한다.

작용위치 h = 5.932 m (기초상단으로 부터)

5.6 지진에 의한 하중 : 내진해석 참조

(tg 적용)

구 분			교축 방향			교축직각방향		
위치	좌우경우	기둥	전단력	모멘트	변위(a)	전단력	모멘트	변위(a)
기둥 상단	경우 1	기둥 1	2395.700	6005.800	0.0524	473.900	2435.300	0.02364
	경우 2	기둥 1	745.500	1887.800	0.01627	1411.700	7415.100	0.07084
기둥 하단	경우 1	기둥 1	2430.200	25883.000	0	484.000	8520.900	0
	경우 2	기둥 1	756.600	8043.800	0	1441.700	25479.700	0

5.7 하중조합 : 사용하중 경토시

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	E	CO
SVB01	1.00	1.00								
SVB02	1.00		1.00							
SVB03	1.00			1.00						
SVB04	1.00				1.00					
SVB05	1.00	1.00			0.50	1.00				
SVB06	1.00		1.00		0.50	1.00				
SVB07	1.00			1.00	0.50	1.00				
SVB08	1.00	1.00					1.00	1.00		
SVB09	1.00	1.00					-1.00	1.00		
SVB10	1.00		1.00				1.00	1.00		
SVB11	1.00		1.00				-1.00	1.00		
SVB12	1.00			1.00			1.00	1.00		
SVB13	1.00			1.00			-1.00	1.00		
SVB14	1.00				1.00		1.00	1.00		
SVB15	1.00				1.00		-1.00	1.00		
SVB16	1.00	1.00			0.50	1.00	1.00	1.00		
SVB17	1.00	1.00			0.50	1.00	-1.00	1.00		
SVB18	1.00		1.00		0.50	1.00	1.00	1.00		
SVB19	1.00		1.00		0.50	1.00	-1.00	1.00		
SVB20	1.00			1.00	0.50	1.00	1.00	1.00		
SVB21	1.00			1.00	0.50	1.00	-1.00	1.00		
SVB22	1.00								1.00	
SVB23	1.00	1.00								1.00
SVB24	1.00		1.00							1.00
SVB25	1.00			1.00						1.00
SVB26	1.00				1.00					1.00

D = 고정하중 또는 이에 따른 단면력

L = 활하중 또는 이에 따른 단면력

W = 풍하중 또는 이에 따른 단면력

WL = 차량활하중에 작용하는 풍하중 또는 이에 따른 단면력

E = 지진하중 또는 이에 따른 단면력

CO = 충돌하중 또는 이에 따른 단면력

G = 부등침하,크리프,건조수축(GS),제작 또는 시공시 치수착오,습도변화 또는 온도변화등으로 인한 평창 또는 수축변형으로 유발된 변형력 또는 이에 따른 단면력

※ 위 테이블에 표시된 SVB는 교축방향이며, 모델링상의 SVO 는 교직방향을 나타냅니다.

SVB 와 SVO 는 동일한 하중조합의 교축, 교직방향 성분들입니다.

40.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 40.2.1】 능산4교(문산) 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	능산4교(문산)의 주요 손상현황으로는 가로보 파손 및 철근노출, 교량받침 받침콘크리트 균열(Cw=0.3㎜미만), 받침콘크리트재료분리가 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	능산4교(문산)의 주요 손상현황으로는 가로보 파손 및 철근노출, 교량받침 받침콘크리트 균열(Cw=0.3㎜미만), 받침콘크리트재료분리가 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교량받침 받침콘크리트 균열(cw=0.3㎜미만), 받침콘크리트 재료분리 가로보 파손 및 철근노출	양호

40.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

40.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

40.2.5 시설물 보수 이력

【표 40.2.2】 능산4교(문산) 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

40.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 40.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

40.3 현장조사

40.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S4	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	



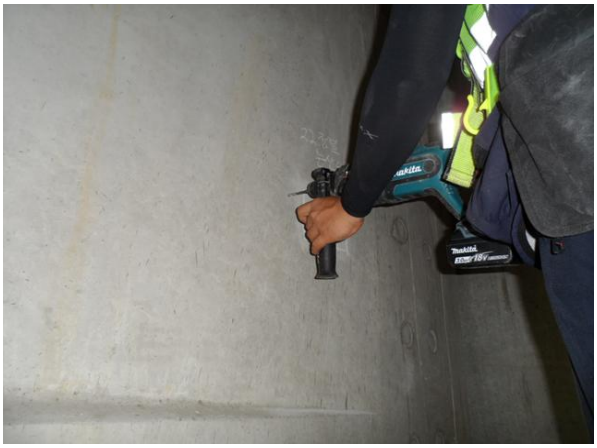
작업전경



작업전경



연단거리 측정



비파괴시험

【사진 40.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

40.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 능산4교(문산)는 총 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=195.4m 폭 12.1m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



바닥판하면 전경(IPC)



바닥판하면 전경(SEG BEAM)

【사진 40.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 외관조사 결과, 균열부백태 등의 손상이 확인되었다.

【표 40.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열부백태 (㎡/개소)	
S1	-	-
S2	0.60	3
S3	-	-
S4	-	-
합계	0.60	3

	
바닥판 하면 S2 균열부백태(0.2×1.0×3EA)	바닥판 하면 S2 균열부백태(0.2×1.0×3EA)

【사진 40.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 균열부백태는 초기 건조수축, 온도변화, 우수유입 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 거더는 S1~S3구간은 IPC 거더, S4는 SEG Beam으로 시공되었으며, 도보 및 고소차를 이용한 외관조사를 실시하였다.

	
IPC거더 전경	SEG Beam 거더 전경

【사진 40.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, IPS 거더와 SEG Beam 거더 모두 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 40.3.2】 거더 현장조사 결과(IPC 거더)

구분		상태양호	
IPC 거더	S1	-	-
	S2	-	-
	S3		
합계		-	-

【표 40.3.3】 거더 현장조사 결과(SEG Beam 거더)

구분		상태양호	
SEG Beam	S4	-	-
합계		-	-

	
IPC 거더 상태양호	SEG Beam 거더 상태양호

【사진 40.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- IPC거더는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- SEG Beam 거더는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 강재(SEG Beam구간)와 콘크리트(IPC구간)로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 도보 및 고소차를 통한 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경(IPC)



가로보 전경(IPC)



가로보 전경(SEGB)

【사진 40.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, IPC거더 가로보 재료분리가 조사되었고, SEG Beam거더의 가로보는 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 40.3.4】 가로보 현장조사 결과(IPC 거더)

구분		재료분리	
가로보	S1	-	-
	S2	0.75	1
	S3		
합계		0.75	1

【표 40.3.5】 가로보 현장조사 결과(SEG Beam 거더)

구분		상태양호	
가로보	S4	-	-
합계		-	-

	
가로보 (IPC거더) S2 재료분리(1.5×0.5)	가로보 (IPC거더) S2 재료분리(1.5×0.5)

【사진 40.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- IPC 거더 구간의 가로보의 초기 건조수축, 거푸집 조기탈형, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- SEG Beam 거더 구간의 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 능산4교(문산) 교대는 A1, A2 역T형으로 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

	
교대 전경(A1)	교대 전경(A2)

【사진 40.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과 균열(Cw=0.3㎜미만), 백태가 조사되었다.

【표 40.3.6】 교대 현장조사 결과

구분	균열(Cw=0.3㎜미만) (m/개소)		백태 (㎡/개소)	
A1	-	-	7.50	3
A2	8.00	2	-	-
합계	8.00	2	7.50	3

	
교대 A1 흉벽 백태(0.1×2.5×3EA)	교대 A1 흉벽 백태(0.1×2.5×3EA)
	
교대 A2 흉벽 균열(Cw=0.3㎜미만)	교대 A2 흉벽 균열(Cw=0.3㎜미만)

【사진 40.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 교대에 조사된 폭0.3㎜미만 균열, 백태는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상방지를 위해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 능산4교(문산)의 교각은 T형 3기로, 기초는 직접기초로 시공되었다. 교각에 대한 외관조사는 도보 및 고소차를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교각 전경(P1)



교각 전경(P2)

【사진 40.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3㎜미만), 망상균열이 조사되었다.

【표 40.3.7】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
P1	6.00	1	3.00	2
P2	3.00	3	-	-
P3	-	-	-	-
합계	9.00	4	3.00	2

	
교각 P1 코핑부 균열(Cw=0.3㎜미만)	교각 P2 기둥부 균열(Cw=0.3㎜미만)
	
교각 P1 기둥부 망상균열(1.0×1.0)	교각 P1 코핑부 망상균열 (1.0×2.0)

【사진 40.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

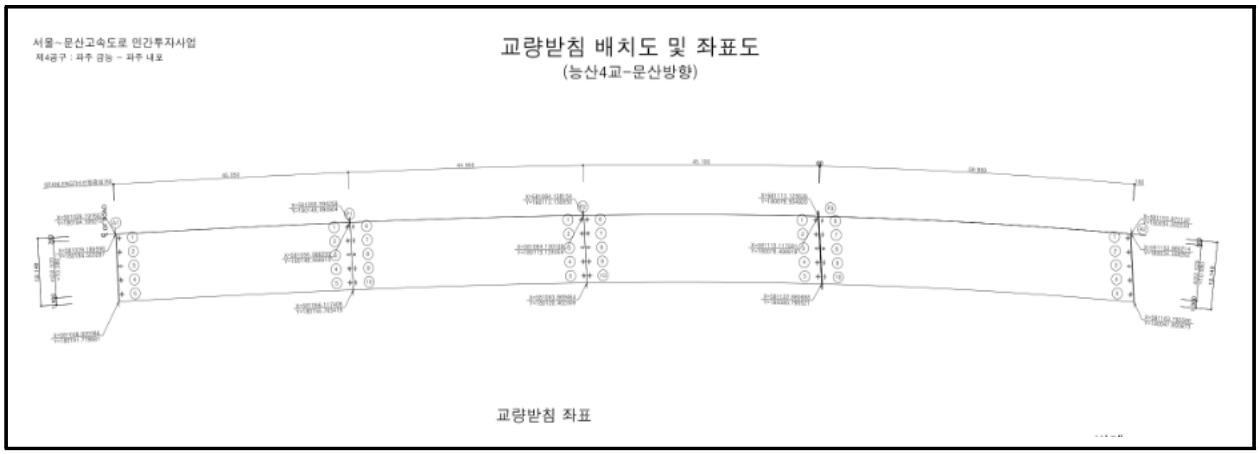
4) 검토의견

■ 교각에 대한 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 누수흔적, 폐콘크리트 퇴적이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 능산4교(문산)의 받침은 탄성받침으로 총 40기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 40.3.1】 교량받침 배치도



탄성받침 전경	탄성받침 전경(고정)	탄성받침 전경

【사진 40.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 현장조사 결과 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만), 받침콘크리트 재료분리 등이 조사되었다.

【표 40.3.8】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침콘크리트 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		받침콘크리트재료분리 (㎡/개소)	
A1	-	-	-	-
P1	-	-	-	-
P2	-	-	0.04	1
P3	1.20	3	-	-
A2	-	-	-	-
합계	1.20	3	0.04	1



P2-Sh4 받침콘크리트 재료분리(0.2×0.2)



P3-Sh2 받침콘크리트 균열 (Cw=0.3㎜미만)

【사진 40.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

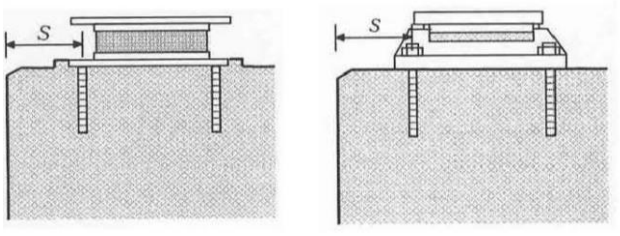
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교량받침에 조사된 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만), 받침콘크리트 재료분리의 경우 초기 건조수축, 시공미흡, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로, 부재의 내구성 확보를 위하여 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 40.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정



받침장치 연단거리 측정

【사진 40.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=45.13m) : 200+5×45.13 = 426(㎜)
- 거더 경간길이(L=45.0m) : 200+5×45.0 = 425(㎜)
- 거더 경간길이(L=45.17m) : 200+5×45.17 = 426(㎜)
- 거더 경간길이(L=60.1m) : 200+5×60.1 = 501(㎜)

【표 40.3.9】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)					검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
			Sh6	Sh7	Sh8	Sh9	Sh10	
A1		426	530	530	530	540	540	O.K
P1	A1측	426	920	920	920	930	930	O.K
	A2측	425	900	900	910	910	910	O.K
P2	A1측	425	910	910	930	930	930	O.K
	A2측	426	930	930	940	940	940	O.K
P3	A1측	426	920	920	920	920	920	O.K
	A2측	501	920	910	910	920	920	O.K
A2		501	610	610	620	610	620	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 40.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 40.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	36.3	13.7	0.00001	45.1	16.4	6.2	
P1	고정단						
P2	36.3	13.7	0.00001	45.0	16.3	6.2	
P3(sh1-5)	36.3	13.7	0.00001	90.2	32.7	12.4	
P3(sh5-10)	고정단						
A2	36.3	13.7	0.00001	60.1	21.8	8.2	

1) 조사당시 온도 : 21.3℃(조사일 : 2022년 08월 25일, 평균온도, 파주)
2) 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)

【표 40.3.11】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	-5	62	72	16.4	6.2	±67	O.K
	SH2	-5	62	72			±67	O.K
	SH3	-5	62	72			±67	O.K
	SH4	-5	62	72			±67	O.K
	SH5	-5	62	72			±67	O.K
P1	고정단							
P2	SH1	0	67	67	16.3	6.2	±67	O.K
	SH2	0	67	67			±67	O.K
	SH3	0	67	67			±67	O.K
	SH4	0	67	67			±67	O.K
	SH5	0	67	67			±67	O.K
	SH6	0	67	67			±67	O.K
	SH7	0	67	67			±67	O.K
	SH8	0	67	67			±67	O.K
	SH9	0	67	67			±67	O.K
	SH10	0	67	67			±67	O.K
P3	SH1	-5	72	62	32.7	12.4	±67	O.K
	SH2	-5	72	62			±67	O.K
	SH3	-5	72	62			±67	O.K
	SH4	-5	72	62			±67	O.K
	SH15	-5	72	62			±67	O.K
P3(Sh6~Sh10)	고정단							
A2	SH1	+10	60	40	21.8	8.2	±50	O.K
	SH2	+10	60	40			±50	O.K
	SH3	+10	60	40			±50	O.K
	SH4	+10	60	40			±50	O.K
	SH5	+10	60	40			±50	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K
허용변위 = 받침높이 × 0.3

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

■ 본 교량의 신축이음장치는 A1, P3, A2 강핑거조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(P3) 전경
	-
EXP.J3(A2) 전경	-

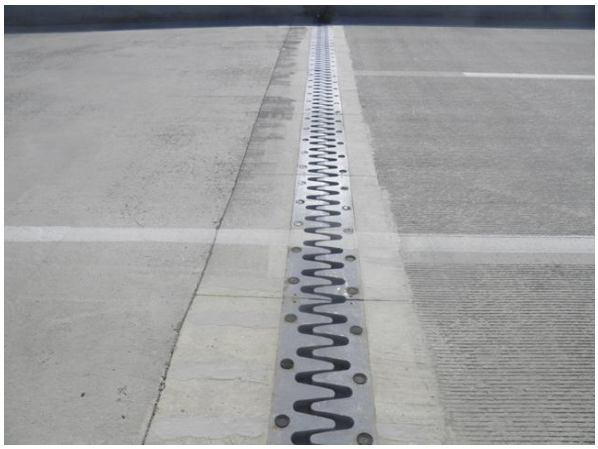
【사진 40.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

■ 신축이음 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 40.3.12】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1 (EXP J1)	-	-
P3 (EXP J2)	-	-
A2 (EXP J3)	-	-
합계	-	-

	
신축이음 A1 상태양호	신축이음 A1 상태양호
	
신축이음 P3 상태양호	신축이음 A2 상태양호

【사진 40.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 09. 26. 기온 적용: 16.2℃(일평균)
RC교 △T(신장시) : 35.0℃−16.2℃ = 18.8℃
△T(수축시) : −15.0℃−(16.2℃) = 31.2℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 40.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 40.3.13】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	31.2	18.8	0.00001	45.1	14.1	8.5	60	701	180	
P3	31.2	18.8	0.00001	90.2	28.1	16.9	60	125	350	
A2	31.2	18.8	0.00001	60.1	18.8	11.3	60	80	80	
1) 조사당시 온도 : 16.2℃(조사일 : 2022년 09월 26일, 평균온도, 파주) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)										

【표 40.3.14】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	14.1	8.5	60	80	5.9	51.5	O.K
	바닥판			80	-	-	71.5	O.K
	거더			180	-	-	171.5	O.K
P3	신축이음	28.1	16.9	60	120	31.9	43.1	O.K
	바닥판			100	-	-	83.1	O.K
	거더			350	-	-	333.1	O.K
A2	신축이음	18.8	11.3	60	100	21.2	48.7	O.K
	바닥판			80	-	-	68.7	O.K
	거더			80	-	-	68.7	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 능산4교(문산)의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 LMC 포장(T=50㎜)으로 되어있다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

【사진 40.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 40.3.15】 교면포장 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
합계	-	-

	
교면포장 S1 상태양호	교면포장 S2 상태양호
	
교면포장 S3 상태양호	교면포장 S4 상태양호

【사진 40.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 능산4교(문산)의 상부는 그레이팅 덮개로 마감된 배수구, 하부는 육교형 배수관이 시공되어 있고, 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 40.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 40.3.16】 배수시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
합계	-	-

	
배수시설 배수구 상태양호	배수시설 배수관 상태양호

【사진 40.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수시설의 현장조사 결과 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽 전경



중분대 전경

【사진 40.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과, 백태가 조사되었다.

【표 40.3.17】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	백태 (㎡/개소)	
S1	-	-
S2	-	-
S3	2.00	1
S4	-	-
합계	2.00	1

	
방호벽 S3 백태(4.0×0.5)	방호벽 S3 백태(4.0×0.5)

【사진 40.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 백태는 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 우수유입 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 능산4교(문산)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A2에 강재+알루미늄 재질의 점검로가 설치되어 있다.

	
점검로 전경	점검로 전경

【사진 40.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대에 설치된 점검로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 40.3.18】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
A2	-	-
합계	-	-

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 40.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

40.3.3 현장조사 총괄표

【표 40.3.19】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열부백태	㎡	0.60	3	
거더	IPC거더	상태양호	-	-	-	
	SEG B거더	상태양호	-	-	-	
가로보	IPC	재료분리	㎡	0.75	1	
	SEG B거더	상태양호	-	-	-	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	8.00	2	
		백태	㎡	7.50	3	
교각		균열(0.3㎜미만)	m	9.00	4	
		망상균열	㎡	3.00	2	
교량받침		받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)	m	1.20	3	
		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.04	1	
신축이음		상태양호	-	-	-	
교면포장		상태양호	-	-	-	
배수시설		상태양호	-	-	-	
방호벽		백태	㎡	2.00	1	

40.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

40.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

40.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 40.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	4	4	4	4	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	2	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



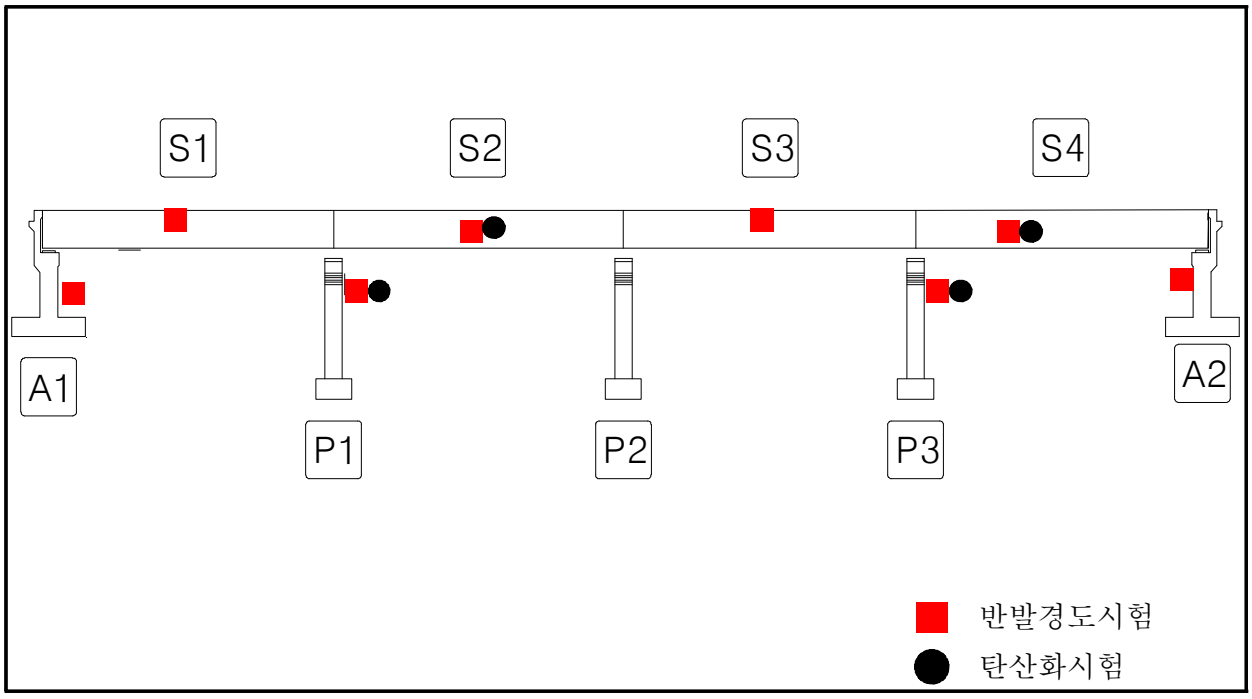
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 40.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 40.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

40.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 8개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 40.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판	46.0	27.1	28.6	0.67	27.0	
	S4 바닥판	46.1	27.2	28.7			

【표 40.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(거더)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
상부 구조	S2 거더	48.6	41.1	49.0	0.67	40.0	
	S3 거더	48.3	40.8	48.6			

【표 40.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	43.1	24.6	27.2	0.67	24.0	
	A2 교대	42.7	24.2	27.0			

【표 40.4.5】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1 교각	48.6	41.0	48.9	0.67	40.0	
	P3 교각	48.8	41.3	49.3			

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.1~28.7㎫, 거더 40.8~49.0㎫, 하부구조 교대 24.2~27.2㎫, 교각 41.0~49.3㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 40.4.6】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	측정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.1~28.7	27.0	100.4~106.2
	거더	40.8~49.0	40.0	102.0~122.6
하부구조	교대	24.2~27.2	24.0	101.0~113.4
	교각	41.0~49.3	40.0	102.6~123.3

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 40.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S2 바닥판하면	0.5	40.0	39.5	a	0.35	100년이상	
	S4 바닥판하면	1.5	40.0	38.5	a	1.06	100년이상	
하부구조	P1 코핑부	4.0	100.0	96.0	a	2.83	100년이상	
	P3 코핑부	1.5	100.0	98.5	a	1.06	100년이상	

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 0.5~1.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~4.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 40.4.8】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	0.5~1.5	38.5~39.5	
하부구조	1.5~4.0	96.0~98.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 40.4.9】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.7	27.0	■설계강도 이상(양호)
		거더	40.8~49.0	40.0	
	하부구조	교대	24.2~27.2	24.0	
		교각	41.0~49.3	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		38.5~39.5	a등급	■탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.0~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

40.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

40.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 문제점이 없는 최상의 상태인 'A등급'으로 산정되었다.

【표 40.5.1】 상태평가 결과표 (IPC)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	IPC	a	a	a	a	a	a	a	a	b	q	–	–
S2	P1	IPC	b	a	a	a	a	a	–	a	b	q	a	a
S3	P2	IPC	a	a	a	a	a	b	–	b	b	q	–	–
평균			0.133	0.100	0.100	0.100	0.100	0.133	0.100	0.133	0.200	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.024	0.020	0.005	0.007	0.003	0.003	0.009	0.012	0.040	–	0.004	0.003
													0.130	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.130) < 0.260

【표 40.5.1】 상태평가 결과표 (SEGB)

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S4	P3	SEGB	a	a	a	a	a	a	a	b	a	q	a	a
	A2								a	a	b	q	–	–
평균			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.150	0.150	–	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.014	0.030	–	0.004	0.003
													0.115	
													A	

■ 결함도 범위 : 0.100 ≤ 결함도지수(0.115) < 0.129

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 40.5.3】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
능산4교(문산)(IPC)	0.130	B	135.3	2	271	0.692	0.090
능산4교(문산)(SEGB)	0.115	A	60.1	2	120	0.308	0.035
합계(∑)			195.4	4	391	1.000	0.125
1. 평가지수 =							0.125
2. 상태평가결과 =							A

40.5.2 기 점검 결과와의 비교

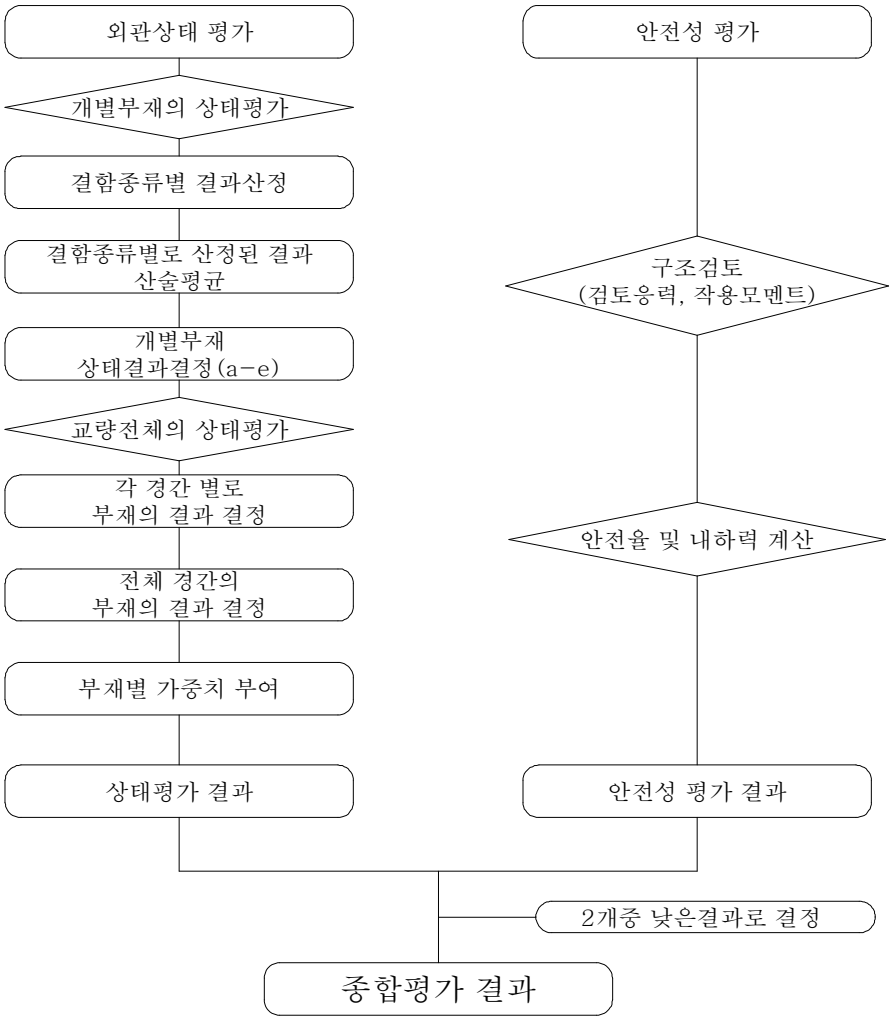
■ 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

40.6 종합평가 및 안전등급 지정

40.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 40.6.1】 종합평가 결과 산정절차

40.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “A” 로 평가되었다.

【표 40.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
능산4교(문산)	0.125	A	-	-	A
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 문제점이 없는 최상의 상태인 “A” 로 평가됨 •종합평가 결과, “A” 로 평가됨				

40.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『문제점이 없는 최상의 상태인』인 **“A등급”** 으로 지정하였다.

【표 40.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

40.7 보수·보강 및 유지관리방안

40.7.1 보수·보강 방안

【표 40.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열부백태	㎡	0.60	3	단면보수	하자
거더	IPC거더	상태양호	-	-	-	-	-
	SEGB거더	상태양호	-	-	-	-	-
가로보	IPC	재료분리	㎡	0.75	1	단면보수	하자
	SEGB	상태양호	-	-	-	-	-
교대		균열(0.3㎜미만)	m	8.00	2	표면처리	하자
		백태	㎡	7.50	3	표면처리	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	m	9.00	4	표면처리	하자
		망상균열	㎡	3.00	2	표면처리	하자
교량받침		받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)	m	1.20	3	표면처리	하자
		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.04	1	단면보수	하자
신축이음		상태양호	-	-	-	-	-
교면포장		상태양호	-	-	-	-	-
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
방호벽		백태	㎡	2.00	1	표면처리	하자

40.7.2 개략공사비

【표 40.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	균열부백태	단면보수	0.60	0.90	㎡	-	-	하자
가로보 IPC	재료분리	단면보수	0.75	1.13	㎡	-	-	하자
교대	균열(0.3㎜미만)	표면처리	8.00	3.00	㎡	-	-	하자
	백태	단면보수	7.50	11.25	㎡	-	-	하자
교각	균열(0.3㎜미만)	표면처리	9.00	3.38	㎡	-	-	하자
	망상균열	표면처리	3.00	4.50	㎡	-	-	하자
교량받침	받침콘 균열(0.3㎜미만)	표면처리	1.20	0.45	㎡	-	-	하자
	받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.04	0.06	㎡	-	-	하자
방호벽	백태	표면처리	2.00	3.00	㎡	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

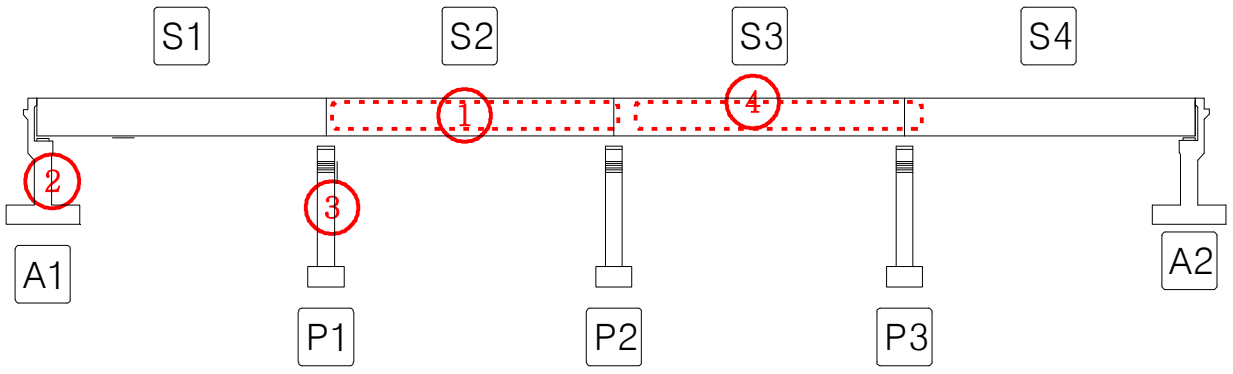
40.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 40.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">① 바닥판 하면 균열부백태 – 진전 여부확인</td><td>② 하부구조 백태 – 진전 여부확인</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>③ 하부구조 망상균열 – 진전 여부확인</td><td colspan="2">④ 방호벽 백태 - 진전 여부확인</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
</table>

40.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 조리읍 능산리 산 13-7에 위치한 교량으로 총 연장 195.4m, 폭 12.1m의 IPC + SEG Beam 거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

40.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 발생한 균열부백태는 초기 건조수축, 온도변화, 우수유입 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- IPC거더는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- SEG Beam 거더는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- IPC 거더 구간의 가로보의 초기 건조수축, 거푸집 조기탈형, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- SEG Beam 거더 구간의 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 조사된 폭0.3㎜미만 균열, 백태는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교각

■ 교각에 대한 현장조사 결과 시공초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 다짐불량, 시공미흡 등에 의한 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 누수흔적, 폐콘크리트 퇴적이 조사되었으며, 조사된 손상은 내구성 확보 차원에서 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

6) 교량받침

■ 교량받침에 조사된 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만), 받침콘크리트 재료분리의 경우 초기 건조수축, 시공미흡, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로, 부재의 내구성 확보를 위하여 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

■ 신축이음은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

■ 교면포장은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

9) 배수시설

■ 배수시설의 현장조사 결과 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

10) 방호벽

■ 방호벽에 발생한 백태는 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 우수유입 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리를 실시하는 것이 필요하다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.1~28.7㎫, 거더 40.8~49.0㎫, 하부구조 교대 24.2~27.2㎫, 교각 41.0~49.3㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 0.5~1.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~4.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 능산4교(문산)의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.125인 “A” 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 능산4교(문산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「문제점이 없는 최상의 상태」인 「A」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

40.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

40.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

41. 내포IC R-B1교

41.1 시설물 개요

41.2 자료수집 및 분석

41.3 현장조사

41.4 콘크리트 내구성조사

41.5 상태평가

41.6 종합평가 및 안전등급 지정

41.7 보수·보강 및 유지관리 방안

41.8 종합결론

41. 내포IC R-B1교

41.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 파주시 문산읍 내포리 554-4에 위치한 교량으로 총 연장 50.8m, 폭 16.3m로 시공되어 있다.

41.1.1 일반사항

【표 41.1.1】 내포IC R-B1교 일반사항

구 분		내 용	구 분	내 용	
시설물번호		BR2020-0000149	관리번호	-	
시설물위치		경기도 파주시 문산읍 내포리 554-4	준공년월일	2020. 11. 06	
시점이정		-	노 선 명	고속국도 17호선	
제원	연장	L=50.8m(단경간)			
	폭	B=16.3m			
구조형식	상부	IPC 거더	기초형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형			
교량받침		탄성받침	신축이음	뉴모노셀조인트	
교차시설물		대명골천	통과높이	-	
부착시설내용		-	설계하중	DB-24/DL-24	
시 공 자		㈜대우건설	관리주체	㈜신성엔지니어링	
감 리 자		㈜신성엔지니어링	관리주체	서울문산고속도로주식회사	

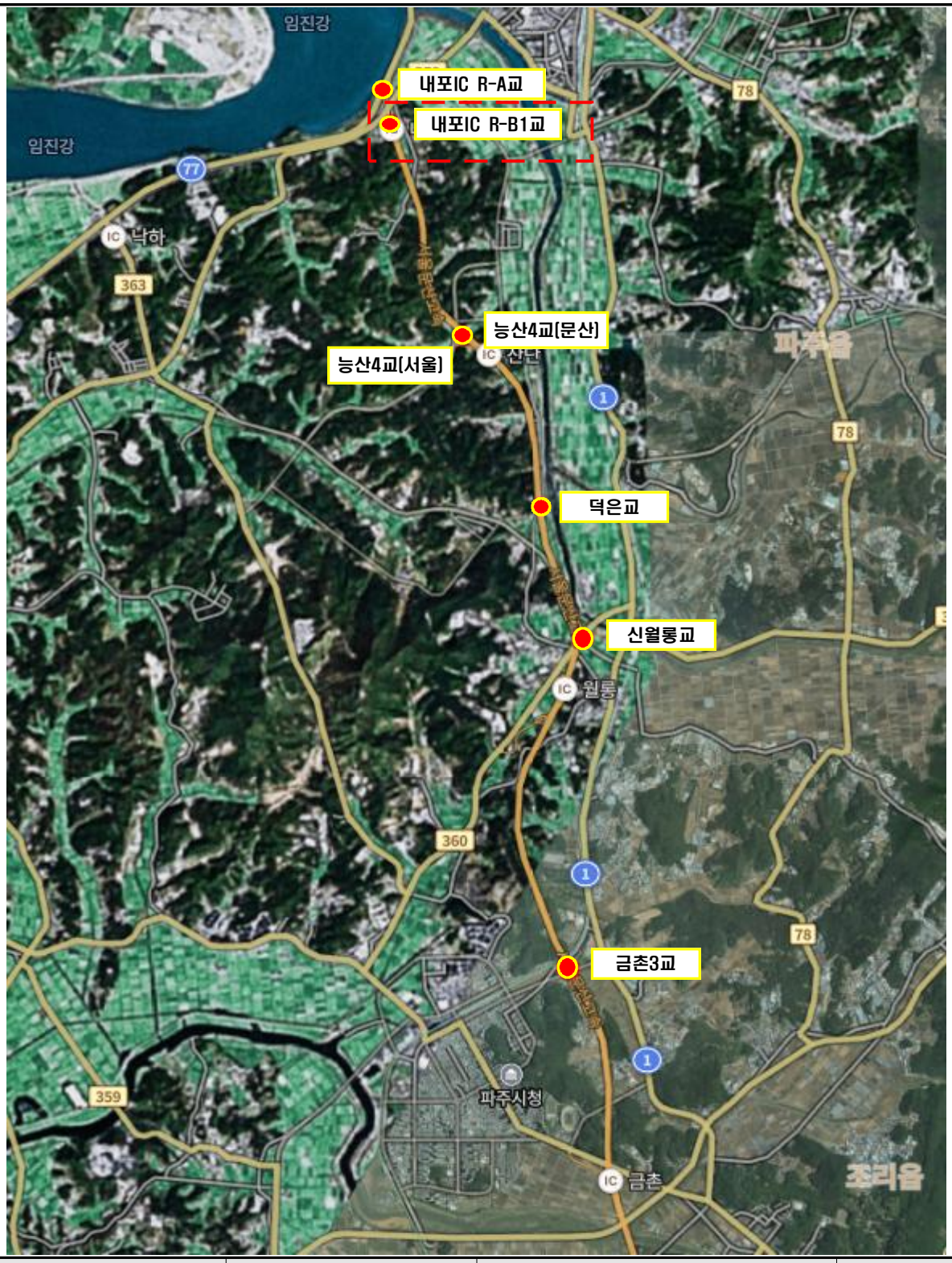


측면 전경



상부 전경

41.1.2 위치도 및 전경사진



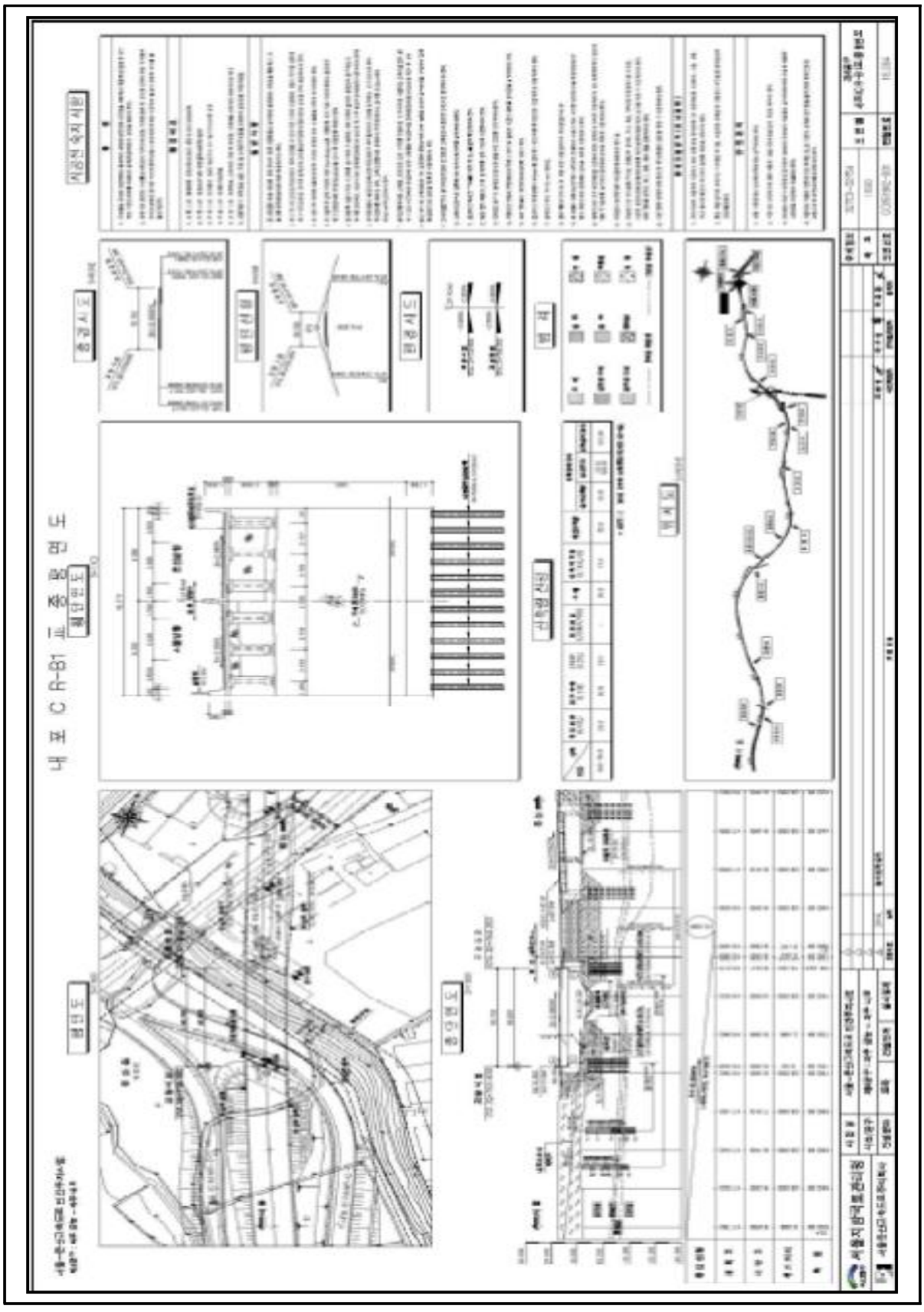
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 41.1.1】 위치도

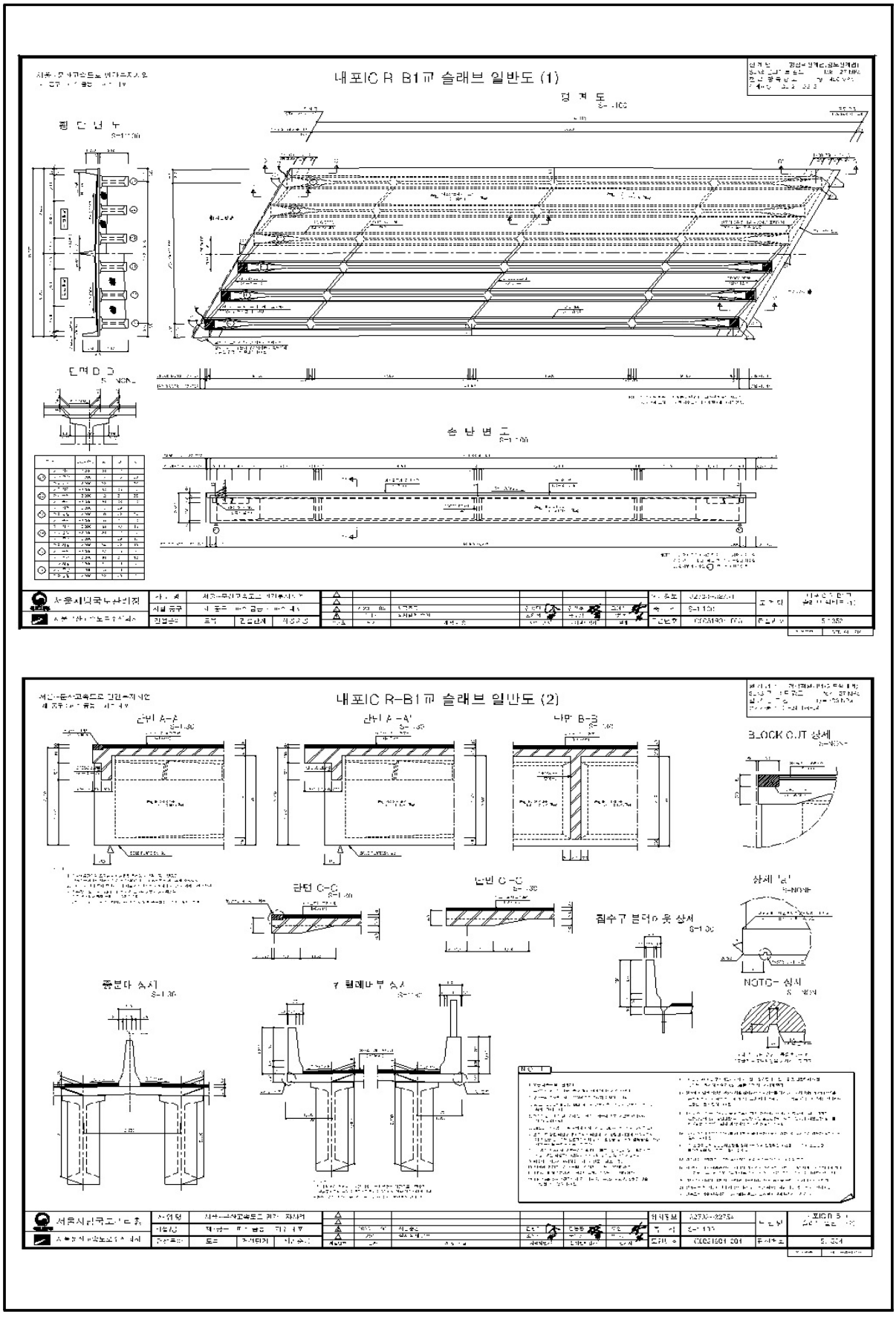
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수시설 전경

【그림 41.1.2】 부재별 현황

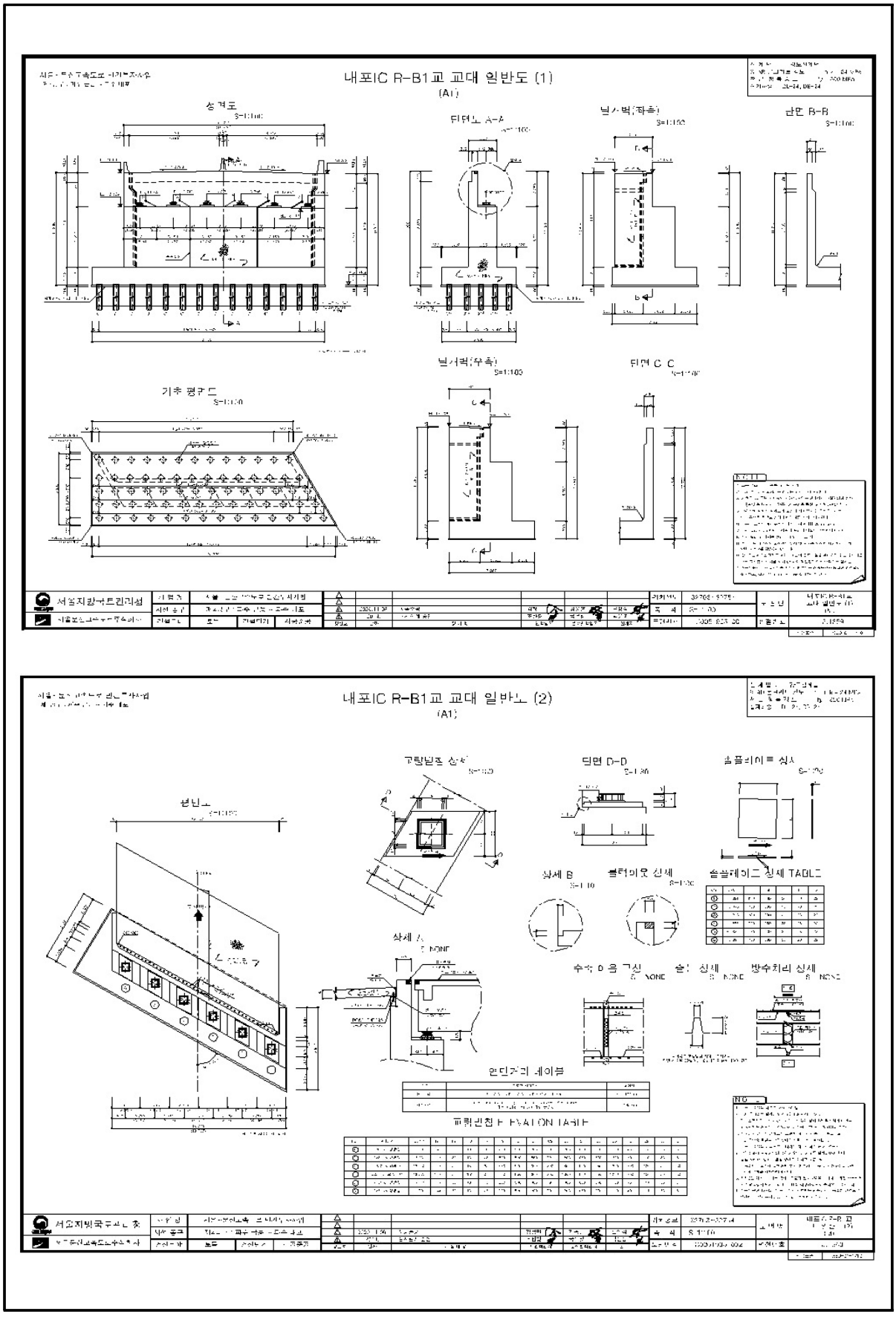
41.1.3 시설물 일반도



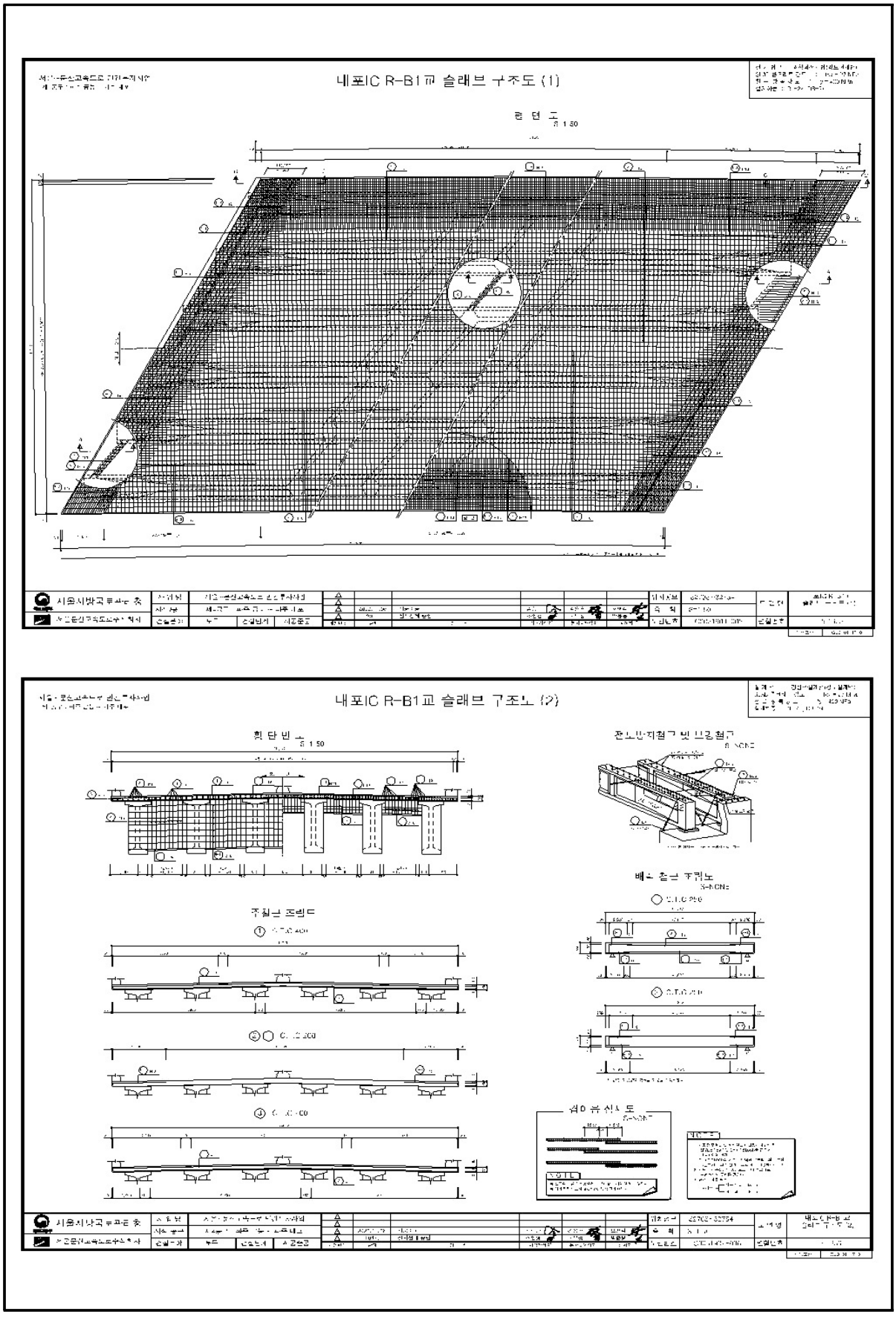
【그림 41.1.3】 평면 및 종단면도



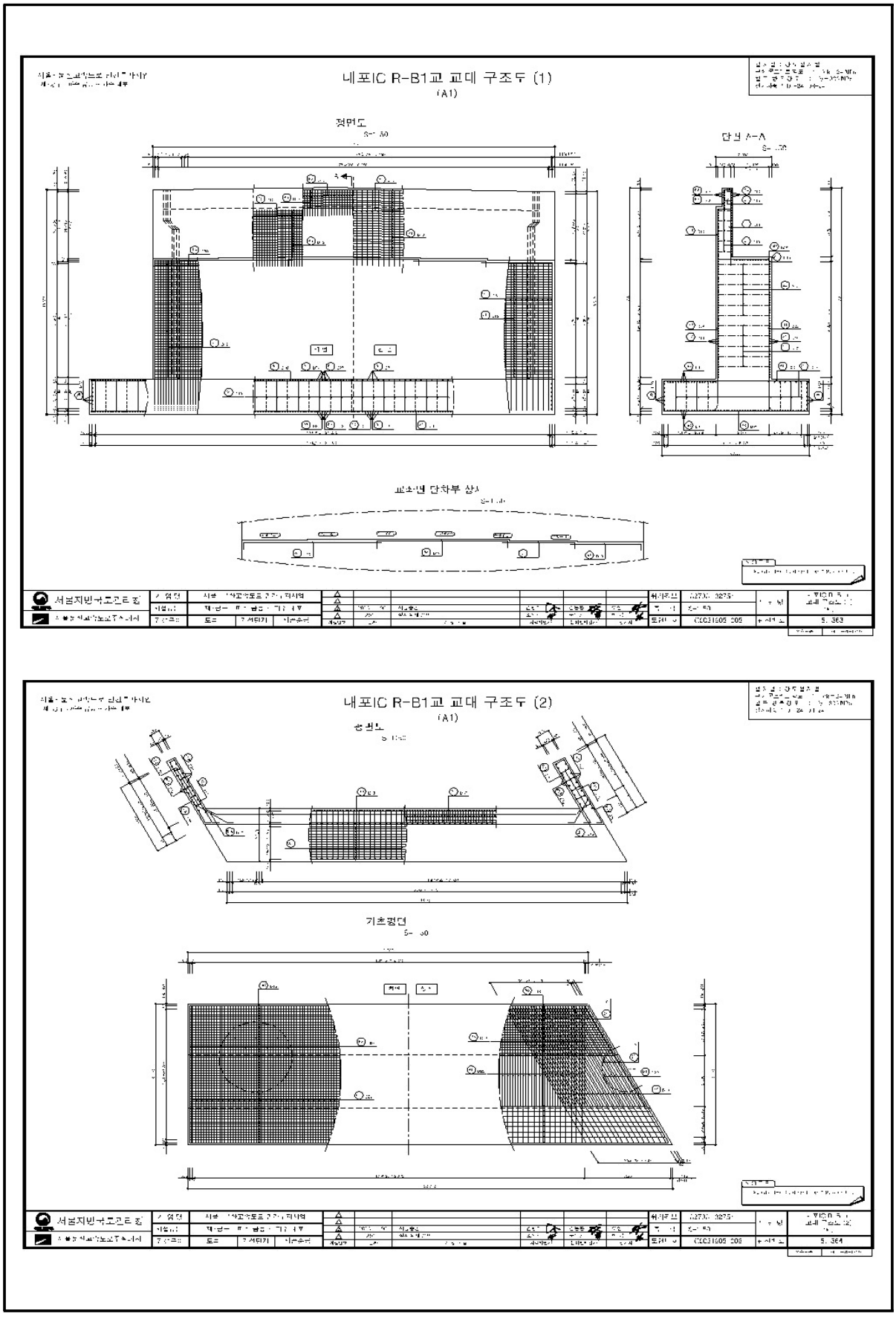
【그림 41.1.4】 바닥판하면 일반도



【그림 41.1.5】 교대 일반도



【그림 41.1.6】 슬래부 구조도



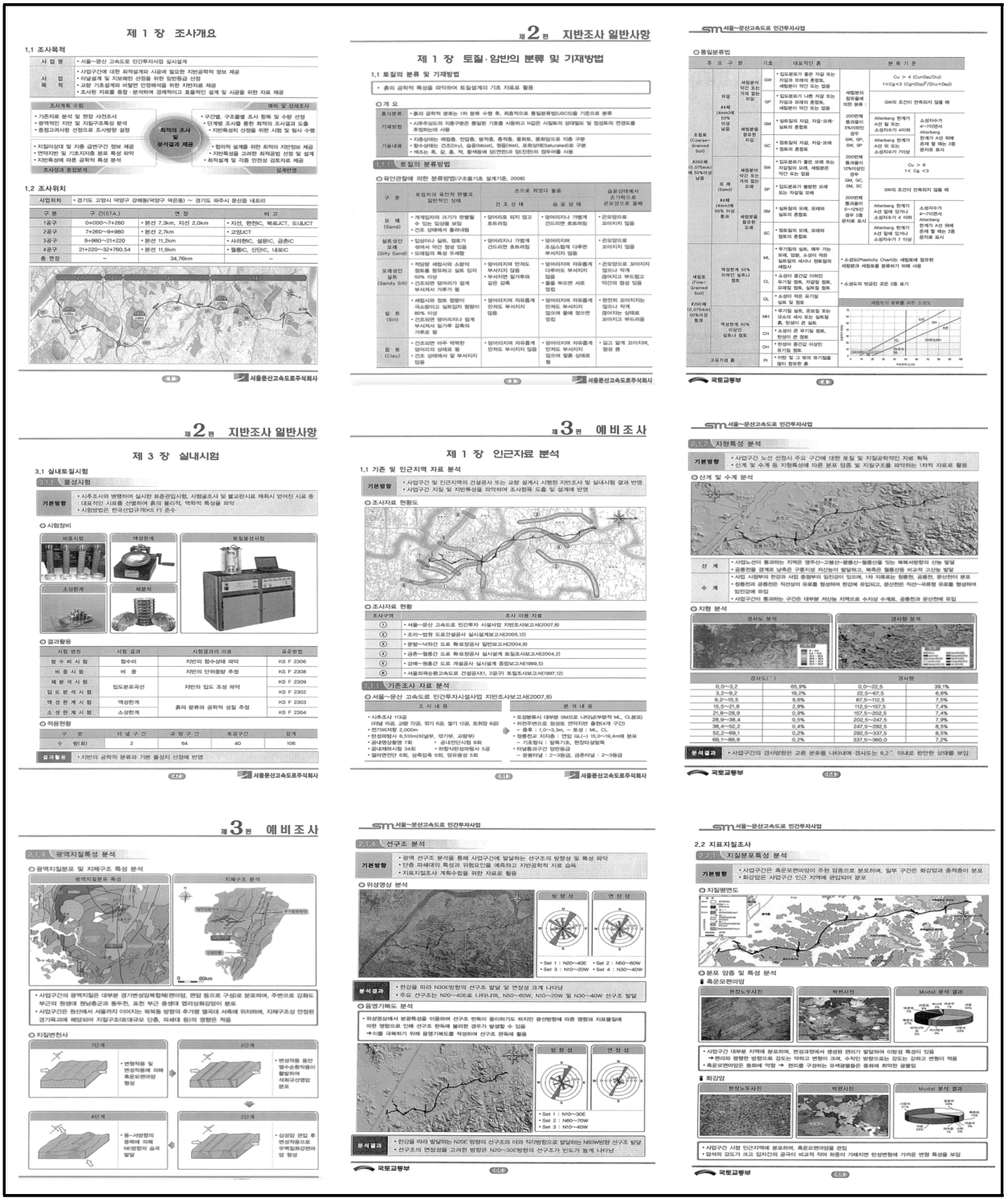
【그림 41.1.7】 교대 구조도

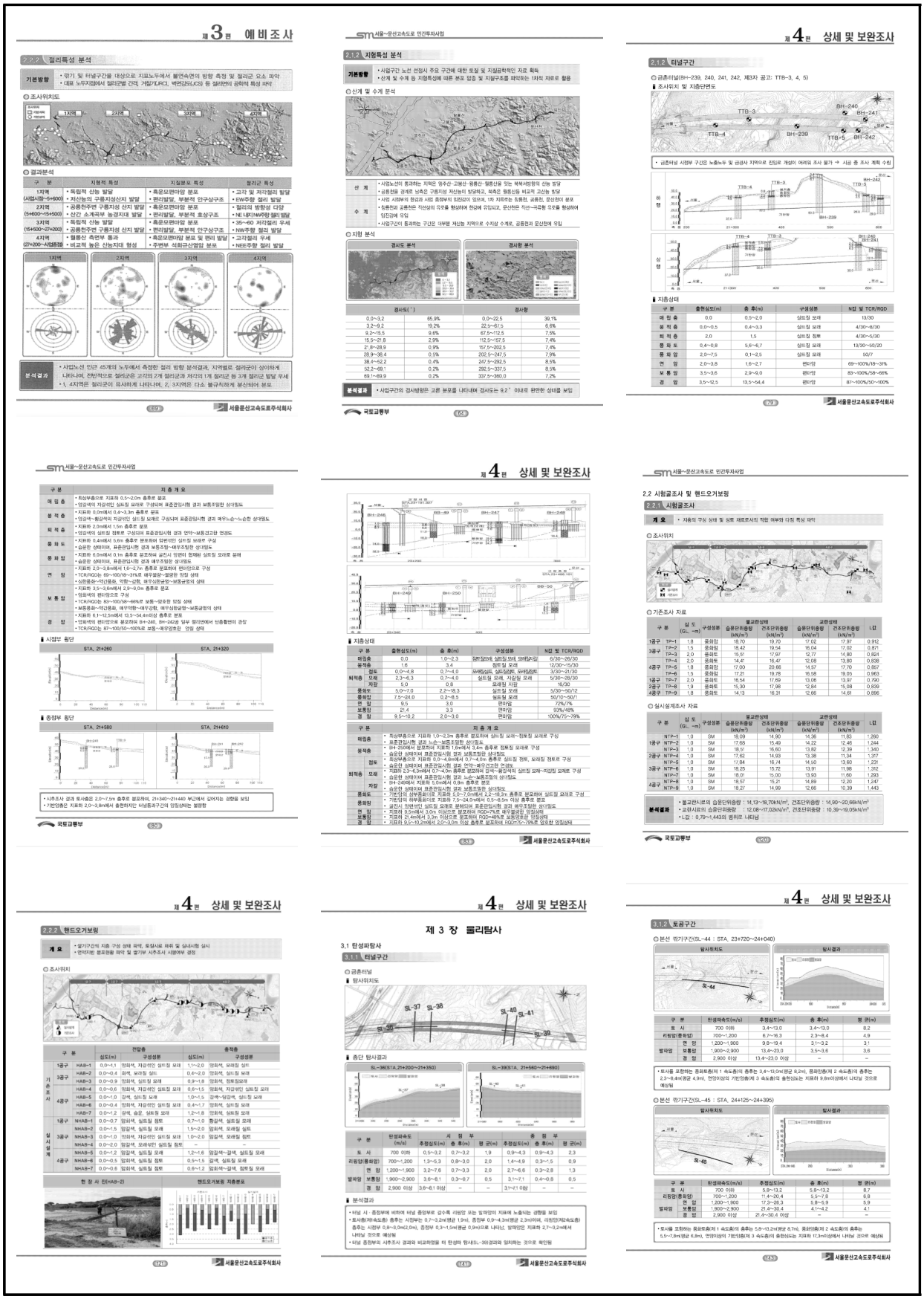
41.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

41.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질





나. 지반 및 지질 조사보고서

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	• 지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용 • 점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 기존조사 자료

▮ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌터널	TTB-3	8.0	풍화암	50/8	206	290	PMT
	TTB-3	25.3	경 암	94	9,290	13,000	GMJ
	TTB-4	25.0	경 암	99	13,100	15,000	GMJ
	TTB-5	23.6	경 암	90	8,470	9,930	GMJ
영태터널	TTB-6	18.0	경 암	100	9,690	11,100	GMJ
	TTB-9	37.0	경 암	93	10,400	11,100	GMJ
	TTB-14	35.0	경 암	70	9,730	11,100	GMJ
	TTB-15	32.0	경 암	80	8,370	9,960	GMJ

▮ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
월롱1교	BB-53	19.3	연 암	27	1,026	1,076	PMT
능산2교	BB-59	4.5	풍화암	50/5	306	420	PMT
내포 IC RAMP-B3	BB-64	10.0	퇴적층(실트)	4/30	2.1	-	LLT
	BB-64	21.0	연 암	9	624	754	PMT

▮ 깎기구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
제22깎기부	CCB-6	12.0	연 암	9	743.5	1,197	PMT

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌 터널	BH-239	10.0	경 암	87	9,122	20,611	GMJ
	BH-239	45.0	경 암	94	23,862	67,171	GMJ

국토교통부 148

제 4 편 상세 및 보완조사

▮ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌3교	BH-246	25.0	풍화암	50/4	173	287	PMT
월롱교	BH-271	9.0	풍화암	50/5	244	442	PMT
능산1-1교	BH-286	13.0	연 암	31	543	1,222	PMT
내포IC R-B교	BH-309	16.0	연 암	14	621	917	PMT
내포IC R-A교	BH-315	22.0	풍화암	50/5	237	436	PMT
	BH-315	24.0	연 암	43	452	885	PMT

▮ 깎기구간

공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-243	11.0	풍화암	50/10	149	327	PMT
BH-252-1	15.5	풍화암	50/6	265	387	PMT
BH-252-1	28.0	경 암	65	13,418	17,970	GMJ
BH-254	12.0	풍화토	20/30	62	78	PMT
BH-261-5	14.5	풍화암	50/8	203	349	PMT
BH-282	15.0	연 암	11	625	1,210	PMT
BH-284	10.5	연 암	8	480	1,009	PMT
BH-287	18.5	연 암	28	1,390	2,003	PMT
BH-293	15.4	연 암	18	3,405	6,500	PMT
BH-293-1	10.0	풍화암	50/8	226	482	PMT
BH-299	16.0	연 암	0~9	523	858	PMT
BH-302	13.0	풍화암	50/4	258	529	PMT
	18.0	연 암	23	581	933	PMT
BH-306	25.0	연 암	32	1,192	2,190	PMT

▮ 쌓기구간

공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-236	3.0	퇴적(점토)	2/30	1.93	-	LLT
BH-256	8.0	풍화암	50/7	318	513	PMT
BH-268	2.0	퇴적(점토)	8/30	9.67	-	LLT
BH-277	3.5	퇴적(점토)	3/30	3.89	-	LLT

○ 결과분석

구분	변형계수(MPa)					분석결과
	퇴적층	풍화토	풍화암	연 암	경 암	
터널구간	-	-	-	-	9,122~23,862	• 연암 변형계수 -교량구간:452~621MPa -깎기구간:480~3,406MPa • 위치 및 구조물별로 편차가 나타남
교량구간	-	-	173~244	452~621	-	
깎기구간	-	62	149~265	480~3,405	13,418	
쌓기구간	1.93~9.67	-	318	-	-	

149 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.1.2 공내전단시험

개 요	• 풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대층의 원위치 상태의 점착력(C)과 내부마찰각(ø)측정

○ 기존조사 자료

▮ 터널구간

구분		심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)	구분		심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)
금촌터널	TTB-3	8.0	풍화토	50/8	20.0	28.0	영태터널	TTB-6	11.0	풍화암	50/6	27.4	32.0
	TTB-4	4.0	풍화암	50/9	26.0	32.5							

▮ 깎기구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)
깎기4-1	CCB-6	12.0	연 암	9	743.5	1,197

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)
금촌터널	BH-179	4.0	풍화토	50/15	18.6	28.2

▮ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)
내포IC R-A교	BH-315	21.0	풍화암	50/8	32.9	28.5

▮ 깎기구간

구분	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)	구분	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(˚)
BH-252-1	12.5	풍화토	50/13	17.4	28.2	BH-289	4.0	풍화암	50/7	32.3	29.8
BH-254	8.0	풍화토	18/30	14.6	24.6	BH-293	4.0	풍화토	50/18	19.4	29.3
BH-261-5	9.0	풍화토	50/17	17.5	29.4	BH-299	7.0	풍화토	50/28	15.8	27.1
BH-282	6.0	풍화암	50/7	32.5	31.5	BH-302	6.0	풍화토	50/27	17.2	25.9
BH-284	3.0	풍화토	50/15	18.7	27.5	BH-303-1	3.0	풍화토	50/30	18.0	28.1
BH-287	4.0	풍화암	50/8	29.7	28.3	BH-306	7.0	풍화토	50/15	19.0	25.6

○ 결과분석

구분	점착력(kPa)		내부마찰각(˚)		분석결과
	풍화토	풍화암	풍화토	풍화암	
터널구간	18.6	-	28.2	-	• 풍화토 점착력(kPa)/마찰각(˚) -교량구간:18.6/28.2 -깎기구간:14.6~19.4/24.6~29.4
교량구간	-	32.9	-	28.5	
깎기구간	14.6~19.4	29.7~32.5	24.6~29.4	28.3~31.5	

국토교통부 150

제 4 편 상세 및 보완조사

4.1.3 SPT효율시험

개 요	• 표준관입시험시 롯드에 전달된 실제 타격에너지를 측정한 후 이를 이론적 타격에너지와 비교하여 에너지 전달율을 구함으로써 N값의 신뢰도 확보

○ 시험현황

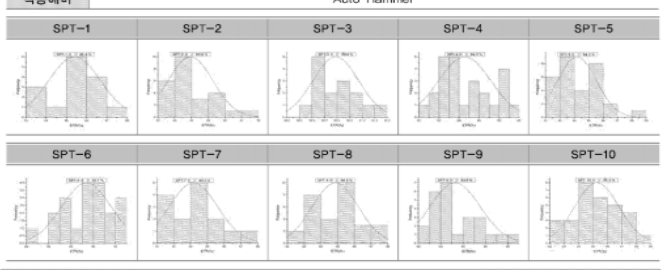
구 분	기존조사				실시설계			
	터널	교량	깎기	쌓기	터널	교량	깎기	쌓기
수량(회)	1	3	-	-	2	5	2	1

○ 기존조사 자료

공 번		BB-43	BB-51	BB-53	TTB-5
측정지층		풍화암	풍화토	풍화토	풍화토
ETR (%)	범위	49.1~61.5	48.1~58.3	53.0~65.5	50.6~56.2
	평균	54.1	53.2	60.1	52.6
적용해머		Donut Hammer	Donut Hammer	Auto Hamme	Donut Hammer

○ 실시설계조사 자료

공 번		SPT-1	SPT-2	SPT-3	SPT-4	SPT-5	SPT-6	SPT-7	SPT-8	SPT-9	SPT-10
측정지층		풍화토	풍화토	풍화암	풍화암	풍화암	풍화토	퇴적층	풍화토	퇴적층	풍화토
ETR (%)	범위	63.1~67.2	62.2~67.5	58.5~61.9	62.3~66.6	62.4~68.0	63.4~67.4	62.3~67.2	62.5~67.6	62.4~66.3	62.8~68.1
	평균	65.4	63.9	59.9	64.3	64.2	65.7	64.2	64.9	63.6	65.3
적용해머		Auto Hammer									



분석결과	• 기존 조사시 평균ETR 52.6~60.1%(평균 55.0%)로 나타남 • 금회 조사시 평균ETR 59.9~65.7%(평균 64.1%)로 나타남

151 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	• 사업구간내 시추공의 지하수위를 측정하여 안정된 지하수위 분포 현황을 파악 • 각 시추공별 지하수위는 24, 48, 72시간 경과 후 측정

○ 기존조사 자료

구 분		터널구간	교량구간	깎기구간	쌓기구간
지하수위	GL. -m	1.7~16.3	0.4~9.5	1.3~17.3	3.9
	EL. m	39.2~95.6	2.1~53.5	19.8~60.3	2.7~4.3

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m	구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m	구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m
BH-239	27.0	51.5	BH-241	2.2	43.1	BH-242	2.4	42.8
BH-240	3.1	50.7	-	-	-	-	-	-

▮ 교량구간

구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m	구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m	구 분	지하수위 GL. -m	지하수위 EL. m
BH-243-2	2.8	20.0	BH-278	4.6	5.8	BH-304-2	1.6	13.5
BH-246	2.7	7.0	BH-279	4.9	5.4	BH-305	1.6	13.7
BH-247	3.1	7.4	BH-280	1.9	7.1	BH-305-1	2.6	12.5
BH-248	4.3	6.2	BH-281	4.3	5.5	BH-305-2	2.2	12.6
BH-249	1.8	7.5	BH-285-1	3.5	6.1	BH-305-6	3.8	10.5
BH-250	1.2	8.6	BH-285-2	1.6	6.0	BH-308	4.5	2.3
BH-261-1	1.7	23.2	BH-286	4.2	3.4	BH-309	4.5	3.8
BH-261-2	1.8	23.9	BH-286-1	4.6	3.0	BH-310	4.7	3.7
BH-261-3	7.2	26.6	BH-286-2	3.8	4.7	BH-311	4.8	4.2
BH-261-4	8.0	26.0	BH-288	2.5	8.8	BH-313	9.7	2.7
BH-270	5.5	9.5	BH-288-1	2.4	9.4	BH-314-1	9.2	1.6
BH-271	2.5	9.5	BH-294-1	3.3	11.8	BH-315	10.2	1.8
BH-272	0.5	10.3	BH-295	0.1	10.3	-	-	-
BH-273	2.5	7.5	BH-296	1.8	10.3	-	-	-

국토교통부 152

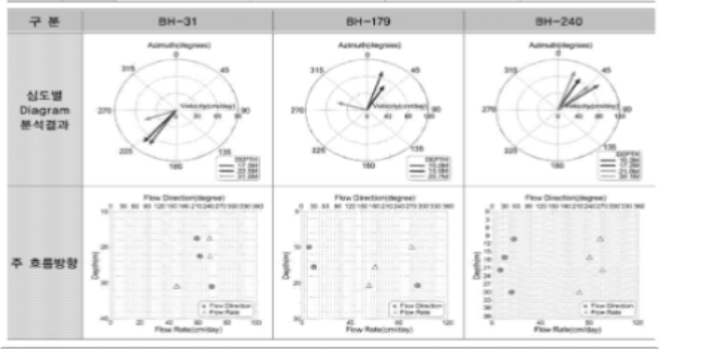
서울~문산고속도로 민간투자사업

4.2.4 지하수 유향유속시험

개 요	• 터널구간 불연속면 분포구간에 대한 지하수 유동속도 및 방향성 측정 • 터널의 전체적인 지하수 흐름 경향 파악 및 설계시공의 기초 자료로 활용

○ 실시설계조사 시험결과

구 분	공 번	측정심도(m)	유향(MN)	유속(cm/day)	주흐름방향
강매터널	BH-31	17.5	212.9	67.74	SSW~SWW
		22.5	220.0	68.34	
		31.0	249.7	44.96	
문봉터널	BH-179	10.0	018.1	90.72	NWW~NNE
		15.5	030.0	60.48	
		20.7	286.8	55.54	
금촌터널	BH-240	10.3	053.2	88.84	NNE~NEE
		17.2	029.8	79.78	
		21.8	019.6	90.43	
		30.1	046.9	71.57	



분석결과	• BH-31 유향은 212.9˚ ~249.7˚ (SSW~SWW방향)이며 44.96~68.34cm/day의 유속을 보임 • BH-179 유향은 286.8˚ ~30.0˚ (NWW~NNE방향)이며 55.54~90.72cm/day의 유속을 보임 • BH-240 유향은 19.6˚ ~53.2˚ (NNE~NEE방향)이며 71.57~90.43cm/day의 유속을 보임

국토교통부 158

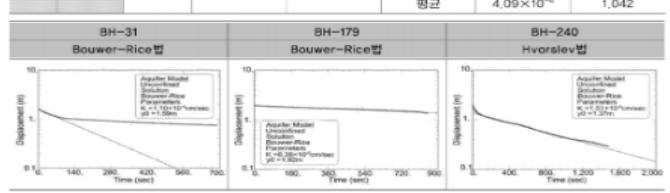
제 4 편 상세 및 보완조사

4.2.5 순간충격시험

개 요	• 순간적으로 물을 주입후 상승한 수위가 원래의 안정수위로 회복하는 수위변화를 측정 • 투수량 계수(T)와 투수계수(K)를 구하여 수리 해석시 입력 물성치로 활용

○ 실시설계조사 시험결과

구 분	공번	심도(m)	초기수위(m)	대수층 두께(m)	분석방법	K(cm/sec)	T(cm²/sec)
강매 터널	BH-31	34.0	17.15	16.85	Bouwer-Rice	1.10×10^{-4}	0.186
					Hvorslev	1.59×10^{-4}	0.268
					평균	1.35×10^{-4}	0.227
	BH-34	15.0	3.50	11.50	Bouwer-Rice	3.73×10^{-4}	0.429
					Hvorslev	5.21×10^{-4}	0.599
					평균	4.47×10^{-4}	0.514
문봉 터널	BH-179	30.5	7.45	23.05	Bouwer-Rice	6.28×10^{-6}	0.014
					Hvorslev	8.32×10^{-6}	0.019
					평균	7.30×10^{-6}	0.017
	BH-180	20.1	8.76	11.34	Bouwer-Rice	6.26×10^{-6}	0.007
					Hvorslev	8.68×10^{-6}	0.010
					평균	7.47×10^{-6}	0.008
금촌 터널	BH-240	33.0	3.20	29.80	Bouwer-Rice	1.51×10^{-5}	0.045
					Hvorslev	2.05×10^{-5}	0.061
					평균	1.78×10^{-5}	0.053
	BH-242	29.0	2.15	26.85	Bouwer-Rice	3.52×10^{-4}	0.898
					Hvorslev	4.65×10^{-4}	1.186
					평균	4.09×10^{-4}	1.042



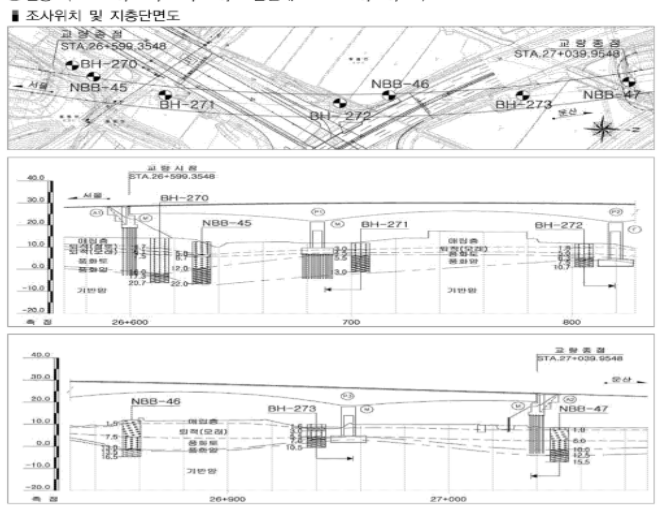
분석결과	• 시험결과 투수계수(K)는 7.30×10^{-6} ~ 4.47×10^{-4}cm/sec의 범위를 보이며 투수량 계수(T)는 0.008~1.042cm²/sec의 범위를 나타냄

159 서울문산고속도로주식회사

제 4 편 상세 및 보완조사

○ 월롱교(BH-270, 271, 272, 273, 보완설계 : NBB-45, 46, 47)

▮ 조사위치 및 지층단면도



▮ 지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	1.0~4.7	실트질 모래, 모래질 자갈	7/30~22/30
붕적층		0.0	6.7	실트질 모래, 모래질 자갈	15/30~20/30
퇴적층	점토	4.7	1.4	모래질 실트	6/30~8/30
	모래	1.6~6.1	1.4~3.9	실트질 모래, 점토질 모래	5/30~11/30
	자갈	1.0~1.5	5.0~6.0	모래질 자갈	4/30~23/30
풍화토		4.5~7.5	1.0~8.5	실트질 모래	21/30~50/13
풍화암		5.5~16.0	0.5~7.5	실트질 모래	50/10~50/2
연 암		7.0~17.3	3.0~3.5	편마암	84~100%/12~25%
보통암		13.5	3.0	편마암	100%/39%

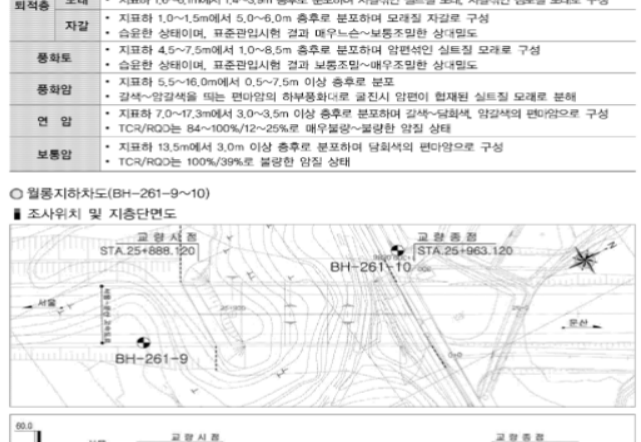
85 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

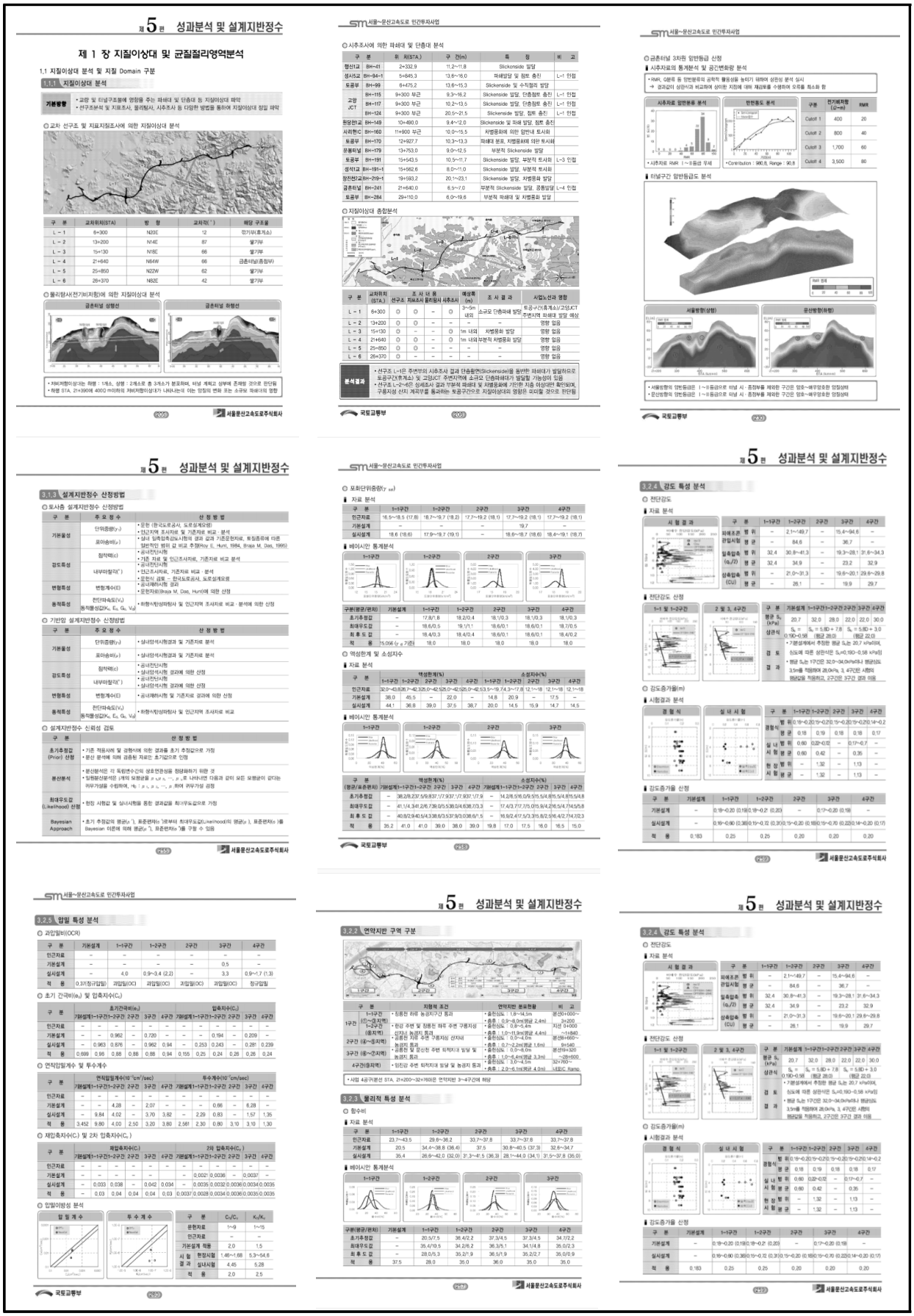
구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 1.0~4.7m 층후로 분포하며 자갈석인 실트질 모래, 실트질 모래, 모래질 자갈로 구성
붕적층		• 지표하 0.0m에서 6.7m 층후로 분포하며 황갈색의 실트질 모래, 모래질 자갈로 구성
퇴적층	점토	• 지표하 4.7m에서 1.4m 층후로 분포하며 암회색의 모래질 실트로 구성, 보통견고한 연경도
	모래	• 지표하 1.6~6.1m에서 1.4~3.9m 층후로 분포하며 자갈석인 실트질 모래, 자갈석인 점토질 모래로 구성
	자갈	• 지표하 1.0~1.5m에서 5.0~6.0m 층후로 분포하며 모래질 자갈로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 매우느슨~보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 지표하 4.5~7.5m에서 1.0~8.5m 층후로 분포하며 암편석인 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 5.5~16.0m에서 0.5~7.5m 이상 층후로 분포 • 갈색~암갈색을 띠는 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편이 협재된 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 7.0~17.3m에서 3.0~3.5m 이상 층후로 분포하며 갈색~담회색, 암갈색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 84~100%/12~25%로 매우불량~불량한 암질 상태
보통암		• 지표하 13.5m에서 3.0m 이상 층후로 분포하며 담회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 100%/39%로 불량한 암질 상태

○ 월롱지하차도(BH-261-9~10)

▮ 조사위치 및 지층단면도



국토교통부 86



제5편 성과분석 및 설계지반정수

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

기본방향
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

○ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석

구 분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	해당 구조물
L-1	6+300	N20E	12	인기IC(휴게소)
L-2	13+200	N14E	87	쌀기봉
L-3	15+130	N18E	66	쌀기봉
L-4	21+640	N64W	66	금촌터널(좌점부)
L-5	25+850	N22W	62	쌀기봉
L-6	26+370	N82E	42	쌀기봉

○ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석

- 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 하행 STA. 21+390에 400Ω·m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구 분	위 치(STA.)	구 간(m)	특 징	비 고
행산교	BH-41	2+332.9	11.2~11.8	Slickonside 발달	
성사3교	BH-94-1	5+845.3	13.6~16.0	파쇄암대 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	6+475.2	13.6~15.3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양 JCT	BH-115	9+300 부근	9.3~16.2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10.2~13.5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20.5~21.5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
원당천교	BH-149	10+460.0	9.4~12.0	Slickenside 및 파쇄 발달, 점토 충진	
사리현IC	BH-160	11+900 부근	10.0~15.5	지맥풍화에 의한 암반내 토사층	
토공부	BH-170	12+927.7	10.3~13.3	파쇄대 본포, 지맥풍화에 의한 토사화	
문봉터널	BH-179	13+753.0	9.0~12.5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543.5	10.5~11.7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
성석1교	BH-191-1	15+562.6	8.0~11.0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천교	BH-219-1	19+593.2	20.1~23.1	Slickenside 발달, 지맥풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640.0	6.5~7.0	부분적 Slickenside 발달, 풍화심달	L-4 인접
토공부	BH-264	29+110.0	6.0~19.6	부분적 파쇄대 및 지맥풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석

구 분	교차위치 (STA.)	조 사 내 용 선구조	지표조사	물리탐사	시추조사	예상폭 (m)	조 사 결 과	시업노선과 영향
L-1	6+300	○	○	–	○	3~5m 내외	소규모 단층파쇄 발달	토공구간(휴게소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L-2	13+200	○	○	–	–	–	–	영향 없음
L-3	15+130	○	–	–	○	1m 내외	지맥풍화 발달	영향 없음
L-4	21+640	○	○	–	○	1m 내외	부분적 지맥풍화 발달	영향 없음
L-5	25+850	○	○	–	–	–	–	영향 없음
L-6	26+370	○	–	–	–	–	–	영향 없음

분석결과
- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층파쇄(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(휴게소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~L-6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 지맥풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구릉지성 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 금촌터널 3차원 암반등급 산정

▮ 시추자료의 통계분석 및 공간변화량 분석

- RMR, Q분류 등 암반분류의 공학적 활용성을 높이기 위하여 상관성 분석 실시
- → 결과값이 상관식과 비교하여 상이한 지점에 대해 재검토를 수행하여 오류를 최소화 함

구분	전기비저항 (Ω-m)	RMR
Cutoff 1	400	20
Cutoff 2	800	40
Cutoff 3	1,700	60
Cutoff 4	3,500	80

▮ 터널구간 암반등급도 분석

- 서울방향 암반등급은 Ⅰ~Ⅱ등급으로 비상 시 · 종점부를 제외한 구간은 암보~매우암보한 암질상태
- 문산방향 암반등급은 Ⅰ~Ⅱ등급으로 비상 시 · 종점부를 제외한 구간은 암보~매우암보한 암질상태

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.1.3 설계지반정수 산정방법

○ 토사층 설계지반정수 산정방법

구 분	주 요 정 수	산 정 방 법
기본물성	단위중량(γ_{t})	• 문헌 (한국도로공사, 도로설계요령)
	포아송비(μ)	• 인근지역 조사자료 및 기존자료 비교 · 분석
강도특성	점착력(c)	• 실내 일축압축강도시험의 결과 결과 기존문헌자료, 토질종류에 따른 일반적인 범위 값 비교 추정(Hoy E. Hunt, 1984, Braja M. Das, 1995)
	내부마찰각($^{\circ}$)	• 공내전단시험 • 인근조사자료, 기존자료 비교 · 분석 • 문헌의 검토 - 한국도로공사, 도로설계요령 • 공내N치시험 결과 • 문헌자료(Braja M. Das, Hunt)에 의한 산정
변형특성	변형계수(E)	
동적특성	전단파속도(V_{s}) 동적물성값(K_{d}, E_{d}, G_{d}, V_{sd})	• 하향식탄성파탐사 및 인근지역 조사자료 비교 · 분석에 의한 산정

○ 기반암 설계지반정수 산정방법

구 분	주 요 정 수	산 정 방 법
기본물성	단위중량(γ_{t})	• 실내암석시험결과 및 기존자료 분석
	포아송비(μ)	• 실내암석시험결과 및 기존자료 분석
강도특성	점착력(c)	• 공내전단시험 • 실내암석시험 결과에 의한 산정
	내부마찰각($^{\circ}$)	• 실내암석시험 결과에 의한 산정
변형특성	변형계수(E)	• 공내재하시험 및 기존자료 결과에 의한 산정
동적특성	전단파속도(V_{s}) 동적물성값(K_{d}, E_{d}, G_{d}, V_{sd})	• 하향식탄성파탐사 및 인근지역 조사자료 비교

○ 설계지반정수 신뢰성 검토

구 분	산 정 방 법
초기추정값 (Prior) 산정	• 기존 적용사례 및 경험식에 의한 결과를 초기 추정값으로 가정 • 문산 분석에 의해 검증된 자료만 초기값으로 인정
분산분석	• 분산분석은 각 독립변수간의 상호연관성을 정량화하기 위한 것 • 일원분산분석은 1개의 모평균을 $\mu_{1}, \mu_{2}, \cdots, \mu$로 나타내면 다음과 같이 모든 모평균이 같다는 귀무가설을 수립하여, $H_{0}: \mu_{1}=\mu_{2}=\cdots=\mu$ 하여 귀무가설 검정
최대우도값 (Likelihood) 산정	• 현장 시험값 및 실내시험값을 통한 결과값을 최대우도값으로 가정
Bayesian Approach	• 초기 추정값의 평균(μ'), 표준편차는 1로부터 최대우도값(Likelihood)의 평균(μ), 표준편차(σ)를 Bayesian 이론에 의해 평균(μ''), 표준편차(σ'')를 구할 수 있음

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 보회단위중량(γ_{sat})

▮ 자료 분석

구 분	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근지표	16.5~18.5 (17.8)	18.7~19.7 (19.2)	17.7~19.2 (18.1)	17.7~19.2 (18.1)	17.7~19.2 (18.1)
기본설계	–	–	–	19.7	–
실시설계	18.6 (18.6)	17.9~19.7 (19.1)	–	18.6~18.7 (18.6)	18.4~19.1 (18.7)

▮ 베이시안 통계분석

구분(평균/편차)	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	17.8/1.8	18.2/0.4	18.1/0.3	18.1/0.3	18.1/0.3
최대우도값	–	18.6/0.5	19.1/1.1	18.6/0.1	18.6/0.1	18.7/0.5
최 종 도 값	–	18.4/0.3	18.4/0.4	18.6/0.1	18.6/0.1	18.4/0.2
적 용	15.056 (γ_{sat}기준)	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0

○ 액성한계 및 소성자수

▮ 자료 분석

구 분	액성한계(%) 1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	소성자수(%) 1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근지표	32.0~43.8(38.7~42.3)(25.0~42.5)(25.0~42.5)(25.5~42.5)					3.5~19.7	4.3~17.8	12.1~18	12.1~18	12.1~18
기본설계	38.0	45.5	–	22.0	–	14.8	20.9	–	17.5	–
실시설계	44.1	36.8	39.0	37.5	38.7	20.0	14.5	15.9	14.7	14.5

▮ 베이시안 통계분석

구 분 (평균/표준편차)	액성한계(%) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	소성자수(%) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	38.2/8.2	37.5/0.8	37.1/7.9	37.1/7.9	37.1/7.9	–	14.2/6.5	16.0/9.5	15.5/4.8	15.5/4.8	15.5/4.8
최대우도값	–	41.1/4.3	41.2/6.7	39.0/5.5	38.0/4.6	38.7/3.3	–	17.4/3.7	17.7/5.0	15.9/4.2	16.5/4.7	14.5/5.8
최 종 도 값	–	40.8/2.9	40.5/4.5	38.6/3.5	37.9/3.0	38.6/1.5	–	16.9/2.4	17.5/3.3	15.8/2.5	16.4/2.7	14.7/2.3
적 용	35.2	41.0	41.0	39.0	38.0	39.0	19.8	17.0	17.5	16.0	16.5	15.0

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.4 강도 특성 분석

○ 전단강도

▮ 자료 분석

구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
퍼센조콘 관입시험	범 위	–	2.1~489.7	–	15.4~94.6	–
	평 균	–	84.6	–	36.7	–
일축압축 (q_u/2)	범 위	32.4	30.8~41.3	–	19.3~28.1	31.6~34.3
	평 균	32.4	34.9	–	23.2	32.9
삼축압축 (CU)	범 위	–	21.0~31.3	–	19.6~20.1	29.6~29.8
	평 균	–	26.1	–	19.9	29.7

▮ 전단강도 산정

구 분		기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
점착 (c_u, (kPa)		20.7	32.0	28.0	22.0	22.0	30.0
삼축시		c_u = 0.190~0.56	c_u = 5.80 + 7.8 (평균 28.0)		c_u = 5.80 + 3.0 (평균 22.0)		
검 토 결 과		• 기본설계에서 추정한 평균 c_u는 20.7 kPa이며, 심도에 따른 상관식은 c_u=0.190~0.56 kPa임 • 평균 c_u는 1구간은 32.0~34.0kPa에서 평균심도 3.5m를 적용하여 28.0kPa, 3, 4구간은 시험의 평균값을 적용하고, 2구간은 3구간 결과 이용				

○ 강도증가율(m)

▮ 시험결과 분석

구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
경험식	범 위	0.19~0.20	0.15~0.21	0.15~0.20	0.19~0.21	0.14~0.2
	평 균	0.19	0.19	0.19	0.19	0.17
실내시험	범 위	0.60	0.22~0.52	–	0.17~0.7	–
	평 균	0.60	0.42	–	0.35	–
현장시험	범 위	–	1.32	–	1.13	–
	평 균	–	1.32	–	1.13	–

▮ 강도증가율 산정

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
기본설계	–	0.19~0.20 (0.19)	0.19~0.21	0.15~0.20	0.19~0.21	0.14~0.2
실시설계	–	0.19~0.60 (0.38)	0.19~0.52	0.15~0.20	0.19~0.21	0.14~0.2
적 용	0.183	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

3.2.5 압밀 특성 분석

○ 과압밀비(OCR)

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근지표	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	–	–	0.5	–
실시설계	–	4.0	0.9~3.4 (2.2)	–	3.3	0.9~1.7 (1.3)
적 용	0.3가정규압밀	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	정규압밀

○ 초기 간극비(e_o) 및 압축지수(C_c)

구 분	초기간극비(e_o) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	압축지수(C_c) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	0.962	–	0.720	–	–	–	0.194	–	0.209	–
실시설계	–	0.963	0.876	–	0.962	0.94	–	0.253	0.243	–	0.281	0.239
적 용	0.699	0.95	0.88	0.88	0.88	0.94	0.155	0.25	0.24	0.26	0.26	0.24

○ 연직압밀계수 및 투수계수

구 분	연직압밀계수(10^{-3}cm^2/sec) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	투수계수(10^{-7}cm/sec) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	4.28	–	2.07	–	–	–	0.66	–	6.28	–
실시설계	–	9.84	4.02	–	3.70	3.82	–	2.29	0.83	–	1.57	1.35
적 용	3.452	9.80	4.00	2.50	3.20	3.80	2.561	2.30	0.80	3.10	3.10	1.30

○ 재압축지수(C_r) 및 2차 압축지수(C_α)

구 분	재압축지수(C_r) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	2차 압축지수(C_α) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	–	–	–	–	–	0.0021	0.0036	–	0.0037	–
실시설계	–	0.033	0.038	–	0.042	0.034	–	0.0035	0.0032	0.0036	0.0034	0.0035
적 용	–	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.0037	0.0028	0.0034	0.0036	0.0035	0.0035

○ 압밀이방성 분석

구 분	C_h/C_v	K_h/K_v
문헌자료	1~9	1~15
인근자료	–	–
기본설계 적용	2.0	1.5
시험결과 현장시험	1.46~1.68	5.3~54.6
시험결과 실내시험	4.45	5.28
적 용	2.0	2.5

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.2 연약지반 구역 구분

구 분	지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간 (인~②지역) 1-2구간 (②지역)	• 침식된 하천 능선지구간 통과 • 현금 주변 및 침식된 하천 주변 구릉지성 산지는 능선지 통과 • 공릉천 지류 주변 구릉지성 산지대	• 층분포도 : 1.8~34.5m • 층후 : 0.9~8.0m(평균 2.4m) • 층하도 : 0.8~5.4m • 층후 : 1.0~11.9m(평균 4.4m) • 층하도 : 0.0~4.0m	분포(1+000~2+200) (2+200 지점 3+000 ~1+840) 분포(4+660~5+540)
2구간 (②~③지역)	• 공릉천 및 문산천 주변 퇴적지층 일부 및 농경지 통과	• 층분포도 : 0.7~2.2m(평균 1.6m) • 층하도 : 0.0~6.0m	분포(3+320~3+660)
3구간 (③~④지역)		• 층분포도 : 1.0~6.4m(평균 3.3m) • 층하도 : 3.0~4.5m	~2+660, 3+760~
4구간(④지역)	• 임진강 주변 퇴적지대 일부 및 농경지 통과	• 층후 : 2.0~6.1m(평균 4.0m)	나far도 Ramp

• 사업 4공구분은 STA. 21+200~32+760은 연약지반 3~4구간에 해당

3.2.3 물리적 특성 분석

○ 함수비

▮ 자료 분석

구 분	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근지표	23.7~43.5	29.6~36.2	33.7~37.8	33.7~37.8	33.7~37.8
기본설계	20.5	34.4~38.6 (36.4)	37.5	30.8~40.5 (37.3)	32.6~34.7
실시설계	35.4	26.6~42.0 (32.0)	31.3~41.5 (36.3)	28.1~44.0 (34.1)	31.5~37.8 (35.0)

▮ 베이시안 통계분석

구분(평균/편차)	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	20.5/7.5	36.4/2.2	37.3/4.5	37.3/4.5	34.7/2.2
최대우도값	–	35.4/10.5	34.2/6.2	36.3/5.1	34.1/4.8	35.0/2.3
최 종 도 값	–	28.0/5.3	35.2/1.9	36.5/1.9	35.2/2.7	35.0/0.9
적 용	37.5	28.0	35.0	36.0	35.0	35.0

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.4 강도 특성 분석

○ 전단강도

▮ 자료 분석

구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
퍼센조콘 관입시험	범 위	–	2.1~489.7	–	15.4~94.6	–
	평 균	–	84.6	–	36.7	–
일축압축 (q_u/2)	범 위	32.4	30.8~41.3	–	19.3~28.1	31.6~34.3
	평 균	32.4	34.9	–	23.2	32.9
삼축압축 (CU)	범 위	–	21.0~31.3	–	19.6~20.1	29.6~29.8
	평 균	–	26.1	–	19.9	29.7

▮ 전단강도 산정

구 분		기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
점착 (c_u, (kPa)		20.7	32.0	28.0	22.0	22.0	30.0
삼축시		c_u = 0.190~0.56	c_u = 5.80 + 7.8 (평균 28.0)		c_u = 5.80 + 3.0 (평균 22.0)		
검 토 결 과		• 기본설계에서 추정한 평균 c_u는 20.7 kPa이며, 심도에 따른 상관식은 c_u=0.190~0.56 kPa임 • 평균 c_u는 1구간은 32.0~34.0kPa에서 평균심도 3.5m를 적용하여 28.0kPa, 3, 4구간은 시험의 평균값을 적용하고, 2구간은 3구간 결과 이용				

○ 강도증가율(m)

▮ 시험결과 분석

구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
경험식	범 위	0.19~0.20	0.15~0.21	0.15~0.20	0.19~0.21	0.14~0.2
	평 균	0.19	0.19	0.19	0.19	0.17
실내시험	범 위	0.60	0.22~0.52	–	0.17~0.7	–
	평 균	0.60	0.42	–	0.35	–
현장시험	범 위	–	1.32	–	1.13	–
	평 균	–	1.32	–	1.13	–

▮ 강도증가율 산정

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
기본설계	–	0.19~0.20 (0.19)	0.19~0.21	0.15~0.20	0.19~0.21	0.14~0.2
실시설계	–	0.19~0.60 (0.38)	0.19~0.52	0.15~0.20	0.19~0.21	0.14~0.2
적 용	0.183	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20

다. 구조계산서 및 내진설계

OUTPUT 결과 요약 및 설계의견

◈ 결과 요약

○ 내포IC R-B1교

■ 단면 휨 설계

단 면 위 치	Req.A_s (mm^2)	폭 b(mm)	깊이 d(mm)	피 복 d' (mm)	사용철근량 (Use A_s) (mm^2)	M_u (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	비 고
캔틸레버 (방호벽 G1측)	1,432	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993	81.56	91.80	O.K
					H13 @ 200 = 634			
캔틸레버 (방호벽 G6측)	1,310	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993	75.07	91.80	O.K
					H13 @ 200 = 634			
중간슬래브 (상 면)	720	1,000	180	60	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
중간슬래브 (하 면)	960	1,000	200	40	H16 @ 200 = 993	등 방 배 근		O.K
슬래브단부	1,751	1,000	260	60	H19 @ 125 = 2,292	145.72	187.07	O.K
캔틸레버 단 부	2,864	1,000	180	60	H19 @ 100 = 2,865	106.52	150.99	O.K

■ 배력철근량(온도철근량) 산정

단 면 위 치		필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (Use A_s) [mm^2]	비 고
캔틸레버	방호벽(G1측)	959	H16 @ 125 = 1,589	O.K
	방호벽(G6측)	876	H16 @ 125 = 1,589	O.K
캔 틸 레 버 단 부		1,919	H19 @ 125 = 2,292	O.K

■ 사용성 검토 요약표

구 분		인장응력(f_s)	철근간격 (S)	허용간격 (Sa)	비 고
캔 틸 레 버	방호벽(G1측)	135.7	100.0	450.2	O.K
	방호벽(G6측)	117.8	100.0	534.8	O.K
슬 래 브 단 부		129.5	125.0	482.0	O.K

1. 설 계 조 건

1.1 교량 형식 : INCREMENTALLY POST TENSIONING TYPE I.P.C GIRDER교
1.2 경 간 : 50,000 mm
1.3 폭 원 : 16,270 mm
1.4 교량 등급 : DB - 24, DL - 24 (1등급교)
1.5 거더 길이 : 49,900 mm
1.6 지간 길이 : 49,000 mm
1.7 단위 중량 : 콘크리트(철근) .... 2,500 kgf/m^3
콘크리트(무근) .... 2,350 kgf/m^3
아스팔트계고인포장.... 2,300 kgf/m^3

1.8 재료의 물리상수 및 허용 응력

1) 슬래브
(1) 콘 크 리 트 : fck = 27 MPa
Ec2 = 0.077× $m_c^{1.5}$×$^3\sqrt{fcu}$: 29,000 MPa
(2) 철 근 (SD400) : fy = 400 MPa
Es = 200,000 MPa

2) I.P.C GIRDER
(1) 콘 크 리 트 : fck = 40 MPa
Ec1 = 0.077× $m_c^{1.5}$×$^3\sqrt{fcu}$ = 32,000 MPa
(2) 철 근 (SD300) : fy = 300 MPa
Es = 200,000 MPa

(3) 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전 허용응력
① 허용 휨 압축응력 (fci' = 0.8 x fck = 32 Mpa)
- fci = 0.6 x fci' = 19.2 MPa
② 허용 휨 인장 응력
- 부착된 철근이 없는 인장 구역 :
fti = 0.25 x $\sqrt{fci'}$ = 1.41 MPa

(4) 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용응력
① 허용 휨 압축응력
- fcag = 0.45 x fck = 18 MPa
- 압축연단응력(유효프리스레스+전체하중)
fcag = 0.60 x fck = 24 MPa

② 허용 휨 균열 응력
fcag = 0.63 x $\sqrt{fck}$ = 3.98 MPa

(5) 허용 균열 응력
① 보통 콘크리트 : ftcr = 0.63 x $\sqrt{fck}$ = 3.98 MPa
② 부분 경량 콘크리트 : ftcr = 0.54 x $\sqrt{fck}$ = 3.42 MPa
③ 전 경량 콘크리트 : ftcr = 0.47 x $\sqrt{fck}$ = 2.97 MPa

(6) 정착부의 허용 지압 응력
- 긴장재 정착직후 fcr = 0.7 × fci ×$\sqrt{(A'b/Ab-0.2)}$:1.10 × fci
- 프리스트레스 손실 발생후 fcr = 0.5 × fck ×$\sqrt{(A'b/Ab)}$ ≤0.90 × fck

3) P.S STRAND (SWPC 7B Ø15.2mm)
- A = 138.7 mm^2 /ea
- Ep = 200,000 MPa
(1) 인장 강도 : fpu = 1,900 MPa
(2) 항복 강도 : fpy = 1,600 MPa
(3) JACK에 의한 최대 긴장 응력 : 0.94 ×fpy = 1,504 MPa
0.80 ×fpu = 1,520 MPa ∴ 1,504 MPa
(4) 허용 인장 응력
① 정착 후 정착부에서의 허용응력
- fpa = 0.7 x fpu = 1,330 MPa
② 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 허용 응력
- fpa = 0.82 x fpy = 1,312 MPa
0.74 x fpu = 1,406 MPa ∴ 1,312 MPa

4) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	1차 긴장용	2차 긴장용
쉬스관의 외경	mm	80	75
쉬스관의 두께	mm	5	5
수용가능 긴장재 면적	mm^2	2,208	1,923
수용가능 긴장재 개수	개	16	14
쉬스관 순간격	mm	40	40
쉬스의 덮개	mm	40	40
파상 마찰 계수 k	k/m	0.005	0.005
곡률 마찰 계수 μ	m/rad	0.25	0.25

1.9 설계 방법 (강도 설계법:도.설.기 P32)

- U = 1.3 x Md + 2.15 x ML+I
- U = 1.3 x Md + 1.3 x Mh + 1.3 x ML+I
- U = 1.3 x Md + 0.65 x Mw + 1.3 x ML+I

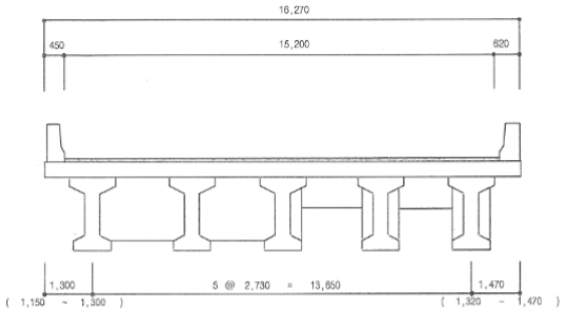
1.10 참고 문헌

- 도로교 설계 기준(한국도로교통협회)
- 도로교 설계기준 해설편(대한 토목학회)
- 구조 설계 기준(콘크리트학회)
- 도로 설계 요령(한국도로공사)

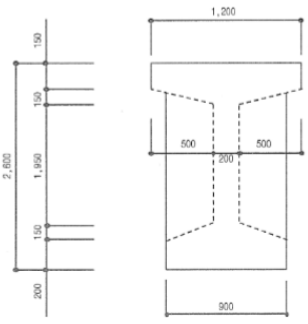
2. 바닥판 슬래브의 설계

2.1 설계 가정단면

1) 상부 슬래브



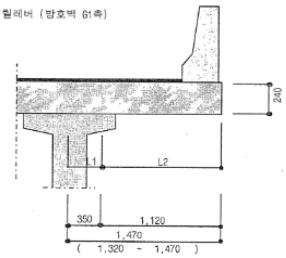
2) I.P.C GIRDER



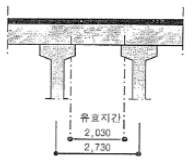
2.2 경험적 설계법이 되기 위한 검토

1) 설계단면

① 캔틸레버 (방호벽 G1측)

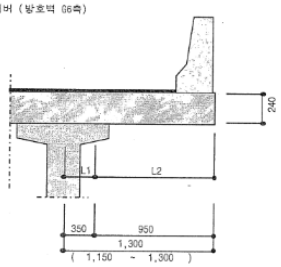


② 중암부 바닥판



H1	240 mm
H2	80 mm
상부 FLANGE	1,200 mm
거더 간격	2,730 mm
유효지간	2,030 mm

③ 캔틸레버 (방호벽 G6측)



2) 경험적 설계 적용 여부 검토 : 도로교 설계기준 4.7.7 (P4-164 ~ P4-166)

(1) 지지 부재들이 콘크리트로 된경우. ---------- 콘크리트 교량

(2) 콘크리트가 현장타설되고 습윤양생 되어야 함. ---------- 습윤양생

(3) 바닥판이 두께에 대한 유효경간비가 6 이상 15 이하인 경우.

① 중앙부 바닥판 : 2,030 > 240 x 6 = 1,440 ---------- O.K
2,030 < 240 x 15 = 3,600 ---------- O.K

(4) 바닥판의 상부와 하부에 배치된 철근의 외측면 사이의 두께가
150mm 이상인 경우 (상면 피복 60 mm 하면 피복 40 mm
상부 철근 직경 16 mm 하부 철근 직경 16 mm) 150 < 156

(5) 유효경간이 표준자선폭 3600mm 이하인 경우. ---------- 2.030 < 3.6

(6) 바닥판의 흡집, 이모면, 그리고 보호피복두께층을 제외한 바닥판의
최소두께가 240mm 이상인 경우. ---------- 240 ≥ 240 mm

(7) 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 5배 이상이거나,
캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께에 3배이상이고
구조적으로 연속적인 콘크리트 방호책과 합성인경우.

① 방호벽 G1측 1,470 > 240 x 3 = 720 ---------- O.K

② 방호벽 G6측 1,300 > 240 x 3 = 720 ---------- O.K

(8) 콘크리트의 28일 압축강도는 27 Mpa 이상인 경우. ---------- 27 ≥ 27 MPa

(9) 철근 콘크리트 바닥판은 바닥판을 지지하는 구조부재들과 완전합성
거동을 하여야함. ---------- 콘크리트 합성 거동

(10) 콘크리트 거더교인 경우 위와함을 만족시키기 위하여 바닥판과
콘크리트 주거더를 합성시키는 전단연결재가 충분히 배치 되어야
한다. ---------- 콘크리트 합성 거동

3) 검토 결론

① 캔 틸 레 버(방호벽 G1측) : 강도 설계법 적용

② 캔 틸 레 버(방호벽 G6측) : 강도 설계법 적용

③ 중 암 부 바 닥 판 : 경험적 설계법 적용

4) 하중계산

① 고정하중

구 분	Vo (kN)		X (m)	M (kN-m)
방호벽	L5 × (H3 + H4 + H5) × Y_c	= 10.800	0.890	9.612
	L6 × (H3 + H4) × Y_c	= 0.665	0.655	0.436
	L7 × H3 × Y_c	= 0.615	0.560	0.344
	L6 × H5 / 2 × Y_c	= 0.613	0.667	0.408
	L7 × H4 / 2 × Y_c	= 0.263	0.580	0.152
방음판		= 1.000	0.890	0.890
소 계		= 13.955		11.842
슬래브	(L2 + L3) × H2 × Y_c	= 6.720	0.560	3.763
소 계		= 6.720		3.763
포 장	(L8 + Ld) × H1 × Y_{ac}	= 0.920	0.250	0.230
소 계		= 0.920		0.230
총 계		= 21.595		15.835

- 방호벽의 무게중심 X1 = 11.842 / 13.955 = 0.849 m

- 슬래브의 무게중심 X2 = 3.763 / 6.720 = 0.560 m

- 포 장의 무게중심 X3 = 0.230 / 0.920 = 0.250 m

∴ X = 15.835 / 21.595 = 0.733 m

▶ M_d = 21.595 × 0.733 = 15.829 kN-m

② 활하중

i) DB - 24

- 충격계수 i = 15 / (40 + L) = 0.373 ≥ 최대 0.300
∴ i = 0.300

- 차량하중 분포폭 (주철근의 방향이 차량 진행방향에 직각인 경우) (도.기 4.7.5.2)
E = 0.800 × 0.200 + 1.140 = 1.300 m

▶ M = 96 × 0.200 × (1 + 0.300) / 1.300 = 19.200 kN-m

③ 풍하중 (도.기.해,2003) p.112

i) 작용높이 : 노면상 1.000 m

P_0 = (V / 60)² × 750 + 250 = 2.771 tonf/m

M_0 = 1.000 × 2.771 × 10 = 27.71 kN-m

ii) 작용높이 : 방호벽 상단

☞ 직선부는 10 kN/m, 곡선부(R≤200m)는 20 kN/m를 적용

M_0 = 1,080 × 10 = 10.80 kN-m

iii) 적용 모멘트

▶ M_0 = = 27.71 kN-m

④ 풍 하 중 (도.기 2.1.11)

1㎡ 당 작용하는 풍하중 (부재의 단면형상을 각형으로 설계) = 3.00 kN/m²

∴ P_z = 3.00 kN/m

▶ M_w = 3.00 × 1.001 × 0.581 = 1.74 kN-m

⑤ 원심하중 (곡선교일 경우 적용) (도.기 2.1.17)

곡률을 무시할 수 있는 한계중심각 (도.기.해,2003) p.27

보의 수	단일 지간	복수 지간
2	2°	3°
3 또는 4	3°	4°
5 이상	4°	5°

▶ 개단면 상부구조에서 중심각이 위의 표에서 주어진 중심각보다
작은 지간에는 곡률의 영향을 무시할 수 있다.

- 중심각 : (50.0 × 180) / (2000 × π)
= 1.432 ° < 4 ° ∴ O.K ☞ 곡률의 영향 무시

- 작용 높이 : H = 1.800 m
CF = 0.790 × V ² / R = 0.790 × 110 ² / 0 = 0.000 %

P_{cf} = 96 × 0.000 / 100 = 0.000 kN

▶ M_{cf} = 0.000 × 1.800 = 0.000 kN-m

⑥ 모멘트 요약 정리

구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)	구 분	M (kN-m)
고정하중	15.829	충돌하중	27.710	원심하중	0.000
활 하 중	19.200	풍 하 중	1.743		

5) 하중조합

① 사용하중 - 사용성 검토시

하중경우	고정하중	활 하 중	충돌하중	풍 하 중	원심하중	비 고
Case 1	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
Case 2	1.00	0.00	0.00	0.30	0.00	
Case 3	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	
Case 4	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	

② 계수하중 - 단면 검토시

하중경우	고정하중	활 하 중	충돌하중	풍 하 중	원심하중	비 고
Case 1	1.30	2.15	0.00	0.00	1.30	
Case 2	1.30	0.00	0.00	1.30	0.00	
Case 3	1.30	1.30	0.00	0.65	1.30	
Case 4	1.25	1.25	0.00	0.625	1.25	
Case 5	1.30	1.30	1.30	0.00	1.30	
Case 6	1.20	0.00	1.20	1.20	0.00	

5. 설계대상 교량제원 및 설계상수

5.1 교량형식 : ST.box 교

5.2 해석 대상 교량 총연장 : 57.0 + 65.0 + 57.0 = 179.00m

5.3 교 폭 : 8.500m

5.4 교각형식 : T형교각

5.5 교각기초형식 :

5.6 내진설계상수

(1) 내진등급 : 내진 1 등급교
(2) 지진구역계수 : 0.11
(3) 위험도계수 : I = 1.4
(4) 가속도계수 : A = 0.154
(5) 지반계수 : S = 1.5 (지반종류 2 , 지진각리교량)
(6) 응답수정계수
(7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
(8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
(9) 받침형식 : EQS 면진받침

5.7 해석방법

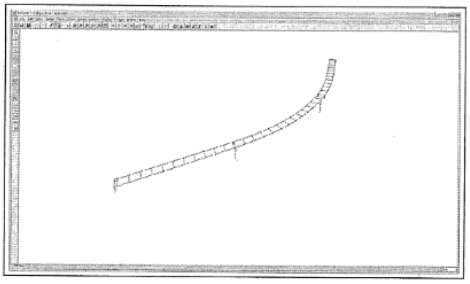
(1) 해석방법 선정
시간이력해석법
(2) 모드조합방법 : CQC방법

5.8 해석모델

(1) 사용프로그램 : SAP 2000
(2) 모델링 : Frame요소사용
(3) 질량산정 : 자동질량 입력 및 추가사하중 질량변환

6. 설계단면 및 모델링

6.1 모델링



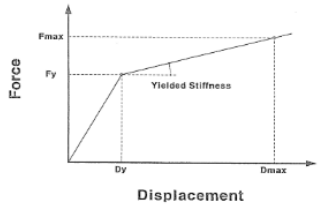
6.2 단면특성

① 상부구조 단면특성 : 완성단계 구조해석 참조
② 하부구조 단면특성 : 완성단계 구조해석 참조

6.3 작용하중(작용질량)

상부구조는 거더의 형상을 통하여 알 수 있는 단면적으로 프로그램에서 자동생성되도록 재하하고 그외의 고정하중반력과 2차고정하중등을 각각의 주형을 모델링한 프레임 요소에 단위길이 당의 하중과 질량으로 재하하여 구조해석을 수행하였다. 하부구조는 콘크리트로 구성된 교각으로 각각의 단면적에 따라 프로그램내에서 자동으로 계산된 질량을 사용한다.

6.4 사용된 면진장치(EQS)의 특성



구 분		1차강성 (K1,kN/m)	2차강성 (K2,kN/m)	유효강성 (Keff,kN/m)	항복강도(kN)
OMEQS 2000	종	97006.0	-	963.0	77.0
	횡	97006.0	1083.0	2623.0	77.0
OMEQS 2500	종	119055.0	-	1181.0	94.5
	횡	119055.0	1329.0	3219.0	94.5
OMEQS 3000	종	141105.0	-	1400.0	112.0
	횡	141105.0	1575.0	3815.0	112.0
EQS5000		260160.0	2904.0	7034.0	206.5
EQS6000		343936.0	3839.0	9299.0	273.0
EQS7500		432128.0	4823.0	11683.0	343.0
EQS9000		529134.0	5906.0	14306.0	420.0

6.5 받침 배치

일반내진받침의 경우 고정단과 가동단으로 구분되어 받침이 배치 되는 경우가 일반적이다. 교축방향의 경우 상시 온도신축하중에 의해 자유롭기 위해 하나의 고정단과 나머지는 모두 가동단받침으로 배치하게 되는데 이때에 교축방향의 모든 지진하중은 고정단교각에 전달되게 된다. 이러한 경우 고정단 교각의 비대화는 물론이고 소성변형이 발생하여 지진 후 교각을 보수 보강을 하여야 한다.
따라서 면진받침을 적용하면 모든 교각에 지진하중을 분산시켜 구조물의 안정성을 확보하고 동시에 지진하중을 흡수 소산시켜 구조물의 비대화를 방지하여 경제적인 측면도 매우 우수하다.

9. 내진해석결과

9.1 받침 지진력

(UNIT:k

구 분		R	교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용 전단력	
			교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	0.8	94.999	87.353	94.982	123.830	154.349	155.628	154.290	187.545	220	OK
	B2	0.8	94.999	87.838	94.854	123.344	154.319	156.051	154.192	187.119	220	OK
P1	B1	1.0	430.261	246.889	264.015	423.699	509.466	373.998	393.094	497.765	580	OK
	B2	1.0	341.512	183.024	207.110	333.483	403.645	283.069	309.563	388.391	460	OK
P2	B1	1.0	541.446	239.950	305.086	529.431	632.971	396.760	467.519	601.416	710	OK
	B2	1.0	267.045	116.567	148.618	261.233	311.630	194.937	228.731	296.203	350	OK
A2	B1	0.8	76.999	86.039	76.994	96.929	125.122	144.647	125.117	155.926	180	OK
	B2	0.8	111.999	124.740	111.990	146.926	181.995	211.022	181.987	230.435	250	OK

9.2 받침 변위

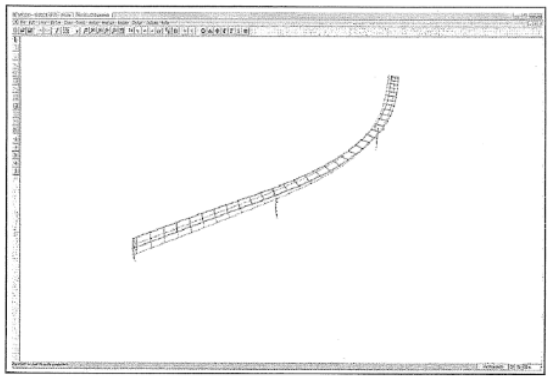
(UNIT:m

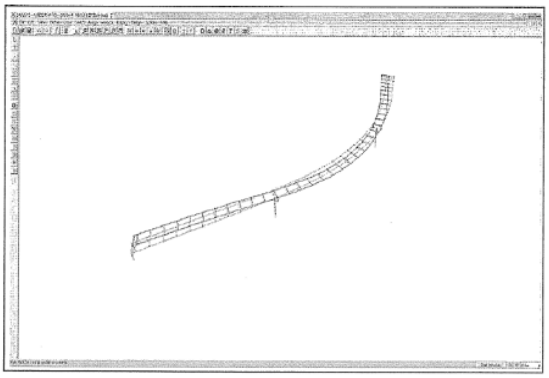
구 분		교축방향		교직방향		Combo1		Combo2		받침허용 변위	
		교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직		
A1	B1	28.3	11.8	14.9	27.9	32.6	20.2	23.4	31.5	120	OK
	B2	28.8	11.8	14.7	27.9	33.2	20.2	23.3	31.5	120	OK
P1	B1	23.9	10.6	11.7	22.7	27.4	17.4	18.9	25.9	90	OK
	B2	24.2	10.6	11.9	22.8	27.8	17.4	19.2	25.9	90	OK
P2	B1	21.7	7.6	8.1	23.8	24.1	14.7	14.6	26.1	90	OK
	B2	22.3	7.6	8.5	23.9	24.9	14.7	15.2	26.1	90	OK
A2	B1	27.5	17.2	20.6	25.1	33.7	24.7	28.8	30.2	120	OK
	B2	28.0	17.2	19.9	25.0	33.9	24.7	28.3	30.2	120	OK

9.3 교각 코핑부 변위

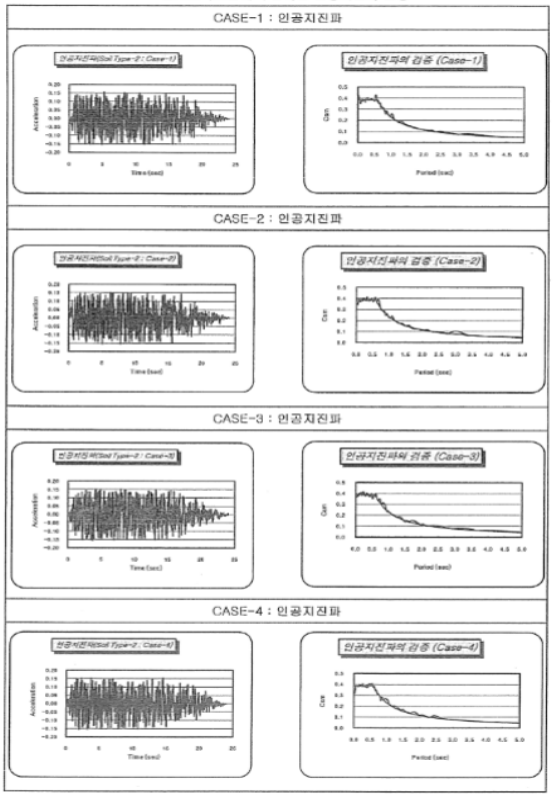
(UNIT:m

구 분	교축방향		교직방향		COM1		COM2		비고
	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	5.5	1.7	1.8	5.8	6.1	3.4	3.5	6.3	
P2	11.0	2.5	3.3	11.0	12.0	5.8	6.6	11.7	





설계스펙트럼에 부합하는 인공지진파 검증



9.4 교각하단 단면력 (Unit : Kn.m)

구분	교축방향				교직방향			
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	957.737	478.165	6864.358	3083.622	544.793	844.103	3912.443	6479.227
P2	946.750	425.056	6517.122	3593.133	437.902	875.533	4082.666	7868.419

9.5 교각하단 하중조합 (Unit : Kn.m)

구분	Combo1				Combo2			
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	1121.174	731.396	8028.091	5027.390	832.113	987.552	5971.750	7404.314
P2	1078.121	687.715	9741.922	5973.659	721.927	1003.049	6637.803	9043.359

9.6 교각상단 단면력 (Unit : Kn.m)

구분	교축방향				교직방향			
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	892.839	452.529	2104.048	1080.915	526.857	855.809	1256.011	2938.176
P2	951.738	859.386	2020.393	847.422	523.491	754.163	1065.178	2353.283

9.7 교각상단 하중조합 (Unit : Kn.m)

구분	Combo1				Combo2			
	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트	교축전단력	교직전단력	교축모멘트	교직모멘트
P1	1050.896	709.272	2480.851	1962.368	794.706	991.567	1687.225	3262.451
P2	1108.786	579.645	2339.946	1553.407	809.012	860.182	1671.294	2607.510

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1586.98	722.774	O.K
	허용인발력(kN/EA)	563.547	-	O.K
	휨응력(MPa)	133	117.229	O.K
	전단응력(MPa)	76	13.508	O.K
	수평변위(mm)	15	11.906	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2380.47	1021.897	O.K
	허용인발력(kN/EA)	845.321	-170.316	O.K
	휨응력(MPa)	199.5	137.444	O.K
	전단응력(MPa)	114	20.073	O.K
	수평변위(mm)	25	9.97	O.K

■ 단면 휨 설계

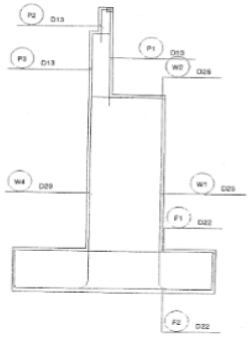
단면위치		길이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm^2)	사용철근량 (mm^2)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1700	150	2215.25	3096.8	866.377	1206.029	1.392	O.K
후면저판		1700	100	2260.49	3096.8	912.097	1245.513	1.365	O.K
벽체 : H=9.480		2600	100	3199.61	5139.2	2020.554	3226.719	1.597	O.K
옹벽		800	100	376.471	1013.6	66.934	179.001	2.674	O.K
좌측날개벽	A(T=800 mm)	800	80	1488.66	2292	269.163	410.961	1.527	O.K
	화부(T=450	450	80	780.736	2292	72.52	206.4	2.846	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1294.87	2292	234.595	410.961	1.752	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	1734.39	3096.8	312.794	550.591	1.76	O.K
우측날개벽	A(T=800 mm)	800	80	1510.27	2292	273.008	410.961	1.505	O.K
	화부(T=620	620	80	900.694	2292	122.504	305.759	2.496	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	1319.17	2292	238.936	410.961	1.72	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	1803.92	3096.8	325.098	550.591	1.694	O.K

■ 사용성 검토

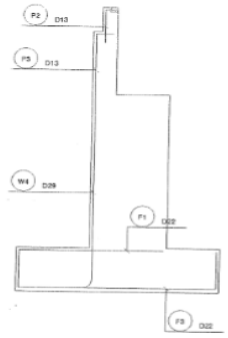
구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sc)	비 고
전면저판		120.897	150	125	303.678	O.K
후면저판		119.957	150	125	433.986	O.K
벽체 : H=9.480		65.902	150	125	955.96	O.K
옹벽		173.427	150	125	220.331	O.K
좌측날개벽	A(T=800 mm)	98.928	150	125	619.784	O.K
	화부(T=450	51.293	150	125	1228.243	O.K
	B(T=800 mm)	87.29	150	125	721.728	O.K
	C(T=800 mm)	87.102	150	125	723.294	O.K
우측날개벽	A(T=800 mm)	101.291	150	125	601.216	O.K
	화부(T=620	58.982	150	125	1068.117	O.K
	B(T=800 mm)	89.047	150	125	707.494	O.K
	C(T=800 mm)	90.642	150	125	695.038	O.K

▣ 주철근 조립도

- ① Cycle (CTC = 250)

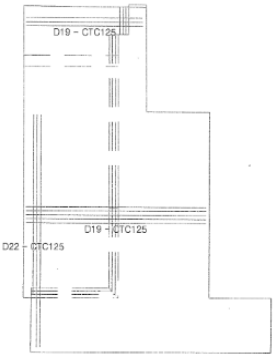


- ② Cycle (CTC = 250)

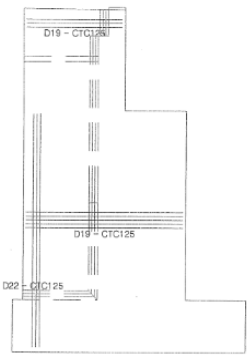


▣ 주철근 조립도

- 좌측날개벽



- 우측날개벽



1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항
- (1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
- (2) 상 부 형 식 : IPC GIRDER
- (3) 교 량 등 급 : 1 등교
- (4) 교 대 총 폭 : B = 18.787 M
- (5) 교 대 총높이 : H = 11.160 M
- (6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
- (7) SKEW : 60.000 °

2) 하 중
- (1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
- (2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
- (3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
- (4) 과 재 하 중 : qi = 10.000 kN/m
- (5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 480.128 kN/m
- (6) 상부 활하중 반력 : Rl = 124.028 kN/m

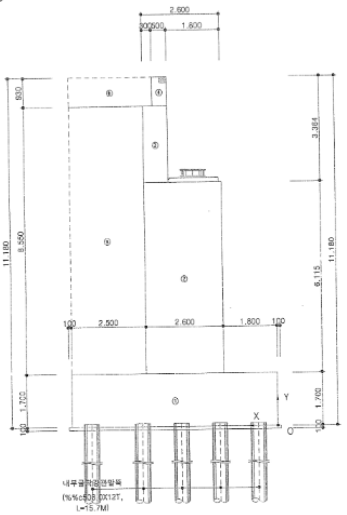
3) 지 반 조 건
- (1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
- (2) 기초지반의 N치 : N = 7.000
- (3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 25.247 ° {Φ2 = 15 + √15N}
- (4) 기초지반의 점착력 : C = 17.000 kN/m²
- (5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.303 ; TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
- (6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수
  - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
  - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도
- (1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
  - 탄성계수 : Ec = 27804.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- (2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
  - 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

5) 설 계 방 법
- (1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
- (2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌
- (1) 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
- (2) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
- (3) 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
- (4) 도로설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
고정하중	1581.357	1416.673	1457.367	1426.000	1369.832	1393.081	8644.320
활하중	492.831	449.119	372.936	361.843	376.700	276.657	2330.086

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
교축방향	292.237	261.801	269.321	263.525	253.145	257.441	1597.470
직각방향	292.237	261.801	269.321	263.525	253.145	257.441	1597.470

H = R x A x S R : 교량받침의 고정하중 반력, A : 가속도계수(=0.154), S : 지반계수(=1.200)
교축직각방향 H = R x A x S , R : 교량받침의 고정하중 반력
교축방향 H = R x A x S , R : 교량받침의 고정하중 반력

3. 하 중 계 산

1) 자중 및 관성력 (원점 0을 기준으로)

① 계별하중 산정 (단위 : m당)

구분	번호	체적(Ai) m³		단위중량(γ) kN/m³	수직력(Vi) kN	수평력(Hi) kN
교대구체	①	6.900 × 1.700	= 11.730	25.000	293.250	22.580
	②	2.600 × 6.115	= 15.900	25.000	397.499	30.607
	③	0.800 × 2.434	= 1.947	25.000	48.683	3.749
	④	0.500 × 0.930	= 0.465	25.000	11.625	0.895
	소계		= 30.042		751.057	57.831
뒷채움재	⑤	2.500 × 8.550	= 21.374	20.000	427.477	32.916
	⑥	2.800 × 0.930	= 2.604	20.000	52.080	4.010
	소계		= 23.978		479.557	36.926
총 계					1230.614	94.757

註) 수평력(지진시 관성력) Hi = Kh × Vi (Kh = A/2 = 0.077)

② 모멘트 산정

구분	번호	팔 길 이 수 평 Xi(m)	팔 길 이 수 직 Yi(m)	모멘트 Mxi kN.m	모멘트 Myi kN.m
교대구체	①	3.450	0.850	1011.713	19.193
	②	3.100	4.758	1232.248	145.820
	③	4.000	9.032	194.733	33.859
	④	3.850	10.715	44.756	9.591
	소 계			2483.448	208.264
뒷채움재	⑤	5.650	5.975	2415.243	196.664
	⑥	5.500	10.715	286.440	42.967
	소 계			2701.683	239.631
총 계				5185.131	447.894

③ 합력의 작용위치 산정
- 교대구체 : X = 2483.448 / 751.057 = 3.307 m
  Y = 208.264 / 57.831 = 3.601 m
- 뒷채움재 : X = 2701.683 / 479.557 = 5.634 m
  Y = 239.631 / 36.926 = 6.490 m

2) 배면토에 의한 토압

① 토압계수 산정

- 평상시 주동토압계수 (RANKINE) : 안정검토시 적용(상시)

$$K_a = \cos\alpha \times \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}$$

- 평상시 주동토압계수 (coulomb) : 단면설계시 적용(상시)

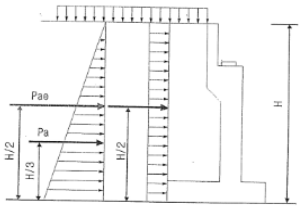
$$K_a = \frac{\cos^2(\phi-\beta)}{\cos^2\beta * \cos(\beta+\delta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)*\sin(\phi-\alpha)}{\cos(\beta+\delta)*\cos(\beta-\alpha)}}\right]^2}$$

- 지진시 주동토압계수 (Mononobe - Okabe)

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\phi-\theta-\beta)}{\cos\theta * \cos^2\beta * \cos(\delta+\theta+\beta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)*\sin(\phi-\alpha-\theta)}{\cos(\beta+\delta+\theta)*\cos(\beta-\alpha)}}\right]^2}$$

Φ = 뒷채움 흙의 내부마찰각(도)
α = 지표면과 수평면이 이루는 각(도)
β = 벽배면과 연직면이 이루는 각(도)
δ = 벽배면과 뒷채움흙사이의 벽면마찰각(도)
θ = tan-1[Kh/(1-Kv)], Kv = 0
Kh = 수평지진계수 = A/2 (변위를 허용한 교대), A=0.154

구분	평 상 시		지 진 시	
	안정검토	벽체설계	안정검토	벽체설계
Φ	35.000	35.000	35.000	35.000
α	0.000	0.000	0.000	0.000
β	0.000	0.000	0.000	0.000
δ	0.000	11.667	0.000	0.000
θ	0.000	0.000	4.403	4.403
Kh	0.000	0.000	0.077	0.077
Ka,Kae	0.271	0.251	0.314	0.314



② 안정검토시 토압
- 평상시 토압 (H = 11.180 m)
  Pa = 1/2 x Ka x γ x H² x cos(δ)
  = 1/2 x 0.271 x 20.000 x 11.180² x cos(0.000)
  = 338.701 kN
  y = H / 3 = 3.727 m : 작용중심높이
- 지진시 토압 (H = 11.180 m)
  Pae = 1/2 x Kae x γ x H² x cos(δ)
  = 1/2 x 0.314 x 20.000 x 11.180² x cos(0.000)
  = 392.443 kN
  y = H / 2 = 5.590 m : 작용중심높이

③ 단면검토시 토압
- 평상시 토압 (H = 9.480 m)
  Pa = 1/2 x Ka x γ x H² x cos(δ+β)
  = 1/2 x 0.251 x 20.000 x 9.480² x cos(11.667 + 0.000)
  = 220.893 kN
  y = H / 3 = 3.160 m : 작용중심높이
- 지진시 토압 (H = 9.480 m)
  Pae = 1/2 x Kae x γ x H² x cos(δ+β)
  = 1/2 x 0.314 x 20.000 x 9.480² x cos(0.000 + 0.000)
  = 282.165 kN
  y = H / 2 = 4.740 m : 작용중심높이

3) 상부구조에 의한 하중

① 상부반력에 의한 하중
- 고정하중반력
  Rd = 8644.320 ÷ (16.270 / sin60.000) = 460.128 kN/m
- 활하중반력
  Rl = 2330.086 ÷ (16.270 / sin60.000) = 124.028 kN/m

② 교량받침 마찰력에 의한 수평력
- 상부구조의 신축량
δ = α x ΔT x L
= 0.000012 x 25.0 x 50.8
= 0.015245 m
교대의 폭원 : B = 18.787 m
탄성받침의 전단탄성계수 : kH = 19809.000 kN/m
- 단위폭당 작용 수평력
Ph = ∑kH x δ / B
= 19809.000 x 0.015245 / 18.787
= 16.075 kN/m

③ 가동단 하부구조에 작용하는 지진시 수평력
Fm = ∑H ÷ (16.270 / sin60.0)
= 85.032 kN/m
: ∑H는 교대에 작용하는 지진시 수평력이며 1597.470 kN 임. 「지진하중 집계표」 참조

4) 뒷채움 지표면의 상재하중
① 상재하중에 의한 수직력
P1 = 10.000 x 2.800 = 28.000 kN

② 상재하중에 의한 수평력
- 안정검토시 수평토압 (H = 11.180 m)
Pa1 = Ka x q x H x cos(δ+β)
= 0.271 x 10.000 x 11.180 x cos0.000
= 30.297 kN
y = H / 2 = 5.590 m : 작용중심높이

- 단면검토시 수평토압 (H = 9.480 m)
Pa2 = Ka x q x H x cos(δ+β)
= 0.251 x 10.000 x 9.480 x cos11.667
= 23.302 kN
y = H / 2 = 4.740 m : 작용중심높이

5) 말뚝도심에서의 작용하중 산정
① 말뚝도심의 작용하중 계산
∑M = ∑Mr - ∑Mo
e = 말뚝도심(= 3.288) - ∑M / ∑V
Mc = V x e

※ 말뚝도심의 계산

구 분	거 리(m)	본 수	거리 x 본수	도 심(m)
1 열	0.650	14.000	9.100	-
2 열	1.950	14.000	27.300	-
3 열	3.250	14.000	45.500	-
4 열	4.550	14.000	63.700	-
5 열	6.250	13.000	81.250	-
계	-	69.000	226.850	3.288

② 하중조합별 작용력

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	e(m)	Mc(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+	23645.581	6932.365	0.183	4327.141
COMB 2	고정하중+토압+온도하중(1+3+5)	23119.545	6363.176	0.100	2311.955
COMB 3	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+	23119.545	9153.026	1.221	28228.965
COMB 4	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+	34620.120	7234.386	0.364	12601.724
COMB 5	고정하중+토압+온도하중(1+3+5+8+10)	31763.970	6665.177	0.294	9338.607
COMB 6	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+	31763.970	10750.523	1.445	45898.937

註) COMB 1,2,3 : 상부하중 비재하시(가설시), COMB 4,5,6 : 상부하중 재하시
각 작용력은 교대의 전폭 18.787 m)을 고려한 결과값임.

4. 안 정 검 토

1) 하중집계 및 조합
① 작용하중 집계표 : 「하중계산 참조」

구 분	수직력	수평력	작용거리		모멘트	
			X(m)	Y(m)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
1. 교대구체(평상시)	751.057	-	3.307	3.601	2483.448	-
2. 교대구체(지진시)	751.057	57.831	3.307	3.601	2483.448	208.262
3. 뒷채움재(평상시)	479.557	-	5.634	6.490	2701.685	-
4. 뒷채움재(지진시)	479.557	36.926	5.634	6.490	2701.685	239.632
5. 배면토압(평상시)	-	338.701	-	3.727	-	1262.173
6. 배면토압(지진시)	-	392.443	-	5.590	-	2193.665
7. 뒷채움 상재하중	28.000	30.297	5.500	5.590	154.000	169.353
8. 상부 고정하중반력	460.128	-	2.760	-	1269.953	-
9. 상부 활하중반력	124.028	-	2.760	-	342.317	-
10. 교량받침마찰력	-	16.075	-	8.215	-	132.062
11. 상부관성력	-	85.032	-	8.215	-	698.569

② 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7)	1258.614	368.998	5339.133	1431.526
COMB 2	고정하중+토압+온도하중(1+3+5)	1230.614	338.701	5185.133	1262.173
COMB 3	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+4+6)	1230.614	487.200	5185.133	2541.559
COMB 4	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+	1842.770	385.073	6951.403	1563.588
COMB 5	고정하중+토압+온도하중(1+3+5+8+10)	1690.742	354.776	6455.086	1394.235
COMB 6	고정하중+토압+지진하중+온도하중(2+4+6+	1690.742	572.232	6455.086	3340.128

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시
가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.

2) 전도에 대한 안정
- 말뚝기초 이므로 불필요 : 「10. 말뚝검토」 참조

3) 활동에 대한 안정
- 말뚝기초 이므로 불필요 : 「10. 말뚝검토」 참조

4) 지지력에 대한 안정
- 말뚝기초 이므로 불필요 : 「10. 말뚝검토」 참조

▣ 확대기초 두께에 대한 강체 검토 : [도로교 설계기준 5.4.5.2]

- 확대기초는 부재로서 필요한 두께를 확보함과 동시에 강체로서 취급되는 두께를 가져야함을 원칙으로 한다.
- 확대기초에 대한 강체로서의 취급여부는 지반반력 및 말뚝반력에 미치는 확대기초의 강성의 영향을 고려하여 판정하는 것으로서, 일반적으로 다음의 식을 만족할 때 강체로 취급할 수 있다.

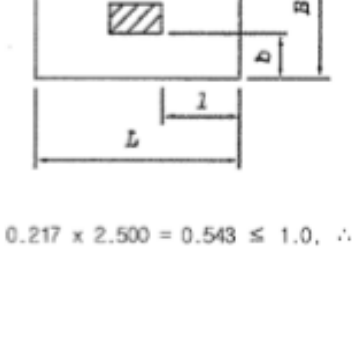
βλ ≤ 1.0

여기서 $$\beta = \sqrt[4]{\frac{3\cdot k}{E\cdot h^3}}(m^{-1})$$

k : kv - 직접기초인 경우, kp - 말뚝기초인 경우
kp : 환산지반반력계수 (kN/m³)
= 190151.774 x 69 / (18.787 x 6.900) = 101215.731 kN/m³
L : 확대기초의 길이 (= 18.787 m)
B : 확대기초의 폭 (= 6.900 m)
n*m : 말뚝의 개수 (= 69 본)
E : 확대기초의 탄성계수 (= 27804000.000 kN/m²)
h : 확대기초의 평균두께 (= 1.700 m)
λ : 확대기초의 환산 돌출길이 (m)

β = ⁴√[(3 x 101215.731) / (27804000.000 x 1.700³)] = 0.217 (m-1)

• 독립확대기초 및 벽확대기초의 경우
λ = max(l,b) = max(0.000, 2.500) = 2.500
다만, 벽확대기초이므로 l = 0
b ≥ B/2이면 b = B/2 = 3.450, 뒷굽기준으로 검토



βλ = 0.217 x 2.500 = 0.543 ≤ 1.0, ∴ O.K

41.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 41.2.1】 내포IC R-B1교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	내포IC R-B1교의 주요 손상현황으로는 방호벽 철근미제거, 교대 균열(0.3㎜이상)이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	내포IC R-B1교의 주요 손상현황으로는 방호벽 철근미제거, 교대 신축이음 하부 누수, 균열(0.3㎜이상)이 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	방호벽 철근미제거 교대 균열(cw=0.3㎜이상) 신축이음 하부 누수	양호

41.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

41.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

41.2.5 시설물 보수 이력

【표 41.2.2】 내포IC R-B1교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

41.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 41.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

41.3 현장조사

41.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1	도보	2022.08.22.~2022.12.11.	



작업사진



작업사진



제원조사



비파괴시험

【사진 41.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

41.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 내포IC R-B1교는 단경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=50.8m 폭 16.3m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보로 근접조사를 실시하였다.



바닥판 하면 전경



바닥판 하면 전경

【사진 41.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 외관조사 결과 파손 등의 손상이 확인되었다.

【표 41.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	파손 (㎡/개소)	
S1	0.02	1
합계	0.02	1

	
바닥판하면 S1 파손 (0.1×0.2)	바닥판하면 S1 파손 (0.1×0.2)

【사진 41.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 파손은 초기 건조수축 및 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. IPC Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 IPC 거더는 철근콘크리트로 시공되었으며, 보도 접근조사를 실시하였다.

	
거더 전경	거더 전경
	
거더 전경	거더 전경

【사진 41.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 41.3.2】 거더 외관조사 결과

구분		상태양호	
IPC 거더	S1	-	-
합계		-	-



거더 상태양호



거더 상태양호

【사진 41.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경

【사진 41.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 41.3.3】 가로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
IPC 거더	S1	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 41.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 내포IC R-B1교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝으로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 41.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과, 균열부백태, 망상균열, 재료분리, 파손이 조사되었다.

【표 41.3.4】 교대 외관조사 결과

구분	균열부백태 (㎡/개소)		망상균열 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
A1	9.00	6	1.08	3	2.57	3	0.06	1
A2	-	-	12.70	4	-	-	-	-
합계	9.00	6	13.78	7	2.57	3	0.06	1

	
교대 A1 균열부백태(0.3×3.0×6EA)	교대 A2 망상균열(0.4×0.3)
	
교대 A1 재료분리(0.3×0.3×2EA)	교대 A1 파손(0.2×0.3)

【사진 41.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 조사된 균열부백태, 망상균열, 재료분리. 파손은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 우수유입, 수분침투, 외부 충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 내포IC R-B1교의 받침은 탄성받침으로 총 12기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 41.3.1】 교량받침 배치도


탄성받침 전경


탄성받침(고정단) 전경


탄성받침 전경

【사진 41.3.10】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 41.3.5】 교량받침 외관조사 결과

구분	상태양호	
A1	-	-
A2	-	-
합계	-	-

	
교량받침 상태양호	교량받침 상태양호

【사진 41.3.11】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

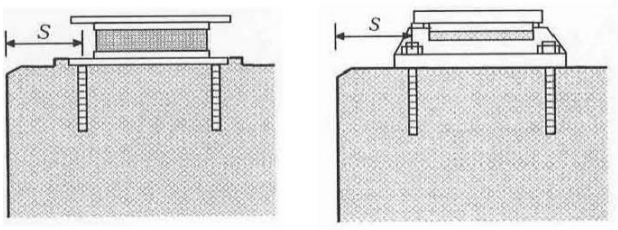
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교량받침은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 41.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

【사진 41.3.12】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.8m) : 200+5×50.8 = 454(㎜)

【표 41.3.6】 연단거리 측정 결과

구 분	설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)						검토 결과
		Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	
A1	454	690	690	700	700	700	700	O.K
A2	454	720	720	710	710	710	710	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 41.3.13】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교))에 따른 여유량 검토

【표 41.3.7】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	39.6	10.4	0.00001	50.8	20.1	5.3	
A2	고정단						
1) 조사당시 온도 : 24.6℃(조사일 : 2022년 08월 22일, 평균온도, 파주) 2) 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트교)							

【표 41.3.8】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (㎜)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	+10	60	40	20.1	5.3	±50	O.K
	SH2	+10	60	40			±50	O.K
	SH3	+10	60	40			±50	O.K
	SH4	+10	60	40			±50	O.K
	SH5	+10	60	40			±50	O.K
	SH6	+10	60	40			±50	O.K
A2	고정단							
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K 허용변위 = 받침높이 × 0.3								

② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

바. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1에 뉴모노셀조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

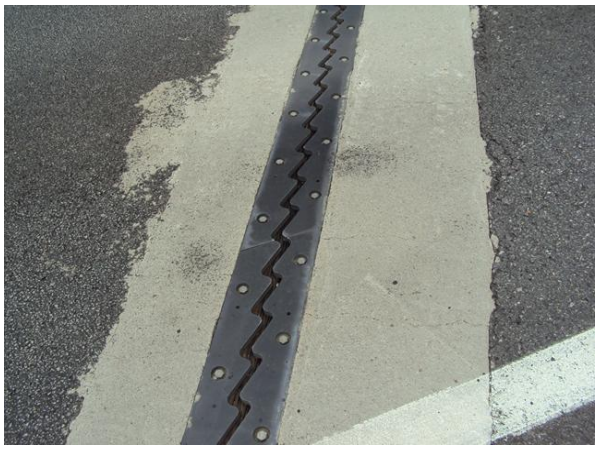
【사진 41.3.14】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 기 손상인 후타재 균열(0.3㎜미만), 후타재 파손, 신축이음 하부 누수 등의 손상이 조사되었다.

【표 41.3.9】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		신축이음 하부 누수 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	2.00	4	0.20	1	0.30	1
합계	2.00	4	0.20	1	0.90	3

	
신축이음 A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	신축이음 A1 후타재 파손(0.1×2.0)
	
신축이음 A1 하부 누수(L=0.30m)	신축이음 A2 하부 누수(L=0.30m×2EA)

【사진 41.3.15】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

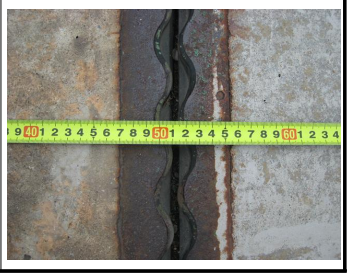
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 후타재 파손, 신축이음 하부 누수의 경우 초기 건조수축, 시공미흡, 우수유입, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(-15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10-5, α(콘크리트): 1.0×10-5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 08. 22. 기온 적용: 24.6℃(일평균)
△T(신장시) : 35.0℃-24.6℃ = 10.4℃
△T(수축시) : -15.0℃-(24.6℃) = 39.6℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>-10~+40</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>-10~+50</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>-5~+35</td><td>-15~+35</td><td>1.0×10-5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 41.3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 41.3.10】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	39.6	10.4	0.00001	50.8	20.1	5.3	30.0	30.0	180.0	
1) 조사당시 온도 : 24.6℃(조사일 : 2022년 08월 22일, 평균온도, 파주) 2) 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방, 콘크리트)										

【표 41.3.11】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	20.1	5.3	30	100	49.9	24.7	O.K
	바닥판			30	-	-	24.7	O.K
	거더			180	-	-	174.7	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

사. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 내포IC R-B1교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘포장으로 되어있다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

【사진 41.3.17】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장의 현장조사 결과 아스콘 균열 등이 조사되었다.

【표 41.3.12】 교면포장 외관조사 결과

구분	아스콘 균열 (m/개소)	
S1	5.00	1
합계	5.00	1

	
교면포장 S1 아스콘균열 (L=5.0m)	교면포장 S1 아스콘균열 (L=5.0m)

【사진 41.3.18】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장에 발생한 아스콘 균열은 초기 건조수축, 시공미흡, 주행차량의 윤하중 및 충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

아. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 내포IC R-B1교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 좌,우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 41.3.19】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수구 그레이팅 변형이 조사되었다.

【표 41.3.13】 배수시설 외관조사 결과

구분	배수구 그레이팅 변형 (EA/개소)	
S1	1.00	1
합계	1.00	1

	
배수구 S1 그레이팅 변형 (1EA)	배수관 상태양호

【사진 41.3.20】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

■ 배수구에 조사된 그레이팅 변형의 경우, 시공 미흡, 공용기간 경과 및 추량통행 등에 의한 원인으로 추가적인 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 정비(재설치)를 통한 유지관리가 필요하다.

자. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.



방호벽 전경



중분대 전경

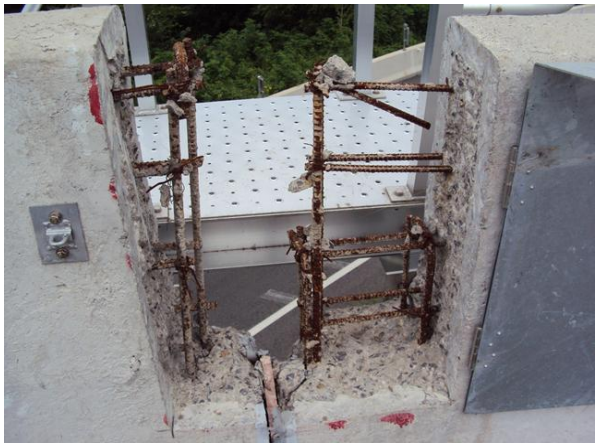
【사진 41.3.21】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과, 방호벽 균열, 들뜸, 철근미제거가 조사되었다.

【표 41.3.14】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	방호벽 균열 (m/개소)		방호벽 들뜸 (㎡/개소)		철근미제거 (EA/개소)	
S1	2.50	2	0.20	1	1.00	1
합계	2.50	2	0.20	1	1.00	1

	
방호벽 S1 균열(Cw=0.3㎜미만)	방호벽 S1 들뜸 (0.1m×2.0m)
	
방호벽 S1 철근미제거 (1EA)	방호벽 S1 철근미제거 (1EA)

【사진 41.3.22】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열, 방호벽 들뜸, 철근미제거의 경우 초기 건조수축, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 외부충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리, 던면보수, 정비(철근제거) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

차. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 내포IC R-B1교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1에 강재+알루미늄 재질의 점검로가 설치되어 있다.

	
점검통로 전경	점검통로 전경

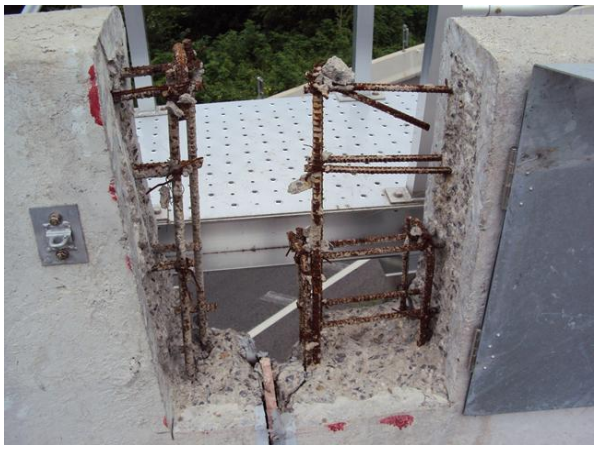
【사진 41.3.23】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 점검로 철근미제거가 조사되었다.

【표 41.3.15】 교량 점검시설 외관조사 결과

구분	점검로 철근미제거 (EA/개소)	
A1	1.00	1
합계	1.00	1

	
점검로 A1 철근 미제거(1EA)	점검로 A1 철근 미제거(1EA)

【사진 41.3.24】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설에 발생한 철근미제거는 시공미흡 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 정비(철근제거)를 실시하는 것이 필요하다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

41.3.3 현장조사 총괄표

【표 41.3.16】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	파손	㎡	0.02	1	
IPC거더	상태양호	-	-	-	
가로보	상태양호	-	-	-	
교대	균열부백태	㎡	9.00	6	
	망상균열	㎡	13.78	7	
	재료분리	㎡	2.57	3	
	파손	㎡	0.06	1	
교량받침	상태양호	-	-	-	
신축이음	후타재 균열	m	2.00	4	
	후타재 파손	㎡	0.20	1	
	신축이음 하부 누수	m	0.90	3	
교면포장	아스콘 균열	m	5.00	1	
배수시설	배수구 그레이팅 변형	EA	1.00	1	
방호벽	방호벽 균열	m	2.50	2	
	방호벽 들뜸	㎡	0.20	1	
	철근미제거	EA	1.00	1	
점검시설	철근미제거	EA	1.00	1	

41.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

41.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

41.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 41.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	2	2	2	2	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

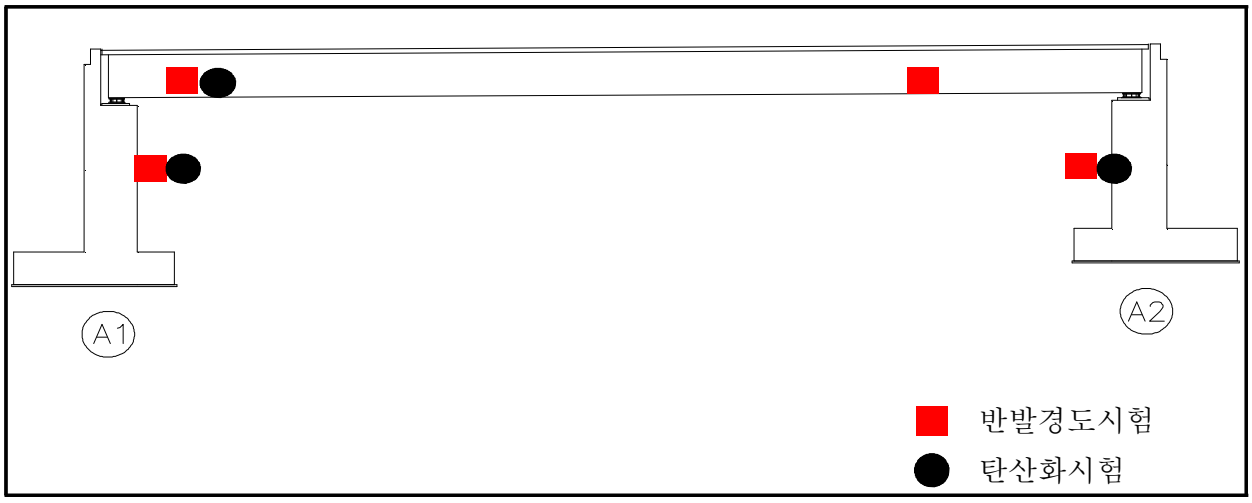
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

	
반발경도 시험 현황	탄산화깊이 측정 현황

【표 41.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 41.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

41.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 4개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 41.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판하면	46.3	27.3	28.7	0.67	27.0	

【표 41.4.3】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
상부 구조	S1 거더	48.2	40.6	48.3	0.67	40.0	

【표 41.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	42.9	24.4	27.1	0.67	24.0	
	A2 교대	42.6	24.1	27.0			

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.7㎫, 거더 40.6~48.3㎫, 하부구조 교대 24.1~27.1㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 41.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.3 ~ 28.7	27.0	101.1 ~ 106.4
	거더	40.6 ~ 48.3	40.0	101.6 ~ 120.8
하부구조	교대	24.1 ~ 27.1	24.0	100.6 ~ 113.0

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 41.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S1 바닥판하면	1.0	40.0	39.0	a	0.71	100년이상	
하부구조	A1 교대	3.5	100.0	96.5	a	2.47	100년이상	
	A2 교대	2.5	100.0	97.5	a	1.77	100년이상	

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.5~3.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 41.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	1.0	39.0	
하부구조	2.5~3.5	96.5~97.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 41.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	27.3~28.7	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
		거더	40.6~48.3	40.0	
	하부구조	교대	24.1~27.1	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.5~97.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

41.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

41.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급'으로 산정되었다.

【표 41.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	IPC	b	a	a	b	b	c	b	a	b	q	a	a
	A2								b	a	b	q	-	a
평균			0.200	0.100	0.100	0.200	0.200	0.400	0.200	0.100	0.200	-	0.100	0.100
가중치			20	20	3	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.040	0.020	0.003	0.014	0.006	0.008	0.018	0.009	0.040	-	0.004	0.003
													0.165	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.165) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 41.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
내포IC R-B1교	0.165	B	50.8	2	102	1.000	0.165
합계(Σ)			50.8	2	102	1	0.165
1. 평가지수 =							0.165
2. 상태평가결과 =							B

41.5.2 기 점검 결과와의 비교

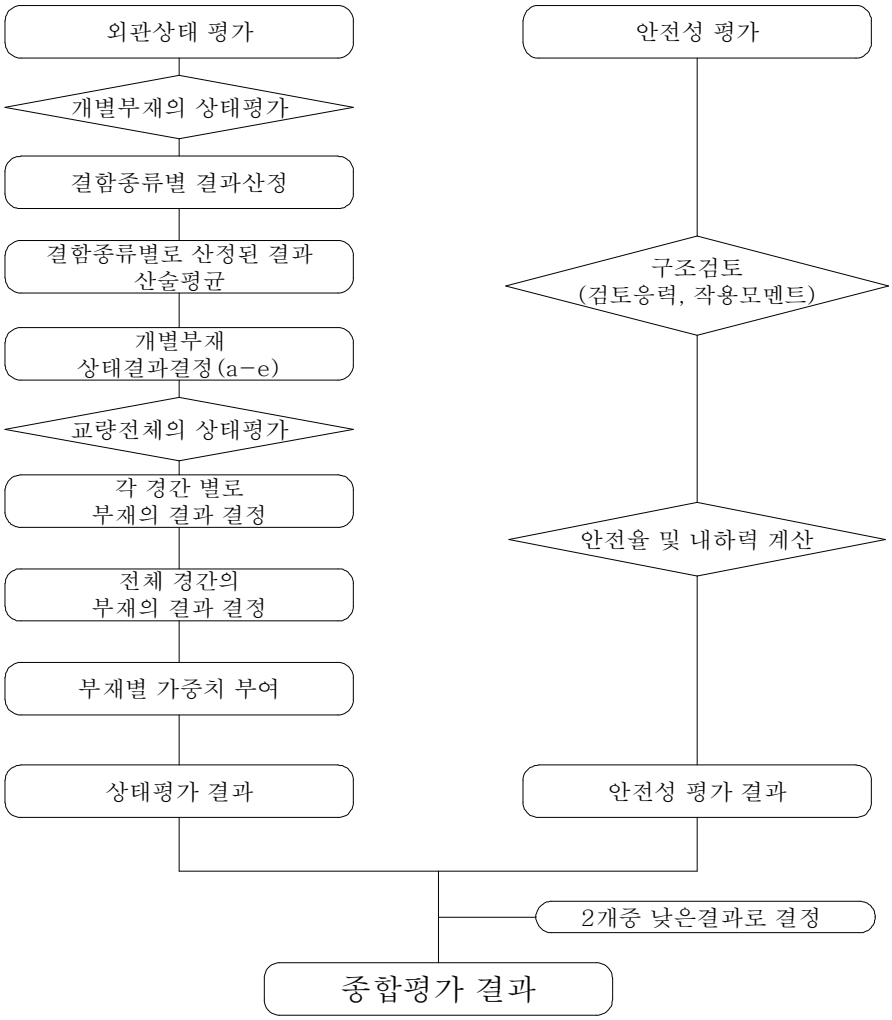
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

41.6 종합평가 및 안전등급 지정

41.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 41.6.1】 종합평가 결과 산정절차

41.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 41.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
내포IC R-B1교	0.165	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

41.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 41.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

41.7 보수·보강 및 유지관리방안

41.7.1 보수·보강 방안

【표 41.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면	파손	㎡	0.02	1	단면보수	하자
IPC거더	상태양호	-	-	-	-	-
가로보	상태양호	-	-	-	-	-
교대	균열부백태	㎡	9.00	6	표면처리	하자
	망상균열	㎡	13.78	7	표면처리	하자
	재료분리	㎡	2.57	3	단면보수	하자
	파손	㎡	0.06	1	단면보수	하자
교량받침	상태양호	-	-	-	-	-
신축이음	후타재 균열	m	2.00	4	표면처리	하자
	후타재 파손	㎡	0.20	1	단면보수	하자
	신축이음 하부 누수	m	0.90	3	정비(재설치)	하자
교면포장	아스콘 균열	m	5.00	1	표면처리	하자
배수시설	배수구 그레이팅 변형	EA	1.00	1	정비(재설치)	하자
방호벽	방호벽 균열	m	2.50	2	표면처리	하자
	방호벽 들뜸	㎡	0.20	1	단면보수	하자
	철근미제거	EA	1.00	1	정비(철근제거)	하자
점검시설	철근미제거	EA	1.00	1	정비(철근제거)	하자

41.7.2 개략공사비

【표 41.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	파손	단면보수	0.02	0.03	㎡	-	-	하자
교대	균열부백태	표면처리	9.00	13.50	㎡	-	-	하자
	망상균열	표면처리	13.78	20.67	㎡	-	-	하자
	재료분리	단면보수	2.57	3.85	㎡	-	-	하자
	파손	단면보수	0.06	0.09	㎡	-	-	하자
신축이음	후타재 균열	표면처리	2.00	0.75	㎡	-	-	하자
	후타재 파손	단면보수	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
	신축이음 하부 누수	정비(재설치)	0.90	0.90	m	-	-	하자
교면포장	아스콘 균열	표면처리	5.00	1.88	㎡	-	-	하자
배수시설	배수구 그레이팅 변형	정비(재설치)	1.00	1.00	EA	-	-	하자
방호벽	방호벽 균열	표면처리	2.50	3.75	㎡	-	-	하자
	방호벽 들뜸	단면보수	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
	철근미제거	정비(철근제거)	1.00	1.00	EA	-	-	하자
점검시설	철근미제거	정비(철근제거)	1.00	1.00	EA	-	-	하자

	구 분	1순위	2순위	3순위
개략 공사비 (천원)	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

41.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 41.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

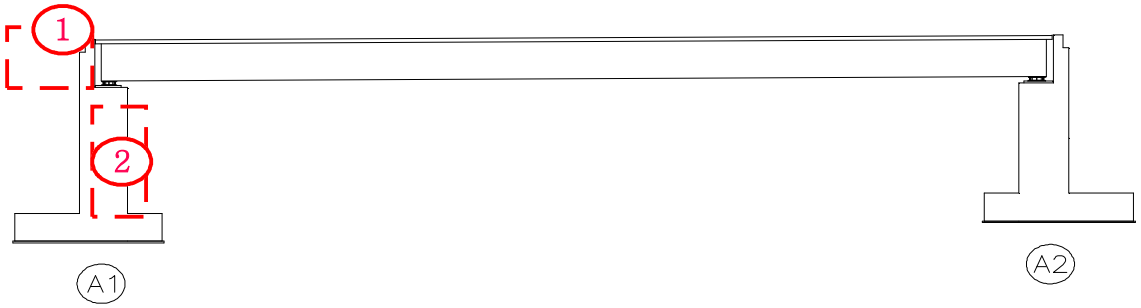


① 방호벽 및 점검로 철근미제거 등 – 진전 여부확인





② 교대 파손 등 – 진전 여부확인



41.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 문산읍 내포리 554-4에 위치한 교량으로 총 연장 50.8m, 폭 16.3m의 IPC거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

41.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 발생한 파손은 초기 건조수축 및 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) IPC Girder

- 거더는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 조사된 균열부백태, 망상균열, 재료분리. 파손은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기 탈형, 시공미흡, 우수유입, 수분침투, 외부 충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교량받침

- 교량받침은 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

6) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 후타재 파손, 신축이음 하부 누수의 경우 초기 건조수축, 시공미흡, 우수유입, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차 부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

7) 교면포장

- 교면포장에 발생한 아스콘 균열은 초기 건조수축, 시공미흡, 주행차량의 윤하중 및 충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

8) 배수시설

- 배수구에 조사된 그레이팅 변형의 경우, 시공 미흡, 공용기간 경과 및 추량통행 등에 의한 원인으로 추가적인 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 정비(재설치)를 통한 유지관리가 필요하다.

9) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열, 방호벽 들뜸, 철근미제거의 경우 초기 건조수축, 거푸집 조기탈형, 시공미흡, 외부충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 표면처리, 던면보수, 정비(철근제거) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

10) 교량 점검시설

- 점검시설에 발생한 철근미제거는 시공미흡 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 정비(철근제거)를 실시하는 것이 필요하다.

11) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.3~28.7㎫, 거더 40.6~48.3

㎫, 하부구조 교대 24.1~27.1㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 거더: 40.0㎫, 교대: 24.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 2.5~3.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 내포IC R-B1교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.165인 “B” 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 내포IC R-B1교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

41.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

41.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

42. 내포IC R-A교

42.1 시설물 개요

42.2 자료수집 및 분석

42.3 현장조사

42.4 콘크리트 내구성조사

42.5 상태평가

42.6 종합평가 및 안전등급 지정

42.7 보수·보강 및 유지관리 방안

42.8 종합결론

42. 내포IC R-A교

42.1 시설물의 개요

본 시설물은 경기도 파주시 문산읍 내포리 538-2에 위치한 교량으로 총 연장 179.0m, 폭 8.5m로 시공되어 있다.

42.1.1 일반사항

【표 42.1.1】 내포IC R-A교 일반사항

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물번호		BR2020-0000148	관리번호		-
시설물위치		경기도 파주시 문산읍 내포리 538-2	준공년월일		2020. 11. 06
시점이정		-	노 선 명		고속국도 17호선
제원	연장	L=179.0m(57.0+65.0+57.0=179.0m)			
	폭	B=8.5m			
구조 형식	상부	S.T.B	기초 형식	교 대	강관말뚝기초
	하부	교대: 역T형, 교각: T형		교 각	강관말뚝기초 복합말뚝기초
교량받침		지진격리받침	신축이음		강핑거조인트
교차시설물		일반국도77호선	통과높이		-
부착시설내용		-	설계하중		DB-24/DL-24
시 공 자		㈜대우건설	관리주체		㈜신성엔지니어링
감 리 자		㈜신성엔지니어링(오영식)	관리주체		서울문산고속도로주식회사



측면 전경



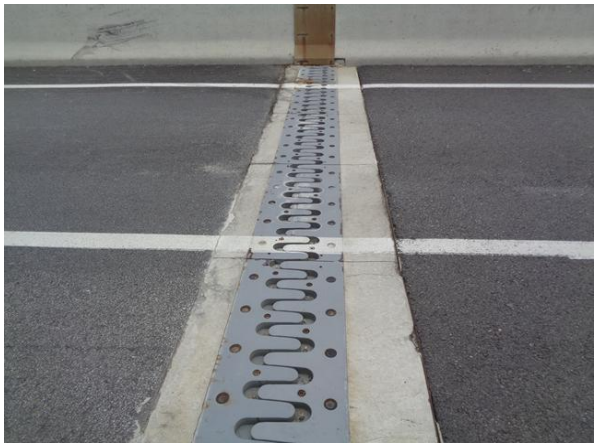
상부 전경

42.1.2 위치도 및 전경사진



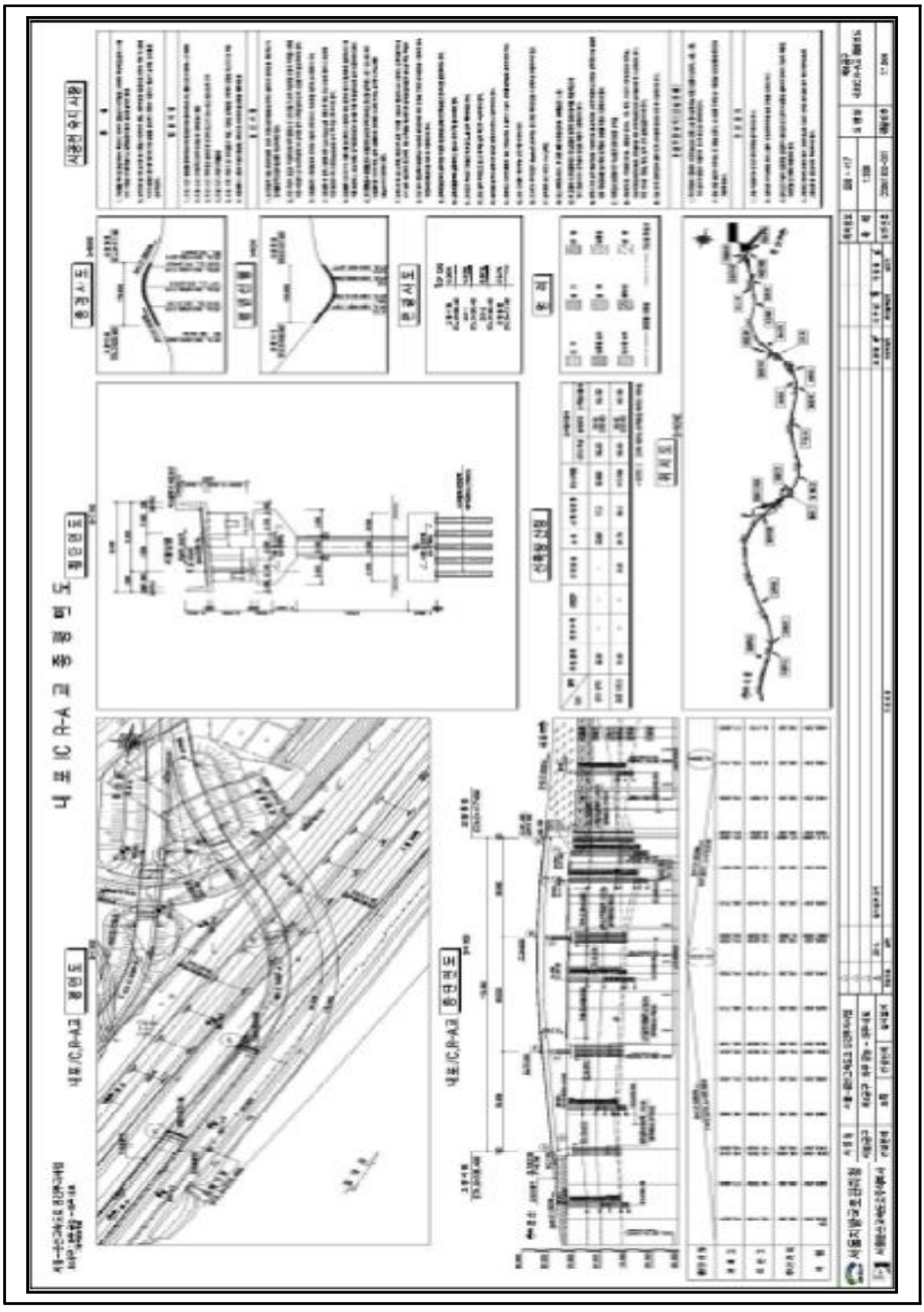
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S3	도보	2022.08.22.~2022.12.11.	

【그림 42.1.1】 위치도

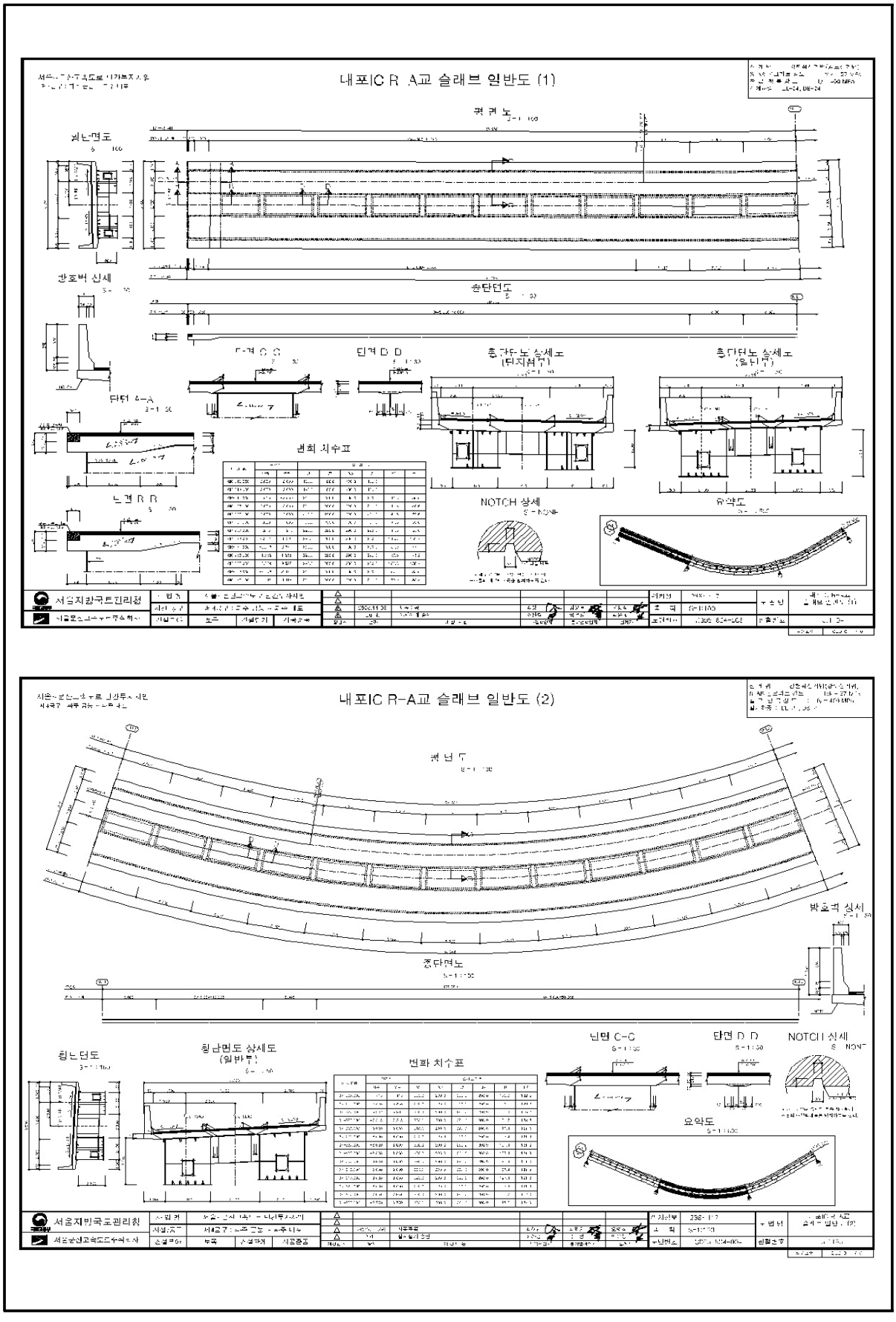
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【그림 42.1.2】 부재별 현황

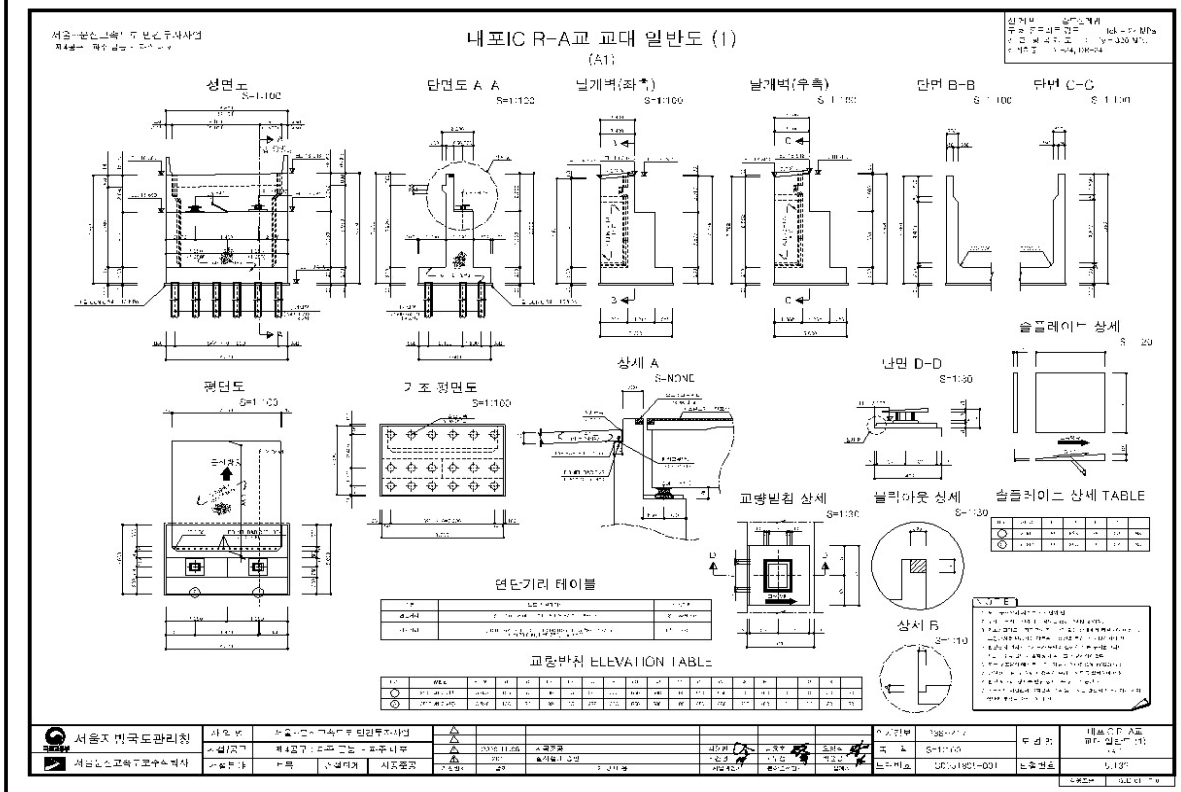
42.1.3 시설물 일반도

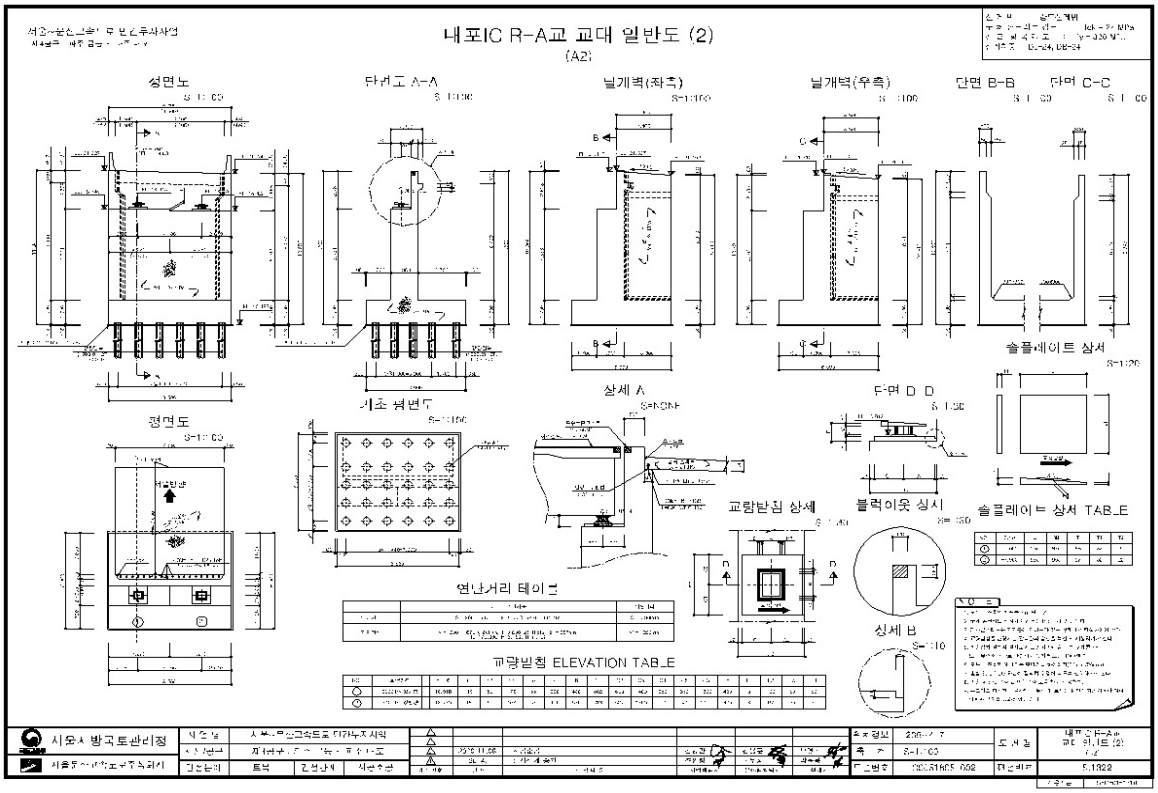


【그림 42.1.3】 평면 및 종단면도

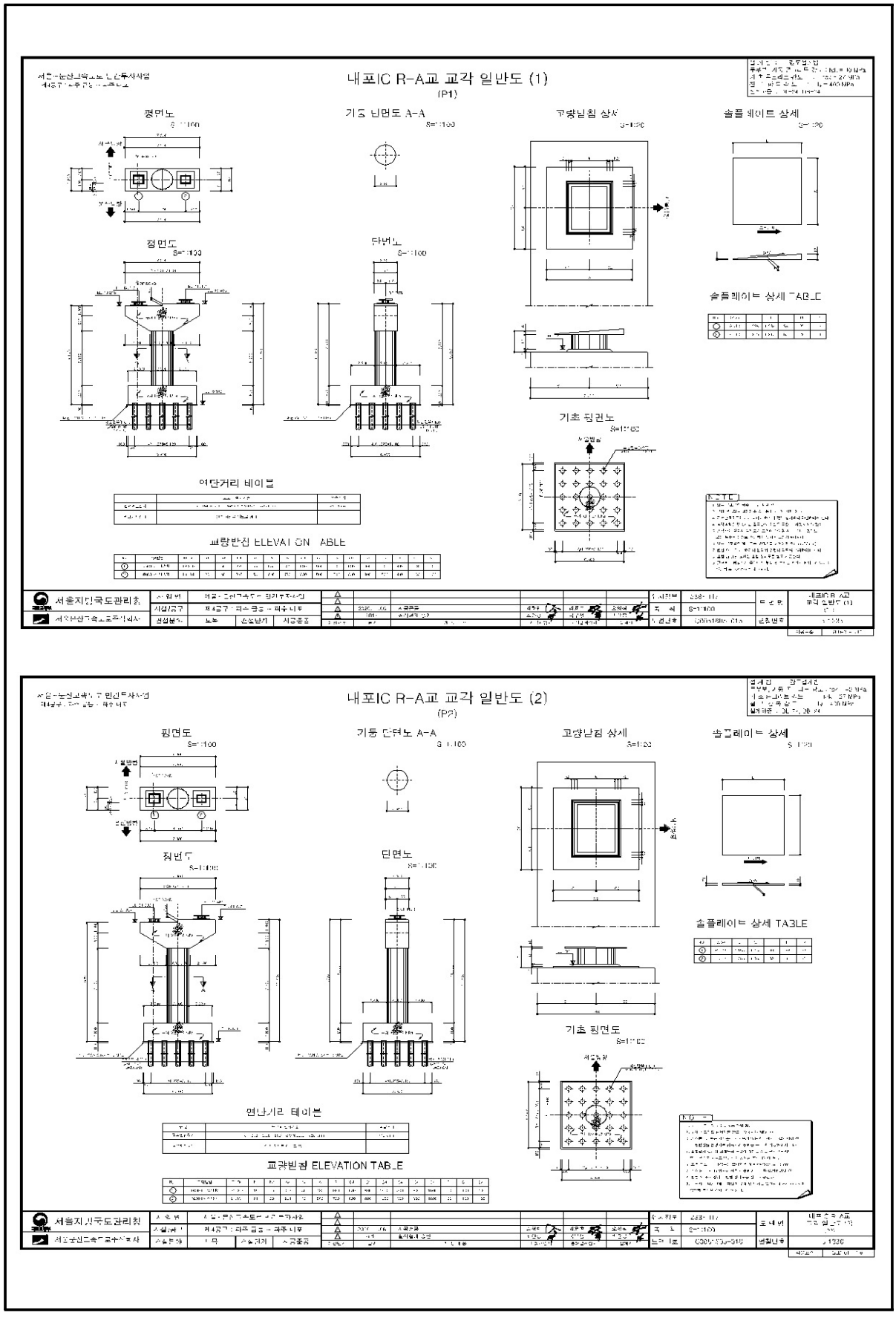


【그림 42.1.4】 바닥판하면 일반도

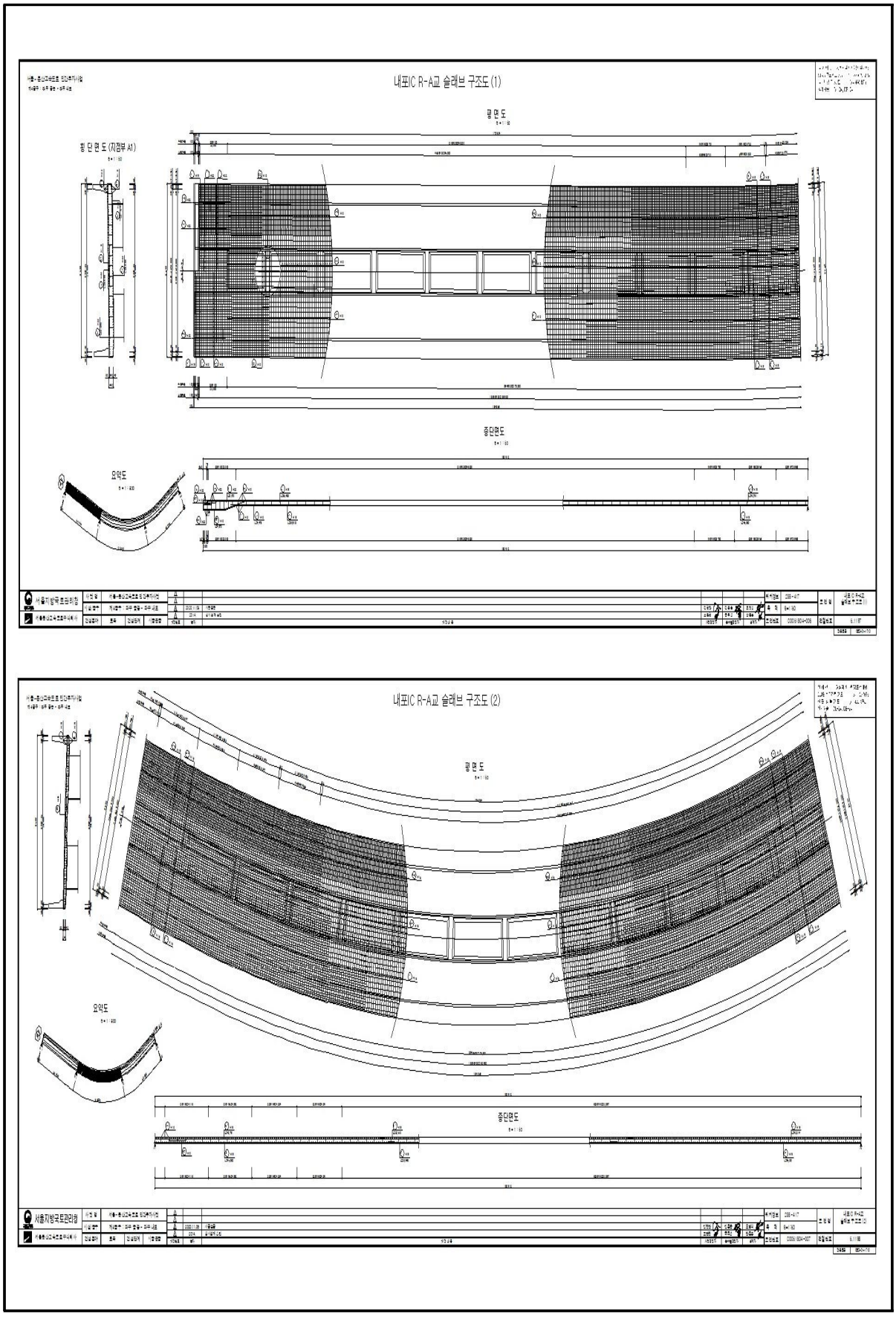




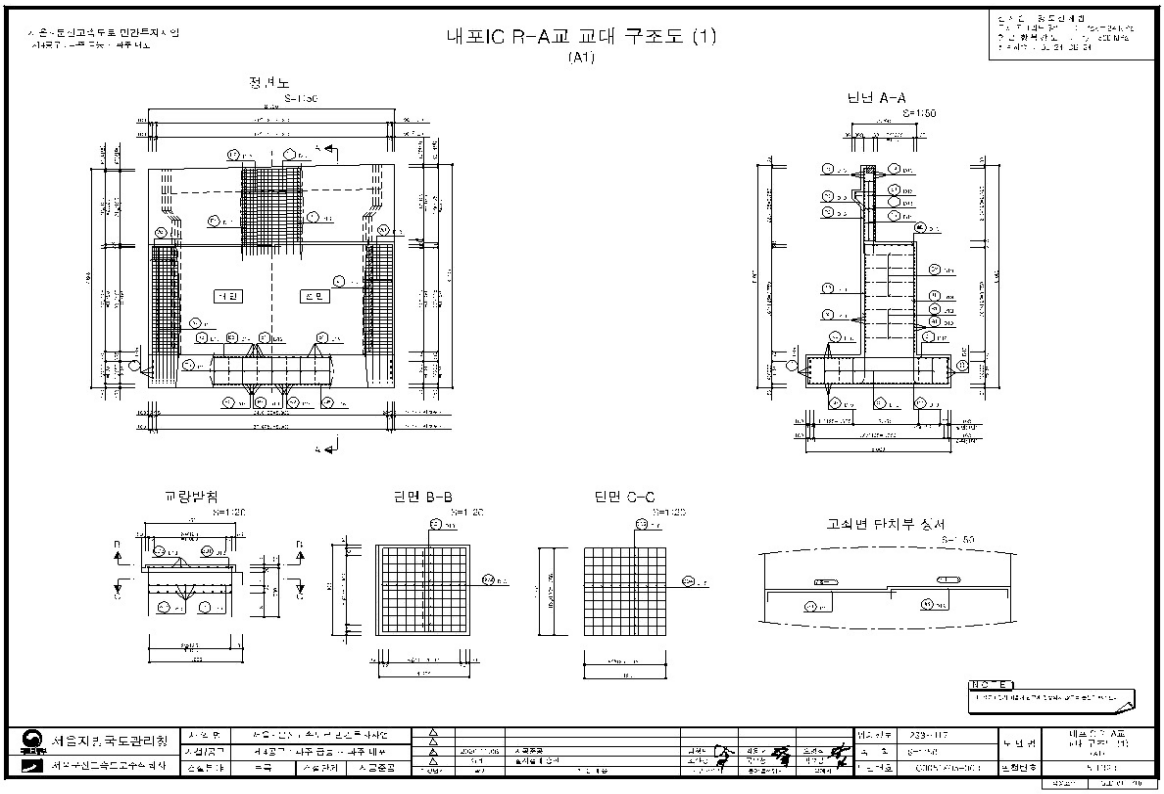
【그림 42.1.5】 교대 일반도

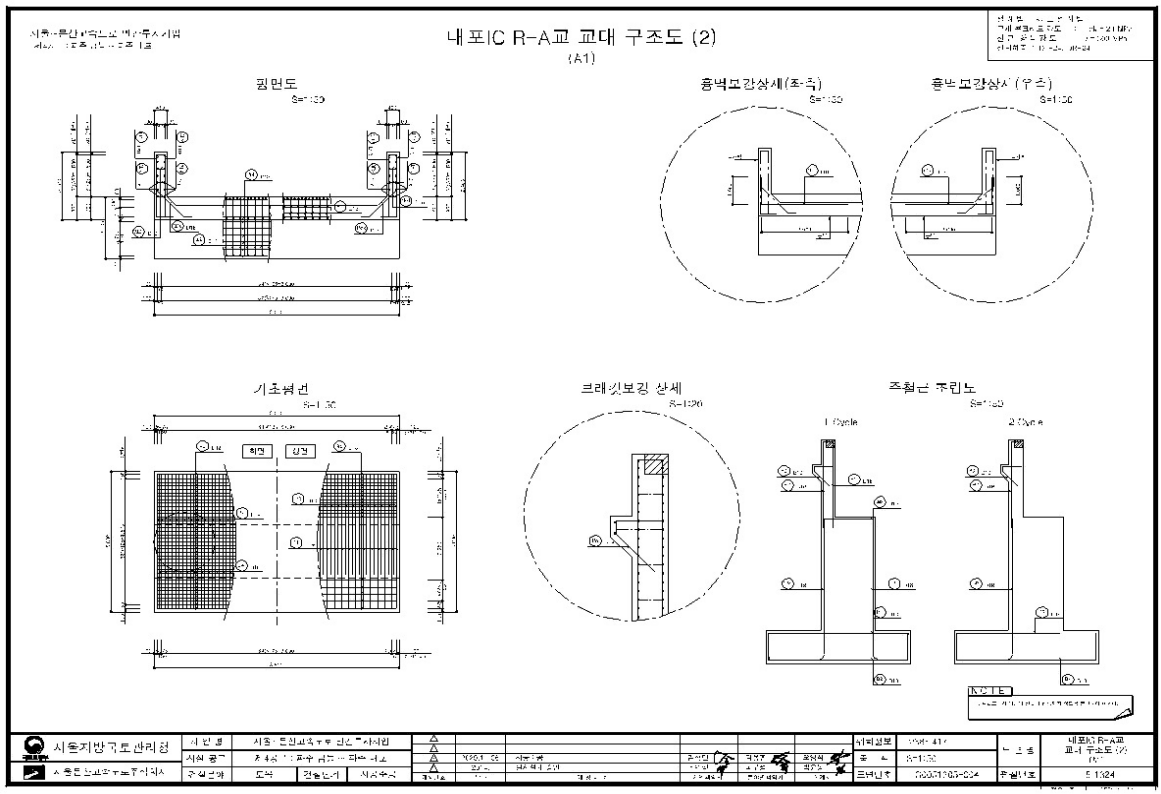


【그림 42.1.6】 교각 일반도

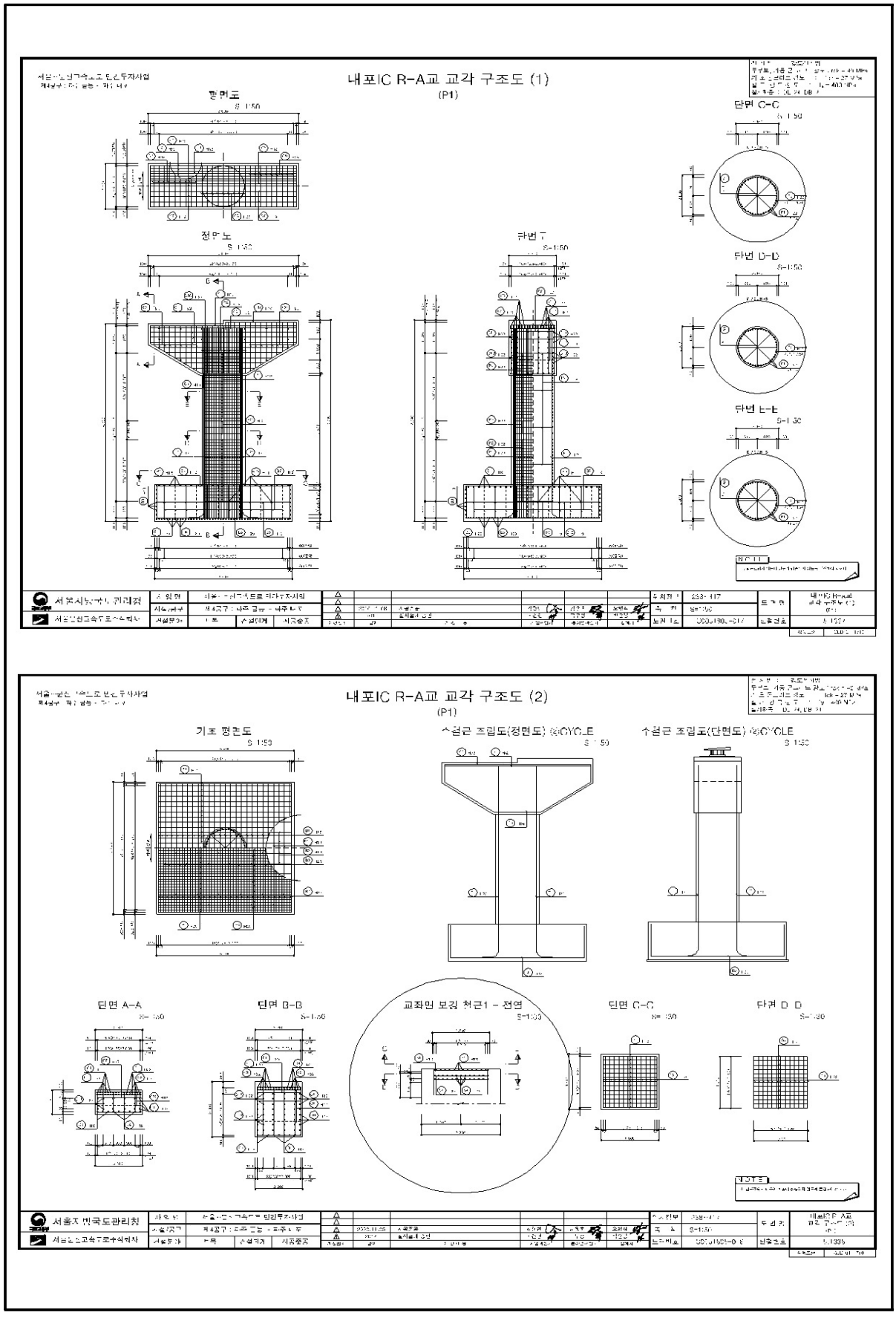


【그림 42.1.7】 슬래부 구조도





【그림 42.1.8】 교대 구조도



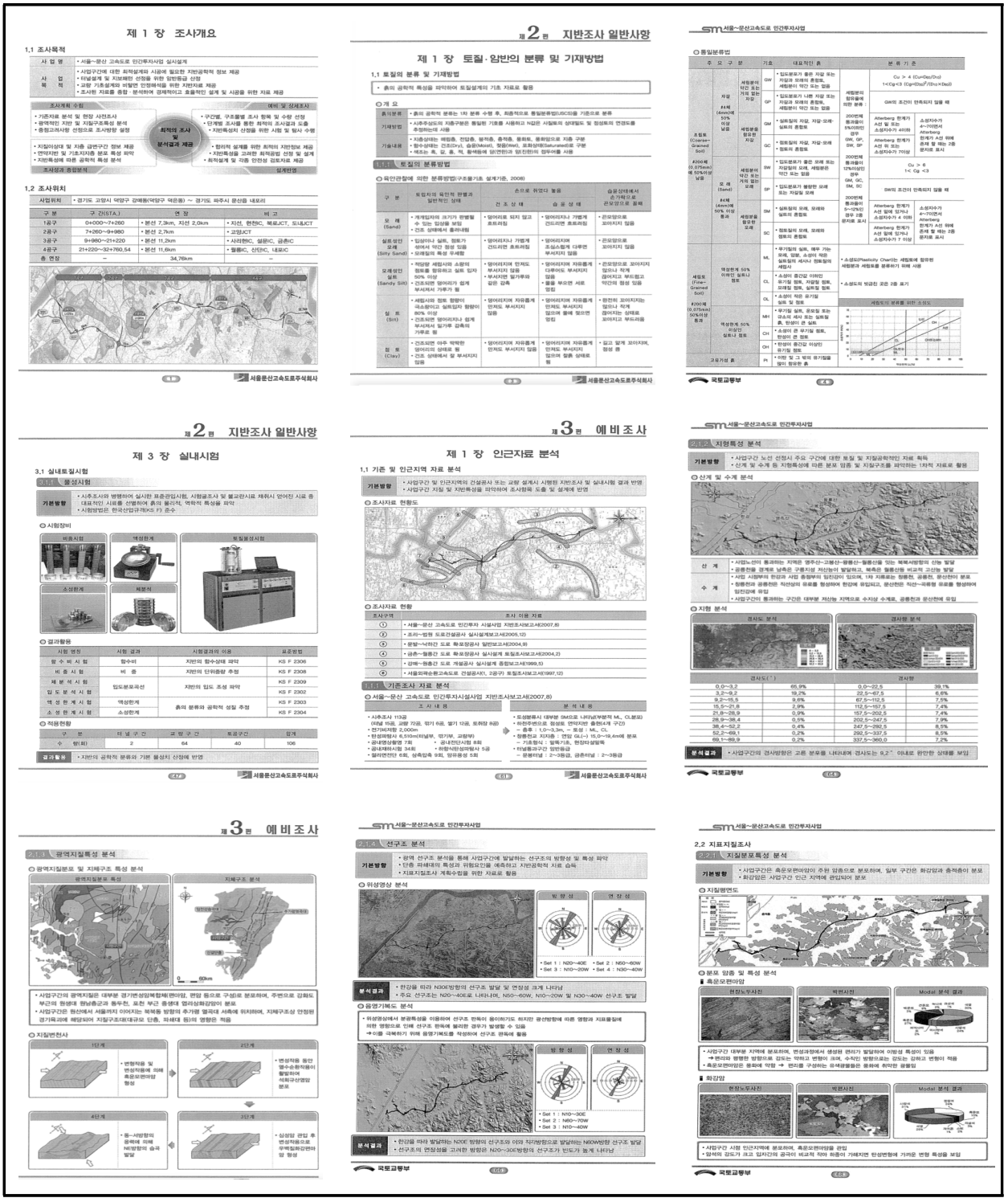
【그림 42.1.9】 교각 구조도

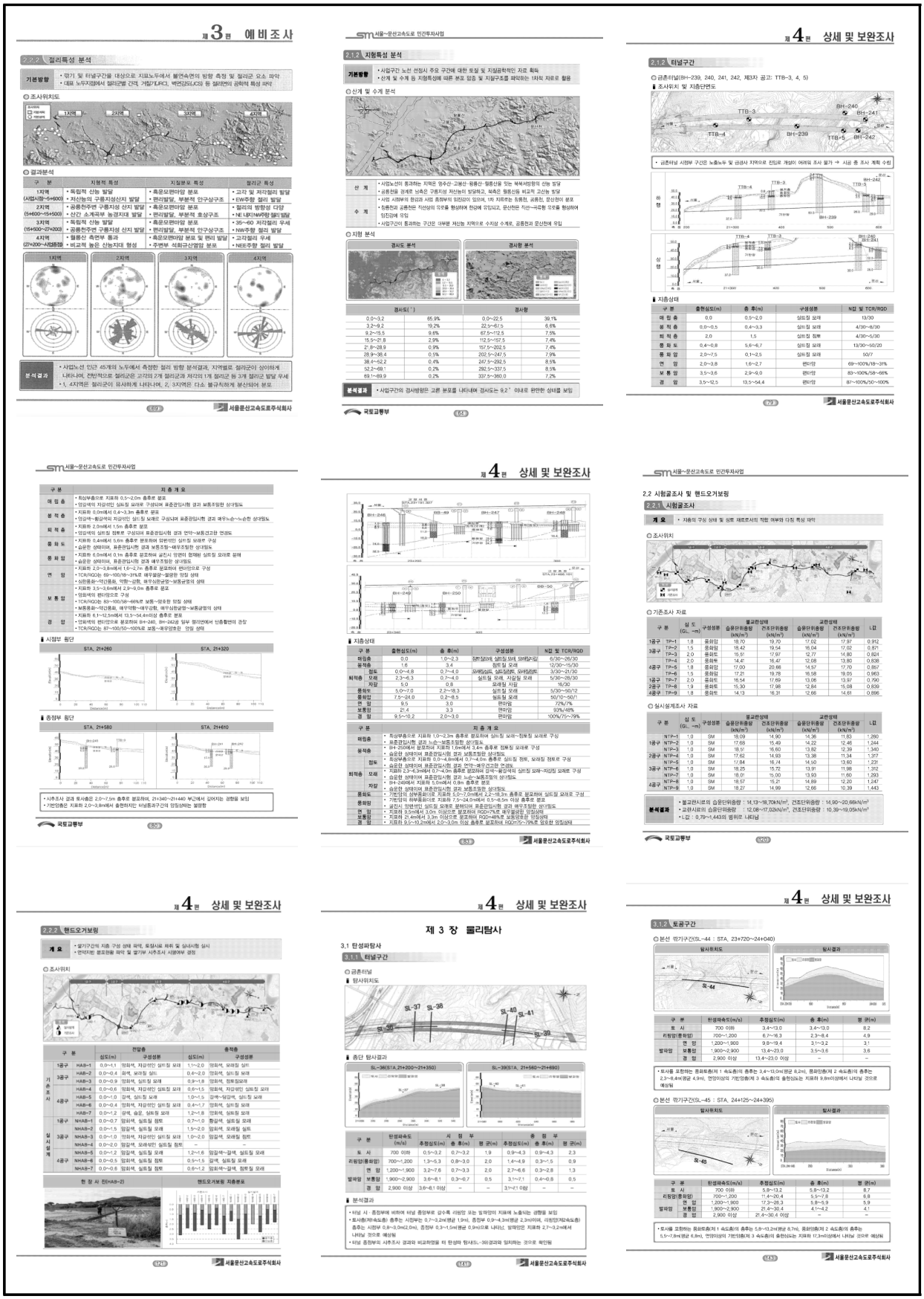
42.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “서울~문산고속도로 민간투자사업”의 설계 및 준공도서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

42.2.1 설계자료 검토

가. 지형 및 지질




제3편 예비조사
2.2.2 절리특성 분석
기본방향
조사위치도
결과분석
분석결과
서울문산고속도로주식회사
서울~문산고속도로 민간투자사업
2.1.2 지형특성 분석
기본방향
산계 및 수계 분석
산 계
수 계
지형 분석
경사도 분석
경사향 분석
분석결과
국토교통부
제4편 상세 및 보완조사
2.1.2 터널구간
조사위치 및 지층단면도
지층상태
2.2 시험굴조사 및 핸드오거보링
2.2.1 시험굴조사
개 요
기존조사 자료
심사설계조사 자료
분석결과
2.2.2 핸드오거보링
제 3 장 물리탐사
3.1 탄성파탐사
3.1.1 터널구간
3.1.2 토공구간

나. 지반 및 지질 조사보고서

서울~문산고속도로 민간투자사업

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요	• 지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용 • 점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

○ 기존조사 자료

▮ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌터널	TTB-3	8.0	풍화암	50/8	206	290	PMT
	TTB-3	25.3	경 암	94	9,290	13,000	GMJ
	TTB-4	25.0	경 암	99	13,100	15,000	GMJ
	TTB-5	23.6	경 암	90	8,470	9,930	GMJ
영태터널	TTB-6	18.0	경 암	100	9,690	11,100	GMJ
	TTB-9	37.0	경 암	93	10,400	11,100	GMJ
	TTB-14	35.0	경 암	70	9,730	11,100	GMJ
	TTB-15	32.0	경 암	80	8,370	9,960	GMJ

▮ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
월롱1교	BB-53	19.3	연 암	27	1,026	1,076	PMT
능산2교	BB-59	4.5	풍화암	50/5	306	420	PMT
내포 IC RAMP-B3	BB-64	10.0	퇴적층(실트)	4/30	2.1	–	LLT
	BB-64	21.0	연 암	9	624	754	PMT

▮ 깎기구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
제22깎기부	CCB-6	12.0	연 암	9	743.5	1,197	PMT

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌 터널	BH-239	10.0	경 암	87	9,122	20,611	GMJ
	BH-239	45.0	경 암	94	23,862	67,171	GMJ

국토교통부 148

제 4 편 상세 및 보완조사

▮ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌3교	BH-246	25.0	풍화암	50/4	173	287	PMT
월롱교	BH-271	9.0	풍화암	50/5	244	442	PMT
능산1-1교	BH-286	13.0	연 암	31	543	1,222	PMT
내포IC R-B교	BH-309	16.0	연 암	14	621	917	PMT
내포IC R-A교	BH-315	22.0	풍화암	50/5	237	436	PMT
	BH-315	24.0	연 암	43	452	885	PMT

▮ 깎기구간

공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-243	11.0	풍화암	50/10	149	327	PMT
BH-252-1	15.5	풍화암	50/6	265	387	PMT
BH-252-1	28.0	경 암	65	13,418	17,970	GMJ
BH-254	12.0	풍화토	20/30	62	78	PMT
BH-261-5	14.5	풍화암	50/8	203	349	PMT
BH-282	15.0	연 암	11	625	1,210	PMT
BH-284	10.5	연 암	8	480	1,009	PMT
BH-287	18.5	연 암	28	1,390	2,003	PMT
BH-293	15.4	연 암	18	3,405	6,500	PMT
BH-293-1	10.0	풍화암	50/8	226	482	PMT
BH-299	16.0	연 암	0~9	523	858	PMT
BH-302	13.0	풍화암	50/4	258	529	PMT
	18.0	연 암	23	581	933	PMT
BH-306	25.0	연 암	32	1,192	2,190	PMT

▮ 쌓기구간

공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-236	3.0	퇴적(점토)	2/30	1.93	–	LLT
BH-256	8.0	풍화암	50/7	318	513	PMT
BH-268	2.0	퇴적(점토)	8/30	9.67	–	LLT
BH-277	3.5	퇴적(점토)	3/30	3.89	–	LLT

○ 결과분석

구분	변형계수(MPa) 퇴적층	풍화토	풍화암	연 암	경 암	분석결과
터널구간	–	–	–	–	9,122~23,862	• 연암 변형계수 -교량구간:452~621MPa -깎기구간:480~3,406MPa • 위치 및 구조물별로 편차가 나타남
교량구간	–	–	173~244	452~621	–	
깎기구간	–	62	149~265	480~3,405	13,418	
쌓기구간	1.93~9.67	–	318	–	–	

149 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.1.2 공내전단시험

개 요	• 풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용 → 풍화대층의 원위치 상태의 점착력(C)과 내부마찰각(ø)측정

○ 기존조사 자료

▮ 터널구간

구분		심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	구분		심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
금촌터널	TTB-3	8.0	풍화토	50/8	20.0	28.0	영태터널	TTB-6	11.0	풍화암	50/6	27.4	32.0
	TTB-4	4.0	풍화암	50/9	26.0	32.5							

▮ 깎기구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
깎기4-1	CCB-6	12.0	연 암	9	743.5	1,197

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
금촌터널	BH-179	4.0	풍화토	50/15	18.6	28.2

▮ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
내포IC R-A교	BH-315	21.0	풍화암	50/8	32.9	28.5

▮ 깎기구간

구분	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	구분	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
BH-252-1	12.5	풍화토	50/13	17.4	28.2	BH-289	4.0	풍화암	50/7	32.3	29.8
BH-254	8.0	풍화토	18/30	14.6	24.6	BH-293	4.0	풍화토	50/18	19.4	29.3
BH-261-5	9.0	풍화토	50/17	17.5	29.4	BH-299	7.0	풍화토	50/28	15.8	27.1
BH-282	6.0	풍화암	50/7	32.5	31.5	BH-302	6.0	풍화토	50/27	17.2	25.9
BH-284	3.0	풍화토	50/15	18.7	27.5	BH-303-1	3.0	풍화토	50/30	18.0	28.1
BH-287	4.0	풍화암	50/8	29.7	28.3	BH-306	7.0	풍화토	50/15	19.0	25.6

○ 결과분석

구분	점착력(kPa) 풍화토	점착력(kPa) 풍화암	내부마찰각(°) 풍화토	내부마찰각(°) 풍화암	분석결과
터널구간	18.6	–	28.2	–	• 풍화토 정착력(kPa)/마찰각(°) -교량구간:18.6/28.2 -깎기구간:14.6~19.4/24.6~29.4
교량구간	–	32.9	–	28.5	
깎기구간	14.6~19.4	29.7~32.5	24.6~29.4	28.3~31.5	

국토교통부 150

제 4 편 상세 및 보완조사

4.1.3 SPT효율시험

개 요	• 표준관입시험시 롯드에 전달된 실제 타격에너지를 측정한 후 이를 이론적 타격에너지와 비교하여 에너지 전달율을 구함으로써 N값의 신뢰도 확보

○ 시험현황

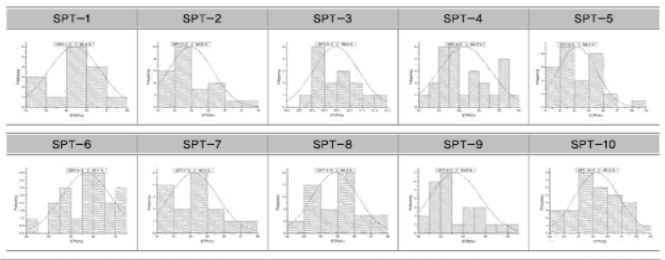
구 분	기존조사 터널	교량	깎기	쌓기	실시설계 터널	교량	깎기	쌓기
수량(회)	1	3	–	–	2	5	2	1

○ 기존조사 자료

공 번		BB-43	BB-51	BB-53	TTB-5
측정지층		풍화암	풍화토	풍화토	풍화토
ETR (%)	범위	49.1~61.5	48.1~58.3	53.0~65.5	50.6~56.2
	평균	54.1	53.2	60.1	52.6
적용해머		Donut Hammer	Donut Hammer	Auto Hamme	Donut Hammer

○ 실시설계조사 자료

공 번		SPT-1	SPT-2	SPT-3	SPT-4	SPT-5	SPT-6	SPT-7	SPT-8	SPT-9	SPT-10
측정지층		풍화토	풍화토	풍화암	풍화암	풍화암	풍화토	퇴적층	풍화토	퇴적층	풍화토
ETR (%)	범위	63.1~67.2	62.2~67.5	58.5~61.9	62.3~66.6	62.4~68.0	63.4~67.4	62.3~67.2	62.5~67.6	62.4~66.3	62.8~68.1
	평균	65.4	63.9	59.9	64.3	64.2	65.7	64.2	64.9	63.6	65.3
적용해머		Auto Hammer									



분석결과	• 기존 조사시 평균ETR 52.6~60.1%(평균 55.0%)로 나타남 • 금회 조사시 평균ETR 59.9~65.7%(평균 64.1%)로 나타남

151 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요	• 사업구간내 시추공의 지하수위를 측정하여 안정된 지하수위 분포 현황을 파악 • 각 시추공별 지하수위는 24, 48, 72시간 경과 후 측정

○ 기존조사 자료

구 분		터널구간	교량구간	깎기구간	쌓기구간
지하수위	GL. -m	1.7~16.3	0.4~9.5	1.3~17.3	3.9
	EL. m	39.2~95.6	2.1~53.5	19.8~60.3	2.7~4.3

○ 실시설계조사 자료

▮ 터널구간

구 분	지하수위 GL. -m	EL. m	구 분	지하수위 GL. -m	EL. m	구 분	지하수위 GL. -m	EL. m
BH-239	27.0	51.5	BH-241	2.2	43.1	BH-242	2.4	42.8
BH-240	3.1	50.7	–	–	–	–	–	–

▮ 교량구간

구 분	지하수위 GL. -m	EL. m	구 분	지하수위 GL. -m	EL. m	구 분	지하수위 GL. -m	EL. m
BH-243-2	2.8	20.0	BH-278	4.6	5.8	BH-304-2	1.6	13.5
BH-246	2.7	7.0	BH-279	4.9	5.4	BH-305	1.6	13.7
BH-247	3.1	7.4	BH-280	1.9	7.1	BH-305-1	2.6	12.5
BH-248	4.3	6.2	BH-281	4.3	5.5	BH-305-2	2.2	12.6
BH-249	1.8	7.5	BH-285-1	3.5	6.1	BH-305-6	3.8	10.5
BH-250	1.2	8.6	BH-285-2	1.6	6.0	BH-308	4.5	2.3
BH-261-1	1.7	23.2	BH-286	4.2	3.4	BH-309	4.5	3.8
BH-261-2	1.8	23.9	BH-286-1	4.6	3.0	BH-310	4.7	3.7
BH-261-3	7.2	26.6	BH-286-2	3.8	4.7	BH-311	4.8	4.2
BH-261-4	8.0	26.0	BH-288	2.5	8.8	BH-313	9.7	2.7
BH-270	5.5	9.5	BH-288-1	2.4	9.4	BH-314-1	9.2	1.6
BH-271	2.5	9.5	BH-294-1	3.3	11.8	BH-315	10.2	1.8
BH-272	0.5	10.3	BH-295	0.1	10.3	–	–	–
BH-273	2.5	7.5	BH-296	1.8	10.3	–	–	–

국토교통부 152

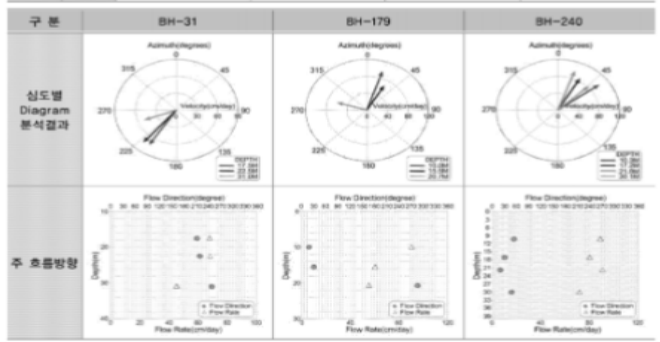
서울~문산고속도로 민간투자사업

4.2.4 지하수 유향유속시험

개 요	• 터널구간 불연속면 분포구간에 대한 지하수 유동속도 및 방향성 측정 • 터널의 전체적인 지하수 흐름 경향 파악 및 설계시공의 기초 자료로 활용

○ 실시설계조사 시험결과

구 분	공 번	측정심도(m)	유향(MN)	유속(cm/day)	주흐름방향
강매터널	BH-31	17.5	212.9	67.74	SSW~SWW
		22.5	220.0	68.34	
		31.0	249.7	44.96	
문봉터널	BH-179	10.0	018.1	90.72	NWW~NNE
		15.5	030.0	60.48	
		20.7	286.8	55.54	
금촌터널	BH-240	10.3	053.2	88.84	NNE~NEE
		17.2	029.8	79.78	
		21.8	019.6	90.43	
		30.1	046.9	71.57	



분석결과	• BH-31 유향은 212.9° ~249.7° (SSW~SWW방향)이며 44.96~68.34cm/day의 유속을 보임 • BH-179 유향은 286.8° ~30.0° (NWW~NNE방향)이며 55.54~90.72cm/day의 유속을 보임 • BH-240 유향은 19.6° ~53.2° (NNE~NEE방향)이며 71.57~90.43cm/day의 유속을 보임

국토교통부 158

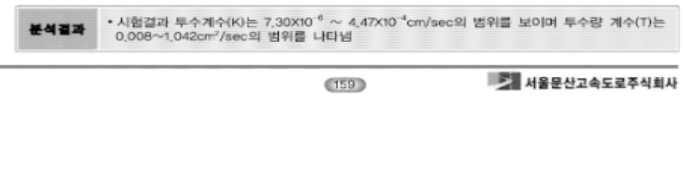
제 4 편 상세 및 보완조사

4.2.5 순간충격시험

개 요	• 순간적으로 물을 주입후 상승한 수위가 원래의 안정수위로 회복하는 수위변화를 측정 • 투수량 계수(T)와 투수계수(K)를 구하여 수리 해석시 입력 물성치로 활용

○ 실시설계조사 시험결과

구 분	공번	심도(m)	초기수위(m)	대수층 두께(m)	분석방법	K(cm/sec)	T(cm²/sec)
강매 터널	BH-31	34.0	17.15	16.85	Bouwer-Rice	1.10×10⁻⁴	0.186
					Hvorslev	1.59×10⁻⁴	0.268
					평균	1.35×10⁻⁴	0.227
	BH-34	15.0	3.50	11.50	Bouwer-Rice	3.73×10⁻⁴	0.429
					Hvorslev	5.21×10⁻⁴	0.599
					평균	4.47×10⁻⁴	0.514
문봉 터널	BH-179	30.5	7.45	23.05	Bouwer-Rice	6.28×10⁻⁶	0.014
					Hvorslev	8.32×10⁻⁶	0.019
					평균	7.30×10⁻⁶	0.017
	BH-180	20.1	8.76	11.34	Bouwer-Rice	6.26×10⁻⁶	0.007
					Hvorslev	8.68×10⁻⁶	0.010
					평균	7.47×10⁻⁶	0.008
금촌 터널	BH-240	33.0	3.20	29.80	Bouwer-Rice	1.51×10⁻⁵	0.045
					Hvorslev	2.05×10⁻⁵	0.061
					평균	1.78×10⁻⁵	0.053
	BH-242	29.0	2.15	26.85	Bouwer-Rice	3.52×10⁻⁴	0.898
					Hvorslev	4.65×10⁻⁴	1.186
					평균	4.09×10⁻⁴	1.042



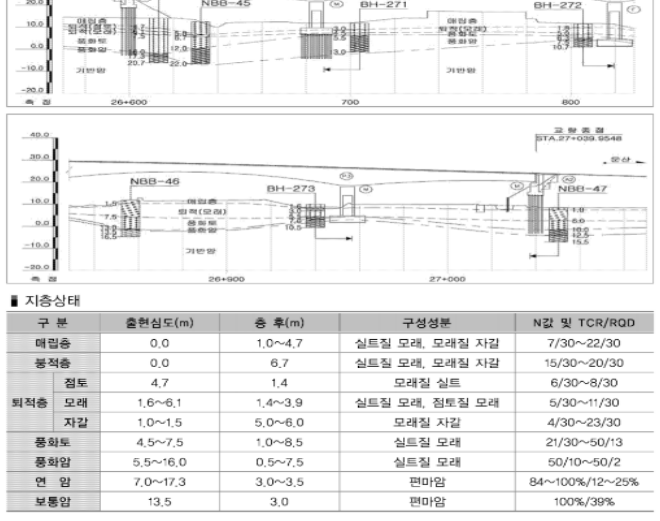
분석결과	• 시험결과 투수계수(K)는 $7.30X10^{-6}$ ~ $4.47X10^{-4}$cm/sec의 범위를 보이며 투수량 계수(T)는 0.008~1.042cm²/sec의 범위를 나타냄

159 서울문산고속도로주식회사

제 4 편 상세 및 보완조사

○ 월롱교(BH-270, 271, 272, 273, 보완설계 : NBB-45, 46, 47)

▮ 조사위치 및 지층단면도



▮ 지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	1.0~4.7	실트질 모래, 모래질 자갈	7/30~22/30
붕적층		0.0	6.7	실트질 모래, 모래질 자갈	15/30~20/30
퇴적층	점토	4.7	1.4	모래질 실트	6/30~8/30
	모래	1.6~6.1	1.4~3.9	실트질 모래, 점토질 모래	5/30~11/30
	자갈	1.0~1.5	5.0~6.0	모래질 자갈	4/30~23/30
풍화토		4.5~7.5	1.0~8.5	실트질 모래	21/30~50/13
풍화암		5.5~16.0	0.5~7.5	실트질 모래	50/10~50/2
연 암		7.0~17.3	3.0~3.5	편마암	84~100%/12~25%
보통암		13.5	3.0	편마암	100%/39%

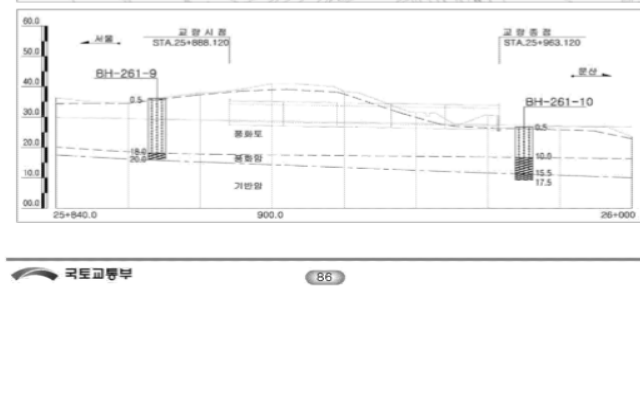
85 서울문산고속도로주식회사

서울~문산고속도로 민간투자사업

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 1.0~4.7m 층후로 분포하며 자갈섞인 실트질 모래, 실트질 모래, 모래질 자갈로 구성
붕적층		• 지표하 0.0m에서 6.7m 층후로 분포하며 황갈색의 실트질 모래, 모래질 자갈로 구성
퇴적층	점토	• 지표하 4.7m에서 1.4m 층후로 분포하며 암회색의 모래질 실트로 구성, 보통견고한 연경도
	모래	• 지표하 1.6~6.1m에서 1.4~3.9m 층후로 분포하며 자갈섞인 실트질 모래, 자갈섞인 점토질 모래로 구성
	자갈	• 지표하 1.0~1.5m에서 5.0~6.0m 층후로 분포하며 모래질 자갈로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 매우느슨~보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 지표하 4.5~7.5m에서 1.0~8.5m 층후로 분포하며 암편석인 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 5.5~16.0m에서 0.5~7.5m 이상 층후로 분포 • 갈색~암갈색을 띄는 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편이 협재된 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 7.0~17.3m에서 3.0~3.5m 이상 층후로 분포하며 갈색~담회색, 암갈색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 84~100%/12~25%로 매우불량~불량한 암질 상태
보통암		• 지표하 13.5m에서 3.0m 이상 층후로 분포하며 담회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 100%/39%로 불량한 암질 상태

○ 월롱지하차도(BH-261-9~10)

▮ 조사위치 및 지층단면도



국토교통부 86

제5편 성과분석 및 설계지반정수

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

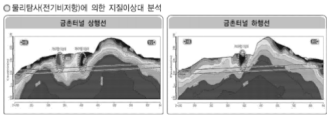
기본방향
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

○ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석



구 분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	해당 구조물
L-1	6+300	N20E	12	인기IC(휴게소)
L-2	13+200	N14E	87	쌀기봉
L-3	15+130	N18E	66	쌀기봉
L-4	21+640	N64W	66	금촌터널(좌점부)
L-5	25+850	N22W	62	쌀기봉
L-6	26+370	N82E	42	쌀기봉

○ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석



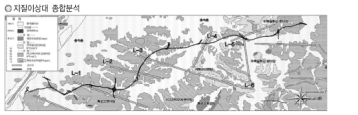
- 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 하행 STA. 21+390에 400Ω·m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구 분	위 치(STA.)	구 간(m)	특 징	비 고
행산교	BH-41	2+332.9	11.2~11.8	Slickonside 발달	
성사3교	BH-94-1	5+845.3	13.6~16.0	파쇄암대 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	6+475.2	13.6~15.3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양 JCT	BH-115	9+300 부근	9.3~16.2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10.2~13.5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20.5~21.5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
원당천교	BH-149	10+460.0	9.4~12.0	Slickenside 및 파쇄 발달, 점토 충진	
사리현IC	BH-160	11+900 부근	10.0~15.5	지반풍화에 의한 암반내 토사층	
토공부	BH-170	12+927.7	10.3~13.3	파쇄대 분포, 지반풍화에 의한 토사화	
문봉터널	BH-179	13+753.0	9.0~12.5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543.5	10.5~11.7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
성석1교	BH-191-1	15+562.6	8.0~11.0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천교	BH-219-1	19+593.2	20.1~23.1	Slickenside 발달, 지반풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640.0	6.5~7.0	부분적 Slickenside 발달, 풍화암발달	L-4 인접
토공부	BH-264	29+110.0	6.0~19.6	부분적 파쇄대 및 지반풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석



구 분	교차위치 (STA.)	조 사 내 용 선구조	지표조사	물리탐사	시추조사	예상폭 (m)	조 사 결 과	시업노선과 영향
L-1	6+300	○	○	–	○	3~5m 내외	소규모 단층파쇄 발달	토공구간(휴게소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L-2	13+200	○	○	–	–	–	–	영향 없음
L-3	15+130	○	–	–	○	1m 내외	지반풍화 발달	영향 없음
L-4	21+640	○	○	–	○	1m 내외	부분적 지반풍화 발달	영향 없음
L-5	25+850	○	○	–	–	–	–	영향 없음
L-6	26+370	○	–	–	–	–	–	영향 없음

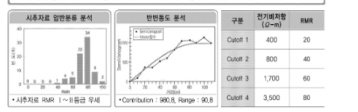
분석결과
- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층파쇄(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(휴게소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~L-6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 지반풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구조지질 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 금촌터널 3차원 암반등급 산정

■ 시추자료의 통계분석 및 공간변화량 분석

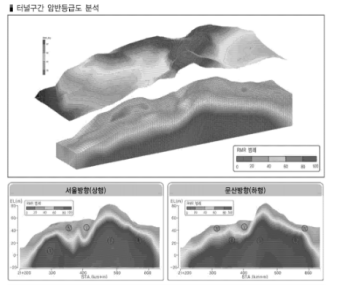
- RMR, Q분류 등 암반분류의 공학적 활용성을 높이기 위하여 상관성 분석 실시
- → 결과값이 상관식과 비교하여 상이한 지점에 대해 재검토를 수행하여 오류를 최소화 함

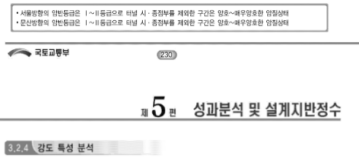


구분	전기비저항 (Ω-m)	RMR
Cutoff 1	400	20
Cutoff 2	800	40
Cutoff 3	1,700	60
Cutoff 4	3,500	80

- 시추자료 RMR 1~9등급 무세
- Contribution : 980.8, Range : 90.8

■ 터널구간 암반등급도 분석





- 서울방향의 암반등급은 1~9등급으로 비상 시 · 종점부를 제외한 구간은 암등~보통암등한 암질상태
- 문산방향의 암반등급은 1~9등급으로 비상 시 · 종점부를 제외한 구간은 암등~보통암등한 암질상태

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.1.3 설계지반정수 산정방법

○ 토사층 설계지반정수 산정방법

구 분	주 요 점 수	산 정 방 법
기본물성	단위중량(γ_t)	• 문헌 (한국도로공사, 도로설계요령)
	포아송비(μ)	• 인근지역 조사자료 및 기존자료 비교 · 분석
강도특성	점착력(c)	• 실내 일축압축강도시험의 결과 경과 기존문헌자료, 토질종류에 따른 일반적인 범위 값 비교 추정(Hoy E. Hunt, 1984, Braja M. Das, 1995)
	내부마찰각(°)	• 공내전단시험 • 인근조사자료, 기존자료 비교 · 분석 • 문헌의 경우 - 한국도로공사, 도로설계요령 • 공내재하시험 결과 • 문헌자료(Braja M. Das, Hunt)에 의한 산정
변형특성	변형계수(E)	
동적특성	전단파속도(V_s) 동적물성값(K_d, E_d, G_d, V_d)	• 하향식탄성파탐사 및 인근지역 조사자료 비교 · 분석에 의한 산정

○ 기반암 설계지반정수 산정방법

구 분	주 요 점 수	산 정 방 법
기본물성	단위중량(γ_t)	• 실내암석시험결과 및 기존자료 분석
	포아송비(μ)	• 실내암석시험결과 및 기존자료 분석
강도특성	점착력(c)	• 공내전단시험 • 실내암석시험 결과에 의한 산정
	내부마찰각(°)	• 실내암석시험 결과에 의한 산정
변형특성	변형계수(E)	• 공내재하시험 및 기존자료 결과에 의한 산정
동적특성	전단파속도(V_s) 동적물성값(K_d, E_d, G_d, V_d)	• 하향식탄성파탐사 및 인근지역 조사자료 비교

○ 설계지반정수 신뢰성 검토

구 분	산 정 방 법
초기추정값 (Prior) 산정	• 기존 적용사례 및 경험식에 의한 결과를 초기 추정값으로 가정 • 문산 분석에 의해 검증된 자료만 초기값으로 인정
분산분석	• 분산분석은 각 독립변수간의 상호연관성을 정량화하기 위한 것 • 일원분산분석은 1개의 모평균을 $\mu_1, \mu_2, \cdots, \mu$로 나타내면 다음과 같이 모든 모평균이 같다는 귀무가설을 수립하며, 예: $\mu_1 = \mu_2 = \cdots = \mu$ 하여 귀무가설 검정
최대우도값 (Likelihood) 산정	• 현장 시험값 및 실내시험을 통한 결과값을 최대우도값으로 가정
Bayesian Approach	• 초기 추정값의 평균(μ'), 표준편차는 1로부터 최대우도값(Likelihood)의 평균(μ), 표준편차(σ)를 Bayesian 이론에 의해 평균(μ''), 표준편차(σ'')를 구할 수 있음

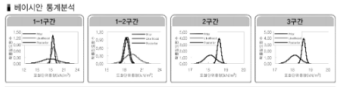
SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 포화단위중량(γ_{sat})

■ 자료 분석

구 분	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	16.5~18.5 (17.8)	18.7~19.7 (19.2)	17.7~19.2 (18.1)	17.7~19.2 (18.1)	17.7~19.2 (18.1)
기본설계	–	–	–	19.7	–
실시설계	18.6 (18.6)	17.9~19.7 (19.1)	–	18.6~18.7 (18.6)	18.4~19.1 (18.7)

■ 베이시안 통계분석



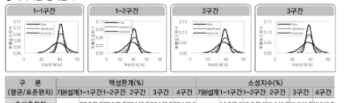
구분(평균/편차)	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	17.8/1.8	18.2/0.4	18.1/0.3	18.1/0.3	18.1/0.3
최대우도값	–	18.6/0.5	19.1/1.1	18.6/0.1	18.6/0.1	18.7/0.5
최 종 도 값	–	18.4/0.3	18.4/0.4	18.6/0.1	18.6/0.1	18.4/0.2
적 용	15.056 (γ_{sat} 기준)	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0

○ 액성한계 및 소성지수

■ 자료 분석

구 분	액성한계(%) 1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	소성지수(%) 1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	32.0~43.8(38.7~42.3)(25.0~42.5)(25.0~42.5)(25.0~42.5)					3.5~19.7	4.3~17.8	12.1~18	12.1~18	12.1~18
기본설계	38.0	45.5	–	22.0	–	14.8	20.9	–	17.5	–
실시설계	44.1	36.8	39.0	37.5	38.7	20.0	14.5	15.9	14.7	14.5

■ 베이시안 통계분석



구 분 (평균/표준편차)	액성한계(%) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	소성지수(%) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	38.2/8.2	37.5/0.8	37.1/7.9	37.1/7.9	37.1/7.9	–	14.2/6.5	16.0/9.5	15.5/4.8	15.5/4.8	15.5/4.8
최대우도값	–	41.1/4.3	41.2/6.7	39.0/5.5	38.0/4.6	38.7/3.3	–	17.4/3.7	17.7/5.0	15.9/4.2	16.5/4.7	14.5/5.8
최 종 도 값	–	40.8/2.9	40.5/4.5	38.6/3.5	37.9/3.0	38.6/1.5	–	16.9/2.4	17.5/3.3	15.8/2.5	16.4/2.7	14.7/2.3
적 용	35.2	41.0	41.0	39.0	38.0	39.0	19.8	17.0	17.5	16.0	16.5	15.0

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.4 강도 특성 분석

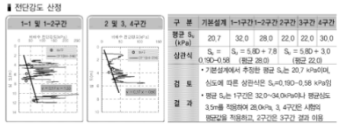
○ 전단강도

■ 자료 분석



구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
피에조콘 관입시험	범 위	–	2.1~489.7	–	15.4~94.6	–
	평 균	–	84.6	–	36.7	–
일축압축 (q_u/2)	범 위	32.4	30.8~41.3	–	19.3~28.1	31.6~34.3
	평 균	32.4	34.9	–	23.2	32.9
삼축압축 (CU)	범 위	–	21.0~31.3	–	19.6~20.1	29.6~29.8
	평 균	–	26.1	–	19.9	29.7

■ 전단강도 산정



구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
평균 S_u (kPa)	20.7	32.0	28.0	22.0	22.0	30.0
삼관식	S_u = 0.190~0.36	S_u = 5.8D + 7.8 (평균 28.0)		S_u = 5.8D + 3.0 (평균 22.0)		
검 토 결 과	• 기본설계에서 추정한 평균 S_u는 20.7 kPa이며, 심도에 따른 상관식은 S_u=0.190~0.58 kPa임 • 평균 S_u는 1구간은 32.0~34.0kPa이나 평균심도 3.5m를 적용하여 28.0kPa, 3, 4구간은 시험의 평균값을 적용하고, 2구간은 3구간 결과 이용					

○ 강도증가율(m)

■ 시험결과 분석



구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
경험식	범 위	0.19~0.20	0.15~0.21	0.15~0.20	0.15~0.21	0.14~0.2
	평 균	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17
실내시험	범 위	0.60	0.22~0.52	–	0.17~0.7	–
	평 균	0.60	0.42	–	0.35	–
현장베인시험	범 위	–	1.32	–	1.13	–
	평 균	–	1.32	–	1.13	–

■ 강도증가율 산정

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
기본설계	–	0.19~0.20 (0.19)	0.19~0.2 (0.20)	–	0.17~0.20 (0.19)	–
실시설계	–	0.19~0.60 (0.38)	0.19~0.72 (0.37)	0.15~0.20 (0.18)	0.19~0.70 (0.22)	0.14~0.20 (0.17)
적 용	0.183	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

3.2.5 압밀 특성 분석

○ 과압밀비(OCR)

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	–	–	0.5	–
실시설계	–	4.0	0.9~3.4 (2.2)	–	3.3	0.9~1.7 (1.3)
적 용	0.3가정규압밀	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	정규압밀

○ 초기 간극비(e_o) 및 압축지수(C_c)

구 분	초기간극비(e_o) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	압축지수(C_c) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	0.962	–	0.720	–	–	–	0.194	–	0.209	–
실시설계	–	0.963	0.876	–	0.962	0.94	–	0.253	0.243	–	0.281	0.239
적 용	0.699	0.95	0.88	0.88	0.88	0.94	0.155	0.25	0.24	0.26	0.26	0.24

○ 연직압밀계수 및 투수계수

구 분	연직압밀계수(10^{-3}cm²/sec) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	투수계수(10^{-7}cm/sec) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	4.28	–	2.07	–	–	–	0.66	–	6.28	–
실시설계	–	9.84	4.02	–	3.70	3.82	–	2.29	0.83	–	1.57	1.35
적 용	3.452	9.80	4.00	2.50	3.20	3.80	2.561	2.30	0.80	3.10	3.10	1.30

○ 재압축지수(C_r) 및 2차 압축지수(C_α)

구 분	재압축지수(C_r) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	2차 압축지수(C_α) 기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
기본설계	–	–	–	–	–	–	–	0.0021	0.0036	–	0.0037	–
실시설계	–	0.033	0.038	–	0.042	0.034	–	0.0035	0.0032	0.0036	0.0034	0.0035
적 용	–	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.0037	0.0028	0.0034	0.0036	0.0035	0.0035

○ 압밀이방성 분석



구 분	C_h/C_v	K_h/K_v
문헌자료	1~9	1~15
인근자료	–	–
기본설계 적용	2.0	1.5
시험결과 현장시험	1.46~1.68	5.3~54.6
실내시험	4.45	5.28
적 용	2.0	2.5

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.2 연약지반 구역 구분



구 분	지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간 (①~②지점) 1-2구간 (②지점)	• 침식된 하천 농경지구간 통과 • 현재 하천 및 침식된 하천 주변 구릉지성 산지와 농경지 통과 • 금촌천 지류 주변 구릉지성 산지대	• 출현심도 : 1.8~34.5m • 층후 : 0.9~8.0m(평균 2.4m) • 출현심도 : 0.8~5.4m • 층후 : 1.0~11.9m(평균 4.4m) • 출현심도 : 0.0~4.0m	분산(+000~+200) 지선 5+000 ~+1840 분산(+460~+540) 분산(+320~+380)
2구간 (②~③지점)	농경지 통과	• 층후 : 0.7~2.2m(평균 1.6m) • 출현심도 : 0.0~6.0m	
3구간 (③~④지점)	• 금촌천 및 문산천 주변 퇴적지대 일부 및 농경지 통과	• 층후 : 1.0~6.4m(평균 3.3m) • 출현심도 : 3.0~4.5m	~2+600 3+760~
4구간(좌측)	• 임진강 주변 퇴적지대 일부 및 농경지 통과	• 층후 : 2.0~6.1m(평균 4.0m)	나정IC Ramp

• 사업 4공구분은 STA. 21+200~32+760은 연약지반 3~4구간에 해당

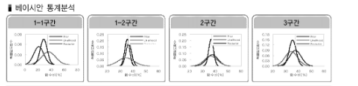
3.2.3 물리적 특성 분석

○ 함수비

■ 자료 분석

구 분	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	23.7~43.5	29.6~36.2	33.7~37.8	33.7~37.8	33.7~37.8
기본설계	20.5	34.4~38.6 (36.4)	37.5	30.8~40.5 (37.3)	32.6~34.7
실시설계	35.4	26.6~42.0 (32.0)	31.3~41.5 (36.3)	28.1~44.0 (34.1)	31.5~37.8 (35.0)

■ 베이시안 통계분석



구분(평균/편차)	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	20.5/7.5	36.4/2.2	37.3/4.5	37.3/4.5	34.7/2.2
최대우도값	–	35.4/10.5	34.2/6.2	36.3/5.1	34.1/4.8	35.0/2.3
최 종 도 값	–	28.0/5.3	35.2/1.9	36.5/1.9	35.2/2.7	35.0/0.9
적 용	37.5	28.0	35.0	36.0	35.0	35.0

제5편 성과분석 및 설계지반정수

3.2.4 강도 특성 분석

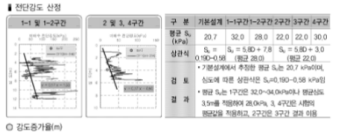
○ 전단강도

■ 자료 분석



구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
피에조콘 관입시험	범 위	–	2.1~489.7	–	15.4~94.6	–
	평 균	–	84.6	–	36.7	–
일축압축 (q_u/2)	범 위	32.4	30.8~41.3	–	19.3~28.1	31.6~34.3
	평 균	32.4	34.9	–	23.2	32.9
삼축압축 (CU)	범 위	–	21.0~31.3	–	19.6~20.1	29.6~29.8
	평 균	–	26.1	–	19.9	29.7

■ 전단강도 산정



구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
평균 S_u (kPa)	20.7	32.0	28.0	22.0	22.0	30.0
삼관식	S_u = 0.190~0.36	S_u = 5.8D + 7.8 (평균 28.0)		S_u = 5.8D + 3.0 (평균 22.0)		
검 토 결 과	• 기본설계에서 추정한 평균 S_u는 20.7 kPa이며, 심도에 따른 상관식은 S_u=0.190~0.58 kPa임 • 평균 S_u는 1구간은 32.0~34.0kPa이나 평균심도 3.5m를 적용하여 28.0kPa, 3, 4구간은 시험의 평균값을 적용하고, 2구간은 3구간 결과 이용					

○ 강도증가율(m)

■ 시험결과 분석



구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
경험식	범 위	0.19~0.20	0.15~0.21	0.15~0.20	0.15~0.21	0.14~0.2
	평 균	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17
실내시험	범 위	0.60	0.22~0.52	–	0.17~0.7	–
	평 균	0.60	0.42	–	0.35	–
현장베인시험	범 위	–	1.32	–	1.13	–
	평 균	–	1.32	–	1.13	–

■ 강도증가율 산정

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
기본설계	–	0.19~0.20 (0.19)	0.19~0.2 (0.20)	–	0.17~0.20 (0.19)	–
실시설계	–	0.19~0.60 (0.38)	0.19~0.72 (0.37)	0.15~0.20 (0.18)	0.19~0.70 (0.22)	0.14~0.20 (0.17)
적 용	0.183	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20

다. 구조계산서 및 내진설계

구 조 물 개 요

현 장 명	서울문산고속도로	발 주 처		서울지방국토관리청	
교 량 명	내포IC R-A교	교량제원	연 장	57.000 + 65.000 + 57.000 = 179.000 m	
교량등급	1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)		폭 원	8.500 m	
교량형식	Steel 박스거더교		사 각	90.000 °	

바 닥 판 설 계

구 분	검토위치		검토방법	최소바닥판두께	사용바닥판두께	판 정	안전률	비고
최소두께검토	좌측 캔틸레버부		강도설계법	236.0 mm	290.0 mm	O.K !!	122.9%	
	우측 캔틸레버부		강도설계법	236.0 mm	290.0 mm	O.K !!	122.9%	
	중앙부	거더	경험적설계법	220.0 mm	290.0 mm	O.K !!	131.8%	
		가로보	경험적설계법	220.0 mm	240.0 mm	O.K !!	109.1%	

바 닥 판 설 계

구 분	검토위치		검토항목	계수M,필요철근	공칭M,사용철근	판 정	안전률	비고
단면설계	좌측 캔틸레버부 (강도)		모멘트 검토	120.7 kN-m	143.6 kN-m	O.K !!	119.0%	
			휨철근 검토	1,645.5 mm²	1,986.0 mm²	O.K !!	H16@200+H16@200	
			배력철근 검토	1,102.5 mm²	1,146.0 mm²	O.K !!	H19@250	
			단부보강주철근	3,290.9 mm²	3,871.0 mm²	O.K !!	H22@200+H22@200	
			단부보강배력철근	2,204.9 mm²	3,096.8 mm²	O.K !!	H22@125	
	우측 캔틸레버부 (강도)		모멘트 검토	120.7 kN-m	143.6 kN-m	O.K !!	119.0%	
			휨철근 검토	1,645.5 mm²	1,986.0 mm²	O.K !!	H16@200+H16@200	
			배력철근 검토	1,102.5 mm²	1,146.0 mm²	O.K !!	H19@250	
			단부보강주철근	3,290.9 mm²	3,871.0 mm²	O.K !!	H22@200+H22@200	
			단부보강배력철근	2,204.9 mm²	3,096.8 mm²	O.K !!	H22@125	
	중앙부	거더 및 가로보 (경험)	주철근하면철근	960.0 mm²	1,588.8 mm²	O.K !!	H16@250+H16@250	
			주철근상면철근	720.0 mm²	1,588.8 mm²	O.K !!	H16@250+H16@250	
			배력철근측면철근	720.0 mm²	1,588.8 mm²	O.K !!	H16@125	
			배력철근상면철근	720.0 mm²	1,588.8 mm²	O.K !!	H16@125	
			단부보강주철근	960.0 mm²	3,096.8 mm²	O.K !!	H22@250+H22@250	
			단부보강배력철근	720.0 mm²	3,096.8 mm²	O.K !!	H22@125	
	내부지점부		철근량 검토	3,600.0 mm²	4,584.0 mm²	O.K !!	H19@125+H19@125	
			주장률 검토	0.0035 mm/mm²	0.0040 mm/mm²	O.K !!		
구 분	검토위치		검토항목	적용균열폭	허용균열폭	판 정	안전률	비고
사용성검토	좌측 캔틸레버부		균열폭검토	100.0 mm	835.7 mm	O.K !!	835.7%	
	우측 캔틸레버부		균열폭검토	100.0 mm	835.7 mm	O.K !!	835.7%	

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 내포IC R-A교
(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
(3) 교 량 형 식 : Steel 박스거더교
(4) 교 량 연 장 : 57.000 + 65.000 + 57.000 = 179.000 m
(5) 교 량 폭 원 : B = 8.500 m
(6) Girder 제원 : B = 2.100 m H = 2.000 ~ 2.500 m
(7) 사 각(Skew) : 90.000 °
(8) 곡률반경(R) : 좌측 = 90.000 m 중앙 = 90.000 m 우측 = 90.000 m
(9) 설 계 속 도 : 50.000 km/h
(10) 사용재료 및 물리적 특성치

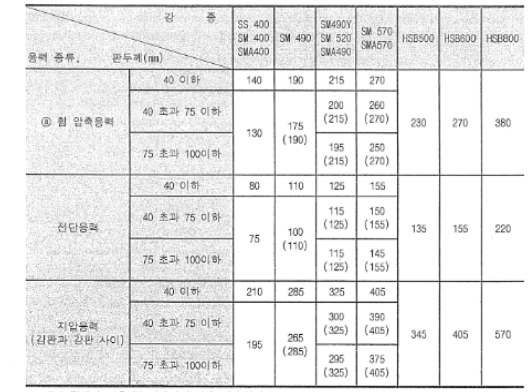
① 강 재

• 사 용 재 료

주 부 재	HSB500(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부의 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 일반부 가로보,지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_s)	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

• 허용 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

응력 종류 \ 강종 / 판두께(mm)		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			



※ TMC 강재일 경우에는 ( )안의 값을 적용한다.
압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 직접 고정되어 있는 경우, 십자형 단면, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우 휨 압축응력 적용

• 항복 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.2.5)

응력 종류 \ 강종 / 판두께(mm)		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
기준 항복점	40 이하	235	315	355	450	380	450	690
	40 초과 75 이하	215	295 (315)	335 (355)	430 (450)			
	75 초과 100이하			325 (355)	420 (450)			

※ TMC 강재일 경우에는 ( )안의 값을 적용하고, HSB 600인 경우에는 [ ]안의 값을 적용한다.

• 국부좌굴을 고려하지 않는 허용 축방향 압축응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

강종 / 판두께 (mm)	SS 400 SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM490Y SM 520 SMA490 [SM520C-TMC]	SM 570 SMA570 [SM570-TMC]
40 이하	$140 : \frac{l}{r} \le 18.6$ $140 - 0.82\left(\frac{l}{r} - 18.6\right) : 18.6 < \frac{l}{r} \le 92.8$ $\frac{1,200,000}{6,700 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} : 92.8 < \frac{l}{r}$	$190 : \frac{l}{r} \le 16.0$ $190 - 1.29\left(\frac{l}{r} - 16.0\right) : 16.0 < \frac{l}{r} \le 80.1$ $\frac{1,200,000}{5,000 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} : 80.1 < \frac{l}{r}$	$215 : \frac{l}{r} \le 15.1$ $215 - 1.55\left(\frac{l}{r} - 15.1\right) : 15.1 < \frac{l}{r} \le 75.5$ $\frac{1,200,000}{4,400 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} : 75.5 < \frac{l}{r}$	$270 : \frac{l}{r} \le 13.4$ $270 - 2.19\left(\frac{l}{r} - 13.4\right) : 13.4 < \frac{l}{r} \le 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$
40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{r} \le 19.4$ $130 - 0.73\left(\frac{l}{r} - 19.4\right) : 19.4 < \frac{l}{r} \le 97$ $\frac{1,200,000}{7,300 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} : 97 < \frac{l}{r}$	$175 : \frac{l}{r} \le 16.6$ $175 - 1.15\left(\frac{l}{r} - 16.6\right) : 16.6 < \frac{l}{r} \le 82.8$ $\frac{1,200,000}{5,300 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} : 82.8 < \frac{l}{r}$	$200 : \frac{l}{r} \le 15.5$ $200 - 1.4\left(\frac{l}{r} - 15.5\right) : 15.5 < \frac{l}{r} \le 77.7$ $\frac{1,200,000}{4,700 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} : 77.7 < \frac{l}{r}$	$260 : \frac{l}{r} \le 13.7$ $260 - 2.07\left(\frac{l}{r} - 13.7\right) : 13.7 < \frac{l}{r} \le 68.6$ $\frac{1,200,000}{3,600 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} : 68.6 < \frac{l}{r}$
75 초과 100 이하			$195 : \frac{l}{r} \le 15.8$ $195 - 1.35\left(\frac{l}{r} - 15.8\right) : 15.8 < \frac{l}{r} \le 78.9$ $\frac{1,200,000}{4,800 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} : 78.9 < \frac{l}{r}$	$250 : \frac{l}{r} \le 13.9$ $250 - 1.96\left(\frac{l}{r} - 13.9\right) : 13.9 < \frac{l}{r} \le 69.4$ $\frac{1,200,000}{3,700 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} : 69.4 < \frac{l}{r}$
비고	l : 부재의 유효 좌굴길이 (mm) r : 부재 총단면의 단면 회전 반경 (mm)			

※ TMC 강재일 경우에는 일반강재에 40이하 값을 사용함

강종 / 판두께 (mm)	HSB500	HSB600	HSB800	비 고
80 이하	$230 : \frac{l}{r} \le 14.6$ $230 - 1.72\left(\frac{l}{r} - 14.6\right) : 14.6 < \frac{l}{r} \le 73.0$ $\frac{1,200,000}{4,300 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} : 73.0 < \frac{l}{r}$	$200 : \frac{l}{r} \le 13.4$ $200 - 2.19\left(\frac{l}{r} - 13.4\right) : 13.4 < \frac{l}{r} \le 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$	$380 : \frac{l}{r} \le 18.0$ $380 - 4.18\left(\frac{l}{r} - 18.0\right) : 18.0 < \frac{l}{r} \le 54.2$ $\frac{1,200,000}{2,300 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} : 54.2 < \frac{l}{r}$	
80 초과 100 이하				
비고	l : 부재의 유효 좌굴길이 (mm) r : 부재 총단면의 단면 회전 반경 (mm)			

• ⓐ 이외의 허용 휨 압축 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

판두께(mm) \ 강종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM490Y SM 520 SMA490 [SM520C-TMC]	SM 570 SMA570 SM570C-TMC]
$\frac{A_w}{A_c} \le 2$	40 이하	$140: \frac{l}{b} \le 4.6$ $140-2.49(\frac{l}{b}-4.6):$ $4.6 < \frac{l}{b} \le 30$	$190: \frac{l}{b} \le 4.0$ $190-3.91(\frac{l}{b}-4.0):$ $4.0 < \frac{l}{b} \le 30$	$215: \frac{l}{b} \le 3.8$ $215-4.69(\frac{l}{b}-3.8):$ $3.8 < \frac{l}{b} \le 27$	$270: \frac{l}{b} \le 3.4$ $270-6.64(\frac{l}{b}-3.4):$ $3.4 < \frac{l}{b} \le 25$
	40 초과 75 이하	$130: \frac{l}{b} \le 4.9$	$175: \frac{l}{b} \le 4.1$	$200: \frac{l}{b} \le 3.9$ $200-4.24(\frac{l}{b}-3.9):$ $3.9 < \frac{l}{b} \le 27$	$260: \frac{l}{b} \le 3.4$ $260-6.25(\frac{l}{b}-3.4):$ $3.4 < \frac{l}{b} \le 25$
	75 초과 100 이하	$130-2.21(\frac{l}{b}-4.9):$ $4.9 < \frac{l}{b} \le 30$	$175-3.48(\frac{l}{b}-4.1):$ $4.1 < \frac{l}{b} \le 30$	$195: \frac{l}{b} \le 3.9$ $195-4.07(\frac{l}{b}-3.9):$ $3.9 < \frac{l}{b} \le 27$	$250: \frac{l}{b} \le 3.5$ $250-5.94(\frac{l}{b}-3.5):$ $3.5 < \frac{l}{b} \le 25$
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40 이하	$140: \frac{l}{b} \le \frac{9.3}{K}$ $140-1.24(K\frac{l}{b}-9.3):$ $\frac{9.3}{K} < \frac{l}{b} \le 30$	$190: \frac{l}{b} \le \frac{8.0}{K}$ $190-1.99(K\frac{l}{b}-8.0):$ $\frac{8.0}{K} < \frac{l}{b} \le 30$	$215: \frac{l}{b} \le \frac{7.5}{K}$ $215-2.35(K\frac{l}{b}-7.5):$ $\frac{7.5}{K} < \frac{l}{b} \le 27$	$270: \frac{l}{b} \le \frac{6.7}{K}$ $270-3.32(K\frac{l}{b}-6.7):$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \le 25$
	40 초과 75 이하	$130: \frac{l}{b} \le \frac{9.7}{K}$	$175: \frac{l}{b} \le \frac{8.3}{K}$	$200: \frac{l}{b} \le \frac{7.8}{K}$ $200-2.12(K\frac{l}{b}-7.8):$ $\frac{7.8}{K} < \frac{l}{b} \le 27$	$260: \frac{l}{b} \le \frac{6.9}{K}$ $260-3.12(K\frac{l}{b}-6.9):$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \le 25$
	75 초과 100 이하	$130-1.10(K\frac{l}{b}-9.7):$ $\frac{9.7}{K} < \frac{l}{b} \le 30$	$175-1.74(K\frac{l}{b}-8.3):$ $\frac{8.3}{K} < \frac{l}{b} \le 30$	$195: \frac{l}{b} \le \frac{7.9}{K}$ $195-2.04(K\frac{l}{b}-7.9):$ $\frac{7.9}{K} < \frac{l}{b} \le 27$	$250: \frac{l}{b} \le \frac{6.9}{K}$ $250-2.97(K\frac{l}{b}-6.9):$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \le 25$
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적 (㎟) A_c : 압축플랜지의 총단면적 (㎟) l : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) K : $\sqrt{3+\frac{A_w}{2A_c}}$			

※ TMC 강재일 경우에는 ( )안의 값을 적용한다.

판두께(mm) \ 강종		HSB500	HSB600	HSB800	비 고
$\frac{A_w}{A_c} \le 2$	100 이하	$230: \frac{l}{b} \le 3.6$ $230-5.19(\frac{l}{b}-3.6):$ $3.6 < \frac{l}{b} \le 27$	$270: \frac{l}{b} \le 3.4$ $270-6.64(\frac{l}{b}-3.4):$ $3.4 < \frac{l}{b} \le 25$	$380: \frac{l}{b} \le 5.4$ $380-12.63(\frac{l}{b}-5.4):$ $5.4 < \frac{l}{b} \le 19$	
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	100 이하	$230: \frac{l}{b} \le \frac{7.3}{K}$ $230-2.60(K\frac{l}{b}-7.3):$ $\frac{7.3}{K} < \frac{l}{b} \le 27$	$270: \frac{l}{b} \le \frac{6.7}{K}$ $270-3.32(K\frac{l}{b}-6.7):$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \le 25$	$380: \frac{l}{b} \le \frac{10.8}{K}$ $380-6.13(K\frac{l}{b}-10.8):$ $\frac{10.8}{K} < \frac{l}{b} \le 19$	
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적 (㎟) A_c : 압축플랜지의 총단면적 (㎟) l : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) K : $\sqrt{3+\frac{A_w}{2A_c}}$			

• 강재 주거더의 허용응력 증가율 (☞ 도.설.해 3.9.3.1)

하중의 조합			증 가 율 (%)	
			정의 휨모멘트를 받는 부분	부의 휨모멘트를 받는 부분
1	크리프의 영향과 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주 하 중	압 축 연	15	0
		인 장 연	0	0
3	주하중 + 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	압 축 연	30	15
		인 장 연	15	15
4	가설시 하중	압 축 연	25	25
		인 장 연	25	25

• 마찰 이음용 고장력 볼트 허용력 (kN) (1볼트 1마찰면 마다) (☞ 도.설.해 3.3.2.3)

나사호칭 \ 볼트의 등급	F 8 T	F 10 T	S 10 T	F 13 T	S 13 T
M 20	31	39	39	50	50
M 22	39	48	48	63	63
M 24	45	56	56	73	73
M 27	58	73	73	-	-
M 30	71	89	89	-	-

② 바닥판 콘크리트(☞ 도.설.해 3.9.2.7, 도.설.해 3.9.2.8, 도.설.해 4.2.3, 도.설.해 4.6.3.3)

콘크리트 설계 기준강도 (f_{ck})		27.0 MPa
콘크리트 탄성계수 (E_c)		28,693.4 MPa
전단 탄성계수 (G_c)		12,297.2 MPa
탄성계수비 (n)		7.0
바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차		10.000 ℃
바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 (α)		0.000012
건조수축 계수 (ε_s)		0.000270
상 대 습 도		70.0 %
CREEP 계수 (ϕ_2)	$\phi_2 = 2\phi_1$:	2

③ 바닥판 철근

철근 설계 항복강도 (f_y)	400.0 MPa
철근 탄성계수 (E_s)	200,000.0 MPa

2) 하 중 조 건

(1) 고 정 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.2)

① 철근 콘크리트 : 25.000 kN/㎥

② 무근 콘크리트 : 23.500 kN/㎥

③ 강 재 : 78.500 kN/㎥

④ 포장 콘크리트 : 23.000 kN/㎥

(2) 활 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.3)

① 설계 차선수 산정

W_c = 7.600 m , N = 2 차로

W = 7.600 / 2 = 3.800 m > 3.600 m

∴ 설계 차로폭 3.600m마다 2차로 연속으로 재하

② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

- DB-24 하중
  - 전륜하중 : P_f = 24.000 kN
  - 후륜하중 : P_r = 96.000 kN
- DL-24 하중
  - 차로당 등분포 하중 : W_l = 12.700 kN/m
  - 모멘트 계산시 집중하중 : P_m = 108.000 kN
  - 전단력 계산시 집중하중 : P_s = 156.000 kN

③ 충 격 계 수

• 1 지간

i = 15 / (40 + L) = 0.156 < 0.300 ∴ i = 0.156

• 2 지간

i = 15 / (40 + L) = 0.143 < 0.300 ∴ i = 0.143

• 3 지간

i = 15 / (40 + L) = 0.156 < 0.300 ∴ i = 0.156

(3) 콘크리트의 Creep와 건조수축의 영향

• 철근 콘크리트의 바닥판의 Creep와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

(4) 지점침하에 의한 영향

• 각 지점에서 발생할 수 있는 부등침하의 발생을 가정하여 가장 불리한 단면력을 산정한다.

(5) 온도변화에 대한 영향

• 바닥판과 주형의 온도차 발생시 생기는 단면력 및 응력을 산정하고 이때의 온도 변화는 직선변화 한다고 가정한다.

• 다음에 제시된 충돌력은 난간인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며, 이 충돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

수 평 력 (kN/m)		작용 높이	수 직 력 (kN/m)
도심 도로상	일반 도로상		
3.750	2.500	난간 상단부	1.000

• 다음에 제시된 충돌력은 벽식 강성 방호 울타리인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며, 이 충돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.

① 수평 충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용하면 다음 식에 의하여 구한다.

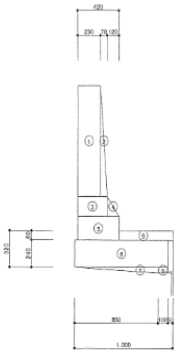
$$H = (\frac{V}{60})^2 \times 7.5 + 2.5 \ (kN/m)$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 10kN/m의 수평하중을 재하한다.

(다만, 곡률반지름 R≤200m인 곡선부에 대해서는 ①, ② 모두에 대해 그 수평충돌력은 계산된 값의 2배로 한다)

3. 바닥판 설계

3.1 좌측 캔틸레버부



(1) 고 정 하 중

No.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	0.970 x 0.230 x 25.000	5.577	0.805	4.490
2	0.970 x 0.070 x 25.000 x 1/2	0.849	0.667	0.566
3	0.175 x 0.300 x 25.000	1.313	0.770	1.011
4	0.175 x 0.120 x 25.000 x 1/2	0.263	0.580	0.152
5	0.205 x 0.420 x 25.000	2.152	0.710	1.528
6	0.240 x 0.950 x 25.000	5.700	0.475	2.708
7	0.050 x 0.850 x 25.000 x 1/2	0.531	0.383	0.204
8	0.050 x 0.100 x 25.000	0.125	0.050	0.006
9	0.080 x 0.500 x 23.000	0.920	0.250	0.230
합 계		17.430		10.894

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96.0 kN) (☞도.설.기 2.1.3)

① 충 격 계 수

I = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.200) = 0.373 > 0.30 ∴ i = 0.300

(6) 하중 조합 (☞도.설.해 2.2.3.2)

- 최대 계수 모멘트 계산

① Mu = 1.3D + 2.15(L+i) + 1.3CF

= 1.3 × 10.894 + 2.15 × 19.200 + 1.3 × 32.815 = 98.103 kN·m/m

② Mu = 1.3D + 1.3(L+i) + 1.3CF + 1.3Co

= 1.3 × 10.894 + 1.3 × 19.200 + 1.3 × 32.815 + 1.3 × 29.900 = 120.653 kN·m/m

③ Mu = 1.3D + 1.3(L+i) + 1.3CF + 0.65W

= 1.3 × 10.894 + 1.3 × 19.200 + 1.3 × 32.815 + 0.65 × 3.277 = 83.912 kN·m/m

④ Mu = 1.2D + 1.2W + 1.2Co

= 1.2 × 10.894 + 1.2 × 3.277 + 1.2 × 29.900 = 52.885 kN·m/m

⑤ Mu = 1.3D + 1.3W

= 1.3 × 10.894 + 1.3 × 3.277 = 18.422 kN·m/m

· 최대 계수 모멘트는 하중조합 중에서 가장 큰 Mu = 120.653 kN.m/m 로 단면 검토한다.

- 최대 사용 모멘트 계산

① Ms = D + Li + 0.3W + 0.0CF

= 10.894 + 19.200 + 0.3 × 3.277 + 0.0 * 32.815 = 31.077 kN·m/m

② Ms = D + Li + 0.0Co + 0.0CF

= 10.894 + 19.200 + 0.0 × 29.900 + 0.0 * 32.815 = 30.094 kN·m/m

· 최대 사용 모멘트는 하중조합 중에서 가장 큰 Ms = 31.077 kN.m/m 로 균열 검토한다.

(7) 바닥판의 최소 두께 (X = 0.20 ≤ 0.25 인 경우) (☞ 도.설.기 3.6.1.5)

h(min) = 280·L + 180 = 280 × 0.200 + 180 = 236.0 mm ≥ 220.0 mm ∴ h(req) = 236.0 mm

h(use) = 290.0 mm ≥ h(req) = 236.0 mm ... O.K

② 등하중 분포폭

E = 0.8 × L + 1.14 = 0.8 × 0.200 + 1.14 = 1.300 m

③ 휠 모 멘 트

MI = (Pr/E) × L × (1+i) = (96.000/1.300) × 0.200 × (1 + 0.300) = 19.200 kN·m/m

(3) 차량 충돌 하중 (☞도.설.해 2.4.3.5)

① 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용하는 것으로 한다.

H = (V/60)² × 7.5 + 2.5 = (50.000/60.0)² × 7.5 + 2.5 = 7.708 kN/m

작용 높이 h = 1.225 m

작용모멘트 Mco = H × h = 7.708 × 1.225 = 9.443 kN·m

② 방호벽 상단에 횡방향으로 10kN/m 의 수평하중을 재하한다.

작용 높이 h = 1.495 m

작용모멘트 Mco = H × h = 10.000 × 1.495 = 14.950 kN·m

곡률반지름 R = 90.0 m ≤ 200.0 m 이므로, ①과 ②의 값 중 큰 값의 2배를 적용한다.

Mco = 29.900 kN·m

(4) 풍 하 중

Pw = 3.000 × H = 3.000 × 1.270

= 3.810 kN/m

Mw = Pw × (H/2 + Ft + t/2) = 3.810 × (1.270 / 2 + 0.080 + 0.145)

= 3.277 kN·m/m

(5) 원 심 하 중

※ 설계속도 V = 50.000 km/hr R = 90.000

- 일반활하중 작용시

CF = 0.79 × V² / R (%) = 0.79 × 50.000² / 90.000 = 21.944 %

Pcf = (Pr/E) × CF/100 = (96.000/1.300) × 21.944/100 = 16.205 kN·m

Mcf = Pcf × 2.02 = 16.205 × 2.02 = 32.815 kN·m

(8) 단 면 검 토

【 단철근보 : 좌측 캔틸레버부 】

▪ 단면제원 및 설계가정

fck = 27 MPa, fy = 400 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	290.00	230.00	60.00	120.65	0.00

▪ 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 1986.000 x 400.00 = 794400.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 27.00 x a x 1000.000 = 22950.000 x a

T = C 이므로, a = 34.614 mm, c = 34.614 / β1 = 34.614 / 0.85 = 40.723 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (230.00 - 40.723) / 40.723 = 0.01394

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

▪ 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0$$, As = 1645.459 mm²

▪ 사용철근량 = 1986.0 mm² (철근도심 : 60.0 mm) , [사용률 = 1.207]

1단 : H16 - 10.0 EA (= 1986.0 mm²)

▪ 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00350

0.25 √fck / fy = 0.00325 , ρmin = 0.00350 적용

수축온도철근비 = 0.00200

ρmax = 0.714 x Pb = 0.714 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02089

ρuse = As / bd = 0.00863

ρmax ≥ ρuse ≥ ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

4. 내진 해석을 위한 제원

(1)내진등급 및 가속도 계수

■지진구역 구분

지진구역	행 정 구 역	
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시
	도	경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부
II	도	강원도 북부, 전라남도 남서부, 제주도

전라남도 남서부(군,시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥 ...

■지진구역계수(재현주기 500년에 해당)

지진구역	I	II
구역계수	0.11	0.07

■위험도계수

재현주기(년)	50	100	200	500	1000	2400
위험도계수 I	0.40	0.57	0.73	1.00	1.40	2.00

■도로교의 내진등급과 설계지침

내진등급	교 량	설계지진의 평균재현주기
내진I등급교	- 고속도로, 자동차 전용도로, 특별시도, 광역시도 또는 일반국도상의 교량 - 지방도, 시도 및 군도 중 지역의 방재계획상 필요한 도로에 건설된 교량, 해당도로의 일일계획교통량을 기준으로 판단했을 때 중요한 교량 - 내진I등급교가 건설되는 도로위를 넘어가는 고가교량	1000년
내진II등급교	- 내진I등급교 속하지 않는 교량	500년

5. 설계대상 교량제원 및 설계상수

5.1 교량형식 : ST.box 교

5.2 해석 대상 교량 총연장 : 57.0 + 65.0 + 57.0 = 179.00m

5.3 교 폭 : 8.500m

5.4 교각형식 : T형교각

5.5 교각기초형식 :

5.6 내진설계상수

(1) 내진등급 : 내진 1 등급교
(2) 지진구역계수 : 0.11
(3) 위험도계수 : I = 1.4
(4) 가속도계수 : A = 0.154
(5) 지반계수 : S = 1.5 (지반종류 2 , 지진각리교량)
(6) 응답수정계수
(7) 고유치 해석방법 : Ritz Vectors 해석법
(8) MODE 조합방법 : C.Q.C방법
(9) 받침형식 : EQS 면진받침

5.7 해석방법

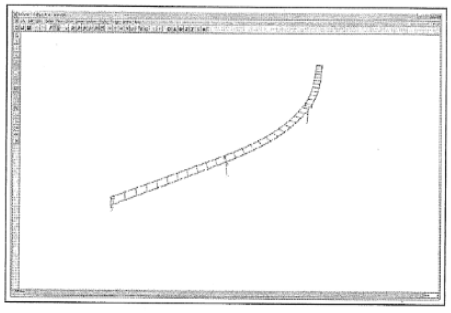
(1) 해석방법 선정
시간이력해석법
(2) 모드조합방법 : CQC방법

5.8 해석모델

(1) 사용프로그램 : SAP 2000
(2) 모델링 : Frame요소사용
(3) 질량산정 : 자동질량 입력 및 추가사하중 질량변환

6. 설계단면 및 모델링

6.1 모델링



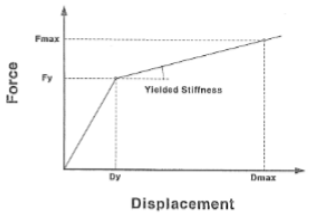
6.2 단면특성

① 상부구조 단면특성 : 완성단계 구조해석 참조
② 하부구조 단면특성 : 완성단계 구조해석 참조

6.3 작용하중(작용질량)

상부구조는 거더의 형상을 통하여 알 수 있는 단면적으로 프로그램에서 자동생성되도록 재하하고 그외의 고정하중반력과 2차고정하중들을 각각의 주형을 모델링한 프레임 요소에 단위길이 당의 하중과 질량으로 재하하여 구조해석을 수행하였다. 하부구조는 콘크리트로 구성된 교각으로 각각의 단면적에 따라 프로그램내에서 자동으로 계산된 질량을 사용한다.

6.4 사용된 면진장치(EQS)의 특성



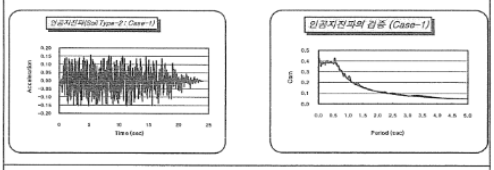
구 분		1차강성 (K1,kN/m)	2차강성 (K2,kN/m)	유효강성 (Keff,kN/m)	항복강도(kN)
QMEQS 2000	종	97006.0	-	963.0	77.0
	횡	97006.0	1083.0	2623.0	77.0
QMEQS 2500	종	119055.0	-	1181.0	94.5
	횡	119055.0	1329.0	3219.0	94.5
QMEQS 3000	종	141105.0	-	1400.0	112.0
	횡	141105.0	1575.0	3815.0	112.0
EQS5000		260160.0	2904.0	7034.0	206.5
EQS6000		343636.0	3839.0	9299.0	273.0
EQS7500		432128.0	4823.0	11683.0	343.0
EQS9000		529134.0	5906.0	14306.0	420.0

6.5 받침 배치

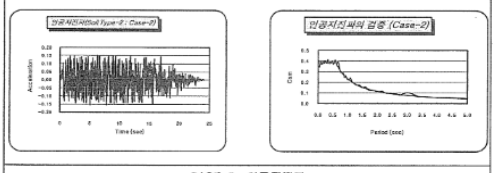
일반내진받침의 경우 고정단과 가동단으로 구분되어 받침이 배치 되는 경우가 일반적이다. 교축방향의 경우 상시 온도신축하중에 의해 자유롭기 위해 하나의 고정단과 나머지는 모두 가동단받침으로 배치하게 되는데 이때에 교축방향의 모든 지진하중은 고정단교각에 전달되게 된다. 이러한 경우 고정단 교각의 비대화는 물론이고 소성변형이 발생하여 지진 후 교각을 보수 보강을 하여야 한다.
따라서 면진받침을 적용하면 모든 교각에 지진하중을 분산시켜 구조물의 안정성을 확보하고 동시에 지진하중을 흡수 소산시켜 구조물의 비대화를 방지하여 경제적인 측면도 매우 우수하다.

설계스펙트럼에 부합하는 인공지진파 검증

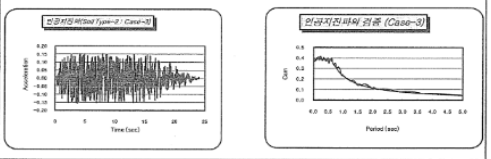
CASE-1 : 인공지진파



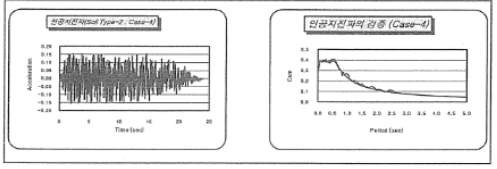
CASE-2 : 인공지진파



CASE-3 : 인공지진파



CASE-4 : 인공지진파



8. 고유치 해석결과

8.1 주기 및 진동수

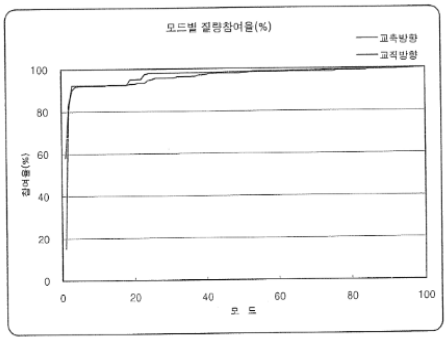
< 모드별 주기 및 진동수 >

MODE	FREQUENCY (rad/sec)	FREQUENCY (cycle/sec)	PERIOD (SEC)	비고
1	4.0657	0.6503	1.5378	
2	4.2385	0.6746	1.4824	
3	4.4692	0.7113	1.4059	
4	5.2325	0.8328	1.2008	
5	6.1525	0.9792	1.0212	
6	9.1953	1.4635	0.6833	
7	9.7401	1.5502	0.6451	
8	13.1698	2.0960	0.4771	
9	13.3191	2.1198	0.4717	
10	20.0771	3.1954	0.3130	
11	24.6752	3.9272	0.2546	
12	25.1697	4.0059	0.2496	
13	27.9830	4.4536	0.2245	
14	30.4040	4.8389	0.2067	
15	33.0895	5.2664	0.1899	
16	34.0954	5.4265	0.1843	
17	37.5878	5.9823	0.1672	
18	38.5481	6.1351	0.1630	
19	39.1865	6.2367	0.1603	
20	40.7481	6.4853	0.1542	
21	47.6509	7.5839	0.1319	
22	53.5089	8.5162	0.1174	
23	55.9210	8.9001	0.1124	
24	56.3330	8.9657	0.1115	
25	57.3287	9.1241	0.1096	
26	57.5087	9.1528	0.1093	
27	59.1037	9.4066	0.1063	
28	68.9974	10.9813	0.0911	
29	72.8168	11.5892	0.0863	
30	73.7583	11.7390	0.0852	
31	77.5423	12.3412	0.0810	
32	81.3549	12.9480	0.0772	
33	85.5807	13.6206	0.0734	
34	86.3597	13.7446	0.0728	
35	99.3478	15.8117	0.0632	
36	104.3660	16.6104	0.0602	
37	105.7496	16.8306	0.0594	
38	107.5215	17.1126	0.0584	
39	108.2018	17.2208	0.0581	
40	118.9642	18.9337	0.0528	
41	125.2389	19.9324	0.0502	
42	125.2517	19.9344	0.0502	
43	126.8994	20.1967	0.0495	
44	130.9740	20.8452	0.0480	
45	143.3037	22.8075	0.0438	
46	147.6528	23.4997	0.0426	
47	149.5103	23.7953	0.0420	
48	152.0263	24.1957	0.0413	
49	155.1994	24.7007	0.0405	
50	165.0167	26.2632	0.0381	

MODE	FREQUENCY (rad/sec)	FREQUENCY (cycle/sec)	PERIOD (SEC)	비고
51	171.6830	27.3242	0.0366	
52	173.6669	27.6399	0.0362	
53	184.8676	29.4226	0.0340	
54	192.6044	30.6539	0.0326	
55	195.0354	31.0409	0.0322	
56	198.1411	31.5351	0.0317	
57	202.5275	32.2333	0.0310	
58	203.2500	32.3482	0.0309	
59	209.0749	33.2753	0.0301	
60	216.7962	34.5042	0.0290	
61	225.9094	35.9546	0.0278	
62	228.7795	36.4114	0.0275	
63	229.1333	36.4677	0.0274	
64	229.4038	36.5107	0.0274	
65	233.4342	37.1522	0.0269	
66	240.7267	38.3128	0.0261	
67	241.5704	38.4471	0.0260	
68	250.0440	39.7957	0.0251	
69	250.4315	39.8574	0.0251	
70	267.4968	42.5734	0.0235	
71	270.7457	43.0905	0.0232	
72	274.7375	43.7258	0.0229	
73	278.9550	44.3971	0.0225	
74	294.4057	46.8561	0.0213	
75	303.8949	48.3664	0.0207	
76	314.6368	50.0760	0.0200	
77	319.0783	50.7829	0.0197	
78	328.7067	52.3153	0.0191	
79	344.3848	54.8105	0.0182	
80	346.6829	55.1763	0.0181	
81	372.7296	59.3218	0.0169	
82	375.4589	59.7561	0.0167	
83	419.1448	66.7090	0.0150	
84	432.0766	68.7671	0.0145	
85	465.3586	74.0641	0.0135	
86	477.3156	75.9671	0.0132	
87	535.7791	85.2719	0.0117	
88	544.9915	86.7381	0.0115	
89	616.6969	98.1504	0.0102	
90	648.0337	103.1378	0.0097	
91	677.1388	107.7700	0.0093	
92	783.0519	124.6266	0.0080	
93	818.7868	130.3140	0.0077	
94	943.6491	150.1864	0.0067	
95	######	170.9825	0.0058	
96	######	190.5213	0.0052	
97	######	203.8014	0.0049	
98	######	271.9226	0.0037	
99	######	300.1612	0.0033	
100	######	311.3141	0.0032	

8.2 질량 참여율

고유치 해석결과 방향별 유효 질량 참여율의 합이 90%를 상회함을 확인하여 본 해석이 교량의 동적거동을 충분히 구현하고 있음을 확인하였다.



< 질량참여율 >

Mode	TRAN-X MASS(%)	TRAN-X SUM(%)	TRAN-X MASS(%)	TRAN-X SUM(%)	TRAN-X MASS(%)	TRAN-X SUM(%)	비고
1	58.22	58.22	15.39	15.39	0.00	0.00	
2	22.32	80.54	67.92	83.31	0.01	0.01	
3	11.76	92.31	6.77	90.08	0.00	0.01	
4	0.01	92.31	1.84	91.92	0.00	0.01	
5	0.00	92.31	0.14	92.06	0.31	0.32	
6	0.00	92.31	0.01	92.07	0.02	0.34	
7	0.00	92.32	0.00	92.07	0.02	0.36	
8	0.00	92.32	0.00	92.07	39.21	39.57	
9	0.00	92.32	0.00	92.07	23.47	63.04	
10	0.04	92.36	0.00	92.07	0.00	63.05	
11	0.01	92.36	0.00	92.07	0.00	63.05	
12	0.01	92.37	0.01	92.08	0.00	63.05	
13	0.00	92.37	0.52	92.60	0.00	63.05	
14	0.00	92.37	0.01	92.60	0.00	63.05	
15	0.02	92.39	0.00	92.61	0.25	63.30	
16	0.04	92.43	0.01	92.61	0.17	63.47	
17	0.00	92.43	0.00	92.61	0.00	63.47	
18	0.03	92.46	0.01	92.62	0.01	63.49	
19	2.59	95.05	0.24	92.86	0.00	63.49	
20	0.00	95.05	0.00	92.86	0.00	63.49	
21	0.16	95.22	0.39	93.25	0.04	63.53	
22	0.00	95.22	0.07	93.33	0.02	63.55	
23	2.26	97.47	0.06	93.39	0.24	63.79	
24	0.39	97.87	1.32	94.71	0.77	64.56	
25	0.05	97.91	0.38	95.08	1.02	65.59	
26	0.02	97.93	0.58	95.67	0.02	65.60	
27	0.01	97.94	0.00	95.67	0.10	65.70	
28	0.00	97.94	0.00	95.67	0.00	65.70	
29	0.00	97.94	0.02	95.69	0.41	66.11	
30	0.04	97.98	0.01	95.70	0.02	66.12	
31	0.00	97.99	0.06	95.75	9.68	75.80	
32	0.02	98.01	0.46	96.22	0.91	76.71	
33	0.04	98.05	0.03	96.25	0.01	76.72	
34	0.11	98.17	0.08	96.33	0.02	76.73	
35	0.00	98.17	0.00	96.33	0.00	76.73	
36	0.00	98.17	0.01	96.34	0.00	76.73	
37	0.00	98.17	0.00	96.35	0.00	76.74	
38	0.00	98.17	0.72	97.07	0.07	76.80	
39	0.00	98.17	0.07	97.13	0.01	76.81	
40	0.02	98.19	0.22	97.35	0.01	76.82	
41	0.03	98.22	0.32	97.67	0.00	76.82	
42	0.00	98.22	0.02	97.69	0.00	76.82	
43	0.00	98.22	0.10	97.79	0.06	76.88	
44	0.00	98.22	0.00	97.80	0.02	76.90	
45	0.09	98.31	0.00	97.80	0.14	77.04	
46	0.00	98.31	0.00	97.80	0.12	77.16	
47	0.00	98.32	0.02	97.82	3.38	80.54	
48	0.00	98.32	0.00	97.82	0.79	81.33	
49	0.00	98.32	0.01	97.83	0.10	81.42	
50	0.00	98.32	0.25	98.09	0.01	81.43	

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1586.98	680.517	O.K
	허용인발력(kN/EA)	537.669	-	O.K
	휨응력(MPa)	133	87.725	O.K
	전단응력(MPa)	76	12.897	O.K
	수평변위(mm)	15	5.048	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	2380.47	754.464	O.K
	허용인발력(kN/EA)	806.504	-	O.K
	휨응력(MPa)	199.5	86.415	O.K
	전단응력(MPa)	114	17.073	O.K
	수평변위(mm)	15	3.766	O.K

■ 단면 원 설계

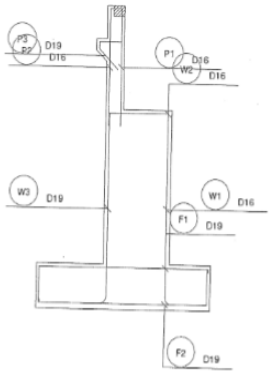
단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비 고
전면지판		1200	150	1373.13	2292	364.119	603.833	1.658	O.K
후면지판		1200	100	1056.5	2292	294.255	633.056	2.151	O.K
벽체	H=6.830	1900	100	1481.9	2292	676.072	1042.178	1.542	O.K
중벽		500	80	1138.3	1588.8	119.482	165.427	1.385	O.K
좌측날개벽	A(T=800 mm)	800	80	805.417	1588.8	110.467	286.971	2.598	O.K
	중부(T=450	450	80	604.495	1588.8	56.349	145.17	2.576	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	454.649	1588.8	83.086	286.971	3.454	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	555.486	1588.8	101.409	286.971	2.83	O.K
우측날개벽	A(T=800 mm)	800	80	610.142	1588.8	111.324	286.971	2.578	O.K
	중부(T=450	450	80	607.159	1588.8	56.594	145.17	2.565	O.K
	B(T=800 mm)	800	80	475.457	1588.8	86.87	286.971	3.303	O.K
	C(T=800 mm)	800	80	566.885	1588.8	103.477	286.971	2.773	O.K

■ 사용성 검토

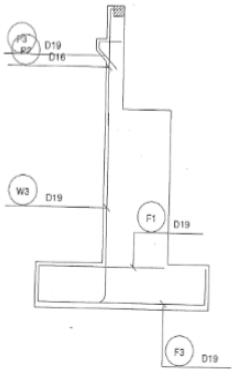
구 분		미장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sg)	비 고
전면지판		106.494	150	125	388.23	O.K
후면지판		68.68	150	125	917.296	O.K
벽체	H=6.830	98.002	150	125	577.307	O.K
중벽		139.258	150	125	385.497	O.K
좌측날개벽	A(T=800 mm)	56.769	150	125	1109.76	O.K
	중부(T=450	56.868	150	125	1107.826	O.K
	B(T=800 mm)	43.826	150	125	1437.502	O.K
	C(T=800 mm)	53.619	150	125	1174.955	O.K
우측날개벽	A(T=800 mm)	57.224	150	125	1100.94	O.K
	중부(T=450	57.126	150	125	1102.822	O.K
	B(T=800 mm)	45.856	150	125	1373.671	O.K
	C(T=800 mm)	54.751	150	125	1150.447	O.K

▣ 주철근 조립도

- ① Cycle (CTC = 250)

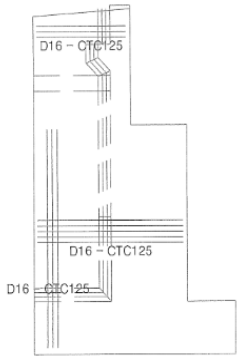


- ② Cycle (CTC = 250)

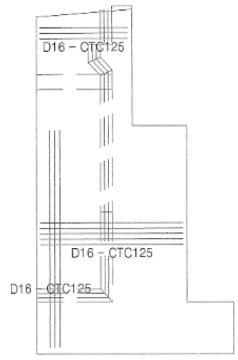


▣ 주철근 조립도

- 좌측날개벽



- 우측날개벽



1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식	: 역T형 교대	
(2) 상 부 형 식	: STEEL BOX	
(3) 교 량 등 급	: 1 등교	
(4) 교 대 총 폭	: B = 8.500 M	
(5) 교 대 총높이	: H = 8.030 M	
(6) 기 초 형 식	: 말뚝기초	
(7) SKEW	: 90.000 °	

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량	: γc = 25.000 kN/m³	[도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량	: γs1 = 20.000 kN/m³ (토사)	[도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량	: γs2 = 20.000 kN/m³	
(4) 과 재 하 중	: ql = 10.000 kN/m	
(5) 상부 고정하중 반력	: Rd = 309.552 kN/m	
(6) 상부 활하중 반력	: Rl = 133.324 kN/m	

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각	: Φ1 = 35.000 °	
(2) 기초지반의 N치	: N = 9.000	
(3) 기초지반의 내부마찰각	: Φ2 = 26.619 ° {Φ2 = 15 + √15N}	
(4) 기초지반의 점착력	: C = 17.000 kN/m²	
(5) 기초지반의 마찰계수	: μ = 0.320 ; TAN(2/3 · Φ2) : 흙과 콘크리트	
(6) 지반 가속도 계수	: A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수	
- 내진 등급 : I 등급	- 위험도 계수 : 1.400	[도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : I 구역	- 지진구역 계수 : 0.110	

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도	: fck = 24.000 MPa	
- 탄성계수	: Ec = 27849.000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300)	: fy = 300.000 MPa	
- 탄성계수	: Es = 200000.000 MPa	[도로교 설계기준 2.3.3]

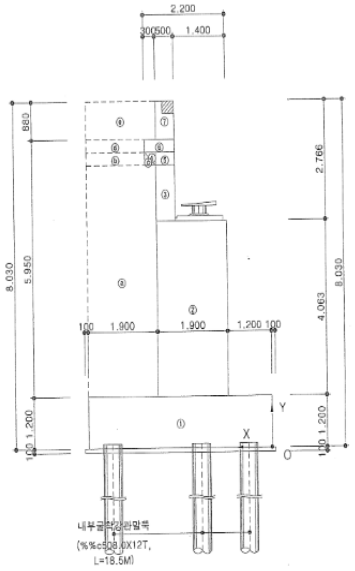
5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토	: 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계	: 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 콘크리트구조 설계기준	: 한국콘크리트학회 (2007)
(2) 도로교 설계기준	: 국토해양부 (2010)
(3) 도로설계 편람	: 국토해양부 (2000)
(4) 도로설계 요령	: 한국도로공사 (2002)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	계
고정하중	1306.667	1324.521	2631.188
활하중	430.183	703.073	1133.256

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	계
교축방향	123.479	123.456	246.935
직각방향	150.036	149.695	299.731

3. 하 중 계 산

1) 자중 및 관성력 (원점 O을 기준으로)

① 개별하중 산정 (단위 : m량)

구분	번호	체적(Ai) m³		단위중량(γ) kN/m³	수직력(Vi) kN	수평력(Hi) kN
교대구체	①	5.000 × 1.200	= 6.000	25.000	150.000	11.550
	②	1.900 × 4.063	= 7.721	25.000	193.016	14.862
	③	0.500 × 1.286	= 0.643	25.000	16.081	1.238
	④	0.300 × 0.300 × 1/2	= 0.045	25.000	1.125	0.087
	⑤	0.500 × 0.300	= 0.150	25.000	3.750	0.289
	⑥	0.800 × 0.300	= 0.240	25.000	6.000	0.462
	⑦	0.500 × 0.880	= 0.440	25.000	11.000	0.847
	소계		= 15.239		380.972	29.335
뒷채움재	⑧	1.900 × 5.350	= 10.165	20.000	203.300	15.654
	⑨	1.600 × 0.300	= 0.480	20.000	9.600	0.739
	⑩	0.300 × 0.300 × 1/2	= 0.045	20.000	0.900	0.069
	⑪	1.600 × 0.300	= 0.480	20.000	9.600	0.739
	⑫	1.900 × 0.880	= 1.672	20.000	33.440	2.575
	소계		= 12.842		256.840	19.777
총계					637.812	49.111

註) 수평력(지진시 관성력) Hi = Kh × Vi (Kh = A/2 = 0.077)

② 모멘트 산정

구분	번호	팔 길 이 수 평 Xi(m)	팔 길 이 수 직 Yi(m)	모멘트 Mxi kN·m	모멘트 Myi kN·m
교대구체	①	2.500	0.600	375.000	6.930
	②	2.150	3.232	414.984	48.031
	③	2.850	5.907	45.832	7.314
	④	3.200	6.750	3.600	0.585
	⑤	2.850	6.700	10.688	1.935
	⑥	3.000	7.000	18.000	3.234
	⑦	2.850	7.590	31.350	6.429
	소 계			899.453	74.457
뒷채움재	⑧	4.050	3.875	823.363	60.659
	⑨	4.200	6.700	40.320	4.953
	⑩	3.300	6.650	2.970	0.461
	⑪	4.200	7.000	40.320	5.174
	⑫	4.050	7.590	135.432	19.543
	소 계			1042.405	90.791
총계				1941.858	165.248

③ 합력의 작용위치 산정

- 교대구체 : X = 899.453 / 380.972 = 2.361 m
  Y = 74.457 / 29.335 = 2.538 m
- 뒷채움재 : X = 1042.405 / 256.840 = 4.059 m
  Y = 90.791 / 19.777 = 4.591 m

2) 배면토에 의한 토압

① 토압계수 산정

- 평상시 주동토압계수 (RANKINE) : 안정검토시 적용(상시)

$$K_a = \cos\alpha \times \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}$$

- 평상시 주동토압계수 (coulomb) : 단면설계시 적용(상시)

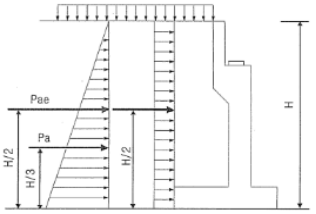
$$K_a = \frac{\cos^2(\phi-\beta)}{\cos^2\beta * \cos(\beta+\delta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)*\sin(\phi-\alpha)}{\cos(\beta+\delta)*\cos(\beta-\alpha)}}\right]^2}$$

- 지진시 주동토압계수 (Mononobe - Okabe)

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\phi-\theta-\beta)}{\cos\theta*\cos^2\beta*\cos(\delta+\theta+\beta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)*\sin(\phi-\alpha-\theta)}{\cos(\beta+\delta+\theta)*\cos(\beta-\alpha)}}\right]^2}$$

Φ = 뒷채움 흙의 내부마찰각(도)
α = 지표면과 수평면이 이루는 각(도)
β = 벽배면과 연직면이 이루는 각(도)
δ = 벽배면과 뒷채움흙사이의 벽면마찰각(도)
θ = tan-1[Kh/(1-Kv)], Kv = 0
kh = 수평지진계수 = A/2 (변위를 허용한 교대), A=0.154

구분	평 상 시		지 진 시	
	안정검토	벽체설계	안정검토	벽체설계
Φ	35.000	35.000	35.000	35.000
α	0.000	0.000	0.000	0.000
β	0.000	0.000	0.000	0.000
δ	0.000	11.667	0.000	0.000
θ	0.000	0.000	4.403	4.403
Kh	0.000	0.000	0.077	0.077
Ka,Kae	0.271	0.251	0.314	0.314



② 안정검토시 토압

- 평상시 토압 (H = 8.030 m)
  Pa = 1/2 x Ka x γ x H² x cos(δ)
  = 1/2 x 0.271 x 20.000 x 8.030² x cos(0.000)
  = 174.743 kN
  y = H / 3 = 2.677 m : 작용중심높이
- 지진시 토압 (H = 8.030 m)
  Pae = 1/2 x Kae x γ x H² x cos(δ)
  = 1/2 x 0.314 x 20.000 x 8.030² x cos(0.000)
  = 202.469 kN
  y = H / 2 = 4.015 m : 작용중심높이

③ 단면검토시 토압

- 평상시 토압 (H = 6.830 m)
  Pa = 1/2 x Ka x γ x H² x cos(δ+β)
  = 1/2 x 0.251 x 20.000 x 6.830² x cos(11.667 + 0.000)
  = 114.669 kN
  y = H / 3 = 2.277 m : 작용중심높이
- 지진시 토압 (H = 6.830 m)
  Pae = 1/2 x Kae x γ x H² x cos(δ+β)
  = 1/2 x 0.314 x 20.000 x 6.830² x cos(0.000 + 0.000)
  = 146.477 kN
  y = H / 2 = 3.415 m : 작용중심높이

3) 상부구조에 의한 하중

① 상부반력에 의한 하중

- 고정하중반력
  Rd = 2631.188 ÷ 8.500 = 309.552 kN/m
- 활하중반력
  Rl = 1133.256 ÷ 8.500 = 133.324 kN/m

42.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 42.2.1】 내포IC R-A교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	내포IC R-A교의 주요 손상현황으로는 방호벽 백태, 망상균열 및 백태, 신축이음 후타재파손, 차수판볼트체결불량, 교량받침 받침콘크리트 재료분리. 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만), 무수축몰탈하부들뜸, 교대 토사유실, 균열(Cw=0.3㎜이상), 교각 균열(Cw=0.3㎜이상), 폐자재적치가 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	내포IC R-A교의 주요 손상현황으로는 방호벽 백태, 망상균열 및 백태, 단차, 신축이음 후타재파손, 후타재균열, 차수판볼트체결불량, 바닥판하면 재료분리, 교량받침 받침콘크리트 재료분리. 받침몰탈 균열(Cw=0.3㎜미만), 무수축몰탈하부들뜸, 교대 토사유실, 균열(Cw=0.3㎜이상), 교각 균열(Cw=0.3㎜이상), 폐자재적치가 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	방호벽 백태, 망상균열 및 백태, 단차 신축이음 후타재 파손, 후타재 균열(cw=0.3㎜미만), 차수판 볼트체결 불량 바닥판하면 재료분리 교량받침 받침콘크리트 재료분리 교대 균열(cw=0.3㎜이상), 토사유실 교각 균열(cw=0.3㎜이상), 폐자재적치, 파손	양호

42.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

42.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교 · 검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교 · 검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 기 손상인 하부구조 균열(폭0.3㎜미만) 및 백태, 플레이트 들뜸 및 부식, 후타재 균열 및 접속부 이격 등의 손상이 확인되었고 금회 점검에서는 보수 여부 확인, 진전여부 확인, 신규손상 발생 여부에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

42.2.5 시설물 보수 이력

【표 42.2.2】 내포IC R-A교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	-	-	-	-	-	-

42.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 42.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	-	-
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.			

42.3 현장조사

42.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S3	도보	2022.08.22.~2022.12.11.	



현장조사



현장조사



제원조사



비파괴시험

【사진 42.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

42.3.2 외관조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 내포IC R-A교는 3경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=179.0m 폭 8.5m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보로 근접조사를 실시하였다.

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 전경

【사진 42.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 재료분리 등의 손상이 확인되었다.

【표 42.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	재료분리 (㎡/개소)	
S1	-	-
S2	-	-
S3	2.08	2
합계	2.08	2

	
바닥판하면 S3 재료분리(0.2×0.4)	바닥판하면 S3 재료분리(1.0×2.0)

【사진 42.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 바닥판하면에 발생한 재료분리는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. S.T.B Girder

1) 부재의 개요

■ 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 ST. BOX는 2열로 시공되었으며, 도보로 외관조사를 실시하였다.



거더외부 전경



거더내부 전경

【사진 42.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

■ 거더외부에 대한 현장조사 결과 도장손상이 조사되었다.

■ 거더내부에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 42.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		도장손상 (㎡/개소)	
거더외부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	0.10	10
합계		0.10	10

【표 42.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		상태양호	
거더내부	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
합계		-	-

	
거더외부 S3-G2 도장손상(0.1×0.1×6EA)	거더내부 상태양호

【사진 42.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거더외부에 발생한 도장손상은 시공 초기 외부 충격에 의한 긁힘으로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었다, 손상부는 강우시 부재의 부식 등의 진전을 유발 할 수 있으므로 재도장 등의 유지관리가 필요하다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 콘크리트로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 근접조사를 실시하였다.



가로보 전경

【사진 42.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 42.3.4】 가로보 및 세로보 현장조사 결과

구분		상태양호	
STB 가로보	S1	-	-
	S2	-	-
	S3	-	-
합계		-	-

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

【사진 42.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

■ 내포IC R-A교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 42.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

■ 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과, 재료분리, 파손, 철근노출, 토사유실이 확인되었다.

【표 42.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	재료분리 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)		철근노출 (㎡/개소)		토사유실 (m/개소)	
A1	0.16	2	-	-	-	-	-	-
A2	-	-	0.09	2	0.03	1	3.00	1
합계	0.16	2	0.09	2	0.03	1	3.00	1

	
교대 A1 재료분리(0.2×0.4×2EA)	교대 A2 파손(0.1×0.1)
	
교대 A2 철근노출(0.3×0.1)	교대 A2 토사유실(L=3.0m)

【사진 42.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교대에 조사된 재료분리, 파손, 철근노출, 토사유실은 초기 건조수축, 시공미흡, 다짐불량, 외부충격, 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 단면보수, 방청, 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

■ 서문10교(문산방향)의 교각은 T형, 기초는 강관말뚝기초, 복합말뚝기초로 시공되어 있다. 교각에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



교각 전경

【사진 42.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각에 대한 현장조사 결과, 기둥부는 양호한 상태로 조사되었으나 코핑부 망상균열이 조사되었다.

【표 42.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜이상) (m/개소)		파손 (㎡/개소)		표면불량 (㎡/개소)	
P1	-	-	0.06	1	0.87	6
P2	4.00	8	-	-	-	-
합계	4.00	8	0.06	1	0.87	6

	
교각 P1 기둥부 표면불량(0.4×0.6×3EA)	교각 P1 코핑부 파손(0.2×0.3)
	
교각 P2 코핑부 균열(Cw=0.3㎜이상)	교각 P2 코핑부 균열(Cw=0.3㎜이상)

【사진 42.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

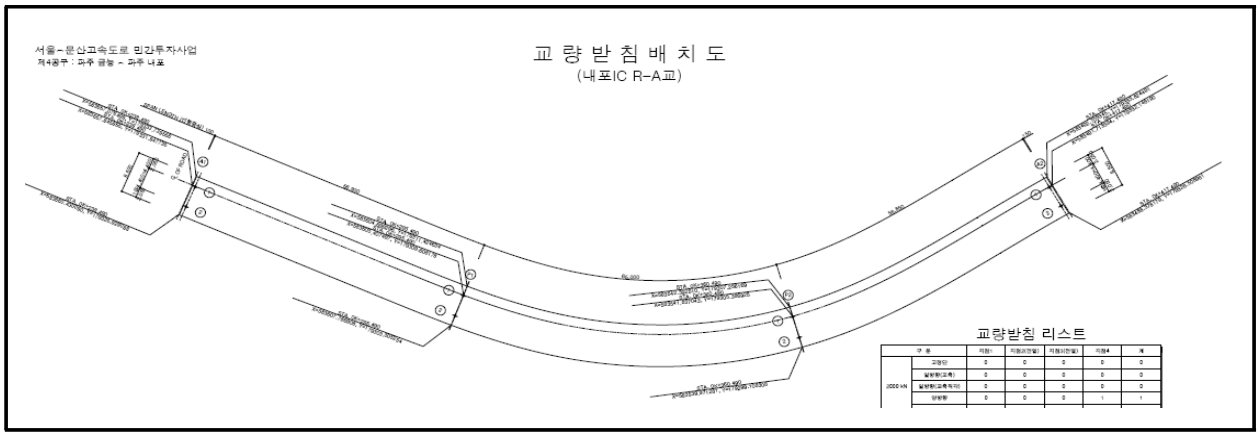
4) 검토의견

- 교각에 조사된 표면불량, 파손, 균열(폭0.3㎜이상)은 초기 건조수축, 시공미흡, 다짐불량, 외부충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 주입보수, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

■ 내포IC R-A교의 받침은 지진격리받침으로 총 8기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 42.3.1】 교량받침 배치도


지진격리받침 전경


지진격리받침 전경


지진격리받침(고정) 전경

【사진 42.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

■ 교량받침에 대한 현장조사 결과 받침콘크리트 재료분리가 국부적으로 조사되었다.

【표 42.3.7】 교량받침 외관조사 결과

구분	받침콘크리트 재료분리 (㎡/개소)	
A1	0.09	1
P1	-	-
P2	-	-
A2	-	-
합계	0.09	1



교량받침 A1-Sh2 받침콘크리트 재료분리(0.3×0.3)



교량받침 P1-Sh2 상태양호

【사진 42.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

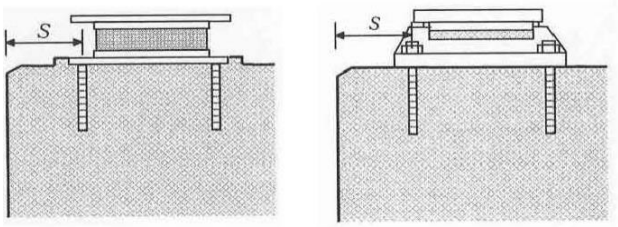
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교량받침에서 발생된 받침콘크리트 재료분리는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 구조물의 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2009, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 42.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

【사진 42.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=57.0m) : 200+5×57.0 = 485(㎜)
- 거더 경간길이(L=65.0m) : 200+5×65.0 = 525(㎜)

【표 42.3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		설계 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			SH1	SH2	
A1		485	540	540	O.K
P1	A1측	485	790	790	O.K
	A2측	525	800	800	O.K
P2	A1측	525	760	760	O.K
	A2측	485	750	750	O.K
A2		485	510	510	O.K

② 연단거리 검토의견

■ 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



교량 받침 가동량 측정(1)



교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 42.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교))에 따른 여유량 검토

【표 42.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	44.6	15.4	0.000012	57.0	30.5	10.5	
P1	고정단						
P2	44.6	15.4	0.000012	65.0	34.8	12.0	
A2	44.6	15.4	0.000012	122.0	65.3	22.5	

1) 조사당시 온도 : 24.6℃(조사일 : 2022년 08월 22일, 평균온도, 파주)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교)

【표 42.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (㎜)	검토결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	+38	158	82	30.5	10.5	±120	O.K
	SH2	+38	158	82			±120	O.K
P1	고정단							
P2	SH1	+20	110	70	34.8	12.0	±90	O.K
	SH2	+20	110	70			±90	O.K
A2	SH1	+40	160	80	65.3	22.5	±120	O.K
	SH2	+40	160	80			±120	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

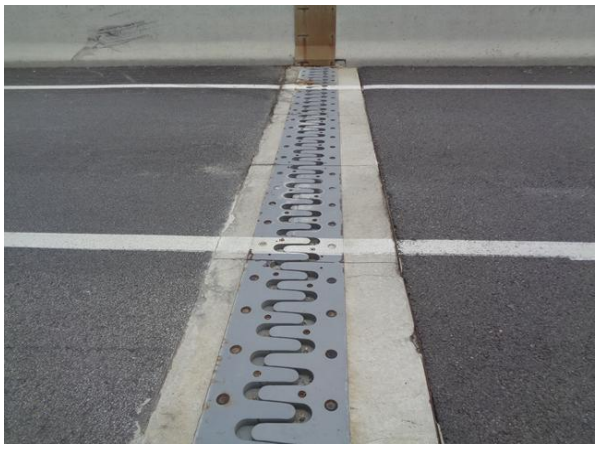
② 교량받침 이동량 검토의견

■ 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2에 강핑거조인트로 시공된 상태이다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

【사진 42.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열, 후타재 파손, 차수판 볼트체결불량이 조사되었다.

【표 42.3.11】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		차수판볼트체결불량 (EA/개소)	
A1 (EXP J1)	3.60	12	-	-	4.00	4
A2 (EXP J3)	-	-	0.60	2	-	-
합계	3.60	12	0.60	2	4.00	4

	
신축이음 A1 후타재 균열(Cw=0.3㎜미만)	신축이음 A2 후타재 파손(0.1×3.0×2EA)
	
신축이음 A1 차수판 볼트체결불량(4EA)	신축이음 A2 후타재 파손(0.1×3.0×2EA)

【사진 42.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

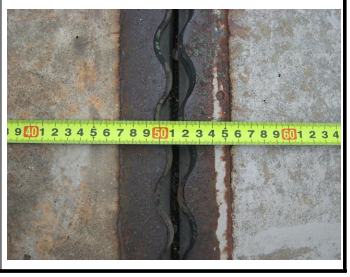
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 후타재 파손, 차수판 볼트체결불량은 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치) 등을 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10-5, α(콘크리트): 1.0×10-5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2"> 
 
  </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2022. 08. 22. 기온 적용: 24.6℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃-24.6℃ = 15.4℃
△T(수축시) : -20.0℃-(24.6℃) = 44.6℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>-10~+40</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>-10~+50</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>-5~+35</td><td>-15~+35</td><td>1.0×10-5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 42.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 42.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		신축이음 실측유간 (㎜)	바닥판 실측유간 (㎜)	거더 실측유간 (㎜)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	44.6	15.4	0.000012	57.0	30.5	10.5	50.0	70.0	110.0	
A2	44.6	15.4	0.000012	122.0	65.3	22.5	70.0	130.0	130.0	

1) 조사당시 온도 : 24.6℃(조사일 : 2022년 08월 22일, 평균온도, 파주)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방, 강교)

【표 42.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	30.5	10.5	50	100	19.5	39.5	O.K
	바닥판			70	-	-	59.5	O.K
	거더			110	-	-	99.5	O.K
A2	신축이음	65.3	22.5	70	150	14.7	47.5	O.K
	바닥판			130	-	-	107.5	O.K
	거더			130	-	-	107.5	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

■ 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

■ 내포IC R-A교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘포장으로 되어있다.



교면포장 전경#1



교면포장 전경#2

【사진 42.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

■ 교면포장에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 42.3.14】 교면포장 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-

	
교면포장 상태양호	교면포장 상태양호

【사진 42.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장은 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통하여 추가 손상의 발생여부 확인에 대한 유지관리가 요구된다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

■ 내포IC R-A교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【사진 42.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 배수시설에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 42.3.15】 배수시설 외관조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	-	-

	
배수구 상태 양호	배수관 상태 양호

【사진 42.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

■ 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

	
방호벽 전경	방호벽 전경

【사진 42.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

■ 방호벽에 대한 현장조사 결과, 방호벽 균열(폭0.3㎜미만), 방호벽 망상균열 및 백태, 방호벽 단차, 접속부 파손이 확인되었다.

【표 42.3.16】 방호벽 외관조사 결과

구분	방호벽 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		방호벽 망상균열 및 백태 (㎡/개소)		방호벽 단차 (m/개소)		접속부 파손 (㎡/개소)	
S1	7.80	13	-	-	-	-	-	-
S2	1.50	5	4.50	1	-	-	-	-
S3	1.30	1	-	-	3.00	2	0.20	1
합계	10.60	19	4.50	1	3.00	2	0.20	1

	
방호벽 S1 균열(Cw=0.3㎜미만)	방호벽 S1 파손(0.4m×0.5m)
	
방호벽 S2 망상균열 및 백태(15.0m×0.3m)	방호벽 S2 접속부 단차 (L=1.5m×2EA)

【사진 42.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 방호벽 균열, 망상균열 및 백태, 방호벽 파손, 접속부 단차는 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 다짐불량, 우수유입 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 단면보수, 실링재충전 등을 실시하고, 주기적인 계측을 통해 손상의 진전을 여부를 확인하여야 한다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

■ 내포IC R-A교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, P1,P2,A2에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.



점검통로 전경



점검통로 전경

【사진 42.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

■ 교각 및 교대에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 점검로 파손이 조사되었다.

【표 42.3.17】 교량 점검시설 외관조사 결과

구분	점검로 파손 (EA/개소)	
P1	1.00	1
P2	-	-
A2	-	-
합계	1.00	1



점검로 P1 파손 (1EA)

【사진 42.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설에 발생한 점검로 파손은 시공미흡, 외부충격 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 정비(재설치)를 실시하는 것이 필요하다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 – 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 – 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

42.3.3 현장조사 총괄표

【표 42.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		재료분리	㎡	2.08	2	
S.T.B거더	거더외부	도장손상	㎡	0.10	10	
	거더내부	상태양호	-	-	-	
가로보		상태양호	-	-	-	
교대		재료분리	㎡	0.16	2	
		파손	㎡	0.09	2	
		철근노출	㎡	0.03	1	
		토사유실	m	3.00	1	
교각		균열(폭0.3㎜이상)	m	4.00	8	
		파손	㎡	0.06	1	
		표면불량	㎡	0.87	6	
교량받침		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.09	1	
신축이음		후타재 균열	m	3.60	12	
		후타재 파손	㎡	0.60	2	
		차수판볼트체결불량	EA	4.00	4	
교면포장		상태양호	-	-	-	
배수시설		상태양호	-	-	-	
방호벽		방호벽 균열	m	10.60	19	
		방호벽 망상균열 및 백태	㎡	4.50	1	
		방호벽 단차	m	3.00	2	
		접속부 파손	㎡	0.20	1	
점검시설		점검로 파손	EA	1.00	1	

42.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

42.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

42.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 42.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	4	4	4	4	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		1	2	1	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



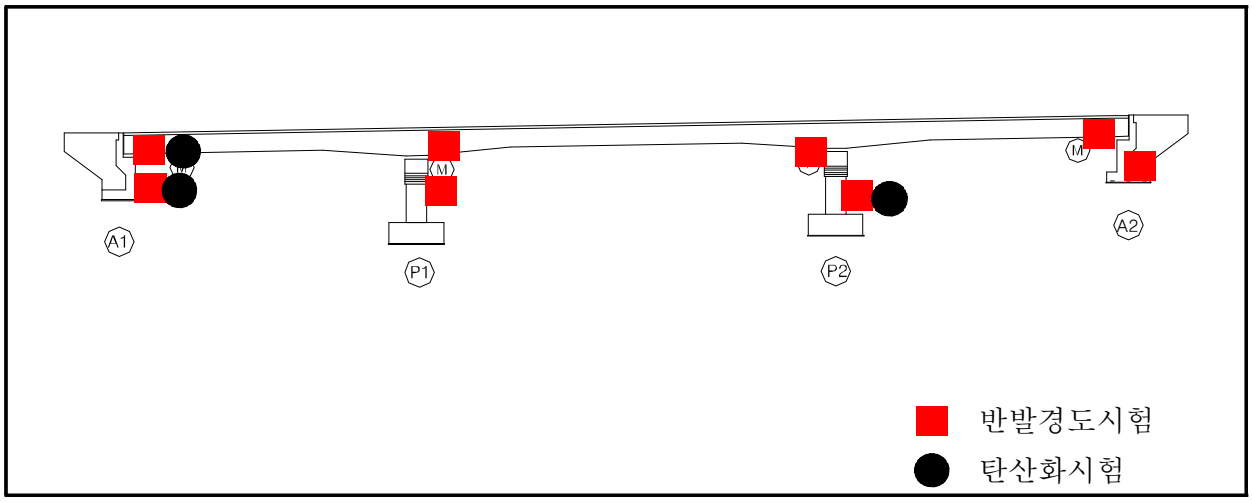
반발경도 시험 현황



탄산화깊이 측정 현황

【사진 42.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 42.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

42.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 8개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 42.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 캔틸레버	46.3	27.3	28.8	0.67	27.0	
	S2 캔틸레버	46.0	27.1	28.6			
	S2 캔틸레버	46.1	27.2	28.7			
	S3 캔틸레버	46.6	27.6	28.9			

【표 42.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	42.9	24.4	27.1	0.67	24.0	
	A2 교대	42.7	24.3	27.0			

【표 42.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1 교각	48.3	40.7	48.5	0.67	40.0	
	P2 교각	49.0	41.5	49.6			

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.1~28.9㎫, 하부구조 교대 24.3~27.1㎫, 교각 40.7~49.6㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 42.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.1 ~ 28.9	27.0	100.4 ~ 105.6
하부구조	교대	24.3 ~ 27.1	24.0	101.1 ~ 113.0
	교각	40.7 ~ 49.6	40.0	101.9 ~ 124.1

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 42.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S1 바닥판하면	2.5	40.0	37.5	a	1.77	100년이상	
하부구조	A1 교대	1.5	100.0	98.5	a	1.06	100년이상	
	P2 교각	3.5	100.0	96.5	a	2.47	100년이상	

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~3.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 42.4.7】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	2.5	37.5	
하부구조	1.5~3.5	96.5~98.5	

② 기 점검결과와의 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 42.4.8】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판 하면	27.1~28.9	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.3~27.1	24.0	
		교각	40.7~49.6	40.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		96.5~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

■ 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

42.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편-2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

42.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 42.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	S.T.B	a	a	a	a	a	b	b	b	b	q	a	a
S2	P1	S.T.B	a	a	a	a	a	b	–	a	b	q	–	–
S3	P2	S.T.B	b	b	a	a	a	c	–	a	c	q	–	a
	A2								b	a	c	q	–	–
평균			0.133	0.133	0.100	0.100	0.100	0.267	0.200	0.125	0.300	–	0.100	0.100
가중치			20	20	3	7	3	2	9	9	20	–	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.027	0.027	0.003	0.007	0.003	0.005	0.018	0.011	0.060	–	0.004	0.003
													0.168	
													B	

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.168) < 0.260

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 42.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
내포IC R-A교	0.168	B	179	1	179	1.000	0.168
합계(∑)			179	1	179	1	0.168
1. 평가지수 =							0.168
2. 상태평가결과 =							B

42.5.2 기 점검 결과와의 비교

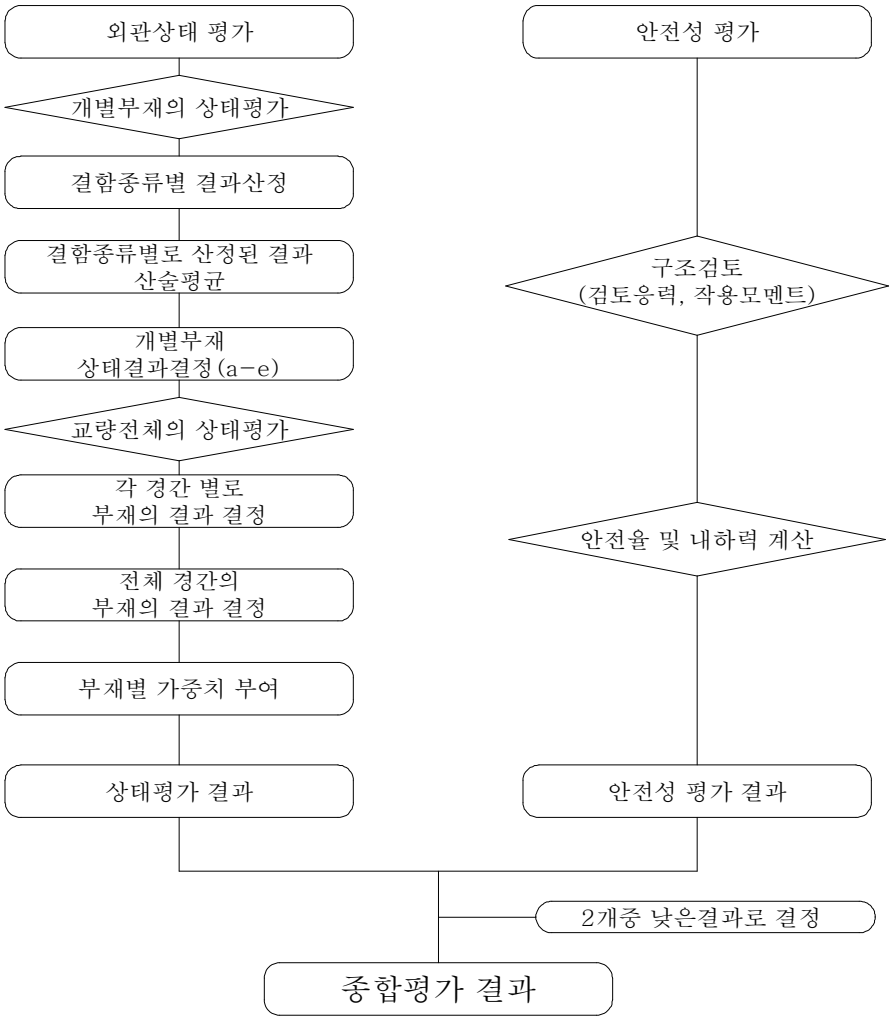
- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

42.6 종합평가 및 안전등급 지정

42.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 42.6.1】 종합평가 결과 산정절차

42.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 42.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
내포IC R-A교	0.168	B	-	-	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

42.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 **“B등급”** 으로 지정하였다.

【표 42.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

42.7 보수·보강 및 유지관리방안

42.7.1 보수·보강 방안

【표 42.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		재료분리	㎡	2.08	2	단면보수	하자
S.T.B 거더	거더외부	도장손상	㎡	0.10	10	재도장	하자
	거더내부	상태양호	-	-	-	-	-
가로보		상태양호	-	-	-	-	-
교대		재료분리	㎡	0.16	2	단면보수	하자
		파손	㎡	0.09	2	단면보수	하자
		철근노출	㎡	0.03	1	단면보수(방청)	하자
		토사유실	m	3.00	1	정비	하자
교각		균열(폭0.3㎜이상)	m	4.00	8	주입보수	하자
		파손	㎡	0.06	1	단면보수	하자
		표면불량	㎡	0.87	6	단면보수	하자
교량받침		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.09	1	단면보수	하자
신축이음		후타재 균열	m	3.60	12	표면처리	하자
		후타재 파손	㎡	0.60	2	단면보수	하자
		차수판볼트체결불량	EA	4.00	4	정비(재설치)	하자
교면포장		상태양호	-	-	-	-	-
배수시설		상태양호	-	-	-	-	-
방호벽		방호벽 균열	m	10.60	19	표면처리	하자
		방호벽 망상균열 및 백태	㎡	4.50	1	표면처리	하자
		방호벽 단차	m	3.00	2	실링재충전	하자
		접속부 파손	㎡	0.20	1	단면보수	하자
점검시설		점검로 파손	EA	1.00	1	정비(재설치)	하자

42.7.2 개략공사비

【표 42.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	재료분리	단면보수	2.08	3.12	㎡	-	-	하자
STB 거더 외부	도장손상	재도장	0.10	0.15	㎡	-	-	하자
교대	재료분리	단면보수	0.16	0.24	㎡	-	-	하자
	파손	단면보수	0.09	0.14	㎡	-	-	하자
	철근노출	단면보수(방청)	0.03	0.05	㎡	-	-	하자
	토사유실	정비	3.00	3.00	m	-	-	하자
교각	균열(폭0.3㎜이상)	주입보수	4.00	4.00	m	-	-	하자
	파손	단면보수	0.06	0.09	㎡	-	-	하자
	표면불량	단면보수	0.87	1.31	㎡	-	-	하자
교량받침	받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.09	0.14	㎡	-	-	하자
신축이음	후타재 균열	표면처리	3.60	1.35	㎡	-	-	하자
	후타재 파손	단면보수	0.60	0.90	㎡	-	-	하자
	차수판볼트체결불량	정비(재설치)	4.00	4.00	EA	-	-	하자
방호벽	균열	표면처리	10.60	3.97	㎡	-	-	하자
	망상균열 및 백태	표면처리	4.50	6.75	㎡	-	-	하자
	방호벽 단차	실링재충전	3.00	3.00	m	-	-	하자
	접속부 파손	단면보수	0.20	0.30	㎡	-	-	하자
점검시설	점검로 파손	정비(재설치)	1.00	1.00	EA	-	-	하자

개략 공사비 (천원)	구 분	1순위	2순위	3순위
	순공사비	-	-	-
	재경비 (순공사비의 50%)	-	-	-
	합계	-	-	-
개략공사비 총계(천원)		-		

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.

42.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 42.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

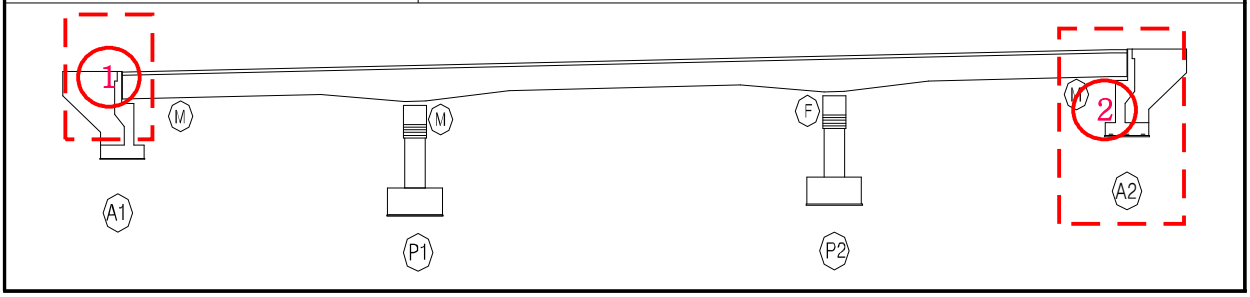


① 방호벽 파손 등 – 진전 여부확인





② 교대 파손, 철근노출 등 – 전진 여부 확인



42.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 문산읍 내포리 538-2에 위치한 교량으로 총 연장 179.0m, 폭 8.5m의 S.T.B거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

42.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 발생한 재료분리는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) IPC Girder

- 거더외부에 발생한 도장손상은 시공 초기 외부 충격에 의한 긁힘으로 부재의 안전성에 문제가 없는 경미한 손상으로 확인되었다, 손상부는 강우시 부재의 부식 등의 진전을 유발 할 수 있으므로 재도장 등의 유지관리가 필요하다.
- 거더내부는 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3) 가로보

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 조사된 재료분리, 파손, 철근노출, 토사유실은 초기 건조수축, 시공미흡, 다짐불량, 외부충격, 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 단면보수, 방청, 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교각

- 교각에 조사된 표면불량, 파손, 균열(폭0.3㎜이상)은 초기 건조수축, 시공미흡, 다짐불량, 외부충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 주입보수, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

6) 교량받침

- 교량받침에서 발생된 받침콘크리트 재료분리는 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등에 의한 손상으로 구조물의 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 후타재 파손, 차수판 볼트체결불량은 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치) 등을 실시하는 것이 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장은 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통하여 추가 손상의 발생여부 확인에 대한 유지관리가 요구된다.

9) 배수시설

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 발생한 방호벽 균열, 망상균열 및 백태, 방호벽 파손, 접속부 단차는 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 다짐불량, 우수유입 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 단면보수, 실링재충전 등을 실시하고, 주기적인 계측을 통해 손상의 진전을 여부를 확인하여야 한다.

11) 교량 점검시설

■ 점검시설에 발생한 점검로 파손은 시공미흡, 외부충격 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 정비(재설치)를 실시하는 것이 필요하다.

12) 공중이 이용하는 부위

■ 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부, 추락방지시설은 본문의 교면포장, 신축이음장치, 교량 점검시설에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 바닥판하면 27.1~28.9㎫, 하부구조 교대 24.3~27.1㎫, 교각 40.7~49.6㎫ 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 40.0㎫)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

■ 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~3.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

■ 금회 정밀안전점검 결과, 내포IC R-A교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.168인 “B” 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 내포IC R-A교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

42.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

42.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.