관 리 번 호

사 본 번 호

2012년도(고속국도 301호선)

상주~영천 고속도로 민간투자사업(6공구)

초 기 점 검 보 고 서

(준 공)

2017. 06

부산지방국토관리청

국토교통부

상주영천고속도로주식회사

상주 ~ 영천 고속도로 민간투자사업 6공구

초기점검 보고서

(Ⅰ. 공 통 편)

2017. 6

사단법인 한 국 건 설 안 전 협 회
KOREA CONSTRUCTION SAFETY ASSOCIATION

제 출 문

GS건설(주) 대표이사 귀하

귀사에서 의뢰하신 경상북도 군위군 효령면 ~ 부계면 일원에 시공된 『상주~영천 고속도로 민간투자사업 제6공구 초기점검』에 대한 용역을 완료하고 그 결과를 본 보고서로 제출합니다.

2017. 06.

사단법인 한국건설안전협회

회 장 안 무 영

1. 장기교 초기점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	상주~영천 고속도로 민자투자사업 6공구 초기점검	점 검 기 관	(사) 한국건설안전협회		
관리주체명	상주영천고속도로(주)	대 표 자	안 무 영		
공 동 수 급	단독수행	계 약 방 법	경쟁입찰		
시설물 구분	교 량	종 류	도로교량	종 별	2종
준 공 일	2017.06.27	점검금액(천원)	30,847 (VAT포함)	안전 등급	A등급
시설물 위치	경상북도 군위군 효령면 장기리 1045-1	시설물 규모	L= 180.0m B = 24.47m		

나. 점검 실시결과 현황

중 대 결 함	- 중대 결함 사항 없음
점검 주요결과	① 외관 조사 결과, 콘크리트의 상태는 전반적으로 양호한 상태이나, 중분대 및 방호벽, 가로보 공극, 교각 일부구간에 건조수축에 의한 균열 및 파손 등이 조사되었다. - 중분대 및 방호벽은 지적된 사항에 대한 보수 완료하였다. ② 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안정성은 양호한 것으로 판단된다.
주요 보수·보강	- 표면처리, 주입보수, 단면복구

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
과업 책임기술자	서 수 원	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목구조기술사
기술 자문	하 주 익	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목시공기술사 건설안전기술사
	김 주 범	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토질 및 기초기술사 건설안전기술사
참여기술자	박 병 일	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	특급기술자
	정 재 갑	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	김 도 완	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	양 동 규	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	박 경 열	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	양 광 모	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	임 창 우	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	성 동 렬	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	장 바 울	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	김 승 현	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자

라. 참고사항

- 특이사항 없음

장기교 초기점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
- 장기교의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태이며, 재하시험 결과를 반영하여 내하력을 평가한 결과 설계하중인 DB-24 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 평가되었음. - 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 장기교는 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었음. 책임기술자 : 서 수 원 (서명)

가. 초기점검 외관조사 결과 기본사항(상주방향)

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A 등급
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상 부 구 조	하 면	a	-	-
	거 더	a	-	-
2차부재	가로보	a	-	-
기 타 부 재	포 장	-	-	-
	배수시설	a	-	-
	방호벽	a	균열	표면처리, 주입보수(보수완료)
	신축이음	a	-	-
받 침		a	-	-
하 부 구 조	교 대	a	-	-
	교 각	b	균열, 파손	표면처리, 단면복구

나. 초기점검 외관조사 결과 기본사항(영천방향)

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A 등급
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상 부 구 조	하 면	a	-	-
	거 더	a	-	-
2차부재	가로보	b	공극	단면복구
기 타 부 재	포 장	-	-	-
	배수시설	a	-	-
	방호벽	a	균열	표면처리, 주입보수(보수완료)
	신축이음	a	-	-
받 침		a	-	-
하 부 구 조	교 대	a	-	-
	교 각	b	균열, 파손	표면처리, 단면복구

다. 안전성평가 결과(영천방향)

안전성 평가 수행 부재	해석 방법	안전성평가 결과 요약	최소 안전율	안전성 평가 결과
바닥판	강도 설계법	- 내하력평가결과 DB-24이상으로 내하력 확보됨. - 안전율 1.00이상으로서 구조적으로 안전한 것으로 평가됨.	1.334 (캔틸레버부)	A
거더	허용 응력법		1.122 (외측주형)	A

라. 현장시험(상주방향)

시 험 명	시험 부위	시험 결과		책임기술자 의견
		일본재료학회 (권영웅외)	일본건축학회 (과학기술부)	
· 비파괴 강도 (반발경도법)	바닥판	27.0~27.8 MPa	29.2~29.6 MPa	· 설계기준강도이상으로 콘크리트 품질 상태는 양호 함.
		설계치 : 27 MPa		
	교대	24.2~24.3 MPa	27.0 MPa	
		설계치 : 24 MPa		
	교각	27.3~28.6 MPa	28.7~29.1 MPa	
		설계치 : 27 MPa		
	거더	53.2 MPa	44.2 MPa	
		설계치 : 40 MPa		
· 철근배근 탐사	바닥판 하면	주철근	98~105 mm	· 설계도면에 준하여 시공되어진 것으로 조사됨
		배력철근	235~262 mm	
	교대	수직철근	240~253 mm	
		수평철근	120~131 mm	
	교각(기둥)	수직철근	123~131 mm	
		수평철근	296~303 mm	
	거더	수직철근	209～214 mm	
		수평철근	146～152 mm	
· 탄산화 시험	바닥판 하면	0.3㎜		· 탄산화에 따른 철근부식의 영향은 없는 것으로 판단됨
	교대	0.2㎜		
	교각	0.3㎜		

마. 현장시험(영천방향)

시 험 명	시험 부위	시험 결과		책임기술자 의견
		일본재료학회 (권영웅외)	일본건축학회 (과학기술부)	
· 비파괴 강도 (반발경도법)	바닥판	27.0~27.3 MPa	29.1~29.3 MPa	· 설계기준강도이상으로 콘크리트 품질 상태는 양호 함.
		설계치 : 27 MPa		
	교대	24.1~24.3 MPa	27.0 MPa	
		설계치 : 24 MPa		
	교각	27.0~27.6 MPa	28.4~28.5 MPa	
		설계치 : 27 MPa		
· 철근배근 탐사	바닥판 하면	주철근	100~110 mm	· 설계도면에 준하여 시공되어진 것으로 조사됨
		배력철근	236~254 mm	
	교대	수직철근	245~258 mm	
		수평철근	120~126 mm	
	교각(기둥)	수직철근	118~126 mm	
		수평철근	298~310 mm	
· 탄산화 시험	바닥판 하면	0.2㎜		· 탄산화에 따른 철근부식의 영향은 없는 것으로 판단됨
	교대	0.1㎜		
	교각	0.1㎜		

장기교 시설물 현황표

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>장기교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년도</td><td>2017년</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경상북도 군위군 효령면 장기리 1045-1</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24, DL-24</td><td>노선명(이정)</td><td colspan="2">상주~영천 고속도로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L = 180.0m(4 @ 45.0 = 180.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B = 24.47m(상부방향:12.32m, 영천방향:12.15m)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>IPC Girder</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교각:T형, 교대:역T형</td><td>교각</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>Finger Joint</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td>사창천</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>약 6.5~7.5m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">방음벽</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">내진적용(1등급, A=0.154), 직선교, 종단경사 : S=(-)0.800%</td></tr>
</table>

2. 금매교 초기점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	상주~영천 고속도로 민자투자사업 6공구 초기점검	점 검 기 관	(사) 한국건설안전협회		
관리주체명	상주영천고속도로(주)	대 표 자	안 무 영		
공 동 수 급	단독수행	계 약 방 법	경쟁입찰		
시설물 구분	교 량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2017.06.27	점검금액(천원)	34.575 (VAT포함)	안전 등급	A등급
시설물 위치	경상북도 군위군 효령면 금매리 1447-1	시설물 규모	L= 320.0m B = 24.47m		

나. 점검 실시결과 현황

중 대 결 함	- 중대 결함 사항 없음
점검 주요결과	① 외관 조사 결과, 콘크리트의 상태는 전반적으로 양호한 상태이나. 중분대 및 방호벽 균열, 받침콘크리트 재료분리, 교대 균열, 교각 일부구간에 균열, 파손, 재료분리, 표면박리, 망상균열 등이 조사되었다. - 중분대 및 방호벽은 점검후 지적된 사항에 대한 보수를 완료하였다. ② 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안정성은 양호한 것으로 판단된다.
주요 보수·보강	- 표면처리, 주입보수, 단면복구

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
과업 책임기술자	서 수 원	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목구조기술사
기술 자문	하 주 익	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목시공기술사 건설안전기술사
	김 주 범	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토질 및 기초기술사 건설안전기술사
참여기술자	박 병 일	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	특급기술자
	정 재 갑	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	김 도 완	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	양 동 규	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	박 경 열	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	양 광 모	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	임 창 우	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	성 동 렬	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	장 바 울	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	김 승 현	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자

라. 참고사항

- 특이사항 없음

금매교 초기점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
- 금매교의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태이며, 재하시험 결과를 반영하여 내하력을 평가한 결과 설계하중인 DB-24 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 평가되었음. - 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 금매교는 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었음. 책임기술자 : 서 수 원 (서명)

가. 초기점검 외관조사 결과 기본사항(상주방향)

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A 등급
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상 부 구 조	하 면	a	양 호	-
	거 더	a	양 호	-
2차부재	가로보	a	양 호	-
기 타 부 재	포 장	-	-	-
	배수시설	a	양 호	-
	방호벽	a	미세균열	표면처리(보수완료)
	신축이음	a	양 호	-
받 침		b	재료분리	단면복구
하 부 구 조	교 대	a	양 호	-
	교 각	b	균열, 망상균열	표면처리

나. 초기점검 외관조사 결과 기본사항(영천방향)

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A 등급
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상 부 구 조	하 면	a	양 호	-
	거 더	a	양 호	-
2차부재	가로보	a	양 호	-
기 타 부 재	포 장	-	-	-
	배수시설	a	양 호	-
	방호벽	a	양 호	-
	신축이음	a	양 호	-
받 침		b	재료분리	단면복구
하 부 구 조	교 대	b	균열	표면처리
	교 각	b	균열, 파손, 표면박리 재료분리, 망상균열	표면처리, 주입보수, 단면복구

다. 안전성평가 결과(영천방향)

안전성 평가 수행 부재	해석 방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성 평가 결과
바닥판	강도 설계법	- 내하력평가결과 DB-24이상으로 내하력 확보됨. - 안전율 1.0이상으로서 구조적으로 안전한 것으로 평가됨.	1.325 (우측 캔틸레버)	A
거더	허용 응력법		1.093 (내측주형)	A

라. 현장시험(상주방향)

시 험 명	시험 부위	시험 결과		책임기술자 의견
		일본재료학회 (권영웅외)	일본건축학회 (과학기술부)	
· 비파괴 강도 (반발경도법)	바닥판	27.1~28.2 MPa	28.6~29.3 MPa	· 설계기준강도이상으로 콘크리트 품질 상태는 양호 함.
		설계치 : 27 MPa		
	교대	24.0~25.1 MPa	26.5~27.3 MPa	
		설계치 : 24 MPa		
	교각	27.1~28.6 MPa	28.2~29.1 MPa	
		설계치 : 27 MPa		
	거더	47.9~49.1 MPa	40.1~40.9 MPa	
		설계치 : 40 MPa		
· 철근배근 탐사	바닥판 하면	주철근	98~108 ㎜	· 설계도면에 준하여 시공되어진 것으로 조사됨
		배력철근	120~129 ㎜	
	교대	수직철근	250~261 ㎜	
		수평철근	122~130 ㎜	
	교각(코핑)	수직철근	200~205 ㎜	
		수평철근	200~213 ㎜	
	교각(기둥)	수직철근	119~130 ㎜	
		수평철근	298~309 ㎜	
	거더	수직철근	149~156 ㎜	
		수평철근	200~210 ㎜	
· 탄산화 시험	바닥판 하면	0.4~1.0㎜		· 탄산화에 따른 철근부식의 영향은 없는 것으로 판단됨
	교대	0.3㎜		
	교각	0.6㎜		

마. 현장시험(영천방향)

시 험 명	시험 부위	시험 결과		책임기술자 의견
		일본재료학회 (권영웅외)	일본건축학회 (과학기술부)	
· 비파괴 강도 (반발경도법)	바닥판	27.2~2.0 MPa	28.7~29.1 MPa	· 설계기준강도이상으로 콘크리트 품질 상태는 양호함.
		설계치 : 27 MPa		
	교대	24.1~24.2 MPa	26.6~26.7 MPa	
		설계치 : 24 MPa		
	교각	27.0~28.4 MPa	28.4~28.9 MPa	
		설계치 : 27 MPa		
	거더	48.7~49.4 MPa	40.6~41.1 MPa	
		설계치 : 40 MPa		
· 철근배근 탐사	바닥판 하면	주철근	100~110 ㎜	· 설계도면에 준하여 시공되어진 것으로 조사됨
		배력철근	120~129 ㎜	
	교대	수직철근	248~258 ㎜	
		수평철근	125~130 ㎜	
	교각(코핑)	수직철근	200~210 ㎜	
		수평철근	200~215 ㎜	
	교각(기둥)	수직철근	124~131 ㎜	
		수평철근	300~311 ㎜	
	거더	수직철근	147~153 ㎜	
		수평철근	200~212 ㎜	
· 탄산화 시험	바닥판 하면	0.7~1.6㎜		· 탄산화에 따른 철근부식의 영향은 없는 것으로 판단됨
	교대	0.6㎜		
	교각	0.4㎜		

금매교 시설물 현황표

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>금매교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년도</td><td>2017년</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경상북도 군위군 효령면 금매리 1447-1</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24, DL-24</td><td>노선명(이정)</td><td colspan="2">상주~영천 고속도로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L = 320.0m(2 @ 50.0 + 3 @ 40.0 + 2 @ 50.0 = 320.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B = 24.47m(상주방향:12.62m, 영천방향:11.85m)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>PSC E Beam</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교각:T형, 교대:역T형</td><td>교각</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>Finger Joint</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도,
하천)</td><td>남천</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>약 6.5~7.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">내진적용(1등급, A=0.154), 완화 + 직선교
종단경사 : S=(+)0.500%</td></tr>
</table>

3. 가호교 초기점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	상주~영천 고속도로 민자투자사업 6공구 초기점검	점 검 기 관	(사) 한국건설안전협회		
관리주체명	상주영천고속도로(주)	대 표 자	안 무 영		
공 동 수 급	단독수행	계 약 방 법	경쟁입찰		
시설물 구분	교 량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2017.06.27	점검금액(천원)	37,240 (VAT포함)	안전 등급	A등급
시설물 위치	경상북도 군위군 효령면 가호리 973-1	시설물 규모	L= 132.5m B = 24.47m		

나. 점검 실시결과 현황

중 대 결 함	- 중대 결함 사항 없음
점검 주요결과	① 외관 조사 결과, 콘크리트의 상태는 전반적으로 양호한 상태이나. 중분대 및 방호벽 균열, 마감불량(철근), 교대 균열 등이 조사되었다. - 교면포장(노출콘크리트), 중분대 및 방호벽은 점검후 지적된 사항에 대한 보수를 완료하였다. ② 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안정성은 양호한 것으로 판단된다.
주요 보수·보강	- 표면처리, 주입보수, 단면복구

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
과업 책임기술자	서 수 원	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목구조기술사
기술 자문	하 주 익	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목시공기술사 건설안전기술사
	김 주 범	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토질 및 기초기술사 건설안전기술사
참여기술자	박 병 일	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	특급기술자
	정 재 갑	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	김 도 완	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	양 동 규	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	박 경 열	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	양 광 모	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	임 창 우	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	성 동 렬	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	장 바 울	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	김 승 현	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자

라. 참고사항

- 특이사항 없음

가호교 초기점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
- 가호교의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태이며, 재하시험 결과를 반영하여 내하력을 평가한 결과 설계하중인 DB-24 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 평가되었음. - 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 가호교는 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었음. 책임기술자 : 서 수 원 (서명)

가. 초기점검 외관조사 결과 기본사항(상주방향)

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A 등급
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상 부 구 조	하 면	a	-	-
	거 더	a	-	-
2차부재	가로보	a	-	-
기 타 부 재	포 장	a	망상균열, 파손	표면처리, 단면복구(보수완료)
	배수시설	a	-	-
	방호벽	a	균열, 백태	표면처리, 주입보수(보수완료)
	신축이음	a	-	-
받 침		a	-	-
하 부 구 조	교 대	b	균열	표면처리, 주입보수
	교 각	a	-	-

나. 초기점검 외관조사 결과 기본사항(영천방향)

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : A 등급
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상 부 구 조	하 면	a	-	-
	거 더	a	-	-
2차부재	가로보	a	-	-
기 타 부 재	포 장	a	망상균열	표면처리(보수완료)
	배수시설	a	-	-
	방호벽	a	균열, 마감불량	표면처리, 단면복구(보수완료)
	신축이음	a	-	-
받 침		a	-	-
하 부 구 조	교 대	b	균열	표면처리, 주입보수
	교 각	a	균열, 파손	표면처리, 단면복구

다. 안전성평가 결과(상주방향)

안전성 평가 수행 부재	해석 방법	안전성평가 결과 요약	최소 안전율	안전성 평가 결과
바닥판	강도 설계법	- 내하력평가결과 DB-24이상으로 내하력 확보됨. - 안전율 1.00이상으로서 구조적으로 안전한 것으로 평가됨.	1.366 (좌측캔틸레버부)	A
거더	허용 응력법		1.389 (중앙부)	A

라. 현장시험(상주방향)

시 험 명	시험 부위	시험 결과		책임기술자 의견
		일본재료학회 (권영웅외)	일본건축학회 (과학기술부)	
· 비파괴 강도 (반발경도법)	바닥판	27.0~27.9 MPa	28.6~29.1 MPa	· 설계기준강도이상으로 콘크리트 품질 상태는 양호 함.
		설계치 : 27 MPa		
	교대	24.0~24.3 MPa	26.5~26.6 MPa	
		설계치 : 24 MPa		
	교각	27.6~27.9 MPa	28.5~28.7 MPa	
		설계치 : 27 MPa		
· 철근배근 탐사	바닥판 하면	주철근	101~110 ㎜	· 설계도면에 준하여 시공되어진 것으로 조사됨
		배력철근	100~108 ㎜	
	교대	수직철근	248~253 ㎜	
		수평철근	118~130 ㎜	
	교각(기둥)	수직철근	124~133 ㎜	
		수평철근	299~308 ㎜	
· 탄산화 시험	바닥판 하면	0.4㎜		· 탄산화에 따른 철근부식의 영향은 없는 것으로 판단됨
	교대	0.9㎜		
	교각	1.1㎜		
· 강재 도막두께	내부	평균 1004~1023 ㎛		· 피복상태 양호함
	외부	평균 997~1022 ㎛		

마. 현장시험(영천방향)

시 험 명	시험 부위	시험 결과		책임기술자 의견
		일본재료학회 (권영웅외)	일본건축학회 (과학기술부)	
· 비파괴 강도 (반발경도법)	바닥판	27.4~28.0 MPa	28.8~29.1 MPa	· 설계기준강도이상으로 콘크리트 품질 상태는 양호 함.
		설계치 : 27 MPa		
	교대	24.5~25.1 MPa	26.8~27.1 MPa	
		설계치 : 24 MPa		
	교각	28.6~29.0 MPa	29.1~29.3 MPa	
		설계치 : 27 MPa		
· 철근배근 탐사	바닥판 하면	주철근	101~112 ㎜	· 설계도면에 준하여 시공되어진 것으로 조사됨
		배력철근	104~110 ㎜	
	교대	수직철근	248~260 ㎜	
		수평철근	119~131 ㎜	
	교각(기둥)	수직철근	125~130 ㎜	
		수평철근	296~306 ㎜	
· 탄산화 시험	바닥판 하면	0.8㎜		· 탄산화에 따른 철근부식의 영향은 없는 것으로 판단됨
	교대	0.7㎜		
	교각	0.4㎜		
· 강재 도막두께	내부	평균 993~1067 ㎛		· 피복상태 양호함
	외부	평균 992~1048 ㎛		

가호교 시설물 현황표

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>가호교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년도</td><td>2017년</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경상북도 군위군 효령면 가호리 973-1</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24, DL-24</td><td>노선명(이정)</td><td colspan="2">상주~영천 고속도로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L = 132.5m(40.0 + 52.5 + 40.0 = 132.5m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B = 24.47m(상주방향:12.15m, 영천방향:12.32m)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>PUS Girder</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교각:T형, 교대:역T형</td><td>교각</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>New Monocell +
Finger Joint</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도,
하천)</td><td>국지도79호선</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>약 11.0~12.5m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">내진적용(1등급, A=0.154), 곡선교(R=3604.8)
종단경사 : S=(+)2.800%</td></tr>
</table>

4. 옹벽(Sta.4+941 ~ 5+933) 초기점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	상주~영천고속도로 민간투자 제6공구 초기점검	점 검 기 관	(사) 한국건설안전협회		
관리주체명	상주영천고속도로(주)	대 표 자	안 무 영		
공 동 수 급	단독수행	계 약 방 법	경쟁입찰		
시설물 구분	옹 벽	종 류	판넬식 보강토옹벽	종 별	2종
준 공 일	2017.06.27	점검금액 (천원)	3,452 (VAT포함)	안전 등급	A등급
시설물 위치	경상북도 군위군 효령면 화계리 715-5 외 ~ 부계면 신화리 148-30 외	시설물 규모	L = 977.0m H = 2.0~9.1m		

나. 점검 실시결과 현황

중 대 결 함	- 중대 결함 사항 없음
점검 주요결과	① 패널식 보강토 옹벽의 블록은 전반적으로 양호한 상태로서, 일부 구간에 균열 및 박리, 식생이 발생한 것으로 관찰되었다. 관찰된 손상은 건조수축 및 패널 제작중 기계협착 등에 의한 비 구조적인 손상으로 확인되었다. ② 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안정성은 양호한 것으로 판단된다.
주요 보수·보강	- 표면처리, 단면복구, 식생제거 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
과업 책임기술자	서 수 원	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목구조기술사
기술 자문	하 주 익	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목시공기술사 건설안전기술사
	김 주 범	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토질 및 기초기술사 건설안전기술사
참여기술자	박 병 일	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	특급기술자
	정 재 갑	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	김 도 완	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	양 동 규	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	박 경 열	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	양 광 모	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	임 창 우	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	성 동 렬	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	장 바 울	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	김 승 현	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자

라. 참고사항

- 특이사항 없음

옹벽(Sta.4+941~5+933) 초기점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
- 옹벽(Sta.4+941~5+933)의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 확인되었다. - 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 옹벽(Sta.4+941~5+933)은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었음. 책임기술자 : 서 수 원 (서명)

가. 초기점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A 등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
옹 벽	a	균열, 박리, 식생	표면처리, 단면복구, 식생제거
배수시설	a	균열(관통), 파손	단면복구
배 면	a	양 호	-

나. 현장시험

시 험 명	시험 부위	시험 결과		책임기술자 의견
		권영웅 외	과학기술부	
· 비파괴 강도 (반발경도법)	판넬식 보강토옹벽	30.0~33.7 MPa	30.0~32.4 MPa	· 설계기준강도이상으로 콘크리트 품질 상태는 양호함.
		설계치 : 30 MPa		
· 기울기 측정	판넬식 보강토옹벽	측정치 : 배면:(-)88.9°		· 기울기 상태 양호
		설계치 : 90.0°		

옹벽(Sta.4+941 ~ 5+933) 시설물 현황표

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="3">-</td><td>관리번호</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="3">옹벽#(Sta.4+941 ~ 5+933)
상주방향</td><td>시설물 구분</td><td colspan="3">옹벽</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="6">경상북도 군위군 효령면 화계리 715-5 외
~ 부계면 신화리 148-30 외</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위치좌표</td><td>구 분</td><td colspan="5">상주방향</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="5">4+941.000</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="5">5+933.000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>옹벽형식</td><td colspan="6">패널식 보강토 옹벽</td></tr>
<tr><td>연 장</td><td colspan="2">977.000m</td><td>지면노출높이
(m)</td><td colspan="2">2.0~9.1m</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="3">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>주변환경</td><td colspan="6">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td colspan="2">2017년 6월</td><td>시공자</td><td colspan="2">GS건설(주)</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="5">통로암거</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="6">-</td></tr>
</table>

5. 옹벽(Sta.4+934 ~ 5+103) 초기점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	상주~영천고속도로 민간투자 제6공구 초기점검	점 검 기 관	(사) 한국건설안전협회		
관리주체명	상주영천고속도로(주)	대 표 자	안 무 영		
공 동 수 급	단독수행	계 약 방 법	경쟁입찰		
시설물 구분	옹 벽	종 류	판넬식 보강토옹벽	종 별	2종
준 공 일	2017.06.27	점검금액 (천원)	4,871 (VAT포함)	안전 등급	A등급
시설물 위치	경상북도 군위군 효령면 화계리 1096-3 외	시설물 규모	L = 155.0m H = 4.0~12.0m		

나. 점검 실시결과 현황

중 대 결 함	- 중대 결함 사항 없음
점검 주요결과	① 패널식 보강토 옹벽의 블록은 전반적으로 양호한 상태로서, 기초 일부 구간에 균열 및 식생이 발생한 것으로 관찰되었다. 관찰된 기초균열은 건조수축 및 패널 제작중 기계협착 등에 의한 비 구조적인 손상으로서 점검 후 손상부에 대한 보수를 완료한 것으로 확인되었다. ② 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안정성은 양호한 것으로 판단된다.
주요 보수·보강	- 표면처리, 식생제거 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
과업 책임기술자	서 수 원	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목구조기술사
기술 자문	하 주 익	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목시공기술사 건설안전기술사
	김 주 범	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토질 및 기초기술사 건설안전기술사
참여기술자	박 병 일	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	특급기술자
	정 재 갑	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	김 도 완	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	양 동 규	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	박 경 열	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	양 광 모	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	임 창 우	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	성 동 렬	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	장 바 울	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	김 승 현	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자

라. 참고사항

- 특이사항 없음

옹벽(Sta.4+934~5+103) 초기점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
- 옹벽(Sta.4+934~5+103)의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 확인되었다. - 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 옹벽(Sta.4+934~5+103)은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었음. 책임기술자 : 서 수 원 (서명)

가. 초기점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A 등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
옹 벽	a	기초균열, 식생	표면처리, 식생제거
배수시설	a	양 호	-
배 면	a	양 호	-

나. 현장시험

시 험 명	시험 부위	시험 결과		책임기술자 의견
		권영웅외	과학기술부	
· 비파괴 강도 (반발경도법)	패널식 보강토옹벽	31.0~31.6 MPa	30.6~32.8 MPa	· 설계기준강도이상으로 콘크리트 품질 상태는 양호 함.
		설계치 : 30 MPa		
· 기울기 측정	패널식 보강토옹벽	측정치 : 배면:(-)89.0°		· 기울기 상태 양호
		설계치 : 90.0°		

옹벽(Sta.4+934 ~ 5+103) 시설물 현황표

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="3">-</td><td>관리번호</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="3">옹벽(Sta.4+934 ~ 5+103)
영천방향</td><td>시설물 구분</td><td colspan="3">옹벽</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="6">경상북도 군위군 효령면 화계리 1096-3 외</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위치좌표</td><td>구 분</td><td colspan="5">영천방향</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="5">4+934.000</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="5">5+103.000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>옹벽형식</td><td colspan="6">패널식 보강토 옹벽</td></tr>
<tr><td>연 장</td><td colspan="2">155.0m</td><td>지면노출높이(m)</td><td colspan="2">4.0~12.0m</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="3">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>주변환경</td><td colspan="6">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td colspan="2">2017년 6월</td><td>시공자</td><td colspan="2">GS건설(주)</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="5">수로암거</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="6">-</td></tr>
</table>

6. 옹벽(Sta.6+979 ~ 7+160) 초기점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	상주~영천고속도로 민간투자 제6공구 초기점검	점 검 기 관	(사) 한국건설안전협회		
관리주체명	상주영천고속도로(주)	대 표 자	안 무 영		
공 동 수 급	단독수행	계 약 방 법	경쟁입찰		
시설물 구분	옹 벽	종 류	블럭식 보강토옹벽	종 별	2종
준 공 일	2017.06.27	점검금액 (천원)	14,501 (VAT포함)	안전 등급	A등급
시설물 위치	경상북도 군위군 부계면 창평리 1565-1 외	시설물 규모	L = 181.0m H = 1.7~9.3m		

나. 점검 실시결과 현황

중 대 결 함	- 중대 결함 사항 없음
점검 주요결과	① 블럭식 보강토 옹벽의 블록은 전반적으로 양호한 상태로서, 일부 구간에 균열 및 블록 사이에 이격이 발생한 것으로 관찰된 상태로서 관찰된 손상은 옹벽 시공중에 발생된 비 구조적인 균열로 사료된다. ② 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안정성은 양호한 것으로 판단된다.
주요 보수·보강	- 표면처리, 주의관찰 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
과업 책임기술자	서 수 원	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목구조기술사
기술 자문	하 주 익	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목시공기술사 건설안전기술사
	김 주 범	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토질 및 기초기술사 건설안전기술사
참여기술자	박 병 일	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	특급기술자
	정 재 갑	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	김 도 완	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	양 동 규	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	박 경 열	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	양 광 모	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	임 창 우	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	성 동 렬	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	장 바 울	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	김 승 현	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자

라. 참고사항

- 특이사항 없음

옹벽(Sta.6+979~7+160) 초기점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
- 옹벽(Sta.6+979~7+160)의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 확인되었다. - 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 옹벽(Sta.6+979~7+160)은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었음. 책임기술자 : 서 수 원 (서명)

가. 초기점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A 등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
옹 벽	a	균열, 이격	표면처리, 주의관찰
배수시설	a	양 호	-
배 면	a	양 호	-

나. 현장시험

시 험 명	시험 부위	시험 결과		책임기술자 의견
		권영웅외	과학기술부	
· 비파괴 강도 (반발경도법)	보강토옹벽	28.7~28.9 MPa	28.1~28.9 MPa	· 설계기준강도이상으로 콘크리트 품질 상태는 양호함.
		설계치 : 30 MPa		
· 기울기 측정	보강토옹벽	측정치 : 전면:(+)88.0°		· 기울기 상태 양호
		설계치 : 87.8°		

옹벽(Sta.6+979 ~ 7+160) 시설물 현황표

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="3">-</td><td>관리번호</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="3">옹벽(Sta.6+979 ~ 7+160)
영천방향</td><td>시설물 구분</td><td colspan="3">옹벽</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="5">경상북도 군위군 부계면 창평리 1565-1 외</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위치좌표</td><td>구 분</td><td colspan="4">영천방향</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="4">6+979.000</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="4">7+160.000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>옹벽형식</td><td colspan="5">블록식 보강토 옹벽</td></tr>
<tr><td>연 장</td><td colspan="2">181.0m</td><td>지면노출높이(m)</td><td colspan="2">1.7~9.3m</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="3">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>주변환경</td><td colspan="6">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td colspan="2">2017년 6월</td><td>시공자</td><td colspan="2">GS건설(주)</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="5">통로암거</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="6">-</td></tr>
</table>

7. 옹벽(Sta.10+254 ~ 10+455) 초기점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	상주~영천고속도로 민간투자 제6공구 초기점검	점 검 기 관	(사) 한국건설안전협회		
관리주체명	상주영천고속도로(주)	대 표 자	안 무 영		
공 동 수 급	단독수행	계 약 방 법	경쟁입찰		
시설물 구분	옹 벽	종 류	패널식옹벽	종 별	2종
준 공 일	2017.06.27	점검금액 (천원)	3,452 (VAT포함)	안전 등급	A등급
시설물 위치	경상북도 군위군 부계면 가호리 143-2 외	시설물 규모	L = 201.0m H = 2.5~27.5m		

나. 점검 실시결과 현황

중 대 결 함	- 중대 결함 사항 없음
점검 주요결과	① 절토부 옹벽의 판넬은 전반적으로 양호한 상태하나, 절토부 옹벽 전면과 상단 일부 구간에 균열{(0.3㎜미만 : 2ea),(0.3㎜이상 : 7ea)}과 소규모의 파손(5ea)이 발생한 것으로 조사된 상태로서 관찰된 손상은 옹벽 시공중에 발생된 비 구조적인 균열로 사료된다. ② 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안정성은 양호한 것으로 판단된다.
주요 보수·보강	표면처리, 주입보수, 단면복구

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
과업 책임기술자	서 수 원	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목구조기술사
기술 자문	하 주 익	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목시공기술사 건설안전기술사
	김 주 범	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토질 및 기초기술사 건설안전기술사
참여기술자	박 병 일	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	특급기술자
	정 재 갑	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	김 도 완	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	양 동 규	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	박 경 열	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	양 광 모	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	임 창 우	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	성 동 렬	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	장 바 울	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	김 승 현	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자

라. 참고사항

- 특이사항 없음

옹벽(Sta.10+254~10+455) 초기점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
- 옹벽(Sta.10+254~10+455)의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 확인되었다. - 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 옹벽(Sta.10+254~10+455)은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었음. 책임기술자 : 서 수 원 (서명)

가. 초기점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A 등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
옹 벽	a	균열, 파손	표면처리, 주입보수, 단면복구
배수시설	a	양 호	-
배 면	a	균열	-

나. 현장시험

시 험 명	시험 부위	시험 결과		책임기술자 의견
		재료학회	건축학회	
· 비파괴 강도 (반발경도법)	절토부옹벽	24.0~27.5 MPa	27.7~30.6 MPa	· 설계기준강도이상으로 콘크리트 품질 상태는 양호함.
		설계치 : 24 MPa		
· 기울기 측정	절토부옹벽	측정치 : 배면:(+) 88.6° ~ 89.7°		· 기울기 상태 양호
		설계치 : 90.0°		

옹벽(Sta.10+254 ~ 10+455) 시설물 현황표

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="3">-</td><td>관리번호</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="3">STA.10+254~10+455, 상주
(절토부옹벽)</td><td>시설물 구분</td><td colspan="3">옹벽</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="6">경상북도 군위군 부계면 가호리 143-2 외</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위치좌표</td><td>구 분</td><td colspan="5">상주방향</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="5">10+254.000</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="5">10+455.000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>옹벽형식</td><td colspan="6">패널식 옹벽</td></tr>
<tr><td>연 장</td><td colspan="2">201.0m</td><td>지면노출높이
(m)</td><td colspan="2">2.5~27.5m</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="3">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>주변환경</td><td colspan="6">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td colspan="2">2017년 6월</td><td>시공자</td><td colspan="2">GS건설(주)</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="5">-</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="6">-</td></tr>
</table>

8. 절토사면(Sta.0+160 ~ 0+420 이설도로#2) 초기점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	상주~영천고속도로 민간투자 제6공구 초기점검	점 검 기 관	(사) 한국건설안전협회		
관리주체명	상주영천고속도로(주)	대 표 자	안 무 영		
공 동 수 급	단독수행	계 약 방 법	경쟁입찰		
시설물 구분	사 면	종 류	절토사면	종 별	2종
준 공 일	2017.06.27	점검금액 (천원)	4,172 (VAT포함)	안전 등급	A등급
시설물 위치	경상북도 군위군 부계면 신화리 ~ 창평리	시설물 규모	연장L = 260.0m 최대높이H = 37.0m		

나. 점검 실시결과 현황

중 대 결 함	- 중대 결함 사항 없음
점검 주요결과	① 외관조사결과 사면의 전반적인 시공상태는 양호한 것으로 조사되었으나, 일부구간 암상태가 면이 거칠고 절리와 층리가 발달되어있는 것으로 조사되었고, 부대시설물인 종배수로 시공상태는 일부 구간에 균열이 발생한 것으로 확인되었다. ② 절토 암반 사면은 설계도면대로 비탈면 경사 준수와 사면보호공(낙석방지망, 낙석방지책 등)조치가 적정하게 설치되어있는 상태였다. ③ 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사(암강도 측정) 결과 시방기준으로 측정되어 양호한 것으로 조사되었다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
과업 책임기술자	서 수 원	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목구조기술사
기술 자문	하 주 익	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목시공기술사 건설안전기술사
	김 주 범	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토질 및 기초기술사 건설안전기술사
참여기술자	박 병 일	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	특급기술자
	정 재 갑	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	김 도 완	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	양 동 규	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	박 경 열	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	양 광 모	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	임 창 우	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	성 동 렬	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	장 바 울	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	김 승 현	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자

라. 참고사항

- 특이사항 없음

절토사면(Sta.0+160 ~ 0+420 이설도로#2) 초기점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
- 절토사면(Sta.0+160~0+420 이설도로#2)의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 확인되었다. - 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 절토사면(Sta.0+160~0+420 이설도로#2)은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었음. 책임기술자 : 서 수 원 (서명)

가. 초기점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A 등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
1구간 (STA.0+160~0+300)	a	양 호	-
2구간 (STA.0+300~0+420)	a	양 호	-

나. 현장시험

시 험 명	시험 부위	시험 결과		책임기술자 의견
		반발값 평균치(r)	일축압축 강도 추정(MPa)	
· 암반 강도	사면1단	51.15~52.45	102.0~108.4	·암판정 기준 보통암으로 측정됨

절토사면(Sta.0+160 ~ 0+420 이설도로#2) 시설물 현황표

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="3">-</td><td>관리번호</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="3">STA.0+160 ~ 0+420
이설도로 #2</td><td>시설물 구분</td><td colspan="3">절토사면</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="6">경상북도 군위군 부계면 신화리 ~ 창평리</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위치좌표</td><td>구 분</td><td colspan="5">이설도로#2</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="5">0+160</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="5">0+420</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>연 장</td><td colspan="2">260m</td><td>최대높이</td><td colspan="2">37.0m</td></tr>
<tr><td>사면방향성</td><td colspan="2">55/187~197</td><td>노선</td><td colspan="2">상주~영천
고속도로</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="3">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>주변환경</td><td colspan="6">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td colspan="2">2017년 6월</td><td>시공자</td><td colspan="2">GS건설(주)</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="5">낙석방호책, 낙석방지망</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="6">-</td></tr>
</table>

9. 절토사면(Sta.8+850 ~ 9+230) 초기점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	상주~영천고속도로 민간투자 제6공구 초기점검	점 검 기 관	(사) 한국건설안전협회		
관리주체명	상주영천고속도로(주)	대 표 자	안 무 영		
공 동 수 급	단독수행	계 약 방 법	경쟁입찰		
시설물 구분	사 면	종 류	절토사면	종 별	2종
준 공 일	2017.06.27	점검금액 (천원)	6,097 (VAT포함)	안전 등급	A등급
시설물 위치	경상북도 군위군 부계면 가호리	시설물 규모	연장L = 380.0m 최대높이H = 37.0m		

나. 점검 실시결과 현황

중 대 결 함	- 중대 결함 사항 없음
점검 주요결과	① 외관조사결과 사면의 경사, 소단 폭, 식생상태 및 보강상태 등의 전반적인 시공상태는 양호한 것으로 조사되었다. ② 절토 암반 사면은 설계도면대로 비탈면 경사 준수와 사면보호공(녹생토, 낙석방지책 등)조치가 적정하게 설치되어있는 상태였다. ③ 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사(암강도 측정) 결과 시방기준으로 측정되어 양호한 것으로 조사되었다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
과업 책임기술자	서 수 원	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목구조기술사
기술 자문	하 주 익	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목시공기술사 건설안전기술사
	김 주 범	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토질 및 기초기술사 건설안전기술사
참여기술자	박 병 일	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	특급기술자
	정 재 갑	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	김 도 완	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	양 동 규	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	박 경 열	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	양 광 모	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	임 창 우	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	성 동 렬	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	장 바 울	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	김 승 현	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자

라. 참고사항

- 특이사항 없음

절토사면(Sta.8+850 ~ 9+230) 초기점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
- 절토사면(Sta.8+850~9+230)의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 확인되었다. - 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 절토사면(Sta.8+850~9+230)은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었음. 책임기술자 : 서 수 원 (서명)

가. 초기점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A 등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
1구간 (STA.8+850~8+980)	a	양 호	-
2구간 (STA.8+980~9+100)	a	양 호	-
3구간 (STA.9+100~9+230)	a	양 호	-

나. 현장시험

시 험 명	시험 부위	시험 결과		책임기술자 의견
		반발값 평균치(r)	일축압축 강도 추정(MPa)	
· 암반 강도	사면1단	50.4~52.1	98.4~106.6	· 암판정 기준 연암 및 보통암으로 측정됨

절토사면(Sta.8+850 ~ 9+230) 시설물 현황표

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="3">-</td><td>관리번호</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="3">STA.8+850 ~ 9+230</td><td>시설물 구분</td><td colspan="3">절토사면</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="6">경상북도 군위군 부계면 가호리</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위치좌표</td><td>구 분</td><td colspan="5">상주방향</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="5">8+850</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="5">9+230</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>연 장</td><td colspan="2">380m</td><td>최대높이</td><td colspan="2">37.0m</td></tr>
<tr><td>사면방향성</td><td colspan="2">55/220</td><td>노선</td><td colspan="2">상주~영천
고속도로</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="3">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>주변환경</td><td colspan="7">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td colspan="2">2017년 6월</td><td>시공자</td><td colspan="2">GS건설(주)</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="5">낙석방호책</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="7">-</td></tr>
</table>

10. 절토사면(Sta.9+820 ~ 10+580) 초기점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	상주~영천고속도로 민간투자 제6공구 초기점검	점 검 기 관	(사) 한국건설안전협회		
관리주체명	상주영천고속도로(주)	대 표 자	안 무 영		
공 동 수 급	단독수행	계 약 방 법	경쟁입찰		
시설물 구분	사 면	종 류	절토사면	종 별	2종
준 공 일	2017.06.27	점검금액 (천원)	12,195 (VAT포함)	안전 등급	A등급
시설물 위치	경상북도 군위군 부계면 창평리 ~ 가호리	시설물 규모	연장L = 760.0m 최대높이H = 50.0m		

나. 점검 실시결과 현황

중 대 결 함	- 중대 결함 사항 없음
점검 주요결과	① 외관조사결과 사면의 경사, 소단 폭, 식생상태 및 보강상태 등의 전반적인 시공상태는 양호한 것으로 조사되었으나, 산마루 측구 일부구간에서 균열 , 신축이음부 실런트 들뜸, 단차 등이 발생하였다. ② 절토 암반 사면은 설계도면대로 비탈면 경사 준수와 사면보호공(녹생토, 옹벽, 네일링, 낙석방지책 등)조치가 적정하게 설치되어있는 상태였다. ③ 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사(암강도 측정) 결과 시방기준으로 측정되어 양호한 것으로 조사되었다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
과업 책임기술자	서 수 원	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목구조기술사
기술 자문	하 주 익	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목시공기술사 건설안전기술사
	김 주 범	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토질 및 기초기술사 건설안전기술사
참여기술자	박 병 일	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	특급기술자
	정 재 갑	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	김 도 완	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	양 동 규	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	박 경 열	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	양 광 모	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	임 창 우	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	성 동 렬	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	장 바 울	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	김 승 현	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자

라. 참고사항

- 특이사항 없음

절토사면(Sta.9+820 ~ 10+580) 초기점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
- 절토사면(Sta.9+820~10+580)의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 확인되었다. - 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 절토사면(Sta.9+820~10+580)은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었음. 책임기술자 : 서 수 원 (서명)

가. 초기점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A 등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
1구간 (STA.9+820~9+920)	a	산마루측구 균열(0.3㎜이상)	-
2구간 (STA.9+920~10+080)	a	실런트 들뜸	-
3구간 (STA.10+080~10+180)	a	산마루측구 균열(0.3㎜이상)	-
4구간 (STA.10+180~10+240)	a	양 호	-
5구간 (STA.10+240~10+380)	a	균열(0.3㎜미만/이상) 파손	표면처리, 주입보수 단면보수
		산마루측구 균열(0.3㎜이상)	주입보수
		산마루측구 파손	단면보수
6구간 (STA.10+380~10+580)	a	양 호	-

나. 현장시험

시 험 명	시험 부위	시험 결과		책임기술자 의견
		반발값 평균치(r)	일축압축 강도 추정(㎫)	
· 암반 강도	사면1단	48.95~54.0	91.98~116.61	· 암판정 기준 연암 및 보통암으로 측정됨

절토사면(Sta.9+820 ~ 10+580) 시설물 현황표

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="3">-</td><td>관리번호</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="3">STA.9+820 ~ 10+580</td><td>시설물 구분</td><td colspan="3">절토사면</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="6">경상북도 군위군 부계면 창평리 ~ 가호리</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위치좌표</td><td>구 분</td><td colspan="5">상주방향</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="5">9+820</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="5">10+580</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>연 장</td><td colspan="2">760m</td><td>최대높이</td><td colspan="2">50.0m</td></tr>
<tr><td>사면방향성</td><td colspan="2">55/210</td><td>노선</td><td colspan="2">상주~영천
고속도로</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="3">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>주변환경</td><td colspan="6">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td colspan="2">2017년 6월</td><td>시공자</td><td colspan="2">GS건설(주)</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="5">낙석 방호책, 계단식 옹벽, PPP옹벽</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="6">-</td></tr>
</table>

11. 절토사면(Sta.10+260 ~ 10+710) 초기점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	상주~영천고속도로 민간투자 제6공구 초기점검	점 검 기 관	(사) 한국건설안전협회		
관리주체명	상주영천고속도로(주)	대 표 자	안 무 영		
공 동 수 급	단독수행	계 약 방 법	경쟁입찰		
시설물 구분	사 면	종 류	절토사면	종 별	2종
준 공 일	2017.06.27	점검금액 (천원)	7,220 (VAT포함)	안전 등급	A등급
시설물 위치	경상북도 군위군 부계면 창평리 ~ 가호리	시설물 규모	연장L = 450.0m 최대높이H = 42.0m		

나. 점검 실시결과 현황

중 대 결 함	- 중대 결함 사항 없음
점검 주요결과	① 외관조사결과 사면의 경사, 소단 폭, 식생상태 및 보강상태 등의 전반적인 시공상태는 양호한 것으로 조사되었다. ② 절토 암반 사면은 설계도면대로 비탈면 경사 준수와 사면보호공(녹생토, 낙석방지책 등)조치가 적정하게 설치되어있는 상태였다. ③ 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사(암강도 측정) 결과 시방기준으로 측정되어 양호한 것으로 조사되었다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
과업 책임기술자	서 수 원	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목구조기술사
기술 자문	하 주 익	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목시공기술사 건설안전기술사
	김 주 범	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토질 및 기초기술사 건설안전기술사
참여기술자	박 병 일	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	특급기술자
	정 재 갑	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	김 도 완	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	양 동 규	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	박 경 열	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	양 광 모	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	임 창 우	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	성 동 렬	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	장 바 울	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	김 승 현	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자

라. 참고사항

- 특이사항 없음

절토사면(Sta.10+260 ~ 10+710) 초기점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
- 절토사면(Sta.10+260~10+710)의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 확인되었다. - 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 절토사면(Sta.10+260~10+710)은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었음. 책임기술자 : 서 수 원 (서명)

가. 초기점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A 등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
1구간 (STA.10+260~10+420)	a	양 호	-
2구간 (STA.10+420~10+580)	a	양 호	-
3구간 (STA.10+580~10+710)	a	양 호	-

나. 현장시험

시 험 명	시험 부위	시험 결과		책임기술자 의견
		반발값 평균치(r)	일축압축 강도 추정(MPa)	
· 암반 강도	사면1단	51.35~52.45	102.96~108.42	· 암판정 기준 연암 및 보통암으로 측정됨

절토사면(Sta.10+260 ~ 10+710) 시설물 현황표

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="3">-</td><td>관리번호</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="3">STA.10+260 ~ 10+710</td><td>시설물 구분</td><td colspan="3">절토사면</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="6">경상북도 군위군 부계면 창평리 ~ 가호리</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위치좌표</td><td>구 분</td><td colspan="5">상주방향</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="5">10+260</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="5">10+710</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>연 장</td><td colspan="2">470m</td><td>최대높이</td><td colspan="2">42.0m</td></tr>
<tr><td>사면방향성</td><td colspan="2">55/035</td><td>노선</td><td colspan="2">상주~영천
고속도로</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="3">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>주변환경</td><td colspan="6">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td colspan="2">2017년 6월</td><td>시공자</td><td colspan="2">GS건설(주)</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="5">낙석방호책</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="6">-</td></tr>
</table>

12. 절토사면(Sta.10+970 ~ 11+230) 초기점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명	상주~영천고속도로 민간투자 제6공구 초기점검	점 검 기 관	(사) 한국건설안전협회		
관리주체명	상주영천고속도로(주)	대 표 자	안 무 영		
공 동 수 급	단독수행	계 약 방 법	상주영천고속도로(주)		
시설물 구분	사 면	종 류	절토사면	종 별	2종
준 공 일	2017.06.27	점검금액 (천원)	4,172 (VAT포함)	안전 등급	A등급
시설물 위치	경상북도 군위군 부계면 창평리	시설물 규모	연장L = 260.0m 최대높이H = 42.0m		

나. 점검 실시결과 현황

중 대 결 함	- 중대 결함 사항 없음
점검 주요결과	① 외관조사결과 사면의 경사, 소단 폭, 식생상태 및 보강상태 등의 전반적인 시공상태는 양호한 것으로 조사되었다. ② 절토 암반 사면은 설계도면대로 비탈면 경사 준수와 사면보호공(녹생토, 낙석방지책 등)조치가 적정하게 설치되어있는 상태였다. ③ 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사(암강도 측정) 결과 시방기준으로 측정되어 양호한 것으로 조사되었다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
과업 책임기술자	서 수 원	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목구조기술사
기술 자문	하 주 익	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토목시공기술사 건설안전기술사
	김 주 범	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	토질 및 기초기술사 건설안전기술사
참여기술자	박 병 일	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	특급기술자
	정 재 갑	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	김 도 완	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	고급기술자
	양 동 규	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	박 경 열	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	양 광 모	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	중급기술자
	임 창 우	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	성 동 렬	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	장 바 울	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자
	김 승 현	2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일	초급기술자

라. 참고사항

- 특이사항 없음

절토사면(Sta.10+970 ~ 11+230) 초기점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
- 절토사면(Sta.10+970~11+230)의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 확인되었다. - 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 절토사면(Sta.10+970~11+230)은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었음. 책임기술자 : 서 수 원 (서명)

가. 초기점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A 등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
1구간 (STA.10+970~11+080)	a	양 호	-
2구간 (STA.11+080~11+230)	a	양 호	-

나. 현장시험

시 험 명	시험 부위	시험 결과		책임기술자 의견
		반발값 평균치(r)	일축압축 강도 추정(㎫)	
· 암반 강도	사면1단	50.90~52.60	100.80~109.18	· 암판정 기준 보통암으로 측정됨

절토사면(Sta.10+970 ~ 11+230) 시설물 현황표

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="3">-</td><td>관리번호</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="3">STA.10+970 ~ 11+230</td><td>시설물 구분</td><td colspan="3">절토사면</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="6">경상북도 군위군 부계면 창평리</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위치좌표</td><td>구 분</td><td colspan="5">상주방향</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="5">10+970</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="5">11+230</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>연 장</td><td colspan="2">260m</td><td>최대높이</td><td colspan="2">42.0m</td></tr>
<tr><td>사면방향성</td><td colspan="2">55/022</td><td>노선</td><td colspan="2">상주~영천
고속도로</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="3">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>주변환경</td><td colspan="6">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td colspan="2">2017년 6월</td><td>시공자</td><td colspan="2">GS건설(주)</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="5">낙석방호책</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="6">-</td></tr>
</table>

참여기술진 명단

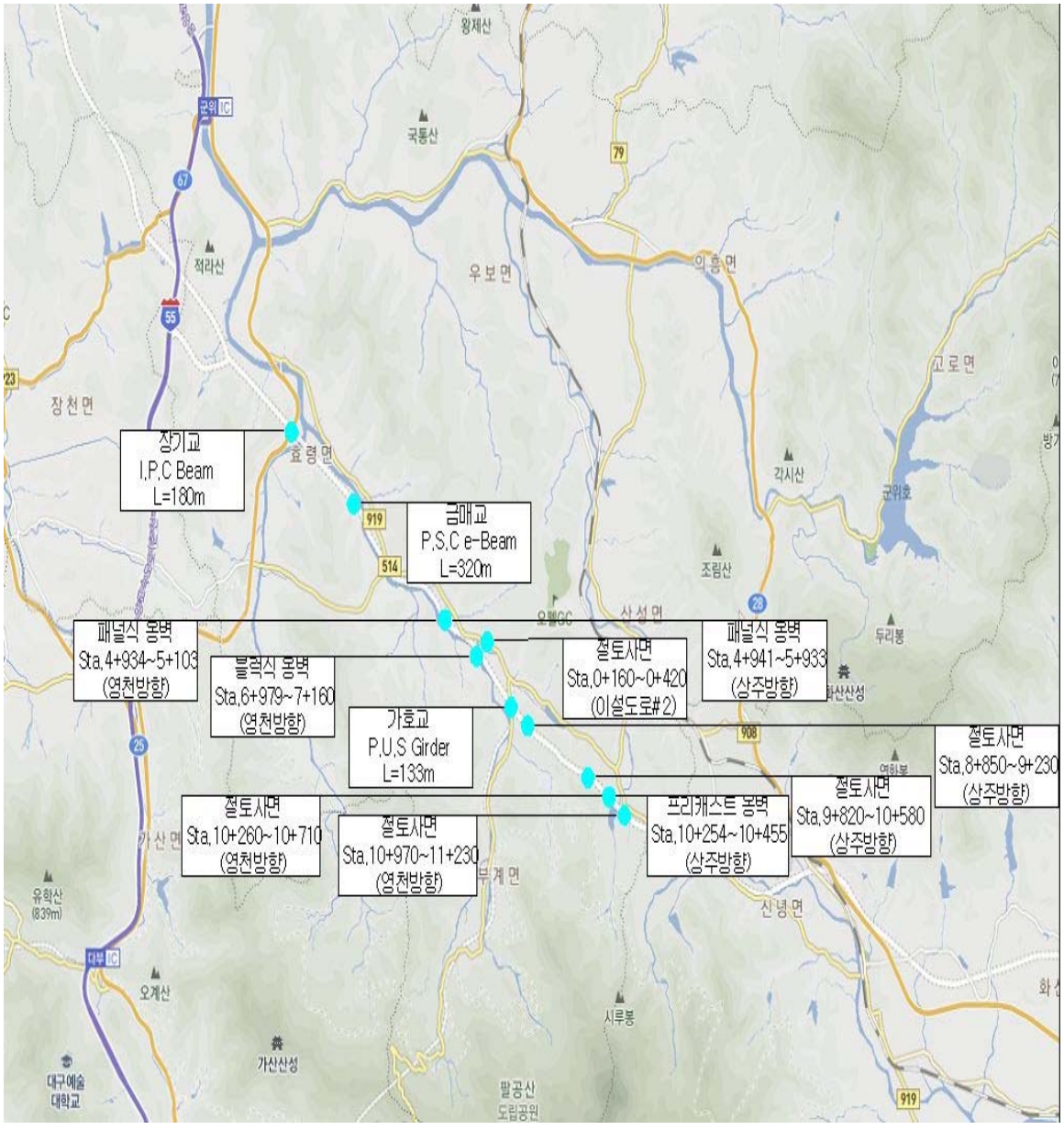
용역명 : 상주~영천 고속도로 민간투자사업 6공구 초기점검

참여업무	참 여 기 술 자				비 고
	참여업무 내용	직 위	성 명	자 격 사 항	
과업총괄 (PM)	과업 책임기술자	전문위원	서 수 원	토목구조기술사	
참여 기술자	기술검토 및 자문	토목사업 본부장	하 주 익	토목시공기술사 건설안전기술사	
		기술고문	김 주 범	토질및기초기술사 건설안전기술사	
	현장조사 및 보고서 작성	국 장	박 병 일	토목기사 건설재료시험기사	
		부 장	정 재 갑	토목기사	
		차 장	김 도 완	토목기사 건설안전기사	
		차 장	양 동 규	학 · 경력자 중급기술자	
		과 장	양 광 모	토목기사	
		과 장	박 경 열	토목기사	
		대 리	임 창 우	학 · 경력자 초급기술자	
		대 리	성 동 렬	학 · 경력자 초급기술자	
		기 사	장 바 울	학 · 경력자 초급기술자	
		기 사	김 승 현	토목기사 건설안전기사	

점검대상물 위치도

▶ 공 사 명 : 상주~영천 고속도로 민간투자사업 6공구 초기점검

▶ 현장위치 : 경상북도 군위군 효령면 ~ 부계면



과업대상물의 전경사진

▶ 장기교

▶ 금애교

▶ 가호교

▶ 옹벽 STA.4+941 ~ 5+933(상주방향)

▶ 옹벽 STA.4+934 ~ 5+103(영천방향)

▶ 옹벽 STA.6+979 ~ 7+160(영천방향)

▶ 옹벽 STA.10+254 ~ 10+455(상주방향)

▶ 절토사면 STA.0+160 ~ 0+420 이설도로#2

▶ 절토사면 STA.8+850 ~ 9+230 (상주방향)

▶ 절토사면 STA.9+820 ~ 10+580 (상주방향)

▶ 절토사면 STA.10+260 ~ 10+710 (영천방향)

▶ 절토사면 STA.10+970 ~ 11+230 (영천방향)

요 약 문

Ⅰ. 공 통 편

1.1 과업의 목적

본 안전점검의 목적은 의뢰자의 요청에 따라 현장의 시설물에 대해서 정기안전점검 수준 이상으로 실시하는 초기점검으로서 건설기술진흥법 시행령 제100조 제1항 제3호에 따른 건설공사를 준공(임시사용을 포함)하기 전에 문제점 발생 부위 및 붕괴 유발 부재 또는 문제점 발생 가능성이 높은 부위 등의 중점 유지관리 사항을 파악하고, 향후 정밀점검·정밀안전진단 시 구조물에 대한 안전성평가의 기준이 되는 초기치를 확보하기 위함이 그 목적이며, 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(한국시설안전공단, 2010.12, 교량/옹벽/절토사면 편, 이하 “세부지침”이라 함)」의 규정에 의거, 현장조사 및 각종 시험을 실시하였다.

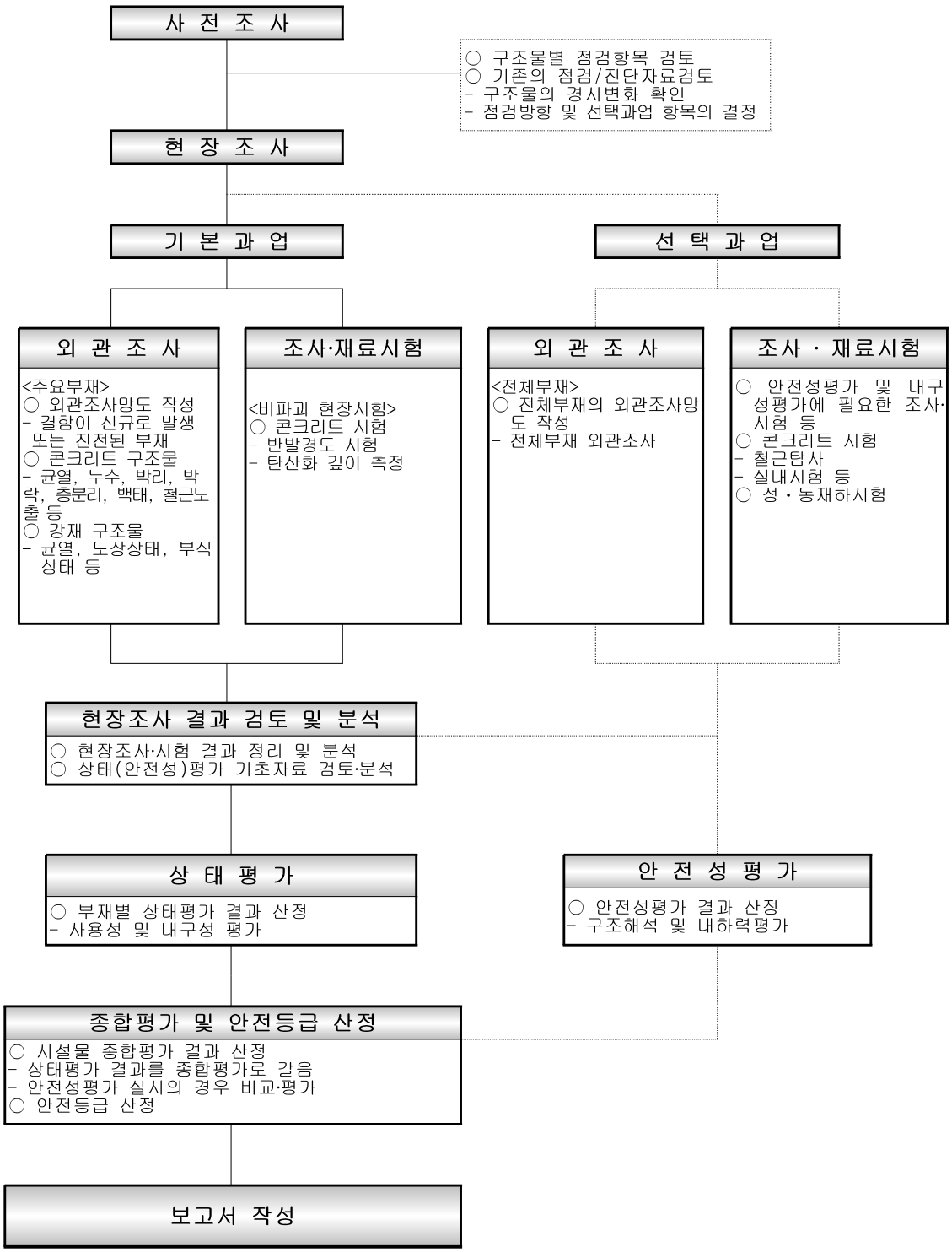
1.2 대상시설물의 현황

시설물명		형 식	제 원	시설물구분	비 고
교량	장기교	I.P.C Beam	L=180m	2종	분리
	금매교	P.S.C e-Beam	L=320m	1종	분리
	가호교	P.U.S Girder	L=132.5m	1종	분리

시설물명		형 식	제 원	시설물구분	비 고
옹벽	Sta.4+941~5+933 (상주방향)	패널식 보강토 옹벽	L=977m	2종	
	Sta.4+934~5+103 (상주방향)	패널식 보강토 옹벽	L=155m	2종	
	Sta.6+979~7+160 (영천방향)	블록시 보강토 옹벽	L=181m	2종	
	Sta.10+254~10+455 (상주방향)	패널식 옹벽	L=201m	2종	
절토 사면	Sta.0+160~0+420 (이설도로#2)	암사면	L=260m	2종	
	Sta.8+850~9+230 (상주방향)	암사면	L=380m	2종	
	Sta.9+820~10+580 (상주방향)	암사면	L=760m	2종	
	Sta.10+260~10+710 (상주방향)	암사면	L=450m	2종	
	Sta.10+970~11+230 (영천방향)	암사면	L=260m	2종	

1.3 과업의 범위 및 수행절차

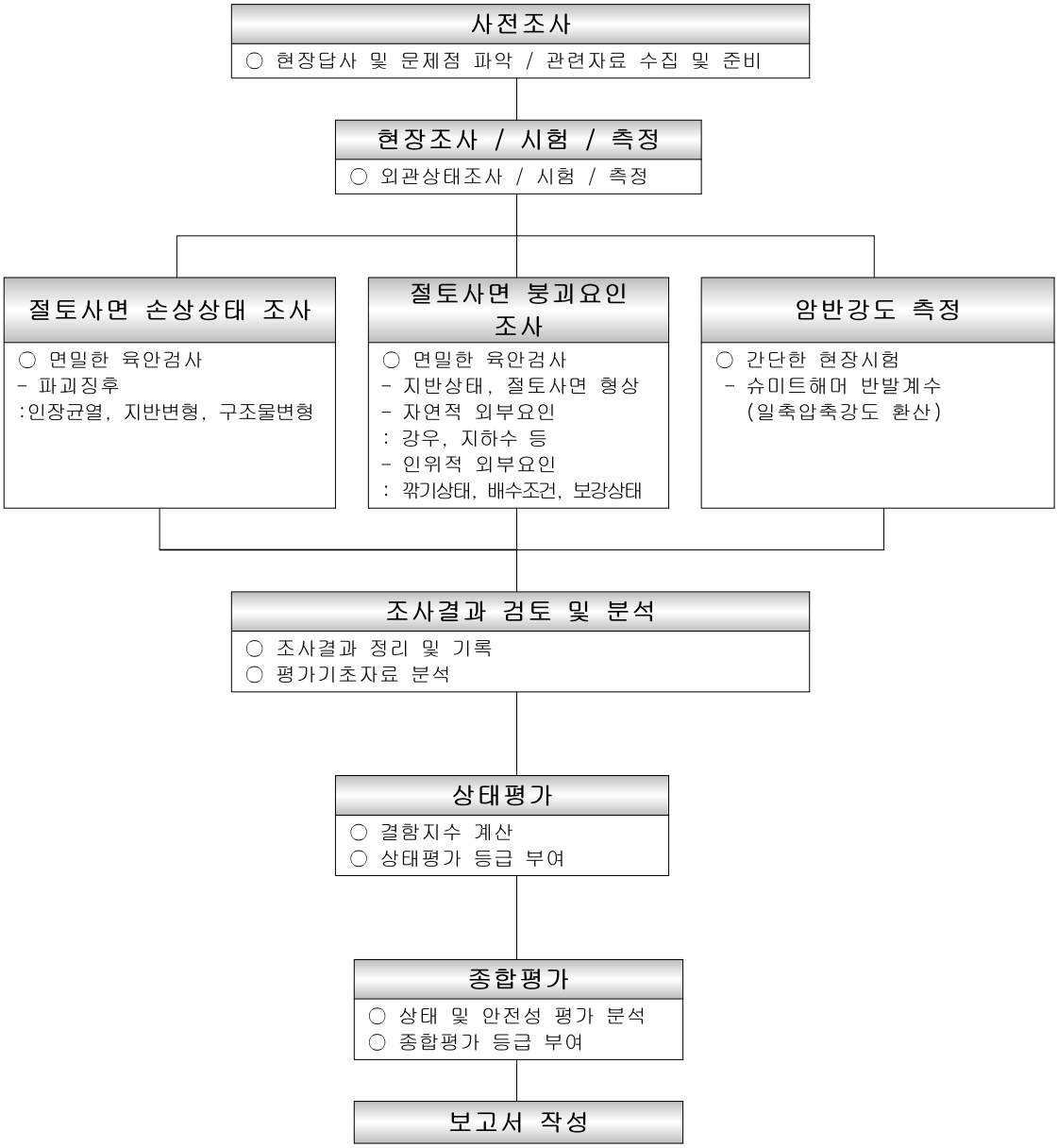
1.3.1 교량



1.3.2 옹벽

사 전 조 사
○ 구조종벽 진단항목 검토
○ 기존의 점검/진단자료검토
- 구조물의 경시변화 확인
- 점검방향 및 선택과업 항목의 결정
현 장 조 사
기 본 과 업
선 택 과 업
외 관 조 사
조사·재료시험
<주요부재>
○ 상태변화
- 전면부 주요결함
(파손,균열,유실,이격)
- 침하,활동,선형오차
- 기초부 세굴
○ 주변 상태변화
- 배수상태
- 사면상태
○ 외관조사망도 작성
- 결함이 신규로 발생
또는 진전된 부재
<비파괴 현장시험>
○ 측점분할
○ 선형오차 확인
(전도/경사 등)
외관조사
조사 · 재료시험
<전체부재>
○ 전체부재의 외관조사망도 작성
○ 전체부재 외관조사
○ 안전성평가 및 내구성 평가에 필요한 조사·시험 등
현장조사 결과 검토 및 분석
○ 현장조사·시험 결과 정리 및 분석
○ 상태(안전성)평가 기초자료 검토·분석
상 태 평 가
○ 부재별 상태평가 결과 산정
- 사용성 및 내구성 평가
종합평가 및 안전등급 산정
○ 시설물 종합평가 결과 산정
- 상태평가 및 안전성평가 비교·평가
○ 안전등급 산정
보고서 작성

1.3.3 절토사면



1.4 과업수행 일정

※ 과업기간 : 2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일(착수일로부터 47일)

Ⅱ. 구조물별 점검결과

1. 장기교

1.1 상주방향 상세외관조사

가. 교면 포장

본 교량의 교폭은 12.320m로 방호벽(0.62m)을 고려한 유효폭은 11.700m이며, 편도 2차선으로 구성되어있다. 교면포장은 콘크리트 바닥판위에 두께 50㎜의 노출콘크리트 포장으로 시공되어 있으며 외관조사결과 포장면은 균열, 함몰 및 요철, 단차 등의 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

나. 차량방호벽

본 교량은 콘크리트 방호벽 및 방음벽으로 시공되어 있으며, 외관조사 결과 방음벽은 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었으며, 방호벽에서 콘크리트 경화과정에서 외부에 수분을 빼앗기면서 발생하는 초기재령균열을 의미하는 소성수축균열이 조사되었으나 발생정도는 미미한 상태로서 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.

- 점검 후 관찰된 손상부에 대한 보수를 완료한 것으로 확인되었다.

다. 배수시설

본 교량은 횡구배(-2.0%)에 의해 우측면으로 우수가 유입되도록 하였으며, 총 12개소의 배수구가 설치되어 있다. 초기점검 당시 상부의 청소가 이루어지고 있는 것으로 확인 되었고, 청소 작업시 배수구로 쓰레기 및 이물질 등의 유입을 방지하기 위해 덮개로 배수구를 막아놓은 상태로 조사되었으며, 배수구는 포장면보다 낮게 설치되어 배수시설의 시공 상태는 양호한 것으로 조사 되었다.

배수관은 알루미늄 형식의 육교형으로 시공되어 배수관내 이물질 퇴적시 이물질제거가 용이할 것으로 판단되고, 시공 또한 기존도로의 통행차량에 영향이 미치지 않도록 집수 형식으로 시공하였으며, 관의 변형 및 파손, 이음부의 연결 상태 등 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.

라. 바닥판하면

바닥판 하면에 대한 외관조사는 교량 점검차를 이용하여 최대한 근접하여 실시하였으며, 점검결과 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로서 조사되었다.

마. GIRDER 및 가로보

본 교량의 거더 형식은 IPC GIRDER로 경간당 5기의 GIRDER로 시공되어져 있으며, 가로보는 콘크리트 가로보로 구성되어 있다. 외관조사는 교량점검차를 이용하여 최대한 근접하여 외관조사를 실시하였으며 거더 및 가로보 점검결과 균열 및 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

바. 신축이음 장치

신축이음장치는 A1, A2(Finger Joint)에 시공되었으며, 신축이음장치에 대한 외관조사 결과 본체 및 후타재는 변형이나 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

사. 교량받침

본 교량의 받침장치는 탄성받침으로 총 40개소가 설치되어 있으며, 받침 본체에 대한 현장조사 결과 변형 및 파손 등의 손상이 발생되지 않은 양호한 상태이고, 교량받침과 거더의 밀착상태, 받침의 편기, 편심상태도 양호한 것으로 조사되었다. 받침 콘크리트 점검결과 균열 및 재료분리 등의 손상이 없는 양호한 상태이다.

아. 교대

교대 형식은 역T형으로 A1:강관기초, A2:직접기초로 시공되어 있으며, 외관조사결과 균열 및 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

자. 교각

교각은 T형, 기초 형식은 직접기초로 시공되었으며, 외관조사결과 일부구간에 건조수축에 의한 균열이 발생하였으며, 시공 중 외부 충격이 원인으로 판단되는 콘크리트 파손 손상이 일부 구간에서 조사 되었으나, 손상정도가 미미하고 구조물의 안전성에 영향을 주지 않는 비구조적인 손상으로 판단된다.

1.2. 영천방향 상세외관조사

가. 교면 포장

본 교량의 교폭은 12.455m로 방호벽(0.62m), 중앙분리대(0.61m)을 고려한 유효폭은 11.395m이며, 편도 2차선으로 구성되어있다. 교면포장은 콘크리트 바닥판위에 두께 50㎜의 노출콘크리트 포장으로 시공되어 있으며 외관조사결과 포장면은 균열, 함몰 및 요철, 단차 등의 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

나. 차량방호벽

본 교량은 콘크리트 방호벽 및 콘크리트 중앙분리대가 시공되어 있으며, 외관조사 결과 방호벽은 건조수축이 원인으로 판단되는 균열이 조사 되었으며, 중앙분리대에서 시공 미흡이 원인으로 판단되는 균열이 일부 조사되었다.

- 점검 후 관찰된 손상부에 대한 보수를 완료한 것으로 확인되었다.

다. 배수시설

본 교량은 횡구배(-2.0%)에 의해 우측면으로 우수가 유입되도록 하였으며, 총 12개소의 배수구가 설치되어 있다. 초기점검 당시 상부의 청소가 이루어지고 있는 것으로 확인 되었고, 청소 작업시 배수구로 쓰레기 및 이물질 등의 유입을 방지하기 위해 배수구에 덮개를 설치해 놓은 상태로 조사 되었고, 배수구는 포장면보다 낮게 설치되어 배수시설의 기능 발휘에 문제는 없을 것으로 판단되며, 배수시설의 시공 상태는 양호한 것으로 조사 되었다.

배수관은 알루미늄 형식의 육교형으로 시공되어 배수관내 이물질 퇴적시 이물질제거가 용이할 것으로 판단되고, 시공 또한 기존도로의 통행차량에 영향이 미치지 않도록 집수 형식으로 시공하였으며, 관의 변형 및 파손, 이음부의 연결 상태 등 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.

라. 바닥판하면

바닥판 하면에 대한 외관조사는 교량 점검차를 이용하여 최대한 근접 하여 실시하였으며, 점검결과 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로서 조사되

었다.

마. GIRDER 및 가로보

본 교량의 거더 형식은 IPC GIRDER로 경간당 5기의 GIRDER로 시공되어져 있으며, 가로보는 콘크리트 가로보로 구성되어 있다. 외관조사는 교량점검차를 이용하여 최대한 근접하여 외관조사를 실시하였으며 거더 및 가로보 점검결과 거더는 균열 및 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었으나, 가로보에서 시공미흡이 원인으로 판단되는 공극 손상이 일부 조사되었다.

바. 신축이음 장치

신축이음장치는 A1, A2(Finger Joint)에 시공되었으며, 신축이음장치에 대한 외관조사 결과 본체 및 후타재는 변형이나 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

사. 교량받침

본 교량의 받침장치는 탄성받침으로 총 40개소가 설치되어 있으며, 받침본체에 대한 현장조사 결과 변형 및 파손 등의 손상이 발생되지 않은 양호한 상태이고, 교량받침과 거더의 밀착상태, 받침의 편기, 편심상태도 양호한 것으로 조사되었다. 받침 콘크리트 점검결과 균열 및 재료분리 등의 손상이 없는 양호한 상태이다.

아. 교대

교대 형식은 역T형으로 A1:강관기초, A2:직접기초로 시공되어 있으며, 외관조사결과 균열 및 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

자. 교각

교각은 T형, 기초 형식은 직접기초로 시공되었으며, 외관조사결과 일부구간에 건조수축이 원인으로 판단되는 균열이 조사되었으며, 시공 중 외부충격이 원인으로 판단되는 콘크리트 파손 손상이 일부 구간에서 조사 되었으나, 손상정도가 미미하고 구조물의 안전성에 영향을 주지 않는 비 구조적인 손상으로 판단된다.

1.3 교량받침 조사

가. 교량받침 이동량 조사

교량 받침 가동 여유량에 대한 분석 결과 수축·신장 여유량이 최대 수축·신장 이동량을 상회하는 것으로 나타나 장기교의 받침장치는 수축·신장에 따른 여유량을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

나. 교량받침 연단거리조사

교대, 교각의 받침장치에 대한 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치(최소값)를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 장기교는 충분한 연단거리를 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

1.4 신축이음장치 유간 조사

신축이음장치 유간에 대한 분석결과 설치유간이 설계유간을 상회하고, 신축유간 상·하부에서 측정한 여유량이 계산 신장·수축량을 상회하는 것으로 나타나 장기교는 신장·수축에 따른 충분한 유간을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

1.5 재료 시험

가. 콘크리트 강도 시험

일반식(일본재료학회, 건축학회)과 고강도식(권영웅외, 과학기술부)를 이용하여 콘크리트 비파괴강도 측정을 시행한 결과, 상주방향 바닥판하면은 27.0~29.6MPa, 거더는 44.2~53.2MPa, 교대는 24.2~27.0MPa, 교각은 27.3~29.1MPa 측정되었으며, 영천방향 바닥판하면은 27.0~29.3MPa, 교대는 24.1~27.0MPa, 교각은 27.0~28.5MPa로 측정되었다.

반발경도 측정은 표면 건전부에서 시행하였으며, 각각의 측정치가 부재별 설계기준 강도(바닥판하면:27.0MPa, 거더:40.0MPa, 교대:24.0MPa 교각:27.0MPa)를 대부분 상회하는 것으로 나타나 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

나. 철근배근 탐사

RC-Radar를 이용하여 철근배근탐사를 시행하였으며, 측정 결과 상주방향 바닥판하면의 주철근 98~105mm, 배력철근 235~262mm, 거더의 수직철근 209~214mm, 수평철근 146~152mm, 교대 구체의 수직철근 240~253mm, 수평철근 120~131mm, 교각 기둥부의 수직철근 123~131mm, 수평철근 296~303mm로 측정되었고, 영천방향 바닥판하면의 주철근 100~110mm, 배력철근 237~254mm, 교대 구체의 수직철근 245~258mm, 수평철근 120~126mm, 교각 기둥부의 수직철근 118~126mm, 수평철근 298~310mm로 측정되었다.

이는 설계배근간격과 설계피복두께를 대부분 만족하고 있는 것으로 조사되어 시공상의 철근배근 및 피복두께 상태는 적정한 것으로 분석된다.

다. 탄산화 시험

실측 탄산화깊이는 상주방향 최대 0.3mm, 영천방향 최대 0.2mm로 측정되었다. 이는 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 등급이 A등급에 해당되어 탄산화에 의한 부식발생은 없는 것으로 평가 되었다.

1.6 시설물의 상태평가

장기교의 상태등급평가는「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 한국시설 안전공단, 2010.12)」에 의거 각 부재에 대해 각각 실시하였으며, 육안조사에 의한 외관조사 항목과 내구성 요소인 탄산화 측정치 항목을 포함하여 상태평가를 실시하였다. 이에 따른 상태평가 산정결과 결함지수는 0.121로서 상태평가 등급은 “A” 등급(0 < x < 0.13)의 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다.

1.7 재하시험

장기교는 영천방향에 재하시험을 실시하였으며, 교량형식은 IPC GIRDER교로서 시험경간 선정은 대상교량의 구조적 특성 및 차량통제 등을 고려하여 구조적으로 불리하고 Gauge 부착 및 측정장비의 설치, 시험차량의 가속거리 등의

현장여건을 종합적으로 고려하여 S4구간을 선정하였다.

정적재하시험 결과, 하향처짐이 최소 -0.996㎜, 최대 -1.627㎜로 측정되었으며, 변형률 측정결과, 최대 26.012μm/m, 최소 1.733μm/m로 측정되었다.

또한, 대칭성분석결과 전반적으로 양호한 거동을 하는 것으로 판단되며 서로 대칭인 재하경우에 대한 비교를 통하여 계측결과의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

동적 재하시험시 재하차량의 주행 방향은 영천방향(A2)→상주방향(A1)방향으로 주행토록 하였으며, 10㎞/hr에서 부터 주행 가능한 최대속도(45㎞/hr)까지 측정하였다. 동적재하시험 결과, 실측 최대충격계수는 이론 충격계수 산정값 이내로 확인되었으며, 측정고유진동수 및 해석고유진동수를 비교한 결과, 실제치와 이론치가 유사한 상태로서 구조물의 강성은 충분히 확보하고 있는 것으로 판단된다.

1.8 구조해석 및 내하력 평가

가. 내하력 평가

장기교(영천방향)에 대한 허용응력 설계법에 의한 주형 부재의 공용 내하력을 산정한 결과, 주형 모두 DB-24 이상으로 통과하중에 대한 여유를 확보하고 있는 것으로 산출되었으며, 강도 설계법에 의한 바닥판의 내하력 평가도 설계하중인 DB-24 이상으로 통과하중에 대한 여유를 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

나. 안전성 평가

장기교(영천방향)에 대한 안전성평가 결과 바닥판의 안전율(SF)이 1.0이상으로서 구조적으로 안전한 것으로 평가되었다.

1.9 종합평가 및 안전등급 지정

가. 종합평가

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.121	A	
안전성 평가	1.122	A	최소안전율
종합평가	-	A	
종합평가 결과	장기교의 종합평가 결과 “A"		

나. 안전등급

장기교에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

1.10 종합결론

1) 본 대상구조물은 경상북도 군위군 효령면 장기리 1045-1에 위치한 총 폭원 24.47m(상주방향:12.32m, 영천방향:12.15m), 총연장 180.0m(4@45.0m)의 IPC Girder 형식으로서 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당되며, 각 부재에 대한 정밀 외관조사 및 재료시험, 재하시험, 구조해석 등을 실시하였다.

2) 외관 조사 결과, 콘크리트의 상태는 전반적으로 양호한 상태이나. 중분대 및 방호벽, 가로보 공극, 교각 일부구간에 건조수축에 의한 균열 및 파손 등이 조사되었다. 이 구간에 대하여 내구성 확보차원에서 보수가 필요할 것으로 판단된다.

- 중분대 및 방호벽은 점검후 지적된 사항에 대한 보수를 완료하였다.

3) 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안정성은 양호한 것으로 판단된다.

4) 점검대상 교량인 장기교에 대하여 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침”에 의거 현재 교량의 상태를 판단한 결과, 교량의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태이며, 재하시험 결과를 반영하여 내하력을 평가한 결과 설계하중인 DB-24 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

5) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 장기교는 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다

6) 향후 교량의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

2. 금매교

2.1 상주방향 상세외관조사

가. 교면 포장

본 교량의 교폭은 12.625m로 방호벽(0.62m) 및 중앙분리대(0.61m)을 고려한 유효폭은 11.395m이며, 편도 2차선으로 구성되어있다. 교면포장은 콘크리트 바닥판위에 두께 50mm의 노출콘크리트 포장으로 시공되어 있으며 외관조사결과 포장면은 균열, 함몰 및 요철, 단차 등의 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

나. 차량방호벽

본 교량은 콘크리트 방호벽 및 콘크리트 중앙분리대로 시공되어 있으며, 외관조사 결과 중앙분리대는 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었으며, 방호벽에서 건조수축이 원인으로 판단되는 균열 손상이 조사되었으나, 구조물의 안전에 영향을 주지 않는 비구조적인 손상으로 조사되었다.

- 점검 후 관찰된 손상부에 대한 보수를 완료한 것으로 확인되었다.

다. 배수시설

본 교량은 종단 경사(+5.0%)에 의해 S1,S2 경간은 교량 내측으로 배수 시설이 각각 10개소가 설치 되어있고 S3경간은 1개소만 내측으로 시공되어져 있으며, 그 외 배수시설과 S4~S7경간의 배수시설은 횡구배(-2.0%)에 의해 우측면으로 우수가 유입되도록 시공되어 있는 것으로 조사 되었다. 배수시설 점검 결과 배수구로 쓰레기 및 이물질 등의 유입을 방지하기 위해 스틸 그레이팅이 설치되어있는 것으로 확인 되었으며, 배수구는 포장면보다 낮게 설치되어 배수시설의 시공 상태는 양호한 것으로 조사 되었고, 배수관은 알루미늄 형식의 육교형으로 시공되어, 배수관내 이물질 퇴적시 이물질 제거가 용이할 것으로 판단되며, 관의 변형 및 파손, 이음부의 연결 상태 등 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.

라. 바닥판하면

바닥판 하면에 대한 외관조사는 교량 점검차를 이용하여 최대한 근접 하여 실시하였으며, 점검결과 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로서 조사되었다.

마. GIRDER 및 가로보

본 교량의 거더 형식은 PSC E BEAM GIRDER로 경간당 5기의 GIRDER로 시공되어져 있으며, 가로보는 콘크리트 가로보로 구성되어 있다. 외관조사는 교량점검차를 이용하여 최대한 근접하여 외관조사를 실시하였으며 거더 및 가로보 점검결과 균열 및 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

바. 신축이음 장치

신축이음장치는 A1, P2, P5, A2(Finger Joint)에 시공되었으며, 신축이음장치에 대한 외관조사 결과 본체 및 후타재는 변형이나 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

사. 교량받침

본 교량의 받침장치는 탄성받침으로 총 45개소가 설치되어 있으며, 받침본체에 대한 현장조사 결과 손상이 발생되지 않은 양호한 상태이고, 교량받침과 거더의 밀착상태, 받침의 편기, 편심상태도 양호한 것으로 조사되었다. 받침 콘크리트 점검결과 시공미흡이 원인으로 판단되는 재료분리 손상이 조사되었다.

아. 교대

교대 형식은 역T형으로 A1, A2:직접기초로 시공되어 있으며, 외관조사결과 균열 및 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

자. 교각

교각은 T형, 기초 형식은 직접기초로 시공되었으며, 외관조사결과 일부구간에서 건조수축이 원인으로 판단되는 균열 및 망상균열 손상이 조사되었으며, 조사된 손상은 구조물의 안전성에 영향을 주지 않는 비 구조적인 손상으로 판단된다.

2.2. 영천방향 상세외관조사

가. 교면 포장

본 교량의 교폭은 11.825m로 방호벽(0.45m)을 고려한 유효폭은 11.375m이며, 편도 2차선으로 구성되어있다. 교면포장은 콘크리트 바닥판위에 두께 50㎜의 노출콘크리트 포장으로 시공되어 있으며 외관조사결과 포장면은 균열, 함몰 및 요철, 단차 등의 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

나. 차량방호벽

본 교량은 콘크리트 방호벽으로 시공되어 있으며, 외관조사 결과 방호벽은 균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

다. 배수시설

본 교량의 배수시설은 횡구배(-2.0%)에 의해 우측면으로 우수가 유입되도록 시공되어 있는 것으로 조사 되었다. 배수시설 점검 결과 배수구로 쓰레기 및 이물질 등의 유입을 방지하기 위해 스틸 그레이팅이 설치되어있는 것으로 확인 되었으며, 배수구는 포장면보다 낮게 설치되어 배수시설의 시공 상태는 양호한 것으로 조사 되었고, 배수관은 알루미늄 형식의 육교형으로 시공되어, 배수관내 이물질 퇴적시 이물질제거가 용이할 것으로 판단되며, 관의 변형 및 파손, 이음부의 연결 상태등 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.

라. 바닥판하면

바닥판 하면에 대한 외관조사는 교량 점검차를 이용하여 최대한 근접 하여 실시하였으며, 점검결과 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로서 조사되었다.

마. GIRDER 및 가로보

본 교량의 거더 형식은 PSC E BEAM GIRDER로 경간당 5기의 GIRDER로 시공되어져 있으며, 가로보는 콘크리트 가로보로 구성되어 있다. 외관조사는 교량점검차를 이용하여 최대한 근접하여 외관조사를 실시하였으며 거더 및

가로보 점검결과 균열 및 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

바. 신축이음 장치

신축이음장치는 A1, P2, P5, A2(Finger Joint)에 시공되었으며, 신축이음장치에 대한 외관조사 결과 본체 및 후타재는 변형이나 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

사. 교량받침

본 교량의 받침장치는 탄성받침으로 총 45개소가 설치되어 있으며, 받침본체에 대한 외관조사 결과 받침과 거더의 밀착상태, 편기, 편심 상태 등 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 받침 콘크리트 점검결과 시공미흡이 원인으로 판단되는 재료분리 손상이 일주구간에서 조사되었다.

아. 교대

교대 형식은 역T형으로 A1, A2:직접기초로 시공되어 있으며, 외관조사결과 A2 벽체에서 건조수축이 원인으로 판단되는 균열 손상이 1개소 조사 되었으나, 조사된 손상은 구조물의 안전에 연향을 주지 않는 비 구조적인 손상으로 판단되고, 조사된 손상의 정도는 경미한 상태로 조사 되었다.

자. 교각

교각은 T형, 기초 형식은 직접기초로 시공되었으며, 외관조사결과 일부구간에서 건조수축이 원인으로 판단되는 균열 및 망상균열 손상이 조사되었고, 시공중 외부 충격이 원인으로 판단되는 콘크리트 파손, 시공미흡 및 양생불량이 원인으로 판단되는 재료분리, 콘크리트 표면박리 등의 손상이 조사 되었으나, 조사된 손상들은 구조물의 안전에 영향을 주지 않는 비 구조적인 손상으로 판단된다.

2.3 교량받침 조사

가. 교량받침 이동량 조사

교량 받침 가동 여유량에 대한 분석 결과 수축·신장 여유량이 최대 수축·신장 이동량을 상회하는 것으로 나타나 금매교의 받침장치는 수축·신장에 따른 여유량을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

나. 교량받침 연단거리조사

교대, 교각의 받침장치에 대한 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치(최소값)를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 금매교는 충분한 연단거리를 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

2.4 신축이음장치 유간 조사

신축이음장치 유간에 대한 분석결과 설치유간이 설계유간을 상회하고, 신축유간 상·하부에서 측정한 여유량이 계산 신장·수축량을 상회하는 것으로 나타나 금매교 신장·수축에 따른 충분한 유간을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

2.5 재료 시험

가. 콘크리트 강도 시험

일반식(일본재료학회, 건축학회)과 고강도식(권영웅외, 과학기술부)를 이용하여 콘크리트 비파괴강도 측정을 시행한 결과, 상주방향 바닥판하면은 27.1~29.3MPa, 거더는 40.1~49.1Mpa, 교대는 24.0~27.3MPa, 교각은 27.1~29.1MPa로 측정되었으며, 영천방향 바닥판하면은 27.2~29.1MPa, 거더는 40.6~49.4Mpa, 교대는 24.1~26.7MPa, 하부구조물(교각)은 27.0~28.9MPa로 측정되었다.

반발경도 측정은 표면 건전부에서 시행하였으며, 각각의 측정치가 부재별 설계기준 강도(바닥판하면:27.0MPa, 거더:40.0MPa, 교대:24.0MPa, 교각:27.0MPa)를 대부분 상회하는 것으로 나타나 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

나. 철근배근 탐사

RC-Radar를 이용하여 철근배근탐사를 시행하였으며, 측정 결과 상주방향 바닥판하면의 주철근 101~108㎜, 배력철근 120~129㎜, 거더 수직철근 149~156㎜, 수평철근 200~210㎜, 교대 구체 수직철근 254~261㎜, 수평철근 122~130㎜, 교각 기둥부 수직철근 122~130㎜, 수평철근 298~311㎜, 코핑부 수직철근 200~205㎜, 수평철근 200~213㎜로 측정되었고, 영천방향 바닥판 하면의 주철근 100~110㎜, 배력철근 120~129㎜, 거더의 수직철근 147~153㎜, 수평철근 200~212㎜, 교대 구체의 수직철근 248~258㎜, 수평철근 125~135㎜, 교각 기둥부의 수직철근 124~131㎜, 수평철근 300~311㎜, 코핑부의 수직철근 200~210㎜, 수평철근 200~215㎜로 측정되었다.

이는 설계배근간격과 설계피복두께를 대부분 만족하고 있는 것으로 조사되어 시공상의 철근배근 및 피복두께 상태는 적정한 것으로 분석된다.

다. 탄산화 시험

실측 탄산화깊이는 상주방향 최대 1.0㎜, 영천방향 최대 6.5㎜로 측정되었다. 이는 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 등급이 A등급에 해당되어 탄산화에 의한 부식발생은 없는 것으로 평가 되었다.

2.6 시설물의 상태평가

금매교의 상태등급평가는「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 한국시설 안전공단, 2010.12)」에 의거 각 부재에 대해 각각 실시하였으며, 육안조사에 의한 외관조사 항목과 내구성 요소인 탄산화 측정치 항목을 포함하여 상태평가를 실시하였다. 이에 따른 상태평가 산정결과 결함지수는 0.113로서 상태평가 등급은 “A”등급(0 < x < 0.13)의 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다.

2.7 재하시험

금매교는 영천방향에 재하시험을 실시하였으며, 교량형식은 PSC E BEAM교로서 시험경간 선정은 대상교량의 구조적 특성 및 차량통제 등을 고려하여 구조적으로 불리하고 Gauge 부착 및 측정장비의 설치, 시험차량의 가속거리 등의 현장여건을 종합적으로 고려하여 S1구간을 선정하였다.

정적재하시험 결과, 하향처짐이 최소 -0.407㎜, 최대 -1.912㎜로 측정되었으며, 변형률 측정결과, 최대 31.526㎛/m, 최소 1.595㎛/m로 측정되었다.

또한, 대칭성분석결과 전반적으로 양호한 거동을 하는 것으로 판단되며 서로 대칭인 재하경우에 대한 비교를 통하여 계측결과의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

동적 재하시험시 재하차량의 주행 방향은 상주방향(A1)→영천방향(A2)방향으로 주행토록 하였으며, 10㎞/hr에서 부터 주행 가능한 최대속도(44㎞/hr)까지 측정하였다. 동적재하시험 결과, 실측 최대충격계수는 이론 충격계수 산정값 이내로 확인되었으며, 측정고유진동수 및 해석고유진동수를 비교한 결과 실측치가 이론치를 상회하여 본 교량은 강성이 충분히 확보되고 있는 것으로 판단된다.

2.8 구조해석 및 내하력 평가

가. 내하력 평가

금매교(영천방향)에 대한 허용응력 설계법에 의한 주형 부재의 공용 내하력을 산정한 결과, 주형 모두 DB-24 이상으로 통과하중에 대한 여유를 확보하고 있는 것으로 산출되었으며, 강도 설계법에 의한 바닥판의 내하력 평가도 설계하중인 DB-24 이상으로 통과하중에 대한 여유를 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

나. 안전성 평가

금매교(영천방향)에 대한 안전성평가 결과 바닥판의 안전율(SF)이 1.00이상으로서 구조적으로 안전한 것으로 평가되었다.

2.9 종합평가 및 안전등급 지정

가. 종합평가

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.113	A	
안전성 평가	1.137	A	
종합평가	-	A	
종합평가 결과	금매교의 종합평가 결과 “A"		

나. 안전등급

금매교에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

2.10 종합결론

1) 본 대상구조물은 경상북도 군위군 효령면 금매리 1447-1에 위치한 총 폭원 24.47m (상주방향:12.62m, 영천방향:11.85m), 총연장 320.0m(2@50.0m+3@40.0m+2@50.0m)의 PSC I Beam 형식으로 시설물 안전관리에 관한 특별법상 1종 시설물에 해당되며, 각 부재에 대한 정밀 외관조사 및 재료시험, 재하시험, 구조해석 등을 실시하였다.

2) 외관 조사 결과, 콘크리트의 상태는 전반적으로 양호한 상태이나. 중분대 및 방호벽 균열, 받침콘크리트 재료분리, 교대 균열, 교각 일부구간에 균열, 파손, 재료분리, 표면박리, 망상균열 등이 조사되었다. 이 구간에 대하여 내구성 확보차원에서 보수가 필요할 것으로 판단된다.

- 중분대 및 방호벽은 점검후 지적된 사항에 대한 보수를 완료하였다.

3) 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안정성은 양호한 것으로 판단된다.

4) 점검대상 교량인 금매교에 대하여 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침”에 의거 현재 교량의 상태를 판단한 결과, 교량의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태이며, 재하시험 결과를 반영하여 내하력을 평가한 결과 설계하중인 DB-24 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

5) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 금매교는 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다

6) 향후 교량의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

3. 가호교

3.1 상주방향 상세외관조사

가. 교면 포장

본 교량의 교폭은 12.150m로 방호벽(0.45m)을 고려한 유효폭은 11.700m이며, 편도 2차선으로 구성되어있다. 교면포장은 콘크리트 바닥판위에 두께 50㎜의 노출콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 외관조사결과 건조수축이 원인으로 판단되는 포장부 망상균열 손상이 조사 되었고, 시공 중 외부 충격이 원인으로 판단되는 포장부 파손이 국부적으로 조사 되었다.

- 점검 후 관찰된 손상부에 대한 보수를 완료한 것으로 확인되었다.

나. 차량방호벽

본 교량은 콘크리트 방호벽으로 시공되어 있고, 국지도79호선 횡단구간에는 콘크리트 방호벽 위로 투척 방지망이 설치되어있는 것으로 조사되었으며, 방호벽에 대한 외관조사 결과 건조수축에 의한 균열 및 균열부 우수유입으로 인한 균열부 백태, 콘크리트 경화과정에서 외부에 수분을 빼앗기면서 발생하는 초기재령균열을 의미하는 소성수축균열 등의 손상이 조사 되었다.

- 점검 후 관찰된 손상부에 대한 보수를 완료한 것으로 확인되었다.

다. 배수시설

본 교량은 횡구배(-2.0%)에 의해 우측면으로 우수가 유입되도록 하였으며, 총 7개소의 배수구가 설치되어 있다. 배수구 상면에는 쓰레기 등의 이물질 혼입을 방지하기 위한 그레이팅(Grating)이 설치되어 있으며, 포장면보다 낮게 설치되어 배수시설의 시공 상태는 양호한 것으로 조사 되었다.

배수관은 알루미늄 형식의 육교형으로 시공되어 배수관내 이물질 퇴적시 이물질제거가 용이할 것으로 판단되고, 시공 또한 기존도로의 통행차량에 영향이 미치지 않도록 집수 형식으로 시공하였으며, 관의 변형 및 파손, 이음부의 연결 상태 등 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.

라. 바닥판하면

본 교량의 바닥판하면은 LB-Deck로 시공되어있는 것으로 조사되었으며, LB-Deck는 래티스 바(Lattice Bar)가 부착된 프리캐스트 패널로서, 공장에서 제작하여 건설현장에서 콘크리트와 일체화해서 시공하는 공법이다.

바닥판 하면에 대한 외관조사결과 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로서 조사되었다.

마. PUS GIRDER

본 교량의 상부구조 형식은 PUS GIRDER 2기로 구성되어 있으며 3경간 연속 132.5m이다. 외관조사는 교량점검차를 이용하여 최대한 근접하여 외관조사를 실시하였으며 구조물의 특성을 고려하여 강재 거더의 용접부, 강재 변형, 도장상태 등에 대하여 외관조사를 실시한 결과 구조적으로 문제를 유발할 수 있는 결함 및 기타 손상은 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

바. 신축이음 장치

신축이음장치는 A1(New Monocell Joint), A2(Finger Joint)에 시공되었으며, 신축이음장치에 대한 외관조사 결과 본체 및 후타재는 변형이나 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

사. 교량받침

본 교량의 받침장치는 포트받침으로 총 8개소가 설치되어 있으며, 받침 본체에 대한 외관조사 결과 받침과 거더의 밀착상태, 편기, 편심 상태 등 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 받침 콘크리트, 무수축 몰탈은 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

아. 교대

교대 형식은 역T형으로 A1, A2:말뚝기초로 시공되어 있으며, 교대 외관조사결과 구체에는 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었으나, A2 흉벽에서 건조수축이 원인으로 판단되는 균열 손상이 조사 되었다. 조사된 균열 손상은 구조물의 안전에 영향을 주지 않는 비 구조적인 손상으로 판단되며,

추가 손상방지 및 콘크리트 내구성 확보를 위해 균열(0.3㎜이상)은 주입보수가 필요할 것으로 판단된다

자. 교각

교각은 T형, 기초 형식은 말뚝기초로 시공되었으며, 외관조사결과 균열, 재료분리, 파손 등의 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사 되었다.

3.2. 영천방향 상세외관조사

가. 교면 포장

본 교량의 교폭은 12.32m로 방호벽(0.62m) 및 중앙분리대(0.61m)을 고려한 유효폭은 11.090m이며, 편도 2차선으로 구성되어있다. 교면포장은 콘크리트 바닥판위에 두께 50㎜의 노출콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 외관조사결과 건조수축이 원인으로 판단되는 포장부 망상균열 손상이 조사되었다.

- 점검 후 관찰된 손상부에 대한 보수를 완료한 것으로 확인되었다.

나. 차량방호벽

본 교량은 콘크리트 방호벽 및 방호벽위로 방음벽 및 투척방지망이 시공되어 있으며 교량 내측으로 콘크리트 중앙분리대가 설치되어 있는 것으로 조사 되었다.

방호벽 및 중앙분리대에 대한 외관조사 결과 건조수축에 의한 균열, 콘크리트 경화과정에서 외부에 수분을 빼앗기면서 발생하는 초기재령균열을 의미하는 소성수축균열, 시공미흡에 의한 마감불량 등의 손상이 조사 되었다.

- 점검 후 관찰된 손상부에 대한 보수를 완료한 것으로 확인되었다.

다. 배수시설

본 교량은 횡구배(+2.0%)에 의해 좌측면으로 우수가 유입되도록 하였으며, 총 17개소의 배수구가 설치되어 있다. 배수구 상면에는 쓰레기 등의 이물질 혼입을 방지하기 위한 그레이팅(Grating)이 설치되어 있으며, 포장

면보다 낮게 설치되어 배수시설의 시공 상태는 양호한 것으로 조사 되었다.

배수관은 알루미늄 형식의 육교형으로 시공되어 배수관내 이물질 퇴적시 이물질제거가 용이할 것으로 판단되고, 시공 또한 기존도로의 통행차량에 영향이 미치지 않도록 집수 형식으로 시공하였으며, 관의 변형 및 파손, 이음부의 연결 상태 등 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.

라. 바닥판하면

본 교량의 바닥판하면은 LB-Deck로 시공되어있는 것으로 조사되었으며, LB-Deck는 래티스 바(Lattice Bar)가 부착된 프리캐스트 패널로서, 공장에서 제작하여 건설현장에서 콘크리트와 일체화해서 시공하는 공법이다.

바닥판 하면에 대한 외관조사결과 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로서 조사되었다.

마. PUS GIRDER

본 교량의 상부구조 형식은 PUS GIRDER 2기로 구성되어 있으며 3경간 연속 132.5m이다. 외관조사는 교량점검차를 이용하여 최대한 근접하여 외관조사를 실시하였으며 구조물의 특성을 고려하여 강재 거더의 용접부, 강재 변형, 도장상태 등에 대하여 외관조사를 실시한 결과 구조적으로 문제를 유발할 수 있는 결함 및 기타 손상은 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

바. 신축이음 장치

신축이음장치는 A1(New Monocell Joint), A2(Finger Joint)에 시공되었으며, 신축이음장치에 대한 외관조사 결과 본체 및 후타재는 변형이나 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

사. 교량받침

본 교량의 받침장치는 포트받침으로 총 8개소가 설치되어 있으며, 받침 본체에 대한 외관조사 결과 받침과 거더의 밀착상태, 편기, 편심 상태 등 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 받침 콘크리트, 무수축 몰탈은 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

아. 교대

교대 형식은 역T형으로 A1, A2:말뚝기초로 시공되어 있으며, 교대 외관조사결과 구체에는 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었으나, A2 흉벽에서 건조수축이 원인으로 판단되는 균열 손상이 조사 되었다. 조사된 균열 손상은 구조물의 안전에 영향을 주지 않는 비 구조적인 손상으로 판단되며, 추가 손상방지 및 콘크리트 내구성 확보를 위해 균열(0.3㎜이상)은 주입보수가 필요할 것으로 판단된다.

자. 교각

교각은 T형, 기초 형식은 말뚝기초로 시공되었으며, 외관조사결과 균열, 재료분리, 파손 등의 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사 되었다.

3.3 교량받침 조사

가. 교량받침 이동량 조사

교량 받침 가동 여유량에 대한 분석 결과 수축·신장 여유량이 최대 수축·신장 이동량을 상회하는 것으로 나타나 가호교의 받침장치는 수축·신장에 따른 여유량을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

나. 교량받침 연단거리조사

교대, 교각의 받침장치에 대한 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치(최소값)를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 가호교는 충분한 연단거리를 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

3.4 신축이음장치 유간 조사

신축이음장치 유간에 대한 분석결과 설치유간이 설계유간을 상회하고, 신축유간 상·하부에서 측정한 여유량이 계산 신장·수축량을 상회하는 것으로 나타나 가하교는 신장·수축에 따른 충분한 유간을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

3.5 재료 시험

가. 콘크리트 강도 시험

일반식(일본재료학회, 건축학회)을 이용하여 콘크리트 비파괴강도 측정을 분석한 결과, 상주방향의 바닥판하면은 27.0~29.1MPa, 교대는 24.0~26.6MPa, 교각은 27.6~28.7MPa측정되었으며, 영천방향의 바닥판하면은 27.4~29.1MPa, 교대는 24.5~27.1MPa, 교각은 28.6~29.3MPa측정되었다.

반발경도 측정은 표면 건전부에서 시행하였으며, 각각의 측정치가 부재별 설계기준 강도(바닥판하면:27.0MPa, 교대:24.0MPa 교각:27.0MPa)를 대부분 상회하는 것으로 나타나 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

나. 철근배근 탐사

RC-Radar를 이용하여 철근배근탐사를 시행하였으며, 측정 결과 상주방향은 바닥판하면의 주철근 101~110mm, 배력철근 100~108mm, 교대 구체의 수직철근 248~253mm, 수평철근 118~130mm, 교각 기둥부의 수직철근 124~133mm, 수평철근 299~308mm로 측정되었고, 영천방향은 바닥판하면의 주철근 101~110mm, 배력철근 104~110mm, 교대 구체의 수직철근 248~256mm, 수평철근 119~131mm, 교각 기둥부의 수직철근 125~130mm, 수평철근 296~306mm로 측정되었다.

이는 설계배근간격과 설계피복두께를 대부분 만족하고 있는 것으로 조사되어 시공상의 철근배근 및 피복두께 상태는 적정한 것으로 분석된다.

다. 탄산화 시험

가호교의 실측 탄산화깊이는 상주방향 최대 1.1mm, 영천방향 최대 0.8mm로 측정되었다. 이는 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 등급이 “a” 등급에 해당되어 탄산화에 의한 부식발생은 없는 것으로 평가 되었다.

라. 도막두께측정

가호교 PUS Girder에 대한 도막두께를 각 위치당 5개소에서 랜덤하게 측정한 결과 도막두께 표준기준치 이상을 상회하는 것으로 측정되어 도막에 대한 피복상태는 양호한 것으로 판단된다.

3.6 시설물의 상태평가

가호교의 상태등급평가는「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 한국시설 안전공단, 2010.12)」에 의거 각 부재에 대해 각각 실시하였으며, 육안조사에 의한 외관조사 항목과 내구성 요소인 탄산화 측정치 항목을 포함하여 상태평가를 실시하였다. 이에 따른 상태평가 산정결과 결함지수는 0.115로서 상태평가 등급은 “A” 등급(0 < x < 0.13)의 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다.

3.7 재하시험

가호교는 상주방향에 재하시험을 실시하였으며, 교량형식은 강합성 PUS GIRDER교로서 시험경간 선정은 대상교량의 구조적 특성 및 차량통제 등을 고려하여 구조적으로 불리하고 Gauge 부착 및 측정장비의 설치, 시험차량의 가속거리 등의 현장여건을 종합적으로 고려하여 S2구간을 선정하였다.

정적재하시험 결과, S2 중앙부에 처짐값은 하향처짐이 최소 -4.299㎜, 최대 -8.362㎜로 측정되었다. 또한, 변형률 측정결과, 지점부 최대 -3.631㎛/m, 최소 +3.082㎛/m로 측정되었으며, 중앙부는 최대 +68.543㎛/m, 최소 -8.150㎛/m로 측정되었다.

대칭성분석결과 전반적으로 양호한 거동을 하는 것으로 판단되며 서로 대칭인 재하경우에 대한 비교를 통하여 계측결과의 신빙성을 확인할 수 있었다.

동적 재하시험시 재하차량의 주행 방향은 상주방향(A1)→영천방향(A2)방향으로 주행토록 하였으며, 10㎞/hr에서 부터 주행 가능한 최대속도(46㎞/hr)까지 측정하였다. 동적재하시험 결과, 실측 최대충격계수는 이론 충격계수 산정값 이내로 확인되었으며, 측정고유진동수 및 해석고유진동수를 비교한 결과, 실측치가 이론치를 상회하여 본 교량은 강성이 충분히 확보되고 있는 것으로 판단된다.

3.8 구조해석 및 내하력 평가

가. 내하력 평가

가호교(상주방향)에 대한 허용응력 설계법에 의한 주형 부재의 공용 내하력을 산정한 결과, 주형 모두 DB-24 이상으로 통과하중에 대한 여유를 확보하고 있는 것으로 산출되었으며, 강도 설계법에 의한 바닥판의 내하력 평가도 설계하중인 DB-24 이상으로 통과하중에 대한 여유를 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

나. 안전성 평가

가호교(상주방향)에 대한 안전성평가 결과 바닥판의 안전율(SF)이 1.00이상으로서 구조적으로 안전한 것으로 평가되었다.

3.9 종합평가 및 안전등급 지정

가. 종합평가

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.115	A	
안전성 평가	1.366	A	
종합평가	-	A	
종합평가 결과	가호교의 종합평가 결과 “A"		

나. 안전등급

가호교에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

3.10 종합결론

1) 본 대상구조물은 경상북도 군위군 부계면 창평리 1562-4에 위치한 총 폭원 24.47m(상주방향:12.15m, 영천방향:12.32m), 총연장 132.5m(40.0m+52.5m+40.0m)의 PUS Girder 형식으로 시설물 안전관리에 관한 특별법상 1종 시설물에 해당되며, 각 부재에 대한 정밀 외관조사 및 재료시험, 재하시험, 구조해석 등을 실시하였다.

2) 외관 조사 결과, 콘크리트의 상태는 전반적으로 양호한 상태이나. 중분대 및 방호벽 균열, 마감불량(철근), 교대 균열 등이 조사되었다. 이 구간에 대하여 내구성 확보차원에서 보수가 필요할 것으로 판단된다.

- 교면포장(노출콘크리트), 중분대 및 방호벽은 점검후 지적된 사항에 대한 보수를 완료하였다.

3) 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안정성은 양호한 것으로 판단된다.

4) 점검대상 교량인 가호교에 대하여 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침”에 의거 현재 교량의 상태를 판단한 결과, 교량의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태이며, 재하시험 결과를 반영하여 내하력을 평가한 결과 설계하중인 DB-24 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

5) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 가호교는 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다

6) 향후 교량의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

4. 옹벽(STA.4+941~5+933, 상주)

4.1 상세외관조사

가. 옹벽

1) 시공 현황

옹벽은 패널식 보강토 옹벽으로 이루어져 있으며, 연장 L = 977.000m, 노출높이 H = 2.0~9.1m로 시공된 것으로 조사되었다.

2) 외관조사 결과

① 옹벽은 전반적으로 양호한 상태로서, 일부 구간에 균열(0.3㎜미만 : 2ea), 박리(1ea), 식생(17ea)이 발생한 것으로 조사되었다.

② 관찰된 손상은 건조수축 및 패널 제작중 기계 협착 등에 의한 비 구조적인 손상으로서 구조물의 안정성에 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 판단된다.

③ 패널의 규격은 A형 B1.5m×H1.5m로 측정되어 설계도면과 유사하게 시공된 것으로 확인되었다.

나. 배수시설

1) 시공 현황

패널식 보강토 옹벽내 배수시설은 상단부 종배수로가 설치되어있는 것으로 조사되었다.

2) 외관조사 결과

패널식 보강토 옹벽 상단은 종배수로가 시공되어있으며, 시공상태는 체수, 이물질 및 토사 퇴적 등 배수의 흐름에 영향을 미칠만한 손상은 발생하지 않았으나, 일부구간에 균열{0.3㎜이상 : 4ea, 0.3㎜이상(관통) : 27ea}, 파손(2ea)이 조사되었으며, 배수로 주변 일부구간에는 성토가 미흡한 구간이 확인되었다.

4.2 재료 시험

가. 콘크리트 강도 시험

반발경도 측정은 표면에서 시행하였으며, 고강도식(권영웅외식, 과학기술부식)을 이용하여 반발경도법에 의한 압축강도 측정치를 분석한 결과, 상주방향 30.0 ~ 33.7 MPa로 측정되었다.

이는 측정치가 설계기준 강도(30.0MPa)를 대부분 상회하는 것으로 나타나 패널식 보강토 옹벽 블록의 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

나. 기울기 측정

패널식 보강토 옹벽 전면에서 실시한 기울기 측정결과, 측점 STA.4+941~5+933은 배면방향으로 80~90° 의 기울기가 발생한 것으로 분석되었다. 이는 상태평가 등급 ”a"등급에 해당하는 것으로서, 설계기준(90.0°)에 전반적으로 근접함에 따라 양호한 상태인 것으로 판단된다.

4.3 시설물의 상태평가

본 과업대상 구조물인 옹벽(STA.4+941~5+933,상주)에 대한 상태평가 결과, 결함지수는 0.02로서 상태평가 등급은 “A” 등급(0 < x < 0.15)의 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다.

4.4 안전성 검토

패널식 보강토 옹벽에 대한 구조계산 결과를 검토한 결과, 각각의 계산치가 기준치를 상회하는 것으로 분석됨에 따라, 본 과업 대상 구조물은 안전성을 확보하고 있는 것으로 사료되어 안전성평가 결과는 “A등급”으로 산정 되었다

4.5. 종합평가 및 안전등급 지정

가. 종합평가

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.02	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.02	A	
종합평가 결과	옹벽(STA.4+941~5+933,상주)의 종합평가 결과 "A"		

나. 안전등급

옹벽(STA.4+941~5+933,상주)에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 "A등급"인 것으로 판정되었다.

4.6 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 효령면 화계리 ~ 부계리 일원에 위치한 패널식 보강토 옹벽으로서 연장은 상주방향 L=977.0m, 노출높이 H=2.0~9.1m 로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.
2) 외관 조사 결과 패널식 보강토 옹벽의 전면 블록과 상부의 종배수로 시공상태는 전반적으로 양호한 상태로서, 일부 구간에 균열 및 박리가 발생한 것으로 관찰되었으며, 관찰된 손상은 시공중 기계협착 및 편하중·편토압 등에 의한 비 구조적인 손상으로 확인되었다.
3) 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안전성은 양호한 것으로 판단된다.
4) 상태평가와 안정성평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 "A등급"으로 분석되어 패널식 보강토 옹벽은 "문제점이 없는 최상의 상태"인 것으로 평가되었다
5) 향후 옹벽의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

5. 옹벽(STA.4+934~5+103,영천)

5.1 상세외관조사

가. 옹벽

1) 시공 현황

옹벽은 패널식 보강토 옹벽으로 이루어져 있으며, 연장 L = 155.0m, 노출높이 H = 4.0~12.0m로 시공된 것으로 조사되었다.

2) 외관조사 결과

① 옹벽 블록 시공상태는 균열이나 파손, 박리 등이 없는 전반적으로 양호한 상태였으나, 노출된 기초 일부 구간에 균열(0.3㎜이상 : 1ea)과 식생(2ea)이 발생한 것으로 조사되었다.

② 관찰된 기초 균열은 건조수축 및 온도변화 등에 의한 비 구조적인 손상으로서 구조물의 안정성에 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 판단된다.

③ 패널의 규격은 A형 B1.5m×H1.5m로 측정되어 설계도면과 유사하게 시공된 것으로 확인되었다.

나. 배수시설

1) 시공 현황

패널식 보강토 옹벽내 배수시설은 자연배수식인 것으로 조사되었다.

2) 외관조사 결과

옹벽 상단의 시공상태는 경사, 소단폭 등이 설계도면과 유사한 상태였으나, 블록 배면 일부구간에 다짐이 부족한 구간이 확인되었으며, 우기시 옹벽 하단부로 낙석이 떨어지지 않도록 정비가 필요할 것으로 판단된다.

5.2 재료 시험

가. 콘크리트 강도 시험

반발경도 측정은 표면에서 시행하였으며, 고강도식(권영웅외식, 과학기술부식)을 이용하여 반발경도법에 의한 압축강도 측정치를 분석한 결과, 영천방향 30.6 ~ 32.8 MPa로 측정되었다.

이는 측정치가 설계기준 강도(30.0MPa)를 대부분 상회하는 것으로 나타나 패널식 보강토 옹벽 블록의 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

나. 기울기 측정

패널식 보강토 옹벽 전면에서 실시한 기울기 측정결과, 측점 STA.4+934~5+103은 배면방향으로 86~89° 의 기울기가 발생한 것으로 분석되었다. 이는 상태평가 등급 ”a"등급에 해당하는 것으로서, 설계기준(90.0°)에 전반적으로 근접함에 따라 양호한 상태인 것으로 판단된다.

5.3 시설물의 상태평가

본 과업대상 구조물인 옹벽(STA.4+934~5+103,영천)에 대한 상태평가 결과, 결함지수는 0.03로서 상태평가 등급은 “A” 등급(0 < x < 0.15)의 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다.

5.4 안전성 검토

패널식 보강토 옹벽에 대한 구조계산 결과를 검토한 결과, 각각의 계산치가 기준치를 상회하는 것으로 분석됨에 따라, 본 과업 대상 구조물은 안전성을 확보하고 있는 것으로 사료되어 안전성평가 결과는 “A등급”으로 산정 되었다

5.5. 종합평가 및 안전등급 지정

가. 종합평가

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.03	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.03	A	
종합평가 결과	옹벽(STA.4+934~5+103,영천)의 종합평가 결과 "A"		

나. 안전등급

옹벽(STA.4+934~5+103)에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 "A등급"인 것으로 판정되었다.

5.6 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 효령면 일원에 위치한 패널식 보강토 옹벽으로서 연장은 상주방향 L=155.0m(STA.4+934.000~5+103.000), 노출높이 H=4.0~12.0m로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.
2) 외관조사결과 패널식 보강토 옹벽의 전면 블록과 상부 시공상태는 전반적으로 양호한 상태이나, 전면과 상부 일부 구간에 기초 균열과 식생이 발생한 것으로 관찰되었으며, 관찰된 균열은 건조수축 및 온도변화 등에 의한 비구조적인 손상으로 확인되었다.
3) 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안전성은 양호한 것으로 판단된다.
4) 상태평가와 안전성 검토 결과를 토대로한 종합평가 등급은 "A등급"으로 분석되어 패널식 보강토 옹벽은 "문제점이 없는 최상의 상태"인 것으로 평가되었다
5) 향후 옹벽의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

6. 옹벽(STA.6+979~7+160,영천)

6.1 상세외관조사

가. 옹벽

1) 시공 현황

옹벽은 블럭식 보강토 옹벽으로 이루어져 있으며, 연장 L = 181.000m, 노출높이 H = 1.7~9.3m로 시공된 것으로 조사되었다.

2) 외관조사 결과

① 옹벽은 전반적으로 양호한 상태로서, 일부 구간에 균열(0.3mm미만 : 2ea)과 블록 사이에 15~35mm의 이격이 발생한 것으로 조사되었다.

② 관찰된 균열은 옹벽 시공중에 발생된 비 구조적인 손상으로서 구조물의 안정성에 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 판단된다.

③ 블록의 규격은 A형 B500mm×H200mm로 측정되어 설계도면과 유사하게 시공된 것으로 확인되었다.

나. 배수시설

1) 시공 현황

블록식 보강토 옹벽내 배수시설은 자연배수식인 것으로 조사되었다.

2) 외관조사 결과

보강토 옹벽 상단의 시공상태는 사면의 경사, 식생상태, 성토, 다짐 등이 적절하게 시공된 상태fhtj 자연배수의 흐름에 영향을 미칠만한 사항은 발생하지 않은 것으로 조사되었으나, 종점부 일부구간은 낙석에 대비하여 자갈 등을 정비할 필요가 있는 것으로 판단된다.

6.2 재료 시험

가. 콘크리트 강도 시험

반발경도 측정은 표면에서 시행하였으며, 고강도식(권영웅외식, 과학기술부식)을 이용하여 반발경도법에 의한 압축강도 측정치를 분석한 결과, 영천방향 28.1 ~ 28.9 MPa로 측정되었다.

이는 측정치가 설계기준 강도(28.0MPa)를 대부분 상회하는 것으로 나타나 블럭식 보강토 옹벽 블록의 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

나. 기울기 측정

블럭식 보강토 옹벽 전면에서 실시한 기울기 측정결과, 측점 STA.6+979~7+160은 배면방향으로 87° , 전면방향으로 88° 의 기울기가 발생한 것으로 분석되었다. 이는 상태평가 등급 " a"등급에 해당하는 것으로서, 설계기준(87.8°)에 전반적으로 근접함에 따라 양호한 상태인 것으로 판단된다.

6.3 시설물의 상태평가

본 과업대상 구조물인 옹벽(STA.6+979~7+160,영천)에 대한 상태평가 결과, 결함지수는 0.04로서 상태평가 등급은 “A” 등급(0 < x < 0.15)의 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다.

6.4 안전성 검토

블럭식 보강토 옹벽에 대한 구조계산 결과를 검토한 결과, 각각의 계산치가 기준치를 상회하는 것으로 분석됨에 따라, 본 과업 대상 구조물은 안전성을 확보하고 있는 것으로 사료되어 안전성평가 결과는 “A등급”으로 산정 되었다

6.5. 종합평가 및 안전등급 지정

가. 종합평가

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.04	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.04	A	
종합평가 결과	옹벽(STA.6+979~7+160,영천)의 종합평가 결과 "A"		

나. 안전등급

옹벽(STA.6+979~7+160)에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 "A등급"인 것으로 판정되었다.

6.6 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 일원에 위치한 블럭식 보강토 옹벽으로서 연장은 상주방향 L=181.000m(STA.6+979 ~ 7+160), H=1.7~9.3m로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.
2) 외관 조사 결과 전반적으로 시공상태는 양호하나, 블럭식 보강토 옹벽의 전면 블록에 균열 및 이격 등이 조사된 상태로서 관찰된 손상은 옹벽 시공중에 발생된 비 구조적인 균열로 사료된다.
3) 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안전성은 양호한 것으로 판단된다.
4) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 "A등급"으로 분석되어 블럭식 보강토 옹벽은 "문제점이 없는 최상의 상태"인 것으로 평가되었다
5) 향후 옹벽의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

7. 옹벽(STA.10+254~10+455,영천)

7.1 상세외관조사

가. 옹벽

1) 시공 현황

본 절토부 옹벽은 패널식으로 이루어져 있으며, 연장 L = 201.000m, 노출높이 H = 2.5~27.5m로 시공된 것으로 조사되었다.

2) 외관조사 결과

① 옹벽 패널 시공상태는 전반적으로 양호한 상태로서, 옹벽 전면과 상단 일부 구간에 균열{(0.3mm미만 : 2ea),(0.3mm이상 : 7ea)}과 소규모의 파손(5ea)이 발생한 것으로 조사되었다.

② 관찰된 균열은 옹벽 시공중에 발생된 비 구조적인 손상으로서 구조물의 안정성에 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 판단된다.

③ 패널의 규격은 B2500mm×H2500mm, B3.750mm×H2500mm로 측정되어 설계도면과 유사하게 시공된 것으로 확인되었다.

나. 배수시설

1) 시공 현황

패널식 보강토 옹벽내 배수시설은 패널 5단내에 수평배수공이 설치된 것으로 확인되었다.

2) 외관조사 결과

절토부 옹벽 상단의 시공상태는 숏크리트 타설이 되어있는 상태로서 숏크리트 품질 상태는 균열이나 파손, 탈락 등이 없는 양호한 상태로 조사되었다. 또한 수평 배수공이 수평 간격 C.T.C 5m의 적절한 간격으로 설치되었으며, 상부 종배수로는 이물질 퇴적이나 식생 등의 배수의 흐름에 영향을 미칠만한 사항은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

7.2 재료 시험

가. 콘크리트 강도 시험

반발경도 측정은 표면에서 시행하였으며, 일반강도식(재료학회, 건축학회)을 이용하여 반발경도법에 의한 압축강도 측정치를 분석한 결과, 24.0~30.6 MPa로 측정되었다.

이는 측정치가 설계기준 강도(24.0MPa)를 대부분 상회하는 것으로 나타나 절토부 옹벽 패널의 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

나. 기울기 측정

절토부 옹벽 전면에서 실시한 기울기 측정결과, 측점 STA.10+254~ 10+455은 배면방향으로 89.7° 의 기울기가 발생한 것으로 분석되었다. 이는 설계기준(90.0°)에 전반적으로 근접함에 따라 양호한 상태인 것으로 판단된다.

7.3 시설물의 상태평가

본 과업대상 구조물인 옹벽에 대한 상태평가 결과, 결함지수는 0.04로서 상태평가 등급은 “A”등급(0 < x < 0.15)의 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다.

7.4 안전성 검토

가. 사면활동이 발생한 지반에 대하여 지반조건(탄층 반영)을 조정하고 역해석 결과 재산정된 지반강도 정수값을 적용하고 배면보강을 영구앵커로 보강간격 및 보강력 변경 후 안정성 검토 수행 결과 기준안전율에 만족하는 것으로 나타나 배면보강을 영구앵커로 변경하여 PPP옹벽 설치 시 충분한 안정성을 확보하는 것으로 검토되었다.

나. STA.10+291 ~ 10+370(상주방향)구간은 외관조사결과, PPP옹벽의 전면부, 이음부 벌어짐, 정착장 주변, 배면(콘크리트) 상태 등은 일부손상이 있으나, 전반적으로 양호한 상태이며, 앵커의 간격은 C.T.C 2.5m로서 보강변경안에

맞게 적정하게 시공된 것으로 조사되었다. 또한 확인 앵커시험 결과 앵커정착이 충분히 안정된 것으로 판단된다.

위 내용을 종합해볼 때, 현장조사 및 시험을 통하여 보강안 변경 시공 후 안정성을 충분히 확보하고 있는 것으로 확인되었다.

7.5. 종합평가 및 안전등급 지정

가. 종합평가

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.04	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.04	A	
종합평가 결과	옹벽(STA.10+254~10+455,영천)의 종합평가 결과 "A"		

나. 안전등급

옹벽(STA.10+254~10+455)에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 "A등급"인 것으로 판정되었다.

7.6 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 가호리 일원에 위치한 절토부 옹벽으로서 연장은 상주방향 L=201.000m(STA.10+254~10+455), 노출높이 H=2.5~27.5m로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.

2) 외관 조사 결과 전반적으로 시공상태는 양호하나, 절토부 옹벽 전면과 상단 일부 구간에 균열{(0.3mm미만 : 2ea),(0.3mm이상 : 7ea)}과 소규모의 파손(5ea)이 발생한 것으로 조사된 상태로서 관찰된 손상은 옹벽 시공중에 발생된 비 구조적인 균열로 사료되며, 패널식 옹벽내 손상된 부위는 적정한 보수공법(균열부:주입공법, 파손부:단면보수)으로 보수가 필요할 것으로 판단된다.

3) 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안전성은 양호한 것으로 판단된다.

4) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 절토부 옹벽은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다

5) 향후 옹벽의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

8. 절토사면(STA.0+160~420, 이설도로 #2)

8.1 상세외관조사

가. 기본 시설물

1) 1구간(STA.0+160 ~ 0+300)

① 사면 1구간은 연장 140.0m, 절토고(최대높이) 약 37.0m, 사면방향 187~197/55, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~1.0 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.5m(콘크리트 소단 2.5m) 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 수목이 다수 자라있는 상태이고, 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등이 없는 것으로 조사되었다.

④ 표면 보호공으로 4단 사면 암 노출부에는 전체적으로 낙석방지망이 시공된 상태이며, 암은 면이 거칠고 절리와 층리가 발달되어있는 상태로서 지하수위는 없는 것으로 조사되었다.

2) 2구간(STA.0+300 ~ 0+420)

① 사면 2구간은 연장 120.0m, 절토고(최대높이) 약 37.0m, 사면방향 187~197/55, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~0.9 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.5m(콘크리트 소단 2.5m) 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 양호한 상태로 조사되었다.

④ 표면 보호공으로 4단 사면 암 노출부에는 전체적으로 낙석방지망이 시공된 상태이며, 암은 면이 거칠고 절리와 층리가 발달되어있는 상태로서 충진물이 적고, 지하수위는 없는 것으로 조사되었다.

나. 부대 시설물

1) 보호시설

사면 1~2구간은 낙석방지망이 설치된 상태로 전반적으로 PVC 코팅망의 유실 및 훼손 등이 없고, PVC 코팅망 연결부 겹이음(30cm 이상), 와이어로프 교차지점 크로스 크립의 체결 상태 등 시공 상태는 양호 한 것으로 조사되었다.

2) 배수시설

① 사면 1~2구간의 배수처리 시설로는 L형측구, 산마루측구, 소단측구, 수평배수공 등이 설치되어 있다.

② 사면 하단부에 시공된 L형 측구는 약 1m 간격으로 약 1.0m 간격으로 사면 내 지하수 배제를 목적으로 수평배수공이 각각의 형식에 따라 설계도면에 맞게 적정한 간격으로 설치되어있다. 또한 콘크리트의 품질상태는 균열이나 파손 등이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

③ 기 시공된 소단측구는 지층의 특성 및 비탈면 기울기 등 소단설치 기준에 따라 적정하게 설치된 상태로서, 콘크리트 품질상태는 균열이나 파손 등의 손상이 없는 양호한 것으로 조사되었다.

④ 사면의 경계부를 따라 설치된 산마루측구 및 배수로는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었으나, 일부구간에 균열이 확인되었으며, 시점부 1단에는 일부 연결 마감이 필요한 곳으로 조사되었다.

8.2 재료 시험

가. 암반 강도 시험

위 치	ROCK TEST HAMMER에 의한 암판정			비 고
	반발값 평균치(r)	일축압축 강도 추정(MPa)	암 판정	
STA 0+250 1단	51.15	102.00	보통암	
STA 0+350 1단	52.45	108.42	보통암	
ROCK TEST HAMMER를 이용하여 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 51.15~52.45로서 암판정 기준 보통암으로 측정되었다.				

8.3 시설물의 상태평가

본 절토사면(STA.0+160~0+420,이설도로 #2)의 상태등급평가는 세부지침에 의거 절리암반사면으로 구분하여 실시하였으며, 육안조사에 의한 외관조사 항목과 설계 및 지반조사서 분석 결과를 포함하여 상태평가를 실시하였다. 본 사면의 최종 상태평가 결과는 “A등급(평가지수:0.10)”으로 산정 되었다.

8.4 안전성 검토

점토 암반사면내 절리군에 대해 불안정한 영역에 대해서는 부석정리 후 사면보호공(낙성방지망, 낙석방지책 등)조치가 이루어진 상태로서 한계평형해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”(안전율 1.5이상)으로 산정 되었다.

8.5. 종합평가 및 안전등급 지정

가. 종합평가

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.10	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.10	A	
종합평가 결과	절토사면(STA.0+160~0+420,이설도로 #2)의 종합평가 결과 “A"		

나. 안전등급

절토사면(STA.0+160~+420 이설도로#2)에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

8.6 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 가호리 ~ 창평리(이설도로#2)에 위치한 절토사면으로서 연장은 L=260.0m(STA.0+160~0+420), 최대높이 H=37.0m로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.
2) 외관조사결과 사면의 전반적인 시공상태는 양호한 것으로 조사되었으나, 일부구간 암상태가 면이 거칠고 절리와 층리가 발달되어있는 것으로 조사되었고, 부대시설물인 종배수로 시공상태는 일부 구간에 균열이 발생한 것으로 확인되었다.
3) 절토 암반 사면은 설계도면대로 비탈면 경사 준수와 사면보호공(낙석방지망, 낙석방지책 등)조치가 적정하게 설치되어있는 상태였다.
4) 점토 암반사면내 절리군에 대해 불안정한 영역에 대해서는 부석정리 후 사면보호공(낙성방지망, 낙석방지책 등)조치가 이루어진 상태로서 한계평형해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”(안전율 1.5이상)으로 산정 되었다.
5) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 절토사면은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다
6) 향후 절토사면의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

9. 절토사면(STA.8+850~9+230,상주)

9.1 상세외관조사

가. 기본 시설물

1) 1구간(STA.8+850 ~ 8+980)

① 사면 1구간은 연장 130.0m, 절토고(최대높이) 약 37.0m, 사면방향 55/220, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~0.8 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0 ~ 1.3m(콘크리트 소단 약 2.5m) 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 경사 1:1.2 정도로서 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 것으로 조사되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 불연속면이 발달하여 있으며, 발달된 불연속면의 방향성에 따라 일부 평면 및 쐐기파괴형의 낙석 및 유실이 발생하였다. 이에 대하여 현장에서는 낙석방지책을 설치하여 안전에 만전을 기하고 있는 것으로 확인되었다.

2) 2구간(STA.8+980 ~ 9+100)

① 사면 2구간은 연장 120.0m, 절토고(최대높이) 약 33.01m, 사면방향 55/220, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0 ~ 1.3m(콘크리트 소단 약 2.5m) 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 경사 1:1.2 정도로서 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 발견되지 않았으며, 식생상태 또한 양호한 것으

로 조사되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 불연속면이 발달하여 있으며, 발달된 불연속면의 방향성에 따라 일부 평면 및 쐐기파괴형의 낙석 및 유실이 발생하였다. 이에 대하여 현장에서는 현재 녹생토 발포를 통해 보완한 것으로 확인되었다.

3) 3구간(STA.9+100 ~ 9+230)

① 사면 3구간은 연장 130.0m, 절토고(최대높이) 약 31.46m, 사면방향 55/220, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~0.8 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0 ~ 1.3m(콘크리트 소단 약 2.5m) 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 발견되지 않았으며, 식생상태 또한 양호한 것으로 조사되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 불연속면으로 인한 암반 파쇄 및 소규모 암탈락이 발생하였으나, 현재는 녹생토 작업으로 인해 보완된 상태로 조사되었다.

나. 부대 시설물

1) 보호시설

사면 1~3구간의 표면보호 공법으로는 식생, 녹생토 등으로 되어 있으며, 식생발아 및 정착 상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

2) 배수시설

① 사면 1~3구간의 배수처리 시설로는 L형측구, 소단측구, 산마루측구, 도수로, 수평배수공, 집수정 등이 설치되어 있다.

② 사면 하단부에 시공된 L형 측구는 약 1m 간격으로 약 1.0m 간격으로 사면 내 지하수 배제를 목적으로 수평배수공이 각각의 형식에 따라 설계도면에 맞게 적정한 간격으로 설치되어있다. 또한 콘크리트의 품질상태는 균열이나 파손 등이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

③ 2단에 시공된 소단측구는 지층의 특성 및 비탈면 기울기 등 소단설치 기준에 따라 적정하게 설치된 상태로서, 콘크리트 품질상태는 균열이나 파손 등의 손상이 없는 양호한 것으로 조사되었다.

④ 사면의 경계부를 따라 설치된 산마루측구는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.

⑤ 사면 1, 2구간의 경계지점에는 소단측구와 산마루측구로 집수된 지표수를 횡단배수 처리하기 위하여 도수로가 설치된 상태로서 각각의 형식과 구조에 맞게 설계도면대로 적정하게 시공되어 있는 것으로 확인되었다.

⑥ 도수로의 하부에는 사면 내 지표수와 지하수, 도로의 노면수 등을 집·배수 처리하기 위한 집수정을 계곡부와 도수로 합류 구간에 설치하였으며, 시공 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

9.2 재료 시험

가. 암반 강도 시험

위 치	ROCK TEST HAMMER에 의한 암판정			비 고
	반발값 평균치(r)	일축압축 강도 추정(MPa)	암 판정	
STA 8+900 1단	50.40	98.46	연암	
STA 9+000 1단	52.10	106.65	보통암	
STA 9+150 1단	51.00	101.28	보통암	
ROCK TEST HAMMER를 이용하여 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 50.40~52.10으로서 암판정 기준 연암 및 보통암으로 측정되었다.				

9.3 시설물의 상태평가

본 절토사면(STA.8+850~9+230,상주)의 상태등급평가는 세부지침에 의거 절리암반사면으로 구분하여 실시하였으며, 육안조사에 의한 외관조사 항목과 설계 및 지반조사서 분석 결과를 포함하여 상태평가를 실시하였다. 본 사면의 최종 상태평가 결과는 “A등급(평가지수:0.10)”으로 산정 되었다.

9.4 안전성 검토

암반사면내 절리군에 대해 불안정한 영역에 대해서는 부석정리 후 사면보호공(녹생토, 낙석방지책 등)조치가 이루어진 상태로서 본 사면은 평사투영해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”으로 산정 되었다.

※ 평사투영해석 시 안정한 것으로 해석되어 한계평형해석을 수행하지 않았을 경우는 평가기준을 “A”로 한다.「절토사면 세부지침」

9.5. 종합평가 및 안전등급 지정

가. 종합평가

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.10	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.10	A	
종합평가 결과	절토사면(STA.8+850~9+230,상주)의 종합평가 결과 “A"		

나. 안전등급

절토사면(STA.8+850~9+230,상주)에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

9.6 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 창평리에 위치한 절토사면으로서 연장은 상주방향 L=380.0m(STA.8+850~9+230), 최대높이 H=37.0m로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.
2) 외관조사결과 사면의 경사, 소단 폭, 식생상태 및 보강상태 등의 전반적인 시공상태는 양호한 것으로 조사되었다.
3) 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사(암강도 측정) 결과 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 50.40~52.10으로서 암판정 기준 연암 및 보통암으로 측정되었다.
4) 점토 암반사면내 절리군에 대해 불안정한 영역에 대해서는 부석정리 후 사면보호공(녹생토, 낙석방지책 등)조치가 이루어진 상태로서 본 사면은 평사투영해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”으로 산정 되었다.
5) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 절토사면은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다
6) 향후 절토사면의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

10. 절토사면(STA.9+820~10+580,상주)

10.1 상세외관조사

1) 1구간(STA.9+820 ~ 9+920)

① 사면 1구간은 연장 100.0m, 절토고(최대높이) 약 24.93m, 사면방향 55/210, 소단 2단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~1.5 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0~3.2m 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 것으로 조사되었으며, 식생상태도 양호한 것으로 확인되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태이나, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 불연속면이 발달 및 풍화로 인한 암반 이완으로 낙석 및 유실이 있으며, 발달된 불연속면의 방향성에 따라 일부 평면 및 쐐기 파괴형의 낙석 및 유실이 발생하였으나, 현재는 녹생토 작업으로 인해 보완된 상태로 조사되었다.

2) 2구간(STA.9+920 ~ 10+080)

① 사면 2구간은 연장 160.0m, 절토고(최대높이) 약 41.82m, 사면방향 55/210, 소단 4단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~1.2 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0 ~ 1.2m(콘크리트 소단 약 2.5m) 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 양호한 상태로 조사되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 절리군과 사면내 발달한 층리의 조합에 따라 암반파쇄 및 소규모 암탈락으로 인한 낙석이 발생하는 것으로 조사되었으나, 현재 녹생토를 완료하여 적정하게 보완한 것으로 확인되었다.

3) 3구간(STA.10+080 ~ 10+180)

① 사면 3구간은 연장 100.0m, 절토고(최대높이) 약 38.22m, 사면방향 55/210, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

② STA.10+080~140구간은 녹생토, STA.10+140~180구간은 숏크리트 보강이 되어있는 것으로 조사되었으며, 숏크리트 상태는 균열, 파손, 탈락 등이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

③ 절토사면 경사는 1:0.7~1.5 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0 ~ 3.2m 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

④ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 상태로서, 식생상태는 양호한 것으로 조사되었다.

⑤ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 불연속면과 층리로 인해 암반파쇄 및 소규모 암탈락이 발생한 것으로 조사되었으나, 현재 숏크리트 보강 및 녹생토로 인해 보완이 된 것으로 확인되었다.

4) 4구간(STA.10+180 ~ 10+240)

① 사면 4구간은 연장 60.0m, 절토고(최대높이) 약 26.09m, 사면방향

55/213, 소단 2단으로 된 절토 암반사면이다.

② 4구간 1단, STA.10+180~200구간 2단은 숏크리트 보강이 되어있는 것으로 조사되었으며, 숏크리트 상태는 균열, 파손, 탈락 등이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

③ 절토사면 경사는 1:0.7~1.0 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.3m 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

④ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 상태로서, 식생상태는 양호한 것으로 조사되었다.

⑤ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 절리군과 층리로 인해 암반파쇄 및 소규모 암탈락이 발생한 것으로 조사되었으나, 현재 숏크리트 보강 및 녹생토로 인해 보완이 된 것으로 확인되었다.

5) 5구간(STA.10+240 ~ 10+380)

① 사면 5구간은 연장 140.0m, 절토고(최대높이) 약 50.35m, 사면방향 55/215, 소단 7단으로 전면에 판넬식 옹벽으로 보강이 이루어진 상태이다.

② STA.10+255~375구간은 프리캐스트패널로 보강이 되어있으며, 높이는 약 22.5m인 것으로 조사되었다.

③ 프리캐스트패널 보강된 구간 외에 사면은 숏크리트 보강구간과 녹생토 구간으로 이루어져 있으며, 녹생토 구간은 유실이나 침식 등이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 숏크리트보강 구간 또한 균열, 파손, 탈락 등이 없는 상태로 확인되었다.

④ 절토사면 경사는 1:0.9~1.0 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0~2.5m 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

⑤ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 상태로서, 식생상태는 양호한 것으로 조사되었다.

⑥ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 풍화도가 높은 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 탄층이 확인되었다. 또한 사면 내에는 절리군과 층리로 인해 암반파쇄 및 소규모 암탈락이 발생한 것으로 조사되었으나, 현재 숏크리트 보강 및 녹생토, 프리캐스트패널 보강 등으로 인해 보완이 된 것으로 확인되었다.

6) 6구간(STA.10+380 ~ 10+580)

① 사면 6구간은 연장 140.0m, 절토고(최대높이) 약 47.21m, 사면방향 55/215, 소단 5단으로 전면에 판넬식 옹벽으로 보강이 이루어진 상태이다.

② STA.10+395~460까지의 1단은 프리캐스트패널로 보강과 계단식 옹벽으로 되어있으며, 콘크리트 품질상태는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.

③ 절토사면 경사는 1:1.0~1.3 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0~3.3m 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

④ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 상태로서, 식생상태는 양호한 것으로 조사되었다.

⑤ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암

반은 풍화도가 높은 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 탄층이 확인되었다. 또한 사면 내에는 절리군과 층리로 인해 암반파쇄 및 소규모 암탈락이 발생한 것으로 조사되었으나, 현재 숏크리트 보강 및 녹생토, 프리캐스트패널 보강 등으로 인해 보완이 된 것으로 확인되었다.

나. 부대 시설물

1) 보호시설

사면 1~6구간의 표면보호 공법으로는 녹생토, 숏크리트 타설 등으로 되어 있으며, 식생발아 및 정착 상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

2) 배수시설

① 사면 1~6구간의 배수처리 시설로는 L형측구, 소단측구, 산마루측구, 도수로, 수평배수공, 집수정 등이 설치되어 있다.

② 사면 하단부에 시공된 L형 측구는 약 1m 간격으로 약 1.0m 간격으로 사면 내 지하수 배제를 목적으로 수평배수공이 각각의 형식에 따라 설계도면에 맞게 적정한 간격으로 설치되어있다. 또한 콘크리트의 품질상태는 균열이나 파손 등이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

③ 콘크리트 소단측구는 지층의 특성 및 비탈면 기울기 등 소단설치 기준에 따라 균열이나 파손, 재료분리 등이 없는 적정한 상태로 조사되었다.

④ 사면의 경계부를 따라 설치된 산마루측구는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었으나, 일부구간에 균열, 실런트 들뜸, 단차 등이 확인되었다.

⑤ 사면 각 구간의 경계지점에는 소단측구와 산마루측구로 집수된 지표수를 횡단배수 처리하기 위하여 도수로가 설치된 상태로서 각각의 형식과 구조에 맞게 설계도면대로 적정하게 시공되어 있는 것으로 확인되었다.

⑥ 도수로의 하부에는 사면 내 지표수와 지하수, 도로의 노면수 등을 집·배수 처리하기 위한 집수정을 계곡부와 도수로 합류 구간에 설치하였으며, 시공 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

10.2 재료 시험

가. 암반 강도 시험

위 치	ROCK TEST HAMMER에 의한 암판정			비 고
	반발값 평균치(r)	일축압축 강도 추정(MPa)	암 판정	
STA 9+850 1단	48.95	91.98	연암	
STA 9+980 1단	54.00	116.61	보통암	
STA 10+120 1단	50.50	98.93	연암	
STA 10+200 1단	52.75	109.96	보통암	
STA 10+300 1단	51.94	105.83	보통암	
STA 10+450 1단	51.22	102.31	보통암	
ROCK TEST HAMMER를 이용하여 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 48.95~54.00로서 암판정 기준 연암 및 보통암으로 측정되었다.				

10.3 시설물의 상태평가

본 절토사면(STA.9+820~10+580)의 상태등급평가는 세부지침에 의거 절리암반사면으로 구분하여 실시하였으며, 육안조사에 의한 외관조사 항목과 설계 및 지반조사서 분석 결과를 포함하여 상태평가를 실시하였다. 본 사면의 최종 상태평가 결과는 “A등급(평가지수:0.05~0.10)”으로 산정 되었다.

10.4 안전성 검토

암반사면내 절리군에 대해 불안정한 영역에 대해서는 부석정리 후 사면보호공(녹생토, 옹벽, 네일링, 숏크리트, 낙석방지책 등)조치가 이루어진 상태로서 본 사면에 대한 보강후 한계평형해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”{안전율 1.20이상(우기시)}으로 산정 되었다.

10.5. 종합평가 및 안전등급 지정

가. 종합평가

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.05~0.10	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.05~0.10	A	
종합평가 결과	절토사면(STA.9+820~10+580,상주)의 종합평가 결과 "A"		

나. 안전등급

절토사면(STA.9+820~10+580,상주)에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 "A등급"인 것으로 판정되었다.

10.6 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 창평리 ~ 가호리에 위치한 절토사면으로서 연장은 상주방향 L=760.0m(STA.9+820~10+580), 최대높이 H=47.69m로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.
2) 외관조사결과 사면의 경사, 소단 폭, 식생상태 및 보강상태 등의 전반적인 시공상태는 양호한 것으로 조사되었으나, 산마루 측구 일부구간에서 균열 , 신축이음부 실런트 들뜸, 단차 등이 발생하였다.
3) ROCK TEST HAMMER를 이용하여 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 48.95~54.00로서 암판정 기준 연암 및 보통암으로 측정되었다.
4) 암반사면내 절리군에 대해 불안정한 영역에 대해서는 부석정리 후 사면보호공(녹생토, 옹벽, 네일링, 앵커, 숏크리트, 낙석방지책 등)조치가 이루어진 상태로서 본 사면의 보강후 한계평형해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 "A등급"{안전율 1.20이상(우기시)}으로 산정 되었다.
5) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 "A등급"으로 분석되어 절토사면은 "문제점이 없는 최상의 상태"인 것으로 평가되었다
6) 향후 절토사면의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

11. 절토사면(STA.9+820~10+580,영천)

11.1 상세외관조사

1) 1구간(STA.10+260 ~ 10+420)

① 사면 1구간은 연장 160.0m, 절토고(최대높이) 약 21.38m, 사면방향 55/035, 소단 1단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~0.8 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0m 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 것으로 조사되었으며, 식생상태도 양호한 것으로 확인되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태이나, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 불연속면과 층리로 인한 암반 파쇄 및 소규모 암탈락이 발생하였으나, 현재는 녹생토 작업으로 인해 보완된 상태로 조사되었다.

2) 2구간(STA.10+420 ~ 10+580)

① 사면 2구간은 연장 160.0m, 절토고(최대높이) 약 40.29m, 사면방향 55/036, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~1.0 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0~1.3m 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 양호한 상태로 조사되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된

암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 절리군과 사면내 발달한 층리의 조합에 따라 암반의 파쇄가 심한 상태이며, 소규모 암탈락으로 인한 낙석이 발생하는 것으로 조사되었으나, 현재 녹생토를 완료하여 적정하게 보완한 것으로 확인되었다.

3) 3구간(STA.10+580 ~ 10+710)

① 사면 3구간은 연장 130.0m, 절토고(최대높이) 약 32.99m, 사면방향 55/032, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~0.9 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.2 ~ 1.8m(콘크리트 소단 약 2.5m) 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 상태로서, 식생상태는 양호한 것으로 조사되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 점토가 협재되어있는 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 불연속면과 층리로 인해 암반파쇄 및 소규모 암탈락이 발생한 것으로 조사되었으나, 현재 숏크리트 보강 및 녹생토로 인해 보완이 된 것으로 확인되었다.

나. 부대 시설물

1) 보호시설

사면 1~3구간의 표면보호 공법으로는 식생, 녹생토 등으로 되어 있으며, 식생발아 및 정착 상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

2) 배수시설

① 사면 1~3구간의 배수처리 시설로는 L형측구, 소단측구, 산마루측구, 도수로, 수평배수공, 집수정 등이 설치되어 있다.

② 사면 하단부에 시공된 L형 측구는 약 1m 간격으로 약 1.0m 간격으로 사면 내 지하수 배제를 목적으로 수평배수공이 각각의 형식에 따라 설계도면에 맞게 적정한 간격으로 설치되어있다. 또한 콘크리트의 품질상태는 균열이나 파손 등이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

③ 콘크리트 소단측구는 지층의 특성 및 비탈면 기울기 등 소단설치 기준에 따라 균열이나 파손, 재료분리 등이 없는 적정한 상태로 조사되었다.

④ 사면 2~3 구간의 경계지점에는 소단측구와 산마루측구로 집수된 지표수를 횡단배수 처리하기 위하여 도수로가 설치된 상태로서 각각의 형식과 구조에 맞게 설계도면대로 적정하게 시공되어 있는 것으로 확인되었다.

⑤ 사면 각 구간의 경계지점에는 소단측구와 산마루측구로 집수된 지표수를 횡단배수 처리하기 위하여 도수로가 설치된 상태로서 각각의 형식과 구조에 맞게 설계도면대로 적정하게 시공되어 있는 것으로 확인되었다.

⑥ 도수로의 하부에는 사면 내 지표수와 지하수, 도로의 노면수 등을 집·배수 처리하기 위한 집수정을 계곡부와 도수로 합류 구간에 설치하였으며, 시공 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

11.2 재료 시험

가. 암반 강도 시험

위 치	ROCK TEST HAMMER에 의한 암판정			비 고
	반발값 평균치(r)	일축압축 강도 추정(MPa)	암 판정	
STA 10+340 1단	51.35	102.96	보통암	
STA 10+500 1단	51.90	105.65	보통암	
STA 10+620 1단	52.45	108.42	보통암	
ROCK TEST HAMMER를 이용하여 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 51.35~52.45로서 암판정 기준 보통암으로 측정되었다.				

11.3 시설물의 상태평가

본 절토사면(STA.9+820~10+580,영천)의 상태등급평가는 세부지침에 의거 절리암반사면으로 구분하여 실시하였으며, 육안조사에 의한 외관조사 항목과 설계 및 지반조사서 분석 결과를 포함하여 상태평가를 실시하였다. 본 사면의 최종 상태평가 결과는 “A등급(평가지수:0.10)” 으로 산정 되었다.

11.4 안전성 검토

본 절토사면은 비탈면 경사 준수와 사면보호공(녹생토, 낙석방지책 등) 조치가 적정하게 이루어진 상태로서 본 사면{(STA.10+380 ~ 10+580), (STA.10+580 ~ 10+700)}에 대한 한계평형해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급” {안전율 1.5이상(건기시),안전율 1.2이상(우기시)}으로 산정 되었다.

11.5. 종합평가 및 안전등급 지정

가. 종합평가

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.10	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.10	A	
종합평가 결과	절토사면(STA.9+820~10+580,영천)의 종합평가 결과 “A"		

나. 안전등급

절토사면(STA.9+820~10+580,영천)에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

11.6 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 창평리 ~ 가호리에 위치한 절토사면으로서 연장은 상주방향 L=450.0m(STA.10+260~10+710), 최대높이 H=40.09m로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.

2) 외관조사결과 사면의 경사, 소단 폭, 식생상태 등의 전반적인 시공상태는 양호한 것으로 조사되었다.

3) ROCK TEST HAMMER를 이용하여 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 51.35~52.45로서 암판정 기준 보통암으로 측정되었다.

4) 본 절토사면은 비탈면 경사 준수와 사면보호공(녹생토, 낙석방지책 등) 조치가 적정하게 이루어진 상태로서 본 사면{(STA.10+380 ~ 10+580), (STA.10+580 ~ 10+700)}에 대한 한계평형해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”{안전율 1.5이상(건기시),안전율 1.2이상(우기시)}으로 산정 되었다

5) 상태평가와 안정성평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 절토사면은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다

6) 향후 절토사면의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

12. 절토사면(STA.10+970~11+230,영천)

12.1 상세외관조사

가. 기본 시설물

1) 1구간(STA.10+970 ~ 11+080)

① 사면 1구간은 연장 110.0m, 절토고(최대높이) 약 17.60m, 사면방향 55/022, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~0.8 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.3~1.5m 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 것으로 조사되었으며, 식생상태도 양호한 것으로 확인되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태이나, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다.
또한 사면 내 발달한 불연속면과 층리에 따라 암반파쇄 및 소규모 암탈락으로 인한 낙석이 발생되었으나, 현재는 녹생토 작업으로 인해 보완된 상태로 조사되었다.

2) 2구간(STA.11+080 ~ 11+230)

① 사면 2구간은 연장 150.0m, 절토고(최대높이) 약 42.0m, 사면방향 55/020, 소단 4단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~1.5 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0 ~ 1.2m(콘크리트 소단 약 3.2m) 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 식생상태 또한 양호한 것으로 확인되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었고, 점토가 협재되어있는 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에 발달한 불연속면과 층리의 영향으로 인해 암반파쇄 및 소규모 암탈락이 발생하였으나, 현재 녹생토를 완료하여 적정하게 보완한 것으로 확인되었다.

나. 부대 시설물

1) 보호시설

사면 1~2구간의 표면보호 공법으로는 식생, 녹생토 등으로 되어 있으며, 식생발아 및 정착 상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

2) 배수시설

① 사면 1~2구간의 배수처리 시설로는 L형측구, 소단측구, 산마루측구, 도수로, 수평배수공, 집수정 등이 설치되어 있다.

② 사면 하단부에 시공된 L형 측구는 약 1m 간격으로 약 1.0m 간격으로 사면 내 지하수 배제를 목적으로 수평배수공이 각각의 형식에 따라 설계도면에 맞게 적정한 간격으로 설치되어있다. 또한 콘크리트의 품질상태는 균열이나 파손 등이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

③ 콘크리트 소단측구는 지층의 특성 및 비탈면 기울기 등 소단설치 기준에 따라 균열이나 파손, 재료분리 등이 없는 적정한 상태로 조사되었다.

④ 사면의 경계부를 따라 설치된 산마루측구의 시공상태는 경사면을 따로 적정하게 시공되어있으며, 콘크리트 품질상태는 균열이나 파손 등이 없는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.

⑤ 사면 각 구간의 경계지점에는 소단측구와 산마루측구로 집수된 지표수를 횡단배수 처리하기 위하여 도수로가 설치된 상태로서 각각의 형식과 구조에 맞게 설계도면대로 적정하게 시공되어 있는 것으로 확인되었다.

⑥ 도수로의 하부에는 사면 내 지표수와 지하수, 도로의 노면수 등을 집·배수 처리하기 위한 집수정을 계곡부와 도수로 합류 구간에 설치하였으며, 시공 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

12.2 재료 시험

가. 암반 강도 시험

위 치	ROCK TEST HAMMER에 의한 암판정			비 고
	반발값 평균치(r)	일축압축 강도 추정(MPa)	암 판정	
STA 11+000 1단	52.60	109.18	보통암	
STA 11+150 1단	50.90	100.80	보통암	
ROCK TEST HAMMER를 이용하여 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 50.90~52.60로서 암판정 기준 보통암으로 측정되었다.				

12.3 시설물의 상태평가

본 절토사면(STA.10+970~11+230,영천)의 상태등급평가는 세부지침에 의거 절리암반사면으로 구분하여 실시하였으며, 육안조사에 의한 외관조사 항목과 설계 및 지반조사서 분석 결과를 포함하여 상태평가를 실시하였다. 본 사면의 최종 상태평가 결과는 “A등급(평가지수:0.05)”으로 산정 되었다.

12.4 안전성 검토

본 절토사면은 비탈면 경사 준수와 사면보호공(녹생토, 낙석방지책 등) 조치가 적정하게 이루어진 상태로서 본 사면{(STA.10+970 ~ 11+080), (STA.11+080 ~ 11+220)}에 대한 한계평형해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”{안전율 1.5이상(건기시),안전율 1.2이상(우기시)}으로 산정 되었다.

12.5. 종합평가 및 안전등급 지정

가. 종합평가

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.05	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.05	A	
종합평가 결과	절토사면(STA.10+970~11+230,영천)의 종합평가 결과 "A"		

나. 안전등급

절토사면(STA.10+970~11+230,영천)에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 "A등급"인 것으로 판정되었다.

12.6 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 창평리에 위치한 절토사면으로서 연장은 영천방향 L=260.0m(STA.10+970~11+230), 최대높이 H=42.0m로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.
2) 외관조사결과 사면의 경사, 소단 폭, 식생상태 및 보강상태 등의 전반적인 시공상태는 양호한 것으로 조사되었다.
3) ROCK TEST HAMMER를 이용하여 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 50.90~52.60로서 암판정 기준 보통암으로 측정되었다.
4) 본 절토사면은 비탈면 경사 준수와 사면보호공(녹생토, 낙석방지책 등) 조치가 적정하게 이루어진 상태로서 본 사면{(STA.10+970 ~ 11+080), (STA.11+080 ~ 11+220)}에 대한 한계평형해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 "A등급"{안전율 1.5이상(건기시),안전율 1.2이상(우기시)}으로 산정 되었다.
5) 상태평가 및 안정성평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 "A등급"으로 분석되어 절토사면은 "문제점이 없는 최상의 상태"인 것으로 평가되었다
6) 향후 절토사면의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

목 차

* 제출문

* 참여기술자 명단

제 Ⅰ 편 공 통 편

제1장 서 론 ····· Ⅰ- 2

1.1 과업의 목적 ····· 3
1.2 대상시설물의 현황 ····· 3
1.3 과업의 범위 및 내용 ····· 4
1.4 과업수행 절차 ····· 7
1.5 과업수행 일정 ····· 10
1.6 기호의 정의 ····· 11
1.7 측정 장비 ····· 17

제2장 외관조사 및 재료시험 ····· Ⅰ- 19

2.1 외관조사 ····· 20
2.2 재료시험 ····· 39

제3장 상태평가 ····· Ⅰ- 57

3.1 개 요 ····· 58
3.2 교량 시설물의 상태평가 ····· 58
3.3 옹벽 시설물의 상태평가 ····· 68
3.4 절토사면 시설물의 상태평가 ····· 71

제4장 재하시험 ····· Ⅰ- 79

4.1 개요 ····· 80
4.2 정적 재하시험 ····· 81
4.3 동적 재하시험 ····· 83

제5장 구조안전성 및 내하력 평가 ····· Ⅰ- 86

5.1 개요 ····· 87
5.2 안전성 평가 ····· 87
5.3 내하력 평가 ····· 88

제6장 종합평가 ····· Ⅰ- 94

6.1 종합평가 기준 및 방법 ····· 95

제7장 보수·보강 방안 ····· Ⅰ- 97

7.1 보수·보강 방안 ····· 98
7.2 보수·보강 방법 ····· 99
7.3 보수·보강 공법 ····· 101

제8장 유지관리 방안 ····· Ⅰ- 116

8.1 개 요 ····· 117

● 표 차 례 ●

제 Ⅰ 편 공 통 편

<표 1.2.1> 대상시설물의 현황 ····· Ⅰ-3
<표 1.2.1> 대상시설물의 현황(계속) ····· 4
<표 1.5.1> 과업수행 일정 ····· 10
<표 1.6.1> 교량 상부구조 형식의 정의 ····· 12
<표 1.6.2> 교량 구조물 기호 정의 ····· 12
<표 1.7.1> 사용장비① ····· 17
<표 1.7.2> 사용장비② ····· 18
<표 4.2.1> 정적 재하시험 절차 ····· 82
<표 4.3.1> 동적 재하시험 절차 ····· 84
<표 5.2.1> 구조물의 안전성 평가기준 ····· 87
<표 5.3.1> 교량형식 및 재료에 따른 내하력 평가 방법 ····· 88

● 그 림 차 례 ●

제 Ⅰ 편 공 통 편

<그림 1.6.1> 받침장치 순서 정의 ····· Ⅰ-14
<그림 5.3.1> 내하력 평가의 흐름도 ····· 88
<그림 6.1.1> 종합평가 결과의 산정흐름도 ····· 96

제 Ⅰ편 공 통 편

제 1 장 서 론

제 2 장 외관조사 및 재료시험

제 3 장 상태평가

제 4 장 재하시험

제 5 장 구조안전성 및 내하력 평가

제 6 장 종합평가

제 7 장 보수·보강 방안

제 8 장 유지관리 방안

제 1 장 서 론

1.1 과업의 목적

1.2 대상구조물 현황

1.3 과업의 범위 및 내용

1.4 과업수행 절차

1.5 과업수행 일정

1.6 각 시설물별 구성 및 기호정의

1.7 측정장비

제 1 장 서 론

1.1 과업의 목적

본 안전점검의 목적은 의뢰자의 요청에 따라 현장의 시설물에 대해서 정기안전점검 수준 이상으로 실시하는 초기점검으로서 건설기술진흥법 시행령 제100조 제1항 제3호에 따른 건설공사를 준공(임시사용을 포함)하기 전에 문제점 발생 부위 및 붕괴 유발 부재 또는 문제점 발생 가능성이 높은 부위 등의 중점 유지관리 사항을 파악하고, 향후 정밀점검·정밀안전진단 시 구조물에 대한 안전성평가의 기준이 되는 초기치를 확보하기 위함이 그 목적이며, 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(한국시설안전공단, 2010.12, 교량/터널/옹벽/절토사면 편, 이하 "세부지침"이라 함)」의 규정에 의거, 현장조사 및 각종 시험을 실시하였다.

1.2 대상시설물의 현황

당 현장의 과업대상 시설물로는 교량, 옹벽, 절토사면 등이 있으며, 주요시설물을 살펴보면 다음과 같다.

<표 1.2.1> 대상시설물의 현황

시설물명		형 식	제 원	시설물구분	비 고
교량	장기교	I.P.C Beam	L=180m	2종	분리
	금매교	P.S.C e-Beam	L=320m	1종	분리
	가호교	P.U.S Girder	L=132.5m	1종	분리
옹벽	Sta.4+941~5+933 (상주방향)	패널식 보강토 옹벽	L=977m	2종	
	Sta.4+934~5+103 (상주방향)	패널식 보강토 옹벽	L=155m	2종	
	Sta.6+979~7+160 (영천방향)	블록시 보강토 옹벽	L=181m	2종	
	Sta.10+254~10+455 (상주방향)	패널식 옹벽	L=201m	2종	

<표 1.2.1> 대상시설물의 현황(계속)

시설물명		형 식	제 원	시설물구분	비 고
절토 사면	Sta.0+160~0+420 (이설도로#2)	암사면	L=260m	2종	
	Sta.8+850~9+230 (상주방향)	암사면	L=380m	2종	
	Sta.9+820~10+580 (상주방향)	암사면	L=760m	2종	
	Sta.10+260~10+710 (상주방향)	암사면	L=450m	2종	
	Sta.10+970~11+230 (영천방향)	암사면	L=260m	2종	

1.3 과업의 범위 및 내용

1.3.1 과업의 범위

1) 관련자료의 검토(시설물설계도서 및 자료, 주변시설 및 환경조건 등 분석)
2) 대상시설물에 대한 현장(외관)조사 및 내구성 조사
3) 조사 및 시험결과에 의한 시설물의 상태 평가
4) 정·동적 재하시험
5) 구조해석 및 내하력 평가
6) 종합 평가 등급 산정
7) 시설물의 보수 범위 및 보수 우선순위 결정(필요시)
8) 시설물의 보수·보강 방법(공법) 제시(필요시)
   - 보수·보강 대상부재, 범위, 공법 결정
9) 시설물의 효율적인 유지관리 방안 제시
10) 종합결론 및 보고서작성

1.3.2 과업수행 내용

가. 관련 자료의 검토

본 과업의 현장조사 착수 전에 교량의 실시설계서, 구조계산서, 기존 정기점검자료, 설계도면 등의 자료를 검토하여 현장조사, 구조해석, 내하력 평가를 위한 재하시험 위치 선정 등의 기초자료로 활용하였다.

나. 외관조사

1) 교량

① 제원조사

② 균열조사(폭, 방향성, 길이)

③ 콘크리트 탈락, 박리, 백태 등 열화현상

④ 도장상태 조사

⑤ 신축이음장치

⑥ 교량받침

⑦ 난간 및 연석

⑧ 배수시설

⑨ 기타 제반시설

⑩ 외관조사망도 작성

2) 옹벽

① 제원조사(연장, 높이 등)

② 침하, 활동, 선형오차, 세굴

③ 전면부 파손, 손상 및 균열, 유실, 이격, 배부름

④ 배수시설 및 사면상태 등

⑤ 외관조사망도 작성

3) 절토사면

① 제원조사(연장, 높이, 경사 등)

② 보호·보강공 등 시공 상태

③ 사면 손상 상태(풍화, 인장균열, 지반침하 등)

④ 배수로 등 주변상태 조사

⑤ 외관조사망도 작성

다. 콘크리트 비파괴시험

1) 콘크리트 강도 측정(반발경도법)

2) 철근배근 및 피복두께 측정(레이다법)

3) 탄산화 시험

라. 상태평가

"안전점검 및 정밀안전진단 세부지침"에 의한 상태평가

마. 정·동적 재하시험

1) 거더 정·동적 변형율 및 처짐 측정

2) 교량의 진폭 및 고유진동수, 충격계수 측정

바. 구조해석 및 내하력 평가

1) 설계하중에 대한 구조해석

2) 설계단면과 실측진동모드 및 주파수 비교검토

3) 변형율과 처짐 응답비 산정

4) 내하율 및 공용내하력 산출

사. 종합 평가 등급 산정

상태평가와 안전성 평가 등급 중 작은 등급 선정

아. 보수·보강 및 유지관리방안 제시(필요시)

자. 종합평가

1) 외관조사에 의한 평가

2) 비파괴시험 및 재료시험에 의한 평가

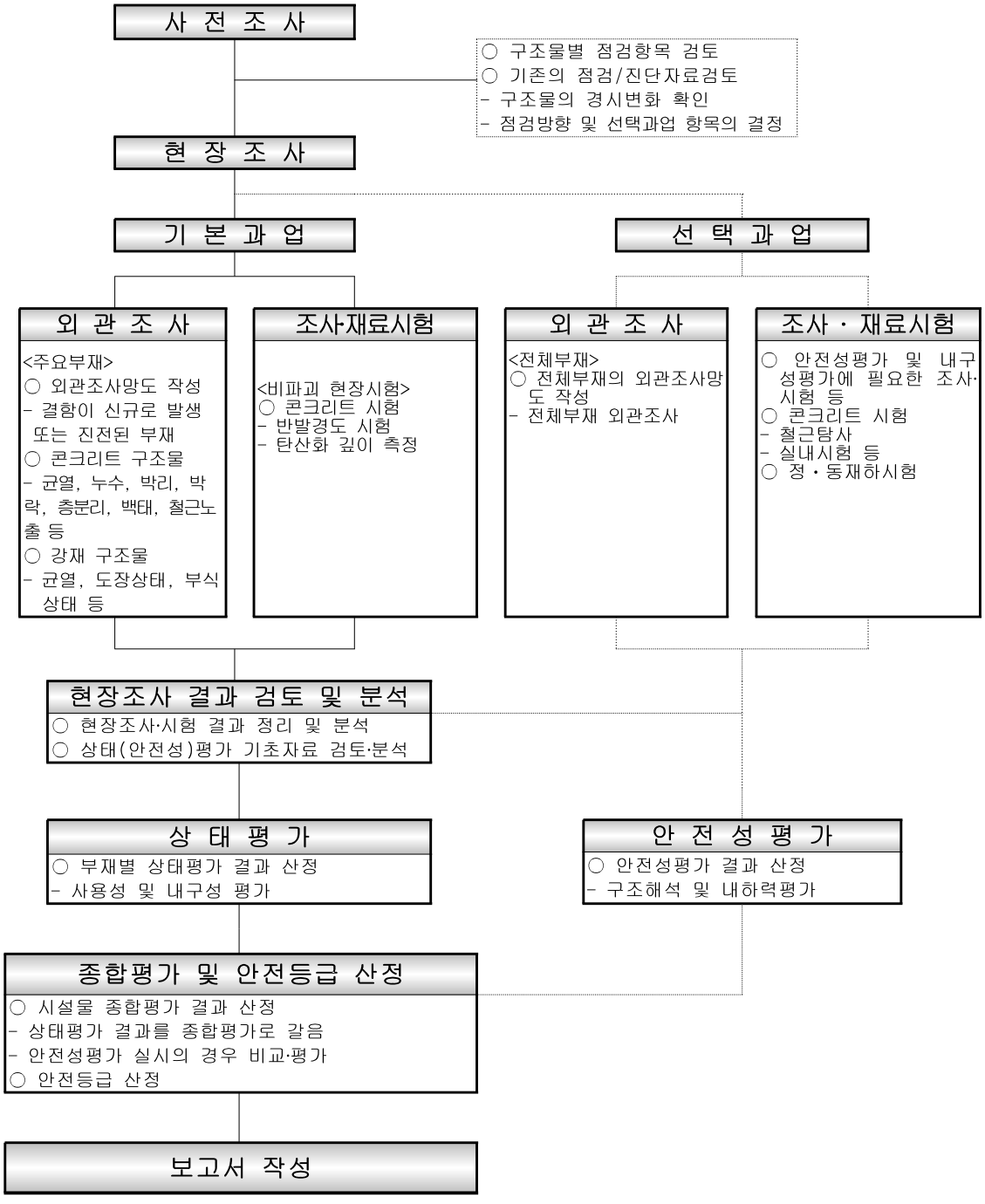
3) 재하시험 및 공용내하력에 의한 평가

4) 종합평가

1.4 과업수행 절차

현장 내 초기점검 대상 시설물에 대해서 시공 상태, 품질 상태 등을 평가하여 시설물의 문제점 또는 문제가능성이 있는 구조부위 확인과 향후 정밀점검 및 정밀안전진단시의 기초 자료로 활용하는데 그 목적이 있으며, 과업수행흐름은 다음과 같다.

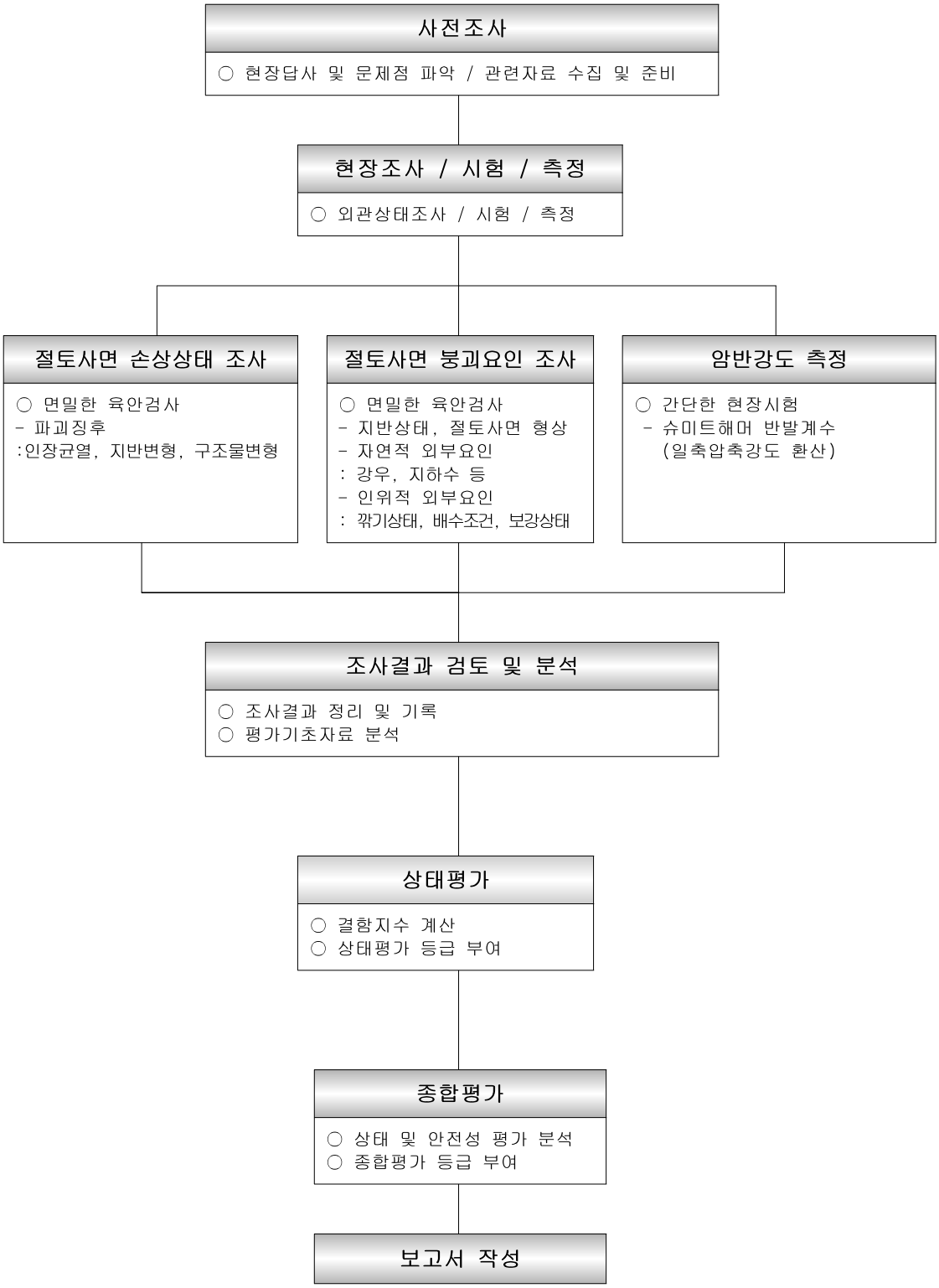
1) 교량 시설물



2) 옹벽 시설물

사 전 조 사
○ 구조종벽 진단항목 검토
○ 기존의 점검/진단자료검토
- 구조물의 경시변화 확인
- 점검방향 및 선택과업 항목의 결정
현 장 조 사
기 본 과 업
선 택 과 업
외 관 조 사
조사재료시험
<주요부재>
○ 상태변화
- 전면부 주요결함
(파손,균열,유실,이격)
- 침하,활동,선형오차
- 기초부 세굴
○ 주변 상태변화
- 배수상태
- 사면상태
○ 외관조사망도 작성
- 결함이 신규로 발생
또는 진전된 부재
<비파괴 현장시험>
○ 측점분할
○ 선형오차 확인
(전도/경사 등)
외관조사
조사 · 재료시험
<전체부재>
○ 전체부재의 외관조사망도 작성
○ 전체부재 외관조사
○ 안전성평가 및 내구성 평가에 필요한 조사·시험 등
현장조사 결과 검토 및 분석
○ 현장조사·시험 결과 정리 및 분석
○ 상태(안전성)평가 기초자료 검토·분석
상 태 평 가
○ 부재별 상태평가 결과 산정
- 사용성 및 내구성 평가
종합평가 및 안전등급 산정
○ 시설물 종합평가 결과 산정
- 상태평가 및 안전성평가 비교 · 평가
○ 안전등급 산정
보고서 작성

3) 절토사면


사전조사
○ 현장답사 및 문제점 파악 / 관련자료 수집 및 준비
현장조사 / 시험 / 측정
○ 외관상태조사 / 시험 / 측정
절토사면 손상상태 조사
○ 면밀한 육안검사
- 파괴징후
:인장균열, 지반변형, 구조물변형
절토사면 붕괴요인 조사
○ 면밀한 육안검사
- 지반상태, 절토사면 형상
- 자연적 외부요인
: 강우, 지하수 등
- 인위적 외부요인
: 깎기상태, 배수조건, 보강상태
암반강도 측정
○ 간단한 현장시험
- 슈미트해머 반발계수
(일축압축강도 환산)
조사결과 검토 및 분석
○ 조사결과 정리 및 기록
○ 평가기초자료 분석
상태평가
○ 결함지수 계산
○ 상태평가 등급 부여
종합평가
○ 상태 및 안전성 평가 분석
○ 종합평가 등급 부여
보고서 작성

1.5 과업수행 일정

※ 과업기간 : 2017년 04월 25일 ~ 2017년 06월 10일(착수일로부터 47일)

<표 1.5.1> 과업수행 일정

구분 / 수행내용	4월			5월				6월	
	20	25	30	5	15	25	30	5	10
① 사전조사 및 자료수집 ・현장답사 및 자료수집 ・조사계획 수립, 자료검토		■							
② 현장조사 ・정밀외관조사 ・내구성조사(비파괴시험) ・교량 재하시험		■	■	■	■				
③ 조사결과 검토 및 분석 ・외관망도작성 ・시험결과 분석				■	■	■			
④ 평가 ・상태평가 및 안전성평가 ・교량 내하력평가 ・종합평가						■			
⑤ 보수·보강 방안 및 유지관리 방안 제시						■	■		
⑥ 종합결론 및 보고서 작성							■	■	■

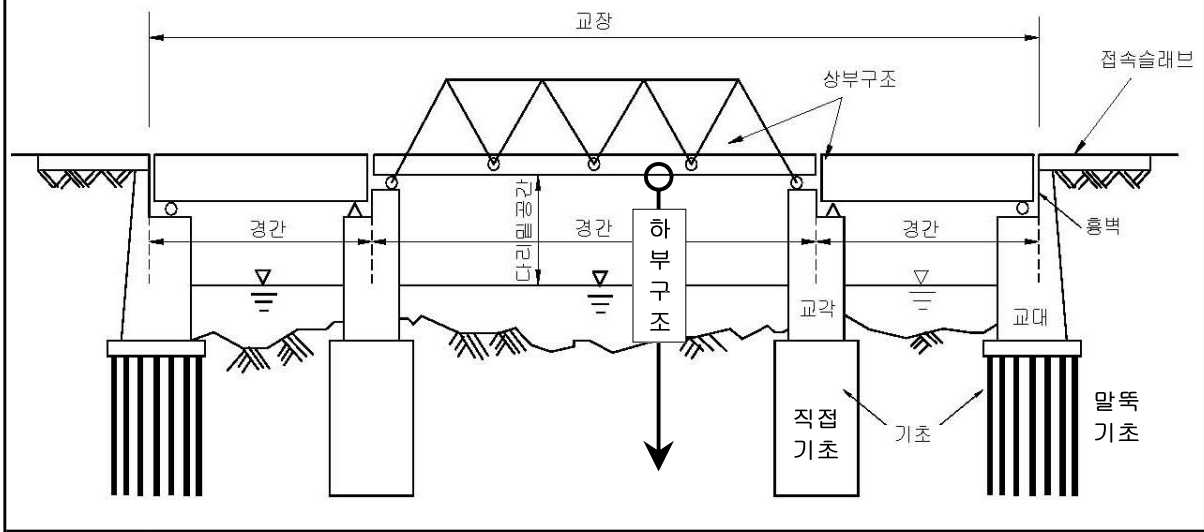
1.6 기호의 정의

본 점검에서 점검결과 표기의 일관성 및 부재별 식별용이를 위해 다음과 같이 기호를 정의하여 외관조사 및 보고서 작성시 적용하였다.

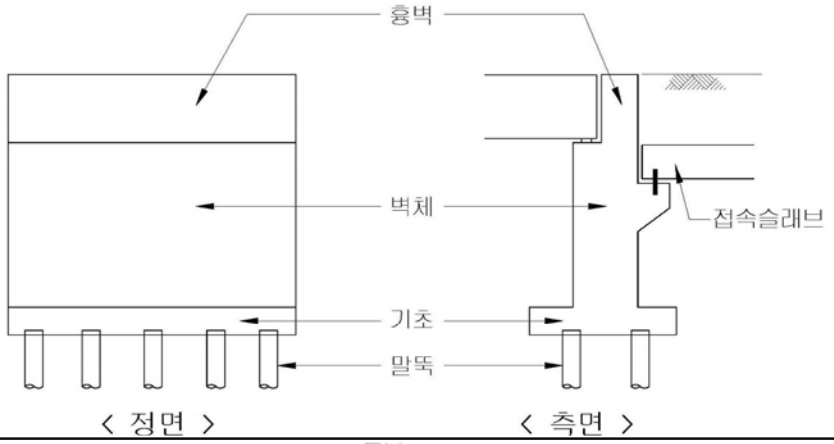
1.6.1 교량

가. 일반적인 교량의 구성 및 각 부재별 명칭

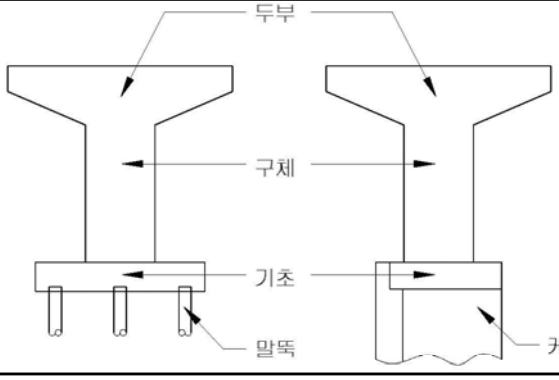
상·하부 구조별 부재의 명칭



교대



교각



나. 교량 상부구조 형식의 정의

<표 1.6.1> 교량 상부구조 형식의 정의

영문약자	상부구조형식	영문약자	상부구조형식
RCS	RC슬래브교	RA	라멘교
RCH	RC중공슬래브교	STI	강I형교
RCT	RCT형교	SPG	강판형교
RCB	RC박스형교	STB	강박스형교
PSCI	PSCI형교	TR	트러스형교
PSCS	PSC슬래브교	AR	아치교
PSCH	PSC중공슬래브교	CS	사장교
PSCB	PSC박스형교	SU	현수교
PF	프리플렉스형교	ED	엑스트라도즈교
ETC	IPC, PCT 등 기타		

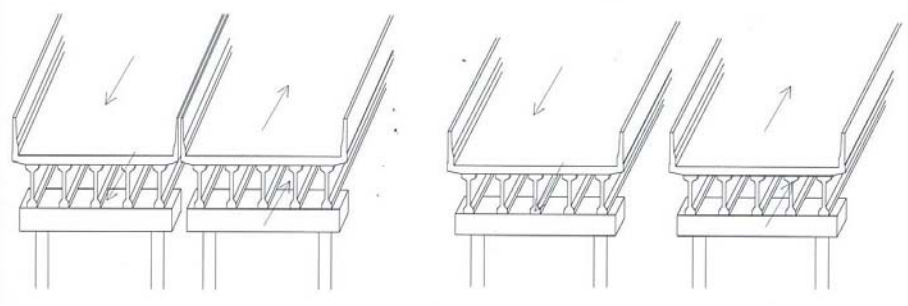
다. 교량 구조물 기호 정의

<표 1.6.2> 교량 구조물 기호 정의

구 조 구 분			사용기호	비 고
상부구조	공통	경 간	S	Span
		거 더	G	Girder
		횡 형	CB	Cross Beam
		바 닥 판	SL	Slab
		교 량 받 침	SH	Shoe(Bearing)
		신축이음부	Exp	Expansion Joint
		램 프	Ra	Ramp
	Steel Plate Girder	상부플랜지	UF	Upper Flange
		하부플랜지	LF	Lower Flange
		좌측복부판	LWeb	Left-Web
		우측복부판	RWeb	Right-Web
		수직보강재	V-STIF	V-Stiffener
		수평보강재	H-STIF	H-Stiffener
		가 로 보	CB	Cross Beam
		거더이음부	SP	Splice
하부구조		교 대	A	Abutment
		교 각	P	Pier
		옹 벽	Wa	Wall

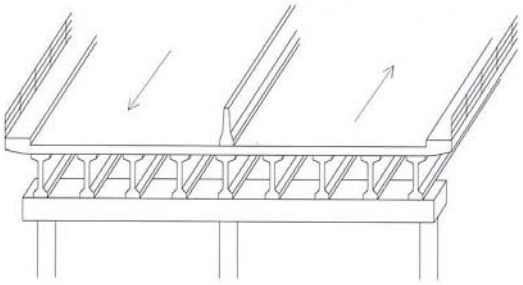
라. 교량명 정의 방법

1) 구조적으로 분리되었거나 완전히 이격된 경우 - 구분관리



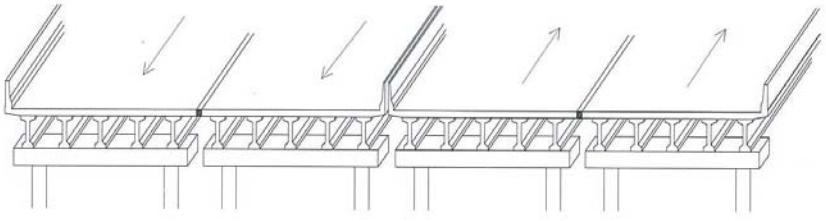
예) 판교1교(서울) 강동대교(퇴계원)
판교1교(부산) 강동대교(판교)

2) 구조적으로 동일 거동 - 동일교량으로 관리



예) 88 낙동강

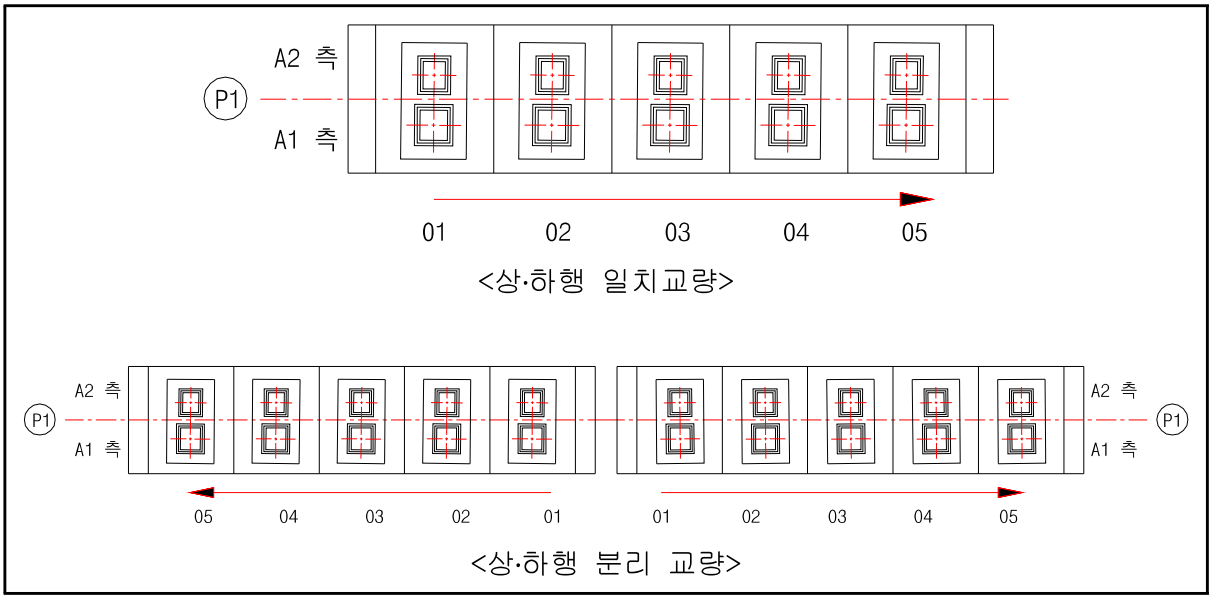
3) 동일한 교량에 대한 확장이 여러번 된 경우 - 각각 구분관리



예) 기존교량 : 금강1교(서울0), 기존교량 : 금강1교(부산0)
1차확장교량 : 금강1교(서울1), 확장교량 : 금강1교(부산1)
2차확장교량 : 금강1교(서울2), 확장교량 : 금강1교(부산2)
※ 확장된 순번으로 번호 부여

마. 거더 및 받침장치 순서 정의

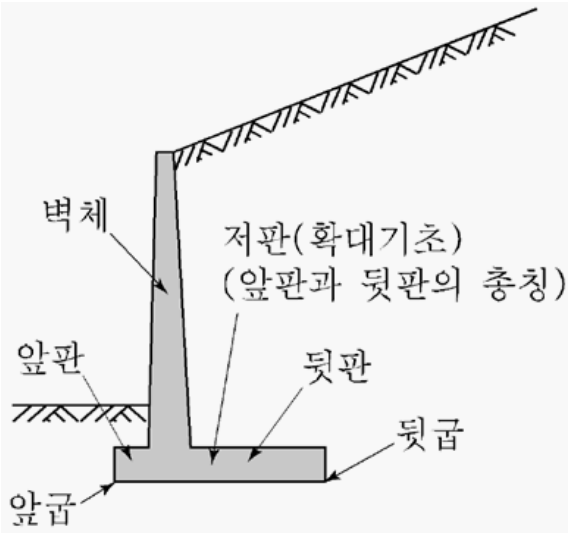
본 교량의 거더 및 받침장치의 순서는 상·하행 일치교일 경우 시점에서 종점을 바로 보았을 때 좌측부터 나타내고, 상·하행 분리교일 경우 시점에서 종점을 바로 보았을 때 중분대측부터 나타내었으며, 받침장치는 A1측 또는 A2측의 방향을 첨부하여 나타내었다.<그림 1.6.1> 참조



<그림 1.6.1> 받침장치 순서 정의

1.6.2 옹벽

콘크리트 옹벽의 단면 및 각 부위별 명칭

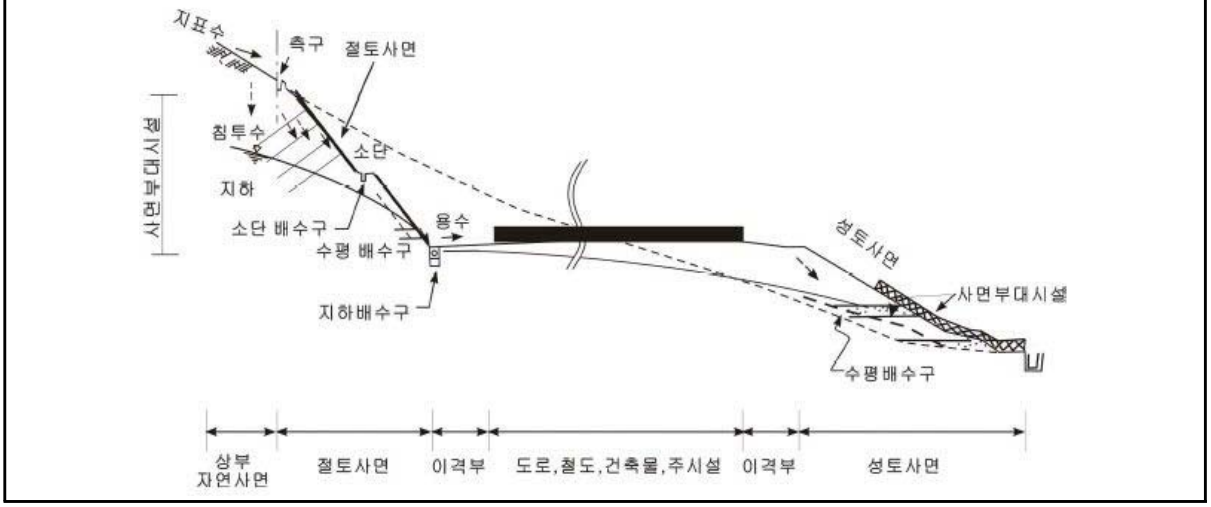


1.6.3 절토사면

가. 절토사면의 구성

절토사면은 공간적 위치나 기능에 따라 상부자연사면, 절토사면, 사면시설, 이격부, 소단으로 나눈다.

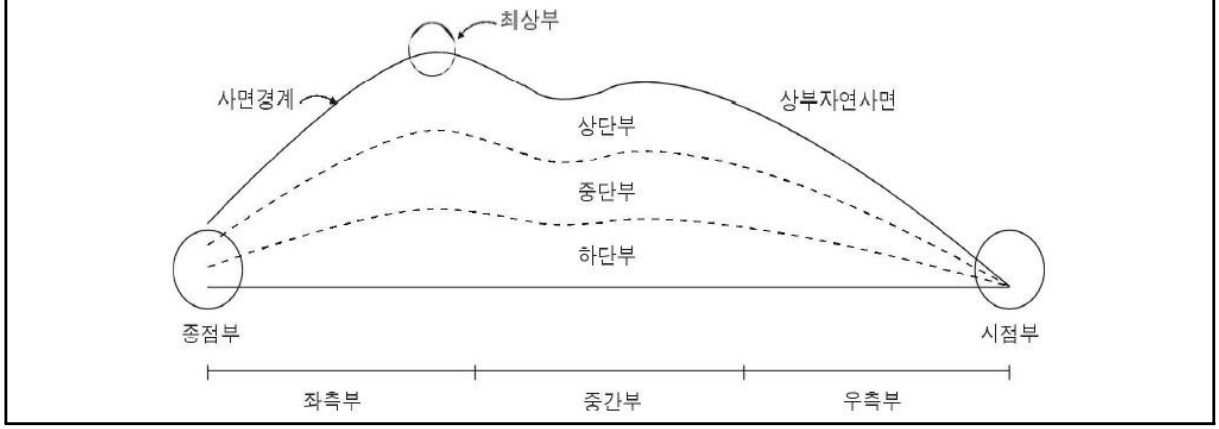
절토사면 구성 모식도



나. 절토사면의 부위별 명칭

절토사면의 각 부위별 명칭은 절토사면을 전방에서 바라보았을 때를 기준으로 하며, 절토사면을 마주볼 때 「좌측부, 중간부, 우측부」, 상하 위치에 따라 「상단, 중단, 하단」으로, 우측부의 끝점은 「시점부」, 반대 위치는 「종점부」로 칭한다. 또한, 절토사면과 상부 자연사면과의 경계를 「사면경계」라 하며 이중 제일 높은 곳을 「최상부」라 한다.

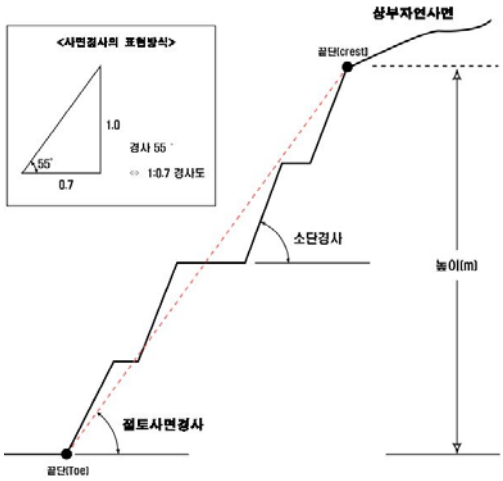
절토사면 각 부위별 명칭



다. 절토사면의 규모

절토사면의 규모는 연장의 경우 시종점간 선형 길이를 말하며, 높이는 사면 상하 끝단의 수직높이를 말한다. 경사는 사면경사와 소단경사로 구분되며, 아래 그림과 같다.

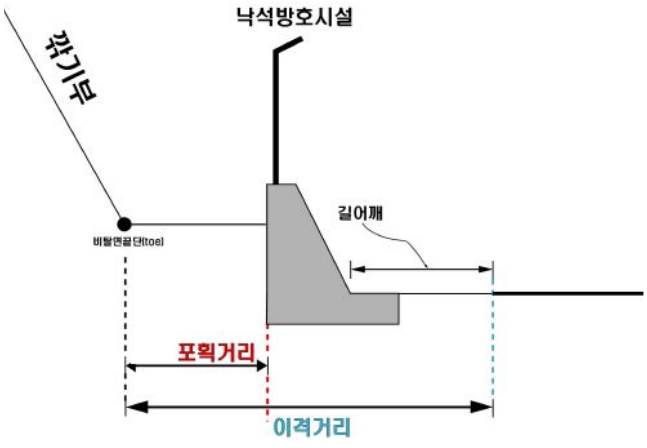
절토사면의 경사 및 높이의 표현방식



라. 이격부

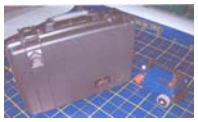
이격부는 절토사면의 상·하단부에서 주 시설물까지의 공간을 말하며, 낙석이나 붕괴발생시 충격완화 또는 주 시설물로의 직접적인 유입을 방지하기 위한 여유공간을 제공하며, 보수보강을 위한 공사시행 시 작업공간 및 사면시설 설치 공간 등의 기능을 가진다.

이격부의 구성



1.7 측정 장비

<표 1.7.1> 사용장비①

구 분	장비명	규 격	제조사 (제조국)	Serial Number	용 도	비 고
콘크리트 강도	SCHMIDT HAMMER	A-750RX	KAMEKURA (JAPAN)	05056	반발경도를 이용한 콘크리트 강도측정	
철근배근 탐사	OKO-2	OKO-2 GEORADAR	RUSSIA	166	철근배근상태 및 피복두께 측정	
탄산화 측정	탄산화 측정기	페놀 프탈레인 용액	SAMCHUN (KOREA)	P0312	탄산화 깊이 측정	
재하시험	재하시험 계측기	STC-16NB	삼연테크 (한국)	-	DATA 수집	
	노트북	2373-1LJ	IBM (미국)	99-60CLB	DATA 저장	
	처짐계	OU-30	Tokyo Sokki Kenkyujo Co. Ltd (일본)	BJC06242	처짐 측정	
	변형율 게이지	PL-60-11-1L	Tokyo Sokki Kenkyujo Co. Ltd (일본)	P204711	변형율 측정	
	가속도계	ARF-20	Tokyo Sokki Kenkyujo Co. Ltd (일본)	DJC06504	고유진동수 측정	
수평계	디지털 수평계	196-2 Electronic	GERMANY	-	경사 및 기울기 측정	

<표 1.7.2> 사용장비②

구 분	장비명	규 격	제조사 (제조국)	Serial Number	용 도	비 고
균열 폭 측정	균열 폭 측정기	CRACK GAUGE	PEAK (JAPAN)	1-01-05-08	구조물에 발생된 균열 폭 측정	
제원조사	줄자	5m	KOMELON (KOREA)	258627	부재의 실측 및 손상 규모 측정	
		50m		335908		
	버니어 캘리퍼스	DIGIMATIC CALIPER	MITUTOYO (JAPAN)	7261251	탄산화 깊이 및 강재두께 등 실측조사	
촬영 기록	카메라	NIKON COOLPIX P4	NIKON (JAPAN)	55104037	구조물 전경 및 현장조사 현황 촬영기록	
통신장비	무전기	TLKR-T5	MOTOROLA	165HLA0756	점검자간 연락용	
공기구	연마기	BGA402	MIKITA (CHINA)	7091	검사지점 면고르기	
	드 릴	BHP454	MIKITA (CHINA)	9542	검사지점 파쇄	
외관조사	고소차	45m	-	-	교량 고소구간 외관조사용	
	교량 점검차	ABC 150/LS	-	-	교량 상부 고소구간 외관조사용	

제 2 장 외관조사 및 재료시험

2.1 외관조사

2.2 재료시험

제 2 장 외관조사 및 재료시험

2. 1 외관조사

2.1.1 개 요

외관조사는 기존시설물에 관한 기초자료를 얻고, 육안 및 간단한 장비에 의해 시간이 경과함에 따라 구조물의 상태변화(결함, 손상, 열화 등) 및 균열 폭과 길이 등 구성 재료의 변화 추적하기 위하여 실시하는 것으로서 조사된 현황 분석(결함 및 손상원인 등), 현장 재료시험(비파괴시험)에 의한 내구성 조사결과 분석, 시설물의 종합평가 등을 종합적으로 분석하여 향후 시설물의 효율적인 유지관리 및 내구성 확보를 위한 기초 자료를 획득하는 것이 가장 큰 목적이다.

2.1.2 조사방법

외관조사는 시설물의 상태평가를 위한 기초자료이므로 객관성을 확보하고자 세부지침의 각 항목별 외관조사 요령을 기본으로 수행하였으며, 과업대상 시설물의 보다 면밀한 조사를 위해서 도보 및 사다리, 교량점검차(굴절차), 고소차(스카이) 등을 이용해 최대한 구조물에 근접하여 정밀 외관조사를 실시하였다. 조사된 결과는 손상정도(균열 폭, 길이 등) 및 손상위치를 각 부재별·위치별로 기술하여 향후 유지관리 시 유용할 수 있도록 전체적인 상태를 외관조사망도에 자세하게 수록하여 작성하였다.[부록 : 외관조사망도 참조]

고소차를 이용한 외관조사 장면	교량점검차를 이용한 외관조사 장면

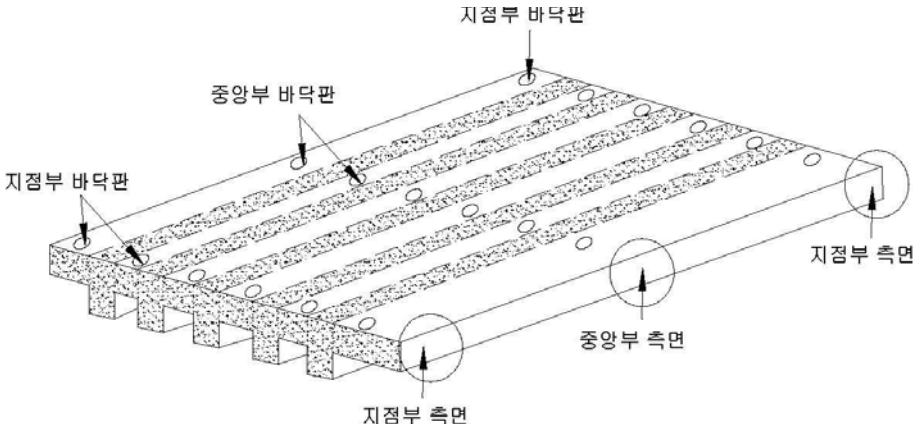
2.1.3 교량 시설물의 점검사항

초기점검 외관조사 시 과업대상 교량 시설물의 각 부재 및 부위별, 세부항목별 점검사항은 다음과 같다.

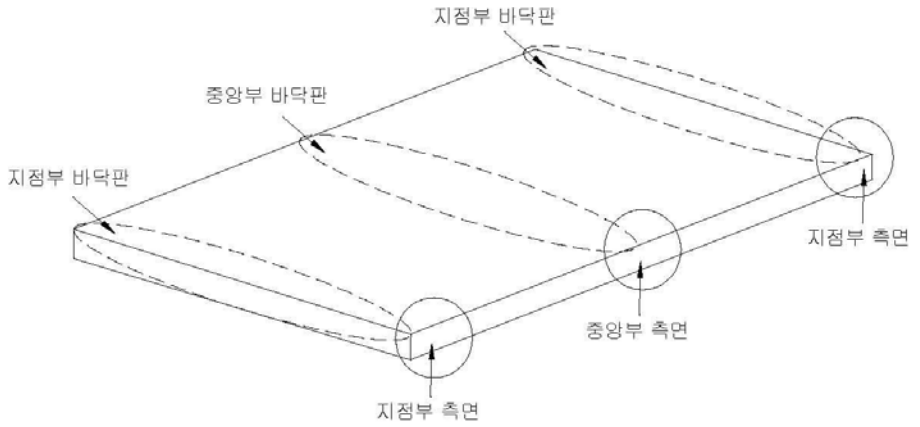
가. 외관조사 시 점검사항

1) 콘크리트 바닥판

점 검 부 위		손 상 종 류
▷공통		·균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출 ·재료분리(공동, 공극) ·누수 및 백태(유리석회)
▷거더교		·균열, 망상균열
▷바닥판, 라멘상부	- 받침부(단부)	·부스러짐 ·사인장균열
	- 중앙부	·휨균열



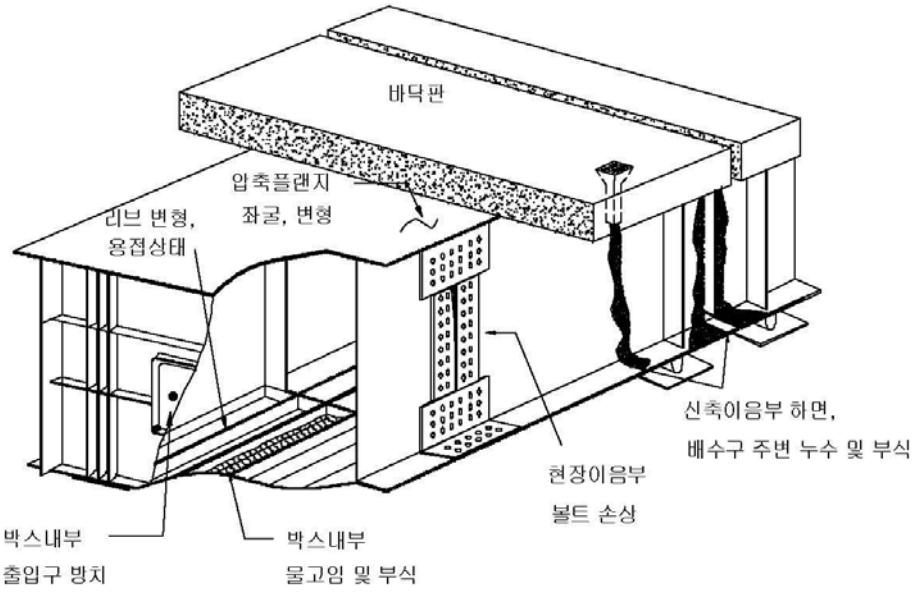
< 거더가 있는 경우의 바닥판 점검부위 >



< 거더가 없는 경우의 바닥판 점검부위 >

2) 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑)

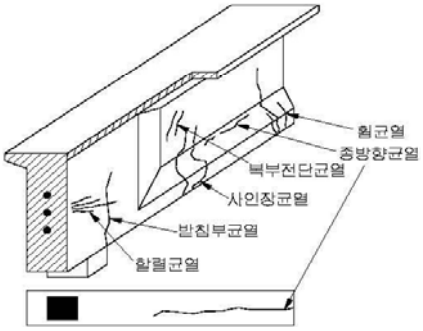
점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	·도장 손상 및 부식 ·현장이음부 볼트손상, 누수 ·신축이음부 하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식 ·이상음 발생
▷피로강도등급 낮은 용접상세부(D, E급)	·피로균열
▷받침부	·복부판 부식 및 국부좌굴 ·거더와 받침연결부 부식 ·게르버교의 경우 핀 연결부 부식 ·지점보강제 하단 용접부 균열 ·박스내부 출입구 방치 ·박스내부 바닥 물고임 및 부식
▷중앙부	·부식 ·플랜지 변형 및 처짐 ·맞대기 용접부, 덮개판 덧댐부 끝부분 균열
▷주탑	·주탑하단부 연결볼트 부식 및 파단
▷보수부위	·용접부 및 연결부 주변 균열
▷부재연결판	·트러스교, 아치교의 현재, 사재, 수직재 연결관의 부식, 균열 및 변형 ·사장교, 현수교의 케이블 정착부 연결관의 부식, 균열 및 변형



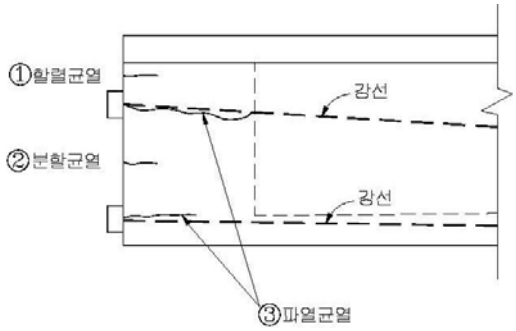
< 강박스 거더 주요 점검부위 및 점검사항 >

3) 프리스트레스 콘크리트 거더

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	·박리, 박락(파손), 철근노출, 백태
▷받침부	·부스러짐 ·복부 사인장균열 ·연속교 상단 휨균열 ·격벽 개구부 모서리 균열
▷중앙부	·휨균열, 거더처짐 ·쉬스관 노출 및 파손 ·박스내부 플랜지 및 복부의 강선방향 균열 ·시공이음부 균열 및 누수
▷강선정착부	·정착부 균열 및 파손



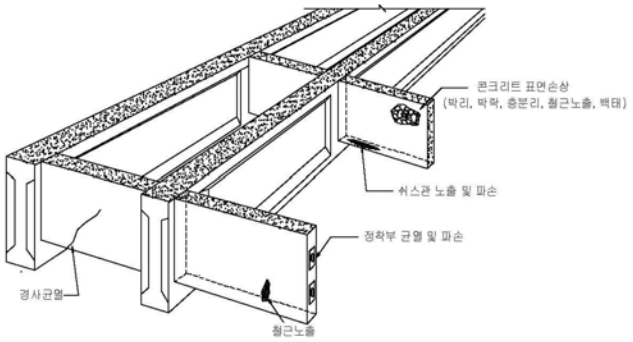
< PSC I빔의 점검부위 >



< 정착구역의 국부균열 >

4) 콘크리트 가로보

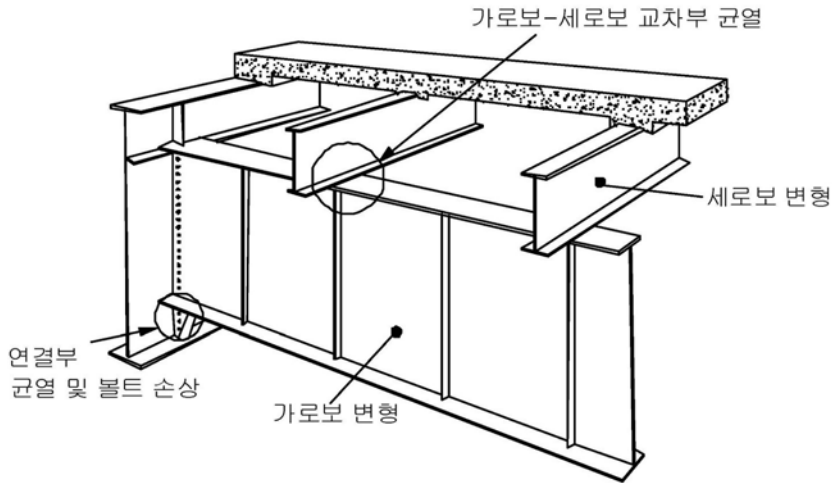
점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	·박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태(유리석회)
▷철근콘크리트 가로보	·박락(파손), 철근노출 ·경사균열(거더의 상대처짐 의심)
▷프리스트레스트 콘크리트 가로보	·쉬스관 노출 및 파손 ·정착부 균열 및 파손



< 콘크리트 가로보 점검부위 및 점검사항 >

5) 강 가로보와 세로보

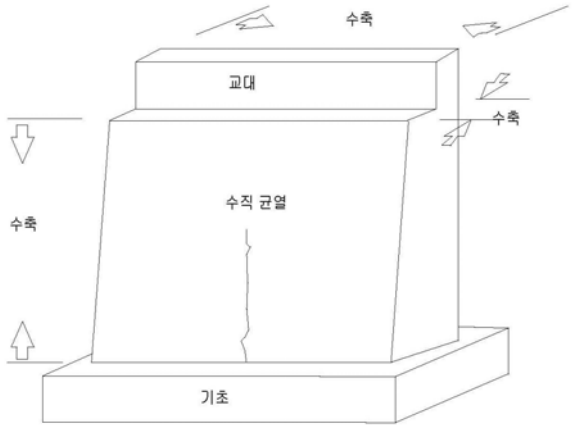
점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	·도장 손상 및 부식 ·현장이음부 볼트손상, 누수 ·이상음 발생
▷피로강도등급 낮은 용접상세부 (D,E급)	·피로균열
▷2차부재	·가로보, 세로보, 브라켓 및 브레이싱 변형 ·하중집중점, 가로보와 세로부 교차부 균열 ·거세트판 용접부 끝부분 균열
▷보수부위	·용접부 및 용접부 주변 균열



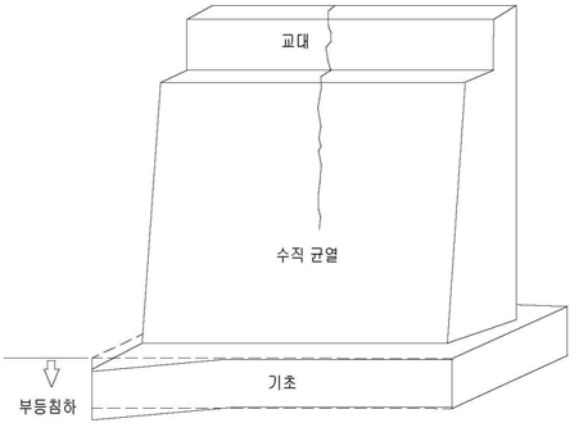
< 강 가로보, 강 세로보의 점검부위 및 점검사항 >

6) 교대

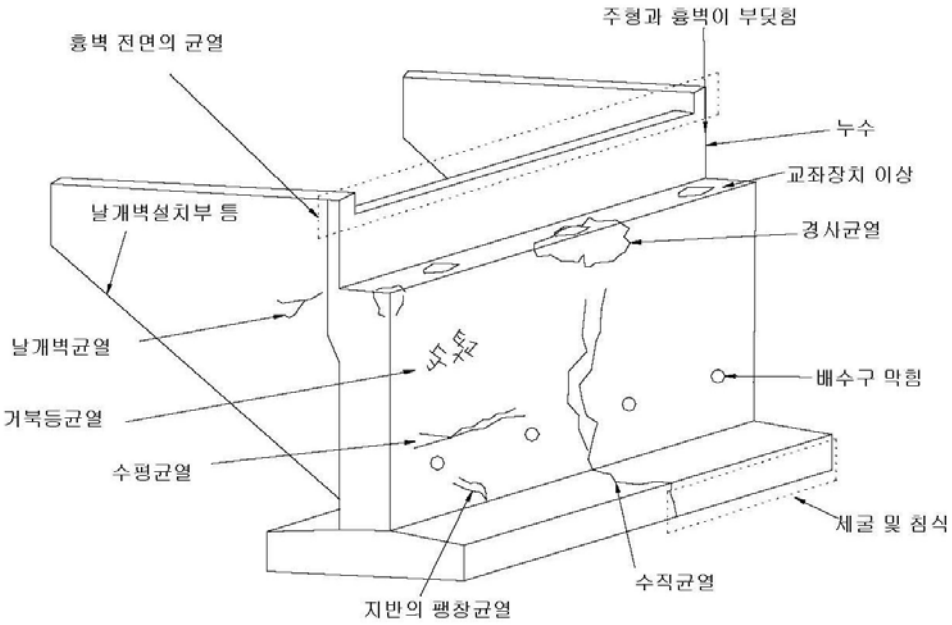
점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	·교대 기울음, 전도 ·균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	·두부 물고임 ·받침부 균열 및 파손 ·두부와 흉벽 경계부 균열 ·거더와 흉벽 신축유간 부족
▷벽체	·수직균열 및 침하 ·구체와 날개벽 분리 ·구체부 배수구 막힘 ·수면접촉부 침식
▷날개벽(옹벽 포함)	·날개벽 이동, 전도 ·석축이 있는 경우 사면붕괴



<온도응력, 건조수축에 의한 교대의 수직균열 >



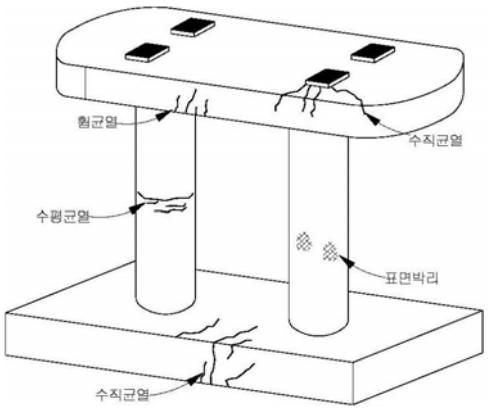
<부등침하로 인한 교대의 수직균열>



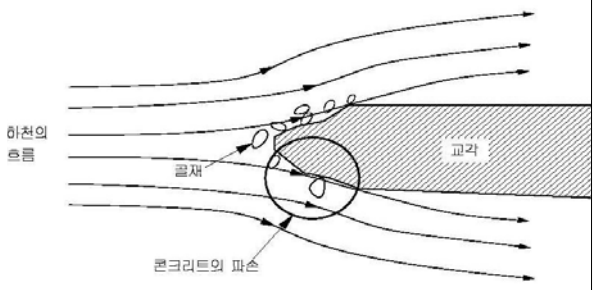
< 교대의 점검부위 >

7) 콘크리트 교각

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	·교각 기울음 및 전도 ·균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	·두부 물고임 ·받침부 하부 균열 및 파손
▷벽체	·시공이음부 균열 ·이동 또는 기울음 ·수면접촉부 침식



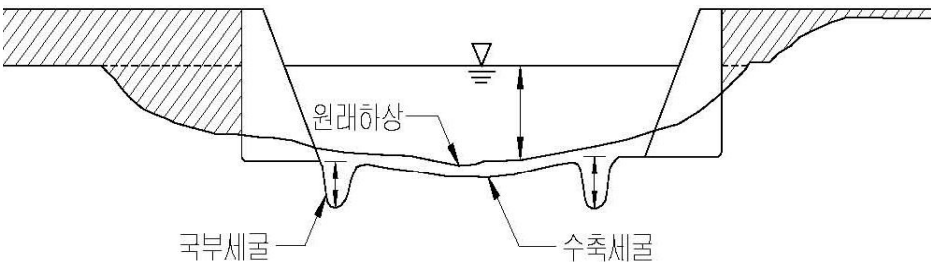
< 콘크리트 교각의 점검부위 >



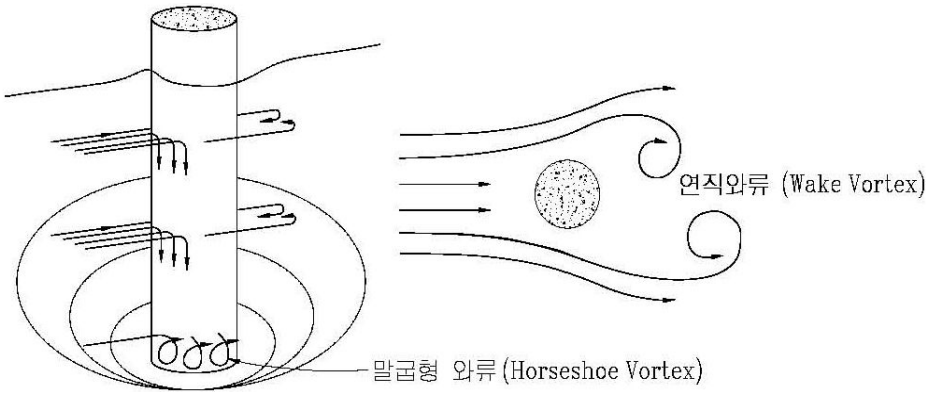
< 유수에 의한 교각의 침식 >

8) 기초

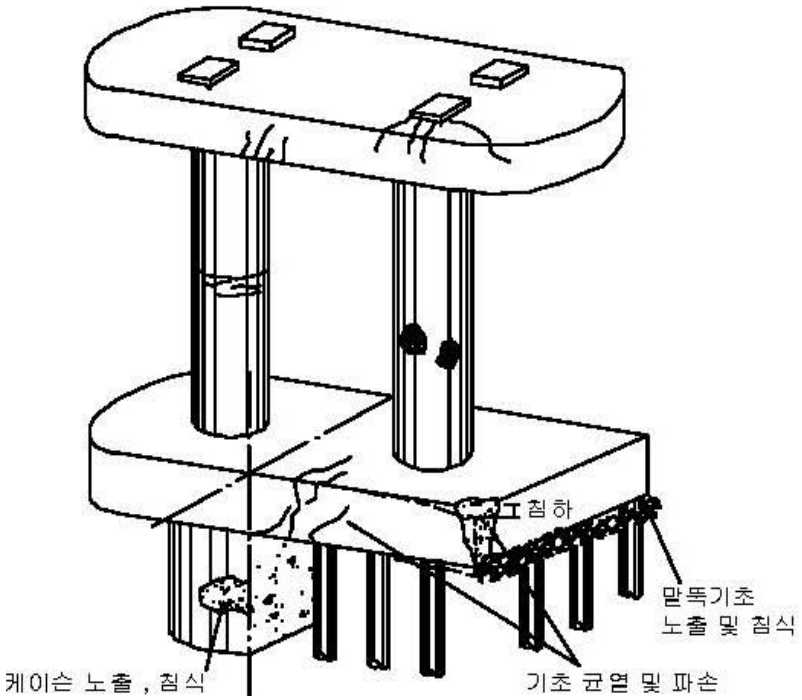
점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	·박리, 박락, 철근노출, 백태 ·침식, 세굴, 측방유동, 침하 ·하부구조물 기울음 및 전도
▷직접기초	·콘크리트 균열 및 파손
▷말뚝기초	·말뚝 노출 및 침식
▷케이슨기초	·케이슨 노출 및 침식 ·충돌파손



< 수축세굴과 국부세굴 >



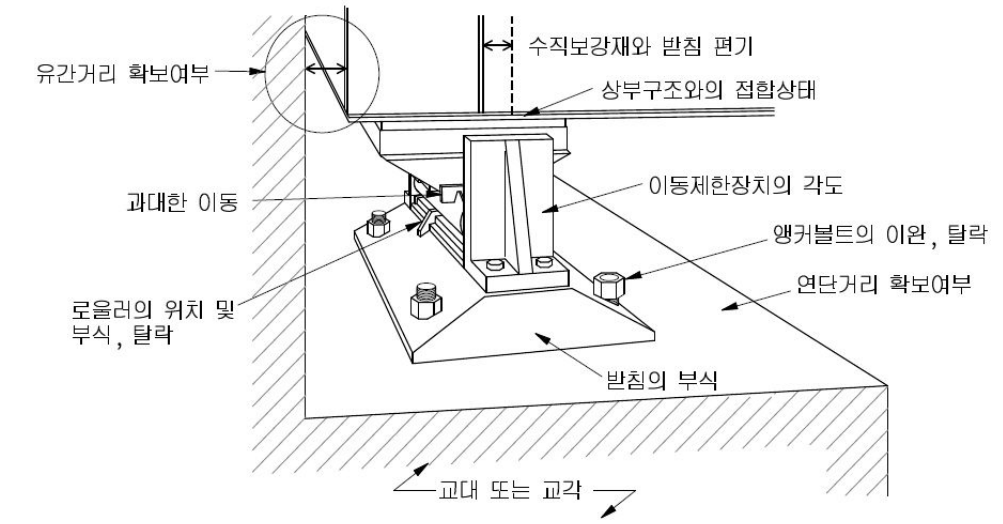
< 원형기초의 국부세굴 >

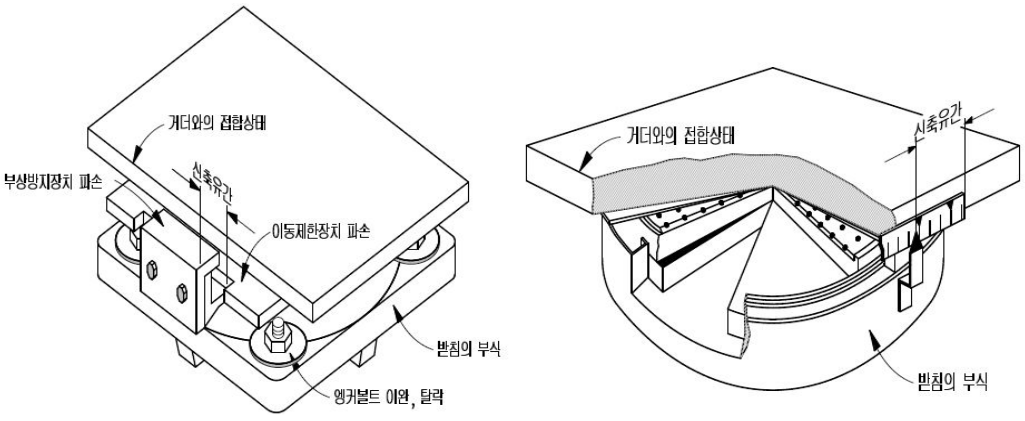


< 기초의 점검부위 및 점검사항 >

9) 교량받침

점 검 부 위		손 상 종 류
▷본체	- 공통	·가동받침의 신축유간 부족 ·가동받침 전·후방의 가동장애 요소 ·받침과 주형의 밀착상태 ·수직보강재와 받침 편기상태 ·받침 물고임 및 부식
	- 강재받침	·가동면 부식 ·부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)
	- 고무받침	·부풀음 및 갈라짐 ·고무판의 과도한 변형
▷받침콘크리트		·앵커볼트 파손, 절단 ·콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 ·교각두부 균열

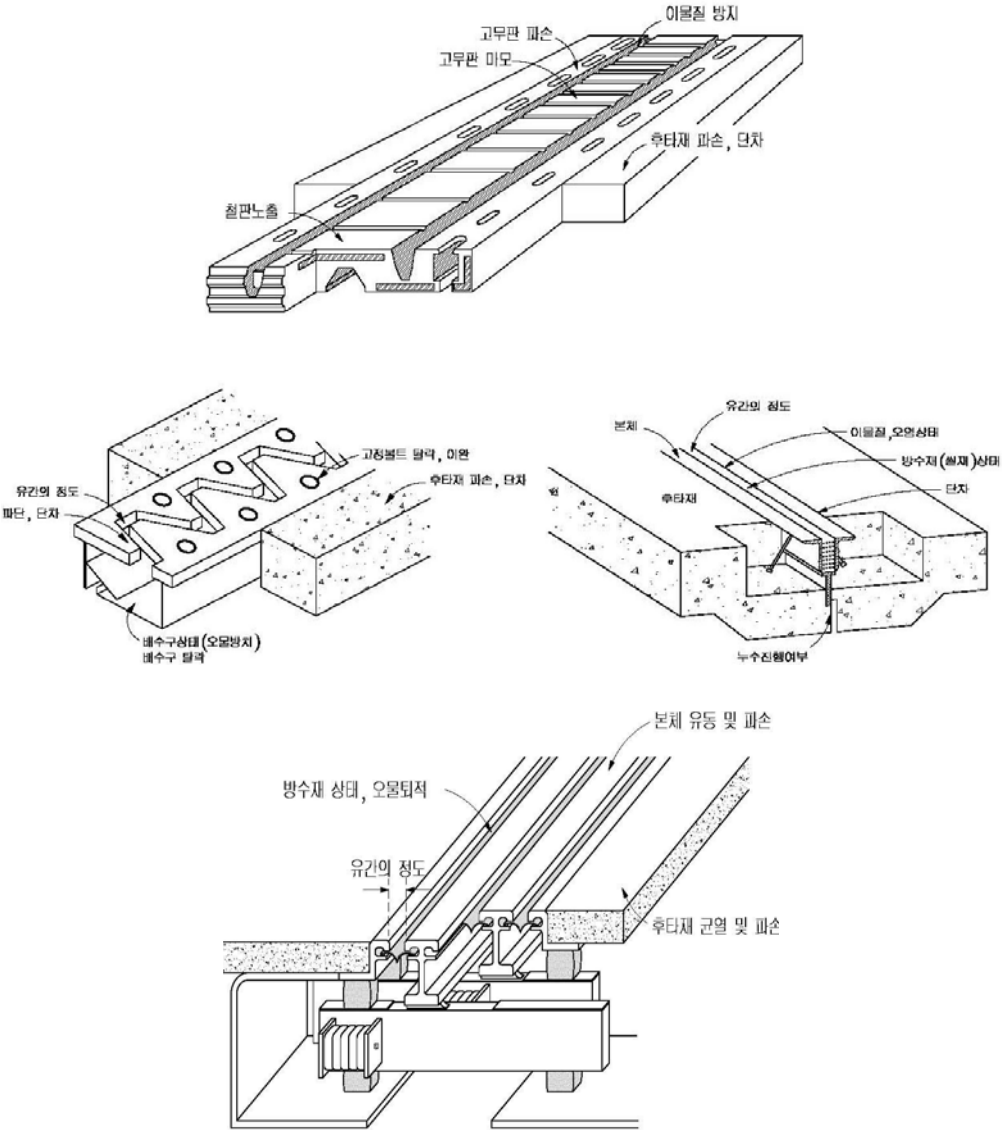




< 교량받침의 점검부위 및 점검사항 >

10) 신축이음

점 검 부 위		손 상 종 류
▷본체	- 공통	·충격음, 본체유동 및 파손 ·누수 ·유간부족 및 유간과다 ·유간 오물퇴적
	- 고무재	·고무판 마모, 강판노출 및 부식
	- 강재	·강재 연결부 이완 및 파손
▷후타재		·단차(본체, 교면포장, 접속슬래브) ·균열 및 파손



< 신축이음의 점검부위 및 점검사항 >

11) 배수시설

점 검 부 위	손 상 종 류
▷배수구(유입구) - 뚜껑(그레이팅)	·뚜껑파손 및 주변파손, 누락 ·오물퇴적, 막힘 ·배수구의 설치높이가 높음 ·배수구 설치위치 불량 ·배수구 설치간격 넓음
▷배수관	·관의 연결부 어긋남, 파손 ·이물질에 의한 막힘 ·지지철물의 이완 및 파손 ·배수관 길이 부족(짧음) ·유출구 위치 부적절(도로구간)

12) 난간 및 연석

점 검 부 위		손 상 종 류
▷난간 연석	- 강재, 알루미늄	·강재의 경우 도장 손상 및 부식 ·난간과 상판연결부의 결함, 파손 ·전체적인 처짐 및 선형불량
	- 철근 콘크리트	·균열, 박리, 파손 ·철근노출 및 부식 ·전체적인 처짐 및 선형불량

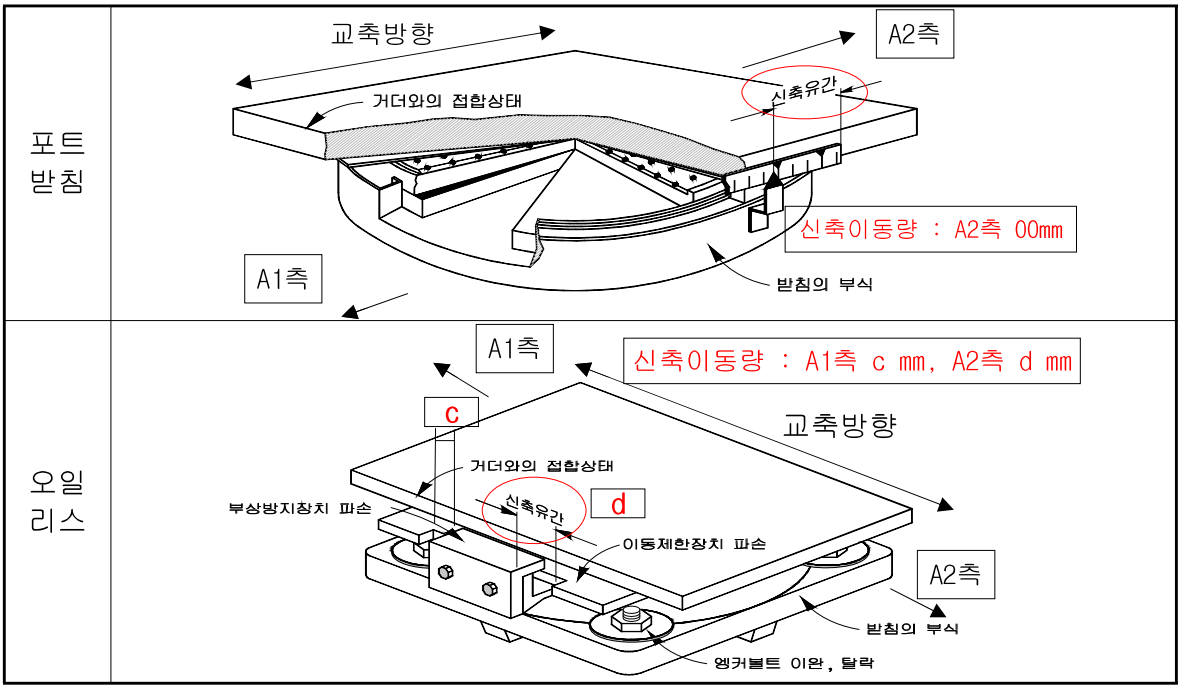
나. 교량받침 조사

1) 개 요

받침장치는 상부구조로 부터의 수직하중(자중, 열차하중)을 원활하게 하부구조에 전달하고 온도변화에 의한 수평하중을 수용하여 불필요한 온도응력의 발생을 해소하는 장치로서 특히 온도변화에 따른 수평하중을 수용하는 과정에서 발생되는 신장 및 수축량을 측정하여 가동 여유량 확보여부를 조사하였다.

2) 교량받침 이동량 조사

1) 받침장치 이동량 조사방법



2) 가동받침의 이동량 산출

$$\Delta l = \Delta l_t + \Delta l_s + \Delta l_c + \Delta l_r$$

여기서, Δl : 신축량

Δl_t : 온도변화에 의한 이동량

Δl_s : 콘크리트의 건조수축에 의한 이동량

Δl_c : 콘크리트의 크리프에 의한 이동량

Δl_r : 활하중에 의한 거더의 처짐으로 발생하는 이동량

※ 출처 : 철도설계기준(2013.12)

① 온도변화에 의한 이동량 (Δl_t)

$\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ 여기서, ΔT : 온도변화

α : 선팽창계수

L : 신축거더 길이(m)

【 온도변화 및 선팽창계수 】

교량 종류	온도변화		선팽창계수
	보통지방	한랭한 지방	
콘크리트교	-5℃ ~ +35℃	-15℃ ~ +35℃	1.0×10^{-5}
강교	-20℃ ~ +50℃	-30℃ ~ +50℃	1.2×10^{-5}

② 콘크리트의 건조수축에 의한 이동량(Δl_s)

$\Delta l_s = \Delta T \cdot \alpha \cdot L \cdot \beta$ 여기서, ΔT : 온도변화

α : 선팽창계수

L : 신축거더 길이

β : 저감계수

L : 신축거더 길이(m)

【 건조수축, 크리프의 저감계수, β 】

콘크리트의 재령(월)	0.25	0.5	1	3	6	12	24
건조수축, 크리프의 저감계수(β)	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1

③ 콘크리트의 크리프에 의한 이동량(Δl_c)

$\Delta l_c = \frac{P_i}{E_c \cdot A_c} \cdot \Phi \cdot L \cdot \beta$ 여기서, P_i: Prestressing 직후의 PS 강재에 작용하는 인장력

E_c: Concrete 탄성계수

A_c: Concrete 단면적

Ø: Concrete Creep 계수

L: 신축거더 길이

β: 건조수축, 크리프의 저감계수

【 콘크리트의 크리프 계수와 건조수축량 】

콘크리트의 크리프계수	Ø= 2.0
콘크리트의 건조수축	20℃ 하강상당

④ 활하중에 의한 거더의 처짐으로 발생하는 이동량(Δl_r)

일반적으로 거더교의 경우 거더의 처짐에 의한 영향은 거더 단부의 회전에 의한 이동량에 대해서만 고려한다.

$$\Delta l_r = \Sigma (h_i \cdot \theta_i)$$

여기서, h_i : 거더의 중립축에서 받침의 회전중심까지의 거리
(통상 거더 높이의 2/3)

Θ_i : 받침 상부의 거더의 회전각
(강교:1/150, 콘크리트교:1/300)

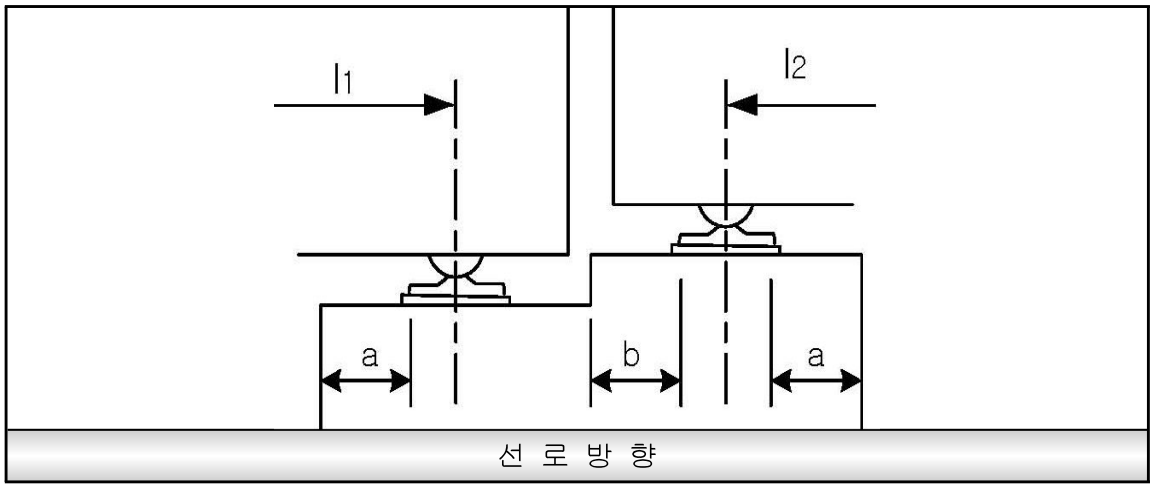
3) 교량받침 연단거리 조사

가) 교량받침 설치기준

① 받침의 끝에서 거더 끝단까지의 거리는 받침에 작용하는 수평력 및 연직력에 대하여 안전해야 하며, 주거더의 종류에 따라 다음 값 이상이어야 한다.

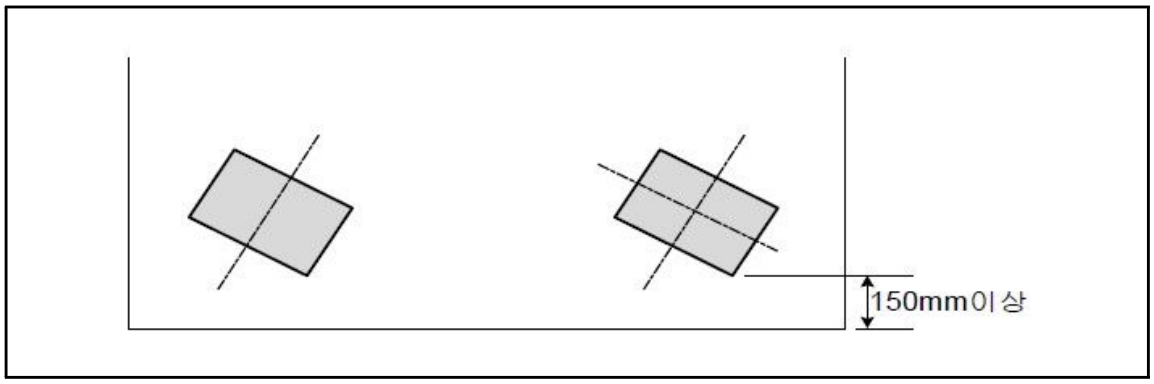
구 분		연단거리 기준치		비 고
		a	b	
철근콘크리트 거더 및 PSC 거더	L < 15m	150mm	150mm	L= 신축거더의 길이(m)
	15m ≤ L < 20m	200mm	150mm	
	20m ≤ L < 30m	250mm	150mm	
	30m ≤ L < 40m	350mm	150mm	
	40m ≤ L	400mm	150mm	
플레이트 거더 (강박스 포함)	L < 25m	200mm	150mm	
	25m ≤ L	250mm	150mm	
트러스		300mm	150mm	

【 받침의 끝에서 거더 끝단까지의 거리 】



② 사각을 가진 거더에서 받침 최외측선부터 거더 끝단까지의 교축방향으로의 최소거리는 일반적으로 150㎜ 이상으로 해야 한다.

【 사각을 가진 거더에서 받침의 배치 】



③ 최소 받침 지지길이

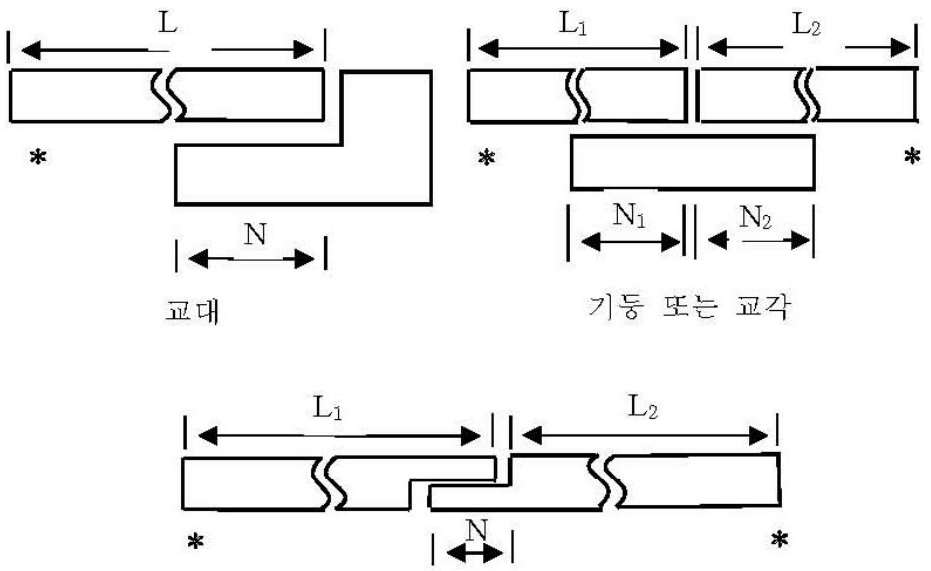
최소 받침 지지길이는 지진 발생 시 낙교를 방지하기 위한 최소한의 받침 지지길이로서 도로설계기준에 의하면 다음과 같이 명시되어 있다.

㉮ 최소 받침 지지길이는 모든 거더의 단부에서 확보해야 한다.

㉯ 최소 받침 지지길이의 확보가 어렵거나 낙교방지를 보장하기 위해서는 변위구속장치를 설치해야 한다.

㉰ 단경간교와 지진구역 II에 위치하는 내진II등급교의 최소받침 지지길이(N)은 다음 값보다 작아서는 안 된다.

【 최소 받침 지지길이 규정에 관한 치수 】



$N = (200 + 1.67\,L + 6.66\,H) \times (1 + 0.000125\,\theta^2)$ mm

여기서, L : 인접 신축이음부까지 또는 교량단부까지의 거리 (m)
단, 지간 내에 힌지가 있는 경우의 L은 힌지 좌·우측방향의 거리인 L1과 L2의 합으로 한다.

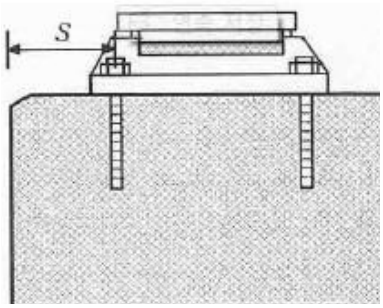
H : 다음 각 경우에 대한 평균높이(m)
교대 : 인접 신축이음부의 교량상부를 지지하는 기둥의 평균높이, 단경간교의 평균높이는 0으로 한다.
기둥 또는 교각 : 기둥 또는 교각의 평균높이
지간 내의 힌지 : 인접하는 양측기둥 또는 교각의 평균높이

θ : 경간의 직각방향에 대한 교각이나 교대의 사잇각(도)

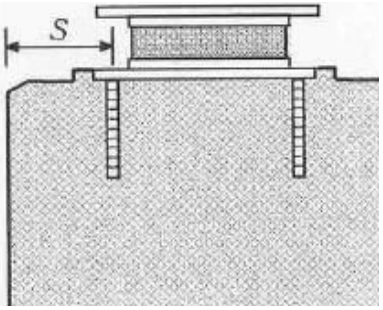
나) 교량받침 연단거리 조사 방법

교좌면은 받침을 통해서 상부구조로부터 하중 등의 집중하중을 받는 곳이고, 또 지진 시 등에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 따라서 지진 시 하중을 전달하는 부재로서 앵커볼트에 의해 받침을 고정하는 경우에는 받침의 종류와 관계없이 앵커볼트의 중심에서 하부구조 정부 연단까지의 거리를 S로 한다. 사교 혹은 곡선교의 경우 받침 연단거리 S는 하부구조 정부연단과의 최단거리 방향으로 확보하여야 한다.

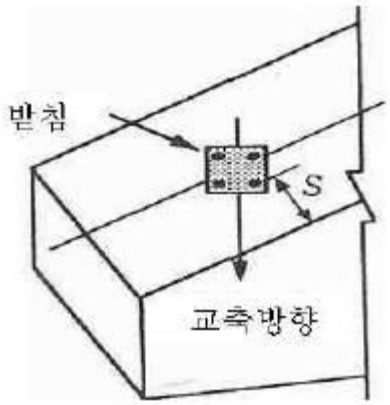
【 교량받침의 연단거리 】



a) 강제 받침의 경우



b) 고무받침의 경우



c) 사교 및 곡선교의 경우

※ 출처 : 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서 - 한국시설안전공단(2012.12)

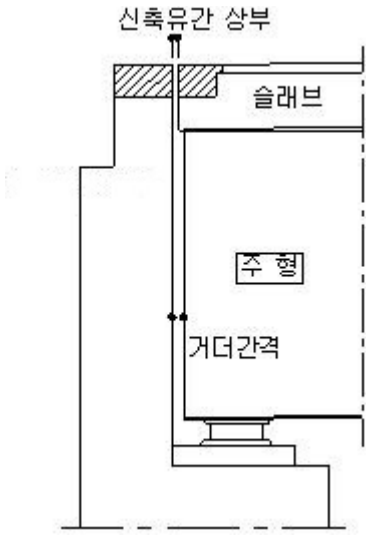
다. 신축이음 유간조사

1) 개 요

상부구조는 고정단을 중심으로 계절변화에 따라 교축방향으로 신장·수축하게 된다. 슬래브 및 거더 단부의 유간이 부족할 경우 단부 파손, 기타 손상이 발생될 수 있으므로 점검 시 슬래브 및 거더의 유간거리를 측정하여 계산치와 비교·검토 함으로써 슬래브 유간의 적정성을 판단한다.

2) 측정방법

유간거리 실측은 다음 그림과 같이 측정하였다.



【 유간거리 측정방법 】

3) 설계 신축량 검토

- 신축장 100m미만 : 기본 신축량 × 20% + 10㎜
- 신축장 100m이상 : 설치 여유량(10㎜) + 부가 여유량(20㎜)

여기서, 신축장은 신축하는 거더의 길이로서 일반받침 및 면진받침에 대하여 각각 고정단으로부터의 거리 및 교량의 중심에서부터의 거리이다.

4) 신축 여유량 검토

신축이음장치의 신축 여유량 확인은 교량받침의 유간확인의 방법과 동일하게 온도 신축에 따른 계산 여유량과 실제 측정 유간을 비교하여 확인한다.

2.1.4 옹벽 시설물의 점검사항

초기점검 외관조사 시 과업대상 옹벽 시설물의 각 부재 및 부위별, 세부항목별 점검사항은 다음과 같다.

점 검 내 용	점 검 항 목
면밀한 육안검사	◦ 전면부의 주요결함 - 파손 및 손상, 균열 - 누수, 층분리 및 박락, 백태 - 철근노출 - 배수공상태 ◦ 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변 상태) ◦ 기초부의 세굴 등
진행성 결함조사(필요시)	◦ 현황측량 ◦ 침하, 활동 ◦ 계획선형 오차(전도/경사) 등 ◦ 균열

2.1.5 절토사면 시설물의 점검사항

초기점검 외관조사 시 과업대상 절토사면 시설물의 각 부재 및 부위별, 세부항목별 점검사항은 다음과 같다.

점 검 내 용	점 검 항 목
사면손상 상태	<면밀한 외관조사> - 파괴징후 · 인장균열, 이완암괴 규모 · 사면 및 구조물 변형 상태 - 파괴현황 · 파괴유형, 위치, 규모 등
사면파괴 요인	<면밀한 외관조사> - 지반상태 · 토질 조건 및 토층 심도 · 토질의 연경도 · 절리 경사 및 방향 · 절리 간격, 거칠기, 연장 등의 상태 - 사면현상 · 사면 경사 및 집수지형 - 자연적 외부 요인 상태 · 강우 및 지하수 상태(필요할 경우 지진 하중) - 인위적 외부 요인 상태 · 절취 상태, 배수 조건 ·표면 보호 및 보강공 상태
시험(안전성평가의 경우)	<안정해석을 위한 지반정수 분석> - 토질시험 · 전단시험(점착력, 첨두마찰각, 잔류마찰각), 표준관입시험 - 암석시험 · 일축압축강도 (코어시료 획득 불가시 점하중시험으로 환산) · 절리면 직접전단시험(점착력, 내부마찰각) · 물성시험:단위중량, 탄성계수, 포아송 비

2. 2 재료시험

2.2.1 개 요

육안조사 시 발견된 결함에 대한 원인을 규명하고자 할 때에는 육안조사의 한계가 있기 때문에 이를 극복하기위한 수단으로써 현장 재료시험을 실시하며, 이는 시설물이 위치하는 현장에서 구조물에 손상을 입히지 않고 강도 및 결함 등 구조물의 특성을 간접적으로 측정하는 시험방법으로서 시험장비 및 측정방법의 특징, 적용한계 등을 고려하여 측정이 이루어져야 한다.

또한 재료시험의 가장 큰 목적은 시설물의 상태 또는 안전성평가가 객관적이고, 보편타당하게 이루어지기 위한 기초자료를 확보하기 위함이며, 본 초기점검에서는 각 시설물 주요부재에 대해서 향후 유지관리 및 점검·진단에 필요한 초기치 획득을 위하여 반발경도시험, 철근탐사시험, 탄산화 깊이 측정 등 각종 현장 재료시험을 실시하였다.

가. 재료시험 항목 및 수량

건설공사 안전점검 지침에 따르면 초기점검은 정기안전점검 수준 이상의 안전점검으로서 이에 따른 재료시험 항목 및 수량은 세부지침의 정밀점검 기본과업 수준을 준용하되 건설공사 안전관리 지침의 기본조사 및 추가조사 항목, 정기안전점검업무 매뉴얼 등에 부합되도록 시공자와 책임기술자 간의 협의 하에 수행 가능한 항목에 대해서 다음 사항을 고려하여 수행하였다.

[안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 기준수량(정밀점검)]

조 사 내 용		활 용 장 비	성 과	수 량	
교량	반발경도	Schmidt Hammer	콘크리트 압축강도	상,하부	·50m 마다(1개소)
	철근탐사	OKO-2 Georadar	철근 배근간격 및 피복두께	상,하부	-
	탄산화 깊이측정	페놀프탈레인	탄산화깊이측정	상,하부	·5경간 미만(2개소). 이상 (3개소)
옹벽	측점분할	줄자	측점분할	옹벽전면	·신축이음부 또는 20m간격
	측량	측량기	선형 및 수준측량	옹벽	·옹벽 전구간
	반발경도	Schmidt Hammer	콘크리트 압축강도	옹벽전면	·총연장/50m (1개소)
	탄산화 깊이측정	페놀프탈레인	탄산화깊이측정	옹벽전면	·100m미만 : 2개소 ·100m이상 : 최소2개소+100m당 1개소 추가
	철근탐사	OKO-2 Georadar	철근배근상태 및 피복두께	옹벽전면	·총연장/50m (1개소)
절토사면	반발경도	Rock Test Hammer	일축압축강도	암반사면	-

나. 시험위치 선정

시설물에 대한 항목별 시험위치는 상세 외관조사를 실시한 후 및 외관 상태를 고려하여 시험목적에 부합되도록 선정하였으며, 본문의 각 시설물별 조사위치에서 세부적으로 나타내었다.

2.2.2 각 항목별 시험요령

가. 콘크리트 비파괴강도

콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 대표적인 방법으로 반발경도시험이 있으며, 시험방법 및 강도 산정절차 등을 살펴보면 다음과 같다.

1) 반발경도시험

가) 시험원리

반발경도시험은 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 방법의 하나로 경화된 콘크리트 표면을 타격할 때, 측정 반발도(R)와 콘크리트의

압축강도(F_C)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

나) 측정장비

점검·진단에서 일반적으로 사용되고 있는 테스트해머는 N형(NR형), 디지털해머, P형 및 M형 등이 있으며, 본 과업에서는 디지털해머(SD7000 모델)를 사용하였다.

다) 시험방법

① 시험위치를 선정한 후, 콘크리트 표면을 그라인더로 평탄하게 연마하여 표면 레이턴스를 제거한다.

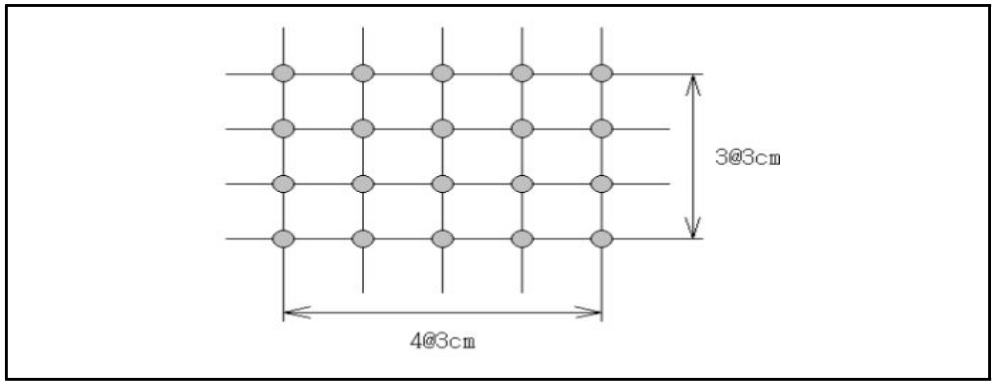
② 시험 전 테스트 Anvil을 이용하여 반발경도의 초기 값을 보정한다. 슈미트햄머를 테스트 앤빌에 타격하였을 때 반발경도가 앤빌값(80)± 1 이내 이어야 한다.

③ 철근 부식부, 피복 박리부, 충전 불량부, 배수구 주변 등은 일반적으로 강도가 낮으므로 표면 연마를 잘 하여야 한다.

④ 골재상단과 습윤부의 타격을 피하고 기둥과 같은 압축부재는 기둥 높이를 상·중·하로 나누어 측정하면 측정오차를 최소화시킬 수 있다.

⑤ 1개소 당 측정회수는 20회(타격위치 간 3㎝ 이격시킴)를 표준으로 한다.

【 슈미트햄머 표준 타격 위치 】



⑥ 측정결과는 제시된 규정에 의하여 타격각도 및 재령보정을 실시한다.

라) 보정반발경도(R_0) 계산

① 반발경도시험 값(R_m) 20개의 평균을 산정

② 평균값에서 ± 20%이상 벗어나는 경우의 시험값은 버리고 나머지 시험값의 평균(R)을 산출

③ 시험값 중 버리는 값이 4개 이상인 경우는 시험 부위의 결정에서 문제가 있을 수 있으므로 전체 시험값 군을 무시

④ 반발경도시험 현장의 여건 등을 고려하는 반발경도에 영향을 미치는 요인을 검토하여 각종 보정값(ΔR)을 산정

⑤ 산정한 보정값(ΔR)을 평균시험값(R)에 가감하여 보정반발경도(R_0)를 결정하여 콘크리트 비파괴강 추정에 적용

⑥ 보정반발경도(R_0)는 소수 첫째자리 기준

$$R_0 = R + \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3$$

여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 압축부재의 사하중 응력에 따른 보정값

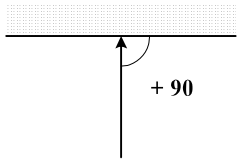
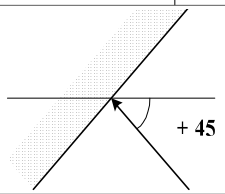
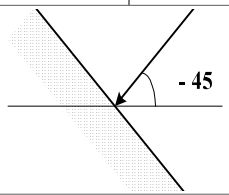
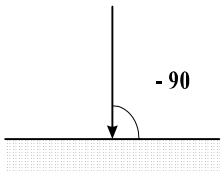
ΔR_3 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

마) 보정값

① 타격각도에 의한 보정

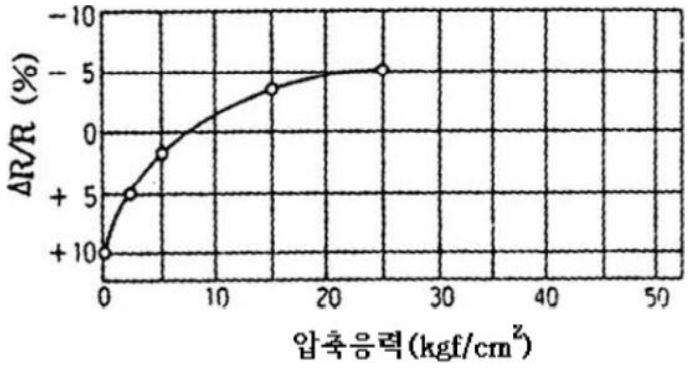
슈미트햄머의 타격각도에 대한 보정치는 다음과 같다.

【 타격각도에 따른 보정치 】

반발경도(R)	보정치 ΔR			
	+ 90°	+ 45°	- 45°	- 90°
10	-	-	+ 2.4	+ 3.2
20	- 5.4	- 3.5	+ 2.5	+ 3.4
30	- 4.7	- 3.1	+ 2.3	+ 3.1
40	- 3.9	- 2.6	+ 2.0	+ 2.7
50	- 3.1	- 2.1	+ 1.6	+ 2.2
60	- 2.3	- 1.6	+ 1.3	+ 1.7
				
상향수직 : +90°	상향수직 : +45°	상향수직 : -45°	상향수직 : -90°	

② 압축응력에 따른 반발경도의 보정

타격방향과 직각방향으로 압축응력을 받는 부재는 압축응력이 커짐에 따라 반발경도에 의한 압축강도가 실제보다 커진다는 사실이 시험결과 입증되었다. 그 크기는 대략 0.1MPa 인 경우 $\Delta R_2 = -0.015R$, 0.25 인 경우 $\Delta R_2 = -0.05R$ 이다.



【 압축응력에 따른 반발경도의 보정곡선 】

③ 콘크리트 습윤 상태에 따른 보정

콘크리트는 함수율이 증가함에 따라 반발경도가 저하되므로, 가능하면 표면이 젖어있지 않은 상태에서 시험을 해야 한다. 그러나 습윤 상태를 피할수 없는 경우에는 다음 일본 토목연구소에서 제시하고 있는 방법에 의해 반발경도를 보정하는 것이 바람직하다.

- 측정위치가 습하고 타격의 흔적이 보이는 경우 : 보정값 3을 더한다.
- 측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : 보정값 5를 더한다.

바) 현장에 적합한 압축강도 추정식 선정

① 대상 시설물의 규모가 작거나 코어채취가 곤란하여 현장에 적합한 강도추정식을 산출하기 위하여 기존의 제시된 강도 추정식을 이용한다.

② 현장 구조물의 대상 부위에서 반발경도를 측정하여 보정값을 고려한 보정 반발경도를 산출한다.

③ 기존 추정식의 적정한 선정을 위하여 2~3개소에서 코어를 채취하여 압축강도 시험을 실시한다.

본 과업에서는 코어채취가 곤란한 현장여건과 재료의 특성(보통콘크리트, 고강도콘크리트)에 따라 기존에 제시된 강도 추정식을 사용하여 비파괴강도를 추정하였으며, 사용된 제안식을 살펴보면 다음과 같다.

재료특성	연구자	추정 제안식 (MPa)	비고
보통 콘크리트	일본재료학회	$Fc = -18.0 + 1.27 \cdot Ro$	설계기준강도 30MPa 미만시 적용
	일본건축학회	$Fc = (7.3Ro + 100) \times 0.098$	
고강도 콘크리트	권영웅 외	$Fc = 2.304R - 38.80(MPa)$	설계기준강도 30MPa 이상시 적용
	과학기술부	$Fc = 15.2R - 112.8(kgf/cm^2)$	

※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼 - 한국시설안전공단(2006.12)

사) 재령보정계수

콘크리트의 재령이 경과함에 따른 반발경도와 압축강도의 상관관계는 변하게 하며, 탄산화의 효과는 콘크리트의 표면반발경도를 증가시킨다.

따라서 장기재령 콘크리트의 강도 추정에서는 재령 28일의 강도추정식에서 구해진 비파괴강도에 슈미트해머 제조사에서 제시하고 있는 재령보정계수 (α)를 곱하여 평가한다.

$F_{28}' = \alpha \cdot F_c$ 여기서, F_{28}' : 재령 28일 강도

α : 압축강도 보정계수

【 재령에 따른 반발경도 보정계수 】

재령	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일	12일	13일	14일	15일	16일	17일	18일
n	1.90	1.84	1.78	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.32	1.28	1.25	1.22
재령	19일	20일	21일	22일	23일	24일	25일	26일	27일	28일	29일	30일	32일	34일	36일
n	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95
재령	38일	40일	42일	44일	46일	48일	50일	52일	54일	56일	58일	60일	62일	64일	66일
n	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85
재령	68일	70일	72일	74일	76일	78일	80일	82일	84일	86일	88일	90일	100일	125일	150일
n	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.78	0.76	0.74
재령	175일	200일	250일	300일	400일	500일	750일	1000일	2000일	3000일					
n	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63					

아) 평가방법

반발경도시험에 대한 평가근거 및 내용은 아래와 같다.

구 분	내 용	비 고
평가내용	▪ 비파괴 시험에 의해서는 90%, 코어압축강도는 85%까지는 구조물에 큰 문제가 없는 중도(中度)인 것으로 판정.	설계강도 기준
평가근거	▪ 일본국토개발기술연구센터 - “철근콘크리트 건축물의 내구성 향상기술”	

나. 암반 강도 측정

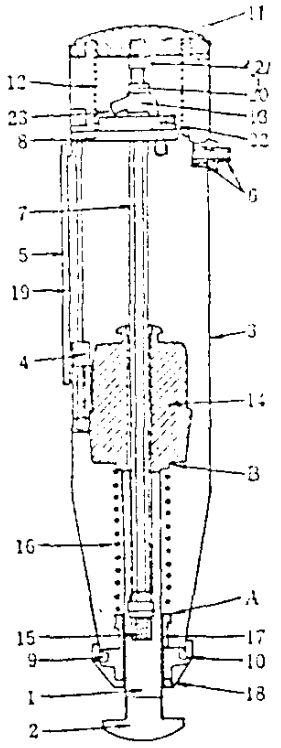
1) 반발경도법

원래 Schmidt Hammer는 E.O. Schmidt에 의하여 콘크리트 강도의 비파괴 시험기로서 현장에서 직접콘크리트의 압축강도나 탄성계수를 측정하기 위하여 고안된 시험기였으나, 일본의 전력중앙연구소에서 Kikuchi, Saito 등이 1975년쯤부터 연암에서 경암까지 양호한 결과를 얻기 위해서는 Attachment를 장착하여 고결도가 낮은 암반에서 Schmidt Hammer 타격에 의하여 암반 측정면이 과도한 변형에 의해 국소파괴를 방지하고 암반이 가지고 있는 반발치를 얻었다.

2) 측정 원리

Rock Test Hammer는 아래 그림과 같이 해머를 미리 압축한 스프링에 축적된 힘을 해방함으로써 해머가 암반의 표면에 부딪칠 때 그 반발력(탄성적인 튀어오름)을 측정함으로써 반발경도로 암석, 암반의 강도나 탄성계수를 추측하고자 하는 것이다. 따라서 신선하고 단단한 암석·암반일수록 해머의 튀어오르는 높이는 크게 된다. 튀어 오르는 높이는 해머가 충격을 주기 전에 스프링의 힘에 의하여 움직인 높이에 대한 백분율로 나타내며 반발치(Rebound Number) R로 표시한다.

① 측정은 동일 암반등급이라고 간주할 수 있는 범위 내에서 실시한다.
② 암반 내에 존재하는 절리, 층리 등의 영향에 의한 계측치의 흩어짐을 고려하여 측정점이 적어도 3cm 정도는 거리를 두고 실시한다.
③ 암반 일부분이 부석 상태로 되어 있는 경우에는 그 부분은 측정은 피한다.
④ 측정면이 요철을 가진 경우는 측정을 피한다든가 연마석으로 갈아 평편하게 한다.
⑤ 암반면에 직각으로 20회를 타격하고 산술평균하여 반발치를 측정한다.



No	Name of parts
1	Plunger
2	attachment
3	housing
4	rider with guide rod
5	scale
6	push button
7	hammer guide bar
8	disk
9	cap
10	ring
11	cover
12	compressing spring
13	pawl
14	hammer
15	spring
16	impact spring
17	guide sleave
18	felt washer
19	scale cover
20	screw
21	lock unit
22	pin
23	pawl spring
A	= guide sleave spring insert hole
B	= hammer spring insert hole

Rock Test Hammer 구조도

현지 암반의 강도를 가장 손쉽게 추정할 수 있는 방법으로 암반의 절리 상태, 암벽의 거칠기, 습윤정도 등에 따라 측정치의 분산이 다소 심하며, 암종에 따라 일축압축강도의 환산에 편차를 나타내는 결점이 있으나, 일반적으로 현장에 분포하고 있는 암반의 강도를 추정하기 위해 국내외에서 널리 사용되고 있는 시험이다.

3) 암반 분류

한국기술용역협회의 암반 분류 기준으로 야외 암반 및 시추 코아 관찰, 일축 압축 강도, 탄성파 속도를 기준으로 분류하고 있으며, 건설표준품셈의 암석 판정 기준으로 암종에 따른 지질 조건을 고려하여 야외 암반 관찰, 암석의 탄성파 속도 및 내압 강도 기준으로 분류한 것으로 국내외에서 일반적으로 사용되는 암반(암석) 분류기준이다.

【 한국기술용역협회의 암반 분류 기준 】

암반 분류	시추굴진 상황	암반의 성질				탄성파 속 도 (Km/sec)	일축압축 강 도 (Kgf/㎠)
		풍화상태	균열상태	코아상태	햄머타격		
풍화암	Metal crown bit로 용이하게 굴진 가능하며 때로는 무수보링도 가능	암반 내부까지 풍화진행, 암반의 구조 및 조직이 남아 있음	균열이 많으나 점토화의 진행으로 거의 밀착 상태임	세편상 암편이 남아 있고, 손으로 부수면가루가 되기도 함. 단형 코아가 없음.	손으로도 부서짐	< 1.20	< 125
연암	Metal crown bit로 용이하게 굴진 가능	암반 내부의 일부를 제외하고 풍화진행, 장석·운모등이 변색	균열이 많이 발달, 균열간격은 5cm 이하이고, 점토 협재함.	암편상 ~ 세편상(각책상) 원형코아가 적고 복구 곤란	해머로 타격하면 가볍게 부서짐	1.20 ~ 2.50	125 ~ 400
중경암	Metal crown bit로 용이하게 굴진 가능하나 Diamond bit를 사용하면 코아회수율이 양호한 암반	균열을 따라 다소 풍화진행, 장석 및 유색 광물은 일부 변색	균열발달. 일부는 점토가 협재함. 세편상 태로 잘 부서짐. 균열간격은 10cm 내외	대암편상 ~ 단주상 10cm 이하이며, 특히 5cm 내외의 코아가 많음. 원형 복구 가능	해머로 타격하면 현저한 소리를 내고 부서짐	2.50 ~ 3.50	400 ~ 800
경암	Diamond bit를 사용하지 않으면 굴진하기 곤란한 암반	대체로 석괴, 균열을 따라 약간 풍화된 암석 내부는 신선함.	균열의 발달이 적으며 균열간격은 5~15cm. 대체로 밀착상태이나 일부는 Open 됨	단주상~봉상. 대체로 20cm 이하. 1m 당 5~6개 이상	해머로 타격하면 금속음을 내고 잘 부서지지 않으며 휘는 경향을 보임.	3.50 ~ 4.80	800 ~ 1,10
극경암	Diamond bit의 마모가 특히 심한 암반 및 경암의 파쇄대로 코아의 막힘이 많은 암반.	대단히 신선하고 풍화되지 않음.	균열의 발달이 적으며, 그 간격은 20~50cm로 밀착상태의 균열 발달. 그 간격이 5cm 이하)	봉상~장주상. 완전한 형태를 보유. 1m 당 5~6개(암편상~각력암으로 원형코아가 적음)	해머로 타격하면 금속음을 내고 잘 부서지지 않으며 휘는 경향을 보임.	> 4.80	> 1,200

【 Rock Test Hammer의 반발도(R) 및 일축압축강도 대비표(Kgf/㎠) 】

R(반발도)	타 격 각 도				
	+90(타격)	+45	0	-45	-90
10			51		64
11			55		69
12			59		74
13			63		79
14			68		85
15			73		92
16			78		99
17			84		106
18			90		114
19			97		122
20	70	80	103	123	131
21	76	87	111	132	141
22	82	93	119	142	151
23	88	100	128	152	161
24	95	108	137	163	173
25	103	116	147	174	185
26	111	125	158	187	198
27	120	135	170	200	213
28	129	145	182	215	228
29	139	156	195	230	244
30	150	168	210	247	261
31	163	181	225	264	280
32	170	195	242	283	299
33	190	210	259	303	320
34	206	227	278	325	343
35	223	244	299	348	367
36	241	263	321	373	393
37	261	283	344	399	420
38	282	305	360	427	450
39	305	329	397	458	481
40	330	354	426	490	515
41	355	381	457	525	551
42	383	411	490	562	589
43	412	443	526	601	630
44	444	477	565	643	674
45	478	513	606	689	721
46	515	553	651	737	771
47	555	596	698	789	825
48	598	642	750	844	882
49	644	691	805	904	943
50	694	747	864	967	1,009
51	749	805	927	1,035	1,079
52	808	869	995	1,109	1,154
53	872	938	1,068	1,188	1,234
54	941	1,013	1,146	1,272	1,320
55	1,016	1,094	1,230	1,363	1,412
56	1,097	1,181	1,320	1,459	1,510
57	1,184	1,175	1,417	1,563	1,615
58	1,278	1,376	1,521	1,674	1,727
59	1,379	1,486	1,632	1,793	1,847
60	1,489	1,595	1,752	1,920	1,975

다. 철근탐사시험

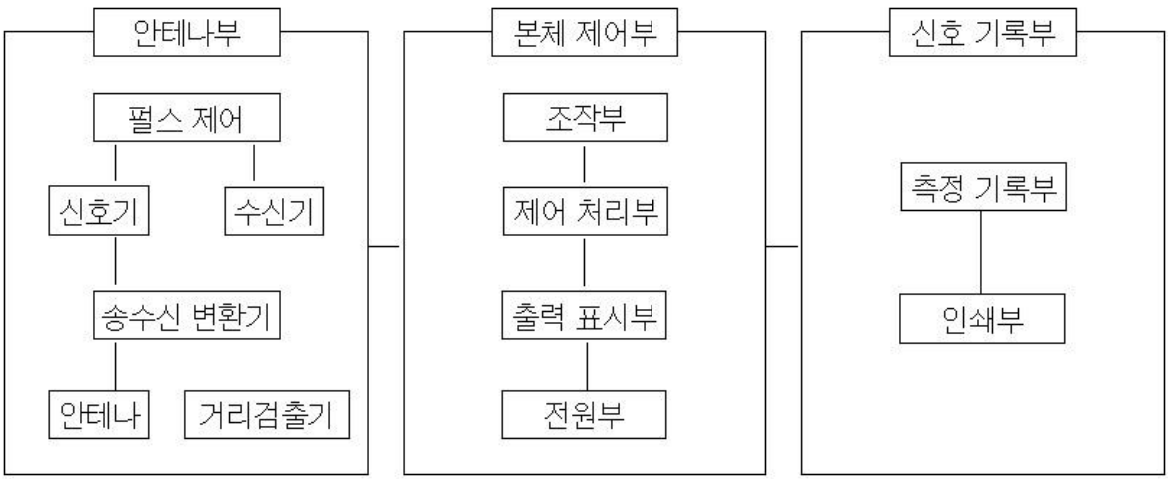
1) 시험개요

철근콘크리트의 철근량은 구조물 안전성평가 결과에 영향을 크게 미치는 인자이므로 대상 구조물의 정확한 철근 정보를 파악하는 것은 매우 중요하다.

현재 사용되고 있는 철근탐사 방식은 보편적으로 전자기유도(자기감응) 방식과 전자파레이더 방식 등이 있으며, 본 과업에서는 전자파레이더 방식에 의한 철근탐사시험을 실시하였다.

2) 시험원리

해당 물체 내의 송신된 전자파가 전기적 특성(유전율 및 전도율)이 다른 물질(철근, 매설물, 공동 등)의 경계에서 반사파를 일으키는 성질을 이용해 콘크리트 표면으로부터 내부를 향해 전자파를 안테나로부터 방사하여 목표물에서 반사해 온 신호를 안테나로 수신한 후 콘크리트 내부의 상태를 수직 단면도로 본체 표시기에 나타내어 준다.



전자파레이터법에 의한 철근탐사 시험기의 장치 구성도

3) 측정장비

본 과업에 사용된 장비는 전자파레이더 방식으로 개발된 OKO-2 GeoRadar로서 규격, 제원 및 사양 등 주요 내용을 살펴보면 다음과 같다.

가) 용도

안테나 AB-1700 이 달린 OKO-2 GeoRadar는 콘크리트 구조물에서 금속 및 비금속 물체를 탐사하기 위해 사용하며, 온도 -20℃~+50℃, 습도는 95%까지 조건에서 사용할 수 있다.

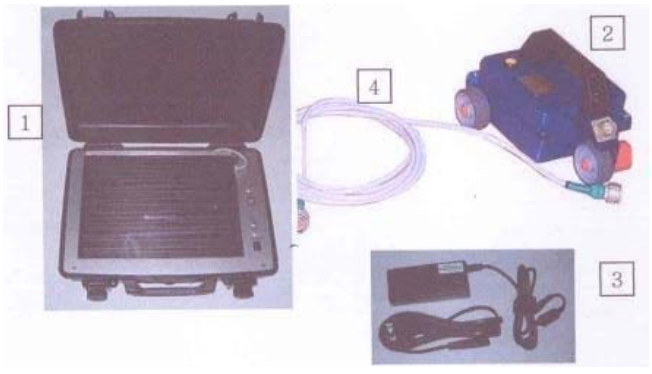
나) 작동원리

전자파는 유전율이 다른 환경의 경계에서 반사되는 특징에 기반을 둔다. 일반 전파탐지법과 달리 GeoRadar에서는 전파를 공중으로 방사하는 대신에 fading이 높은 환경으로 방사하며, 전파는 물체(금속 및 비금속) 또는 유전율이 다른 환경의 경계에서 반사된다.

다) 규격 및 사양

- 장비명 : OKO-2 GeoRadar(AB-1700)
- 주파수(㎒) : 1700.0± 30%
- 최대 탐사 심도 : 2.0m / 1.0m
- 송신 주파수 펄스폭 : 100V PP
- 수신 주파수 : 100㎑
- 배터리의 전압 : 12V ± 2V
- 소비전력 : 6W
- 배터리 용량 : 14.8V ~ 10000㎃
- 배터리 충전을 위한 사용전압 : AC100 ~ 240V(충전시간 약 10시간)

라) GeoRadar 구성



1 Control unit
- 노트북 및 전원장치

2 이동 센서가 있는 안테나 블록

3 충전기

4 연결 케이블

안테나 블록은 송신 안테나와 수신 안테나를 포함하여 단일 블록으로 되어 있다. 노트북과 연결하거나 노트북 전력 공급을 위해 Control unit를 사용한다. 안테나 블록 및 Control unit는 전압이 12V, 용량이 9A/h인 전원장치로부터 전력이 공급된다.

안테나와 Control unit를 연결하기 위해 전기 케이블을 사용하며, 이 케이블을 통해 안테나 블록으로부터 시그널이 전달되며, 안테나로 전력이 공급되고 있다. 노트북과 Control unit는 전기 케이블과 Ethernet 포트와 연결용 케이블에 의해 연결된다. 탐사 위치를 정확히 알기 위해 안테나에 거리측정용 이동 센서를 사용한다.

라. 콘크리트 탄산화깊이 측정

1) 시험개요

가) 시험목적

콘크리트 내에 매입된 철근을 부식시킬 수 있는 탄산화의 영향을 파악하기 위하여 페놀프탈레인 용액의 분무에 의한 탄산화 깊이를 측정하는데 목적이 있다.

나) 측정원리

콘크리트 공극에 존재하는 세공 용액 속에는 나트륨이온과 칼륨이온 및 이들과 평형상태에 있는 수산화물이온이 해리되어 있으며, pH는 약 12~13을 나타나게 되는데 이러한 고알칼리 환경에서는 강재 표면에 부동태피막이 생겨 강재가 부식되지 않는다. 탄산화에 의하여 발생하는 물리적 성능저하는 철근의 부식에 의한 성능저하이다. 탄산화에 의하여 pH값이 감소됨에 따라 콘크리트 내부의 환경이 알칼리성에서 중성쪽으로 변해가며 내부의 철근을 둘러싼 알칼리성 부동태피막을 불안정하게 하여 부식의 발생을 유발시킨다.

자연상태에서 공기중에 존재하는 탄산가스량은 0.03%로서 pH값은 9 이하이며, 다음표는 pH값의 변화에 따른 철근부식의 영향을 나타낸다.

【 pH값의 변화에 따른 철부식의 영향 】

(pH값)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
상태	녹슬기 쉬움										녹슬지 않음		

이와 같이 외부에서 콘크리트 내부로 탄산가스가 침투하는 과정을 중성화 또는 탄산화라고 하며, 중성화가 발생한 층을 중성화층 또는 탄산화층이라고 한다. 일반적으로 시험방법은 페놀프탈레인 1%용액을 분무하였을 때 pH값이 9이하에서는 무색, 이보다 높은 pH값에서는 적색을 나타내므로 매우 간편하게 식별할 수 있으며 페놀프탈레인과 변색의 관계는 다음과 같다.

【 페놀프탈레인과 변색의 관계 】

변색범위(pH)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
페놀프탈레인 1%용액	백색(무변화)						적색변화			

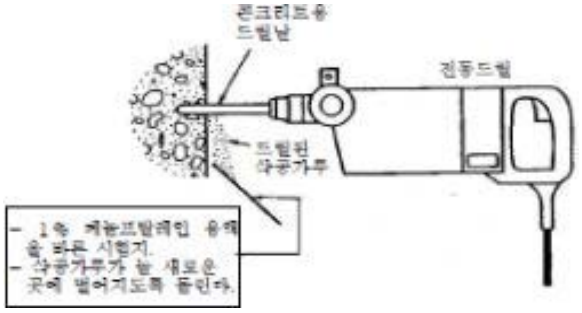
다) 측정장치

드릴(∅10㎜), 솔(가루 제거용), 버니어캘리퍼스(정규눈금 0.5㎜까지 읽어낼 수 있는 것), 시약(페놀프탈레인 1% 용액(페놀프탈레인 1g을 95% 에틸알콜 90㎖로 용해하고, 증류수(純水)를 첨가하여 100㎖로 한 것)

라) 측정방법 및 절차

① 측정방법

그림과 같이 ∅10㎜의 드릴링에 의해 채취되는 콘크리트 가루를 이용하여 탄산화 깊이를 측정하는 방법으로 드릴링에 의해 발생되는 콘크리트 가루가 페놀프탈레인 용액을 적신 원형시험지에 떨어져 변색되는 시점을 탄산화 깊이로 정하고 있으며, 이 방법에 의하여 측정된 탄산화 깊이는 콘크리트 코어를 이용한 방법의 깊이와 대체로 동일하고 파괴정도, 작업량, 보수량의 면에서 큰 개선이 기대되는 방법으로서 1999년 (사)일본비파괴검사협회에 의해 NDIS 3419『드릴 삭공분을 이용한 콘크리트 구조물의 중성화시험』으로 제정되어 있다.



【 드릴에 의한 탄산화깊이 측정 개요도 】

② 측정절차

㉮ 콘크리트 표면으로부터 적자색으로 변한 부분까지의 거리를 0.5㎜ 단위로 측정한다.

㉯ 선명한 적자색으로 변색된 부분보다 엷은 부분에 흐린 적자색의 부분이 나타나는 경우, 선명한 적자색 단면까진의 거리를 탄산화 깊이로서 측정함과 동시에 연한 적자색 부분까지의 거리도 함께 측정한다.

㉰ 평균 탄산화 깊이는 측정값의 합계를 측정 개수로 나누어 구하고, 반올림하여 소수점 이하 한 자리까지 구한다.

2) 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로는 환경조건(대기 중의 탄산가스 농도, 온도, 습도, 마감재 등)을 주원인으로 하는 외적요인 및 콘크리트 자체의 성능·품질(함수율, 강도, 시멘트의 종류, 배합조건, 시공조건 등)을 주원인으로 하는 내적요인에 의해 복합적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 탄산화 속도에 영향을 미치는 대표적인 요인을 정리하면 다음과 같다.

구분	영향 인자	탄산화 속도
내적요인	시멘트의 종류	수화반응이 느릴수록 탄산화 속도가 빠름 조강 포틀랜드시멘트<보통 포틀랜드시멘트<중용열 포틀랜드시멘트
	골재의 종류	투기성이 큰 골재일수록 탄산화 속도가 빠름 강모래, 강자갈<강모래, 화산골재<화산골재
	계면활성제 종류	동일 물-시멘트비, 동일 슬럼프라면 탄산화 속도와 무관함
	압축강도	압축강도가 낮을수록 탄산화 속도가 빠름
	물-시멘트비	물-시멘트비가 증가하면 탄산화 속도가 빠름
	시공 정밀도	다짐이 불충분할수록 탄산화 속도가 빠름
	콘크리트 결함부	균열부위, 이음부, 손상부위 등에서 탄산화 속도 빠름
외적요인 (환경조건)	온도	온도상승시 탄산화 속도 빠름 20~50℃사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	농도가 진할수록 탄산화 속도 빠름 탄산가스농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습도	상대습도 50~70%에서 탄산화속도가 최대
	실내, 실외	실내의 탄산화속도가 빠름.

3) 탄산화 진행 상태에 따른 상태평가 등급 산정

탄산화 진행 상태는 피복두께가 클수록 탄산화 잔여 절대값이 커지므로 피복두께가 클수록 일반적으로 철근부식까지의 탄산화 도달시간에 대한 여유가 크다. 피복두께와 탄산화 측정깊이를 고려한 콘크리트 구조물에서의 탄산화 진행 상태에 따른 상태평가 등급은 “세부지침”에서 정한 아래표와 같다.

【 탄산화 진행 상태에 따른 상태평가 등급 】

등 급	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	· 30㎜이상	· 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	· 10㎜이상 ~ 30㎜ 미만	· 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	· 0㎜이상 ~ 10㎜ 미만	· 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	· 0㎜미만	· 철근부식 발생
e	-	-

마. 옹벽 기울기 조사

1) 개 요

안벽 기울기 측정은 구조물의 설계·시공에 따른 적정한 기울기의 확보, 경사/전도 등 손상여부 등 진행성 변위 여부를 판단하기 위한 조사로서 옹벽 전면부에 대하여 실시하였다.

2) 측정장비

디지털경사계는 단위길이인 1m에 대해서 수평여부를 센서가 자동으로 인식하여 경사정도를 표시한다.

- 경사계 정밀도 : 0.05°(0°, 90°)
- 수평기 정밀도 : 0.029° = 0.5㎜

3) 측정방법

디지털경사계를 이용한 기울기 측정은 측정 가능한 위치에 이를 밀착시켜 경사계가 나타내는 변화수치를 읽는 방법으로 조사한다.

제 3장 상태평가

3.1 개요
3.2 교량 시설물의 상태평가
3.3 옹벽 시설물의 상태평가
3.4 절토사면 시설물의 상태평가

제 3장 상태평가

3. 1 개 요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 시설물에 대한 상태를 평가하는 것으로서 “세부지침(교량, 터널, 옹벽, 절토사면)”의 상태평가 기준에 따라 실시하였다.

본 장은 정량적이고 객관적인 상태평가를 위하여 시설물의 외관조사 및 내구성조사 등 각 항목에 대한 상태평가 기준을 수록하였고, 시설물의 평가체계에 따라 평가결과를 산정하는 절차를 정리하였다.

3. 2 교량 시설물의 상태평가

3.2.1 상태평가 항목 및 기준

가. 부재별 상태평가 적용 범위

부재의 분류		차등 적용범위
상부구조	바닥판, 거더, 케이블	a, b, c, d, e
	2차부재(가로보 및 세로보)	a, b, c, d
하부구조	교대 및 교각, 기초, 주탑	a, b, c, d, e
받침	교량받침	a, b, c, d, e
기타부재	신축이음, 난간 및 연석, 배수시설, 교면포장	a, b, c, d
콘크리트 재료	탄산화	a, b, c, d

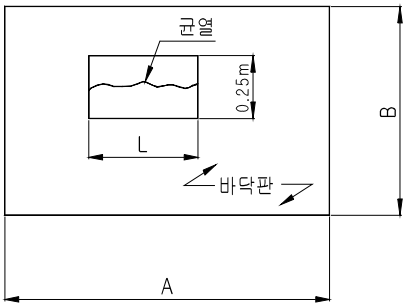
나. 부재별 상태평가 기준

1) 콘크리트 바닥판

기준	균 열		열화 및 손상, 철근노출
	1방향균열	2방향균열	
a	◦균열폭 0.1㎜ 미만 균열	◦망상균열폭 0.1㎜ 미만	◦없음
b	◦균열폭 0.1㎜ 이상~0.3㎜ 미만 ◦균열율 2%미만	◦망상균열폭 0.1㎜ 이상~0.3㎜ 미만	◦표면 손상면적 2% 미만
c	◦균열폭 0.3㎜ 이상~0.5㎜ 미만 ◦균열율 2%이상~10%미만	◦망상균열폭 0.3㎜ 이상	◦표면 손상면적 2%이상~10% 미만 ◦철근부식 손상면적 2%미만 ◦데크플레이트 박리 및 누수발생
d	◦균열폭 0.5㎜ 이상~1.0㎜ 미만 ◦균열율 10%이상~20%미만	◦ 망상균열의 진전으로 인한 콘크리트 박리 발생	◦표면 손상면적 10% 이상 ◦철근부식 손상면적 2%이상 ◦데크플레이트 박리가 심하고 누수로 인한 부식 발생
e	◦균열폭 1.0㎜이상 ◦균열율 20%이상	◦ 망상균열에 인한 박리가 심하여 펀칭파괴 발생 가능성 있음	◦ 부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우

주1) 균열율 산정 방법

◈ 1방향 균열인 경우

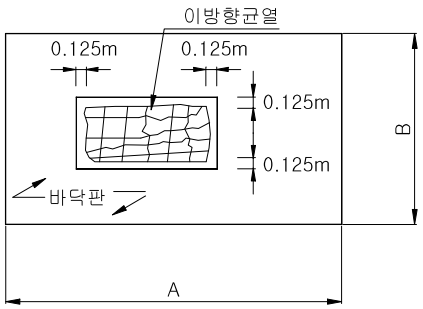


■ 균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며, 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.

■ 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

◈ 2방향 균열인 경우

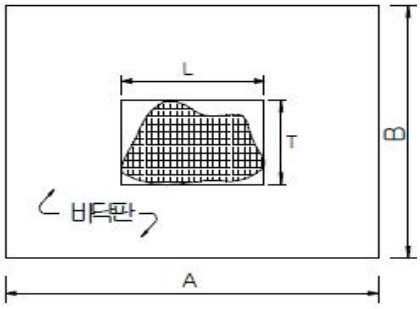


■균열발생 면적은 균열발생 부위를 가로, 세로의 최외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획환 후, 점선내면 면적인(가로길이 + 0.25m) x (세로길이 + 0.25m)로 구한다.

■균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열발생면적}(m^2)}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

주2) 표면손상에 대한 면적율 산정 방법

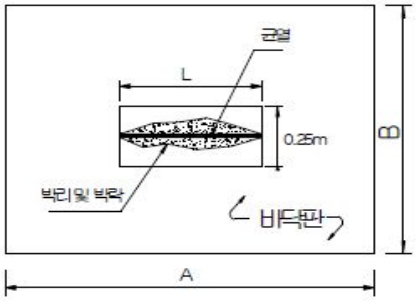


■표면손상 면적은 손상부위 가로, 세로의 최외측 경계로 사각형으로 구획한 후 내면면적으로 구한다. 이때 2방향 균열과 같이 0.25m의 여유폭을 두지 않는다.

■표면손상 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\sum \text{손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \%$$

주3) 철근부식 손상에 대한 면적율 산정 방법



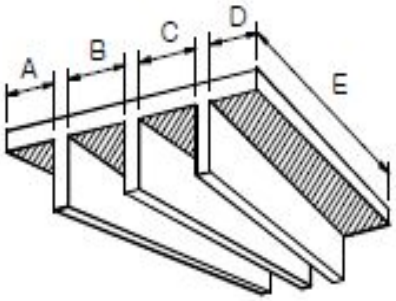
■철근이 완전히 노출된 경우는 노출면적으로 산정하고, 내부에서 철근 부식시에는 철근노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.

■조사단위 면적은 바닥판 한 경간의 면적을 말한다.

■철근부식 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\text{철근노출면적율}(\%) = \frac{\text{철근노출면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

주4) 손상 면적비 계산시 총면적 산정 방법



■거더가 있는 경우는 거더의 폭을 제외하고 헌치폭을 포함하는 가로폭을 이용하여 조사단위 면적을 계산한다.

■단위 면적의 계산

$$\text{단위면적} = A(\text{가로}) + B(\text{가로}) + C(\text{가로}) + D(\text{가로}) \times E(\text{세로})$$

2) 강 바닥판 강 거더 및 강 교각(강 주탑)

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	◦없음	◦없음	◦없음	◦없음	◦없음
b	◦보조부재의 국부적 균열	◦보조부재의 국부적 변형	◦보조부재 2% 미만	◦부분적 용접불량(기공,슬래그,언더컷)	◦도장탈락 면적 10% 미만 ◦부식발생 면적 2% 미만
c	◦보조부재의 전반적 균열 ◦주부재의 국부적 균열	◦보조부재의 전반적 변형 및 파단 ◦주부재의 국부적 변형 ◦주탑 하단부 연결 볼트 부식	◦보조부재 2%이상~10% 미만 ◦주부재 2%미만	◦주부재의 심한 용접불량(기공,슬래그,언더컷) ◦부분적 용입부족, 용접누락	◦도장탈락 면적 10% 이상 ◦부식발생 면적 2% 이상~10%미만
d	◦주부재의 전반적 균열	◦주부재의 전반적 변형 및 파단 ◦좌굴에 의한 주부재 변형 ◦주탑 하단부 연결 볼트 파단	◦보조부재 10%이상 ◦주부재 2%이상~10%미만	◦인장플랜지 용접연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	◦부식발생 면적 10%이상 ◦부식에 의한 단면 손상 면적 10 %미만
e	◦균열이 주부재 단면의 20%이상 진전	◦좌굴에 의한 과대변형 및 파단으로 주부재의 안전성 저하	◦주부재 10% 이상	◦인장플랜지 용접연결부 균열 진전으로 인해 연결기능 상실	◦부식에 의한 단면 손상 면적 10 %이상

3) 프리스트레스 콘크리트 거더

기준	균 열	열화 및 손상
a	◦없음	◦없음
b	◦균열폭 0.2㎜ 미만	◦표면 손상면적 2% 미만
c	◦균열폭 0.2㎜이상~0.3㎜ 미만	◦표면 손상면적 2%이상~10% 미만 ◦철근부식 손상면적 2%미만
d	◦균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜ 미만 ◦내하력 저하로 인한 휨균열 과다발생	◦표면 손상면적 10% 이상 ◦철근부식 손상면적 2%이상
e	◦균열폭 0.5㎜이상 ◦휨균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	◦단부 콘크리트의 심한 파손 또는 강선 정착부 파손으로 인한 부재의 안전성 저하

4) 콘크리트 가로보

기준	균 열	열화 및 손상, 철근노출
a	◦균열폭 0.1㎜ 미만	◦없음
b	◦균열폭 0.1㎜ 이상~0.3㎜미만	◦표면 손상면적 2% 미만
c	◦균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜ 미만	◦표면 손상면적 2%이상~10% 미만 ◦철근부식 손상면적 2%미만
d	◦균열폭 0.5㎜이상	◦표면 손상면적 10% 이상 ◦철근부식 손상면적 2%이상
e	-	-

5) 강 가로보와 세로보

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	◦없음	◦없음	◦없음	◦없음	◦없음
b	◦보조부재의 국부적 균열	◦보조부재의 국부적 변형	◦보조부재 2%미만	◦부분적 용접불량(기공, 슬래그, 언더컷)	◦도장탈락 면적 10% 미만 ◦부식발생 면적 2% 미만
c	◦보조부재의 전반적 균열 ◦주부재의 국부적 균열	◦주부재의 국부적 변형 ◦변형 및 충격에 의한 손상발생	◦보조부재 2%이상~10%미만 ◦주부재 2%미만	◦주부재의 심한 용접불량(기공, 슬래그, 언더컷) ◦부분적 용입부족, 용접누락	◦도장손상 면적 10% 이상 ◦부식발생 면적 2% 이상~10%미만 ◦부식에 의한 단면 손상 면적 2%미만
d	◦주부재의 전반적 균열	◦주부재의 압축부 좌굴에 의한 변형 ◦부재의 파단 발생	◦보조부재 10%이상 ◦주부재 2%이상	◦인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	◦부식발생 면적 10% 이상 ◦부식에 의한 단면 손상 면적 2%이상
e	-	-	-	-	-

6) 교대

기준	균열, 변위	열화 및 손상
a	◦구체 균열폭 0.1㎜미만	◦없음
b	◦구체 균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	◦표면 손상면적 2% 미만 ◦앵커블록 내부 결로 발생
c	◦구체 균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만 ◦교대와 날개벽사이에 폭 1.0㎜이상의 균열 발생	◦표면 손상면적 2%이상~10% 미만 ◦철근부식 손상면적 2%미만 ◦앵커블록 내부 결로에 의한 체수
d	◦구체 균열폭 0.5㎜이상~1.0㎜미만 ◦날개벽 기울음 및 손상 심화(배면토 유출) ◦기초의 부등침하로 인한 구체 기울음	◦표면 손상면적 10% 이상 ◦철근부식 손상면적 2%이상
e	◦구체 균열폭 1.0㎜이상 ◦날개벽 전도 위험 있음 ◦부등침하로 인한 교대 안전성 저하	◦코핑부 파손으로 인하여 거더의 탈락 가능성 있음 ◦심한 철근부식으로 인하여 교대의 안전성이 저하됨

7) 콘크리트 교각

기준	균열, 변위	열화 및 손상, 철근노출
a	◦열폭 0.1㎜미만	◦없음
b	◦균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	◦표면 손상면적 2% 미만
c	◦균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만	◦표면 손상면적 2% 이상~10%미만 ◦철근부식 손상면적 2% 미만
d	◦균열폭 0.5㎜이상~1.0㎜미만 ◦기초의 부등침하로 인한 교각 기울음	◦표면 손상면적 10%이상 ◦철근부식 손상면적 2% 이상
e	◦균열폭 0.1㎜이상 ◦부등침하로 인한 교각 안전성 저하	◦코핑부 파손으로 인하여 거더 탈락 가능성 있음 ◦심한 철근부식으로 인하여 교각의 안전성이 저하됨

8) 기초

기준	기초(직접, 말뚝, 케이슨)손상	지반의 안전성
a	◦없음	◦없음
b	◦직접기초(확대기초)에 폭0.3㎜미만의 균열 발생	◦매립된 직접기초(확대기초)의 상부가 세굴 등에 의해 노출됨
c	◦직접기초(확대기초)에 폭0.3㎜이상의 균열 및 단면손상 발생 ◦침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 단면손상 발생	◦침하가 20㎜ 미만 발생 ◦세굴이 직접기초(확대기초)의 하단까지 진행되어 말뚝 및 케이슨기초가 부분적으로 노출됨
d	◦직접기초(확대기초)에 파손으로 인한 철근노출 발생 ◦침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 철근노출 발생	◦침하가 20㎜ 이상 발생 ◦세굴에 의해 말뚝 및 케이슨기초가 전반적으로 노출됨 ◦기초의 부등침하 및 측방유동에 의해 교대/교각이 기울음
e	◦기초의 파손 및 침식으로 인한 하부구조물의 안전성 저하	◦기초의 부등침하 및 측방유동에 의한 교대/교각의 기울음으로 인해 상부구조의 단차 및 파손 발생

9) 교량받침

기준	받 침 본 체		받침 콘크리트
	탄성받침	강재받침	
a	◦양호	◦양호	◦양호
b	◦미세 균열, 갈라짐 등 경미한 열화	◦외부 도장탈락 및 부식 ◦도장탈색, 먼지 쌓임	◦부분적 박리, 탈락 등 손상
c	◦측면 부풀음 ◦받침두께의 0.3배 미만 전단 변형	◦미끄럼판 부식 발생 ◦부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	◦받침콘크리트에 0.3㎜ 이상 균열 발생 ◦박리, 탈락 등 손상으로 지지단면 감소, 기능상 장애
d	◦고무재 파손 및 단차, 균열 심화 ◦받침두께의 0.3배 이상의 전단 변형 ◦받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만 ◦받침의 신축기능 불량	◦받침 본체 부식으로 인한 받침 신축거동 장애발생 ◦받침 본체 파손 ◦받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2미만	◦받침 콘크리트 파손 및 하부공동으로 받침의 탈락 및 침하 발생 가능성 있음
e	◦받침 신축기능 불량으로 인하여 받침 본체 및 거더(바닥판)의 파손 발생 ◦받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/20이상	◦받침 신축기능 불량으로 인하여 거더등 주부재의 파손 발생 ◦받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/20이상 ◦작동불능 상태	-

10) 신축이음

기준	본 체	후타재
a	◦없음	◦양호
b	◦토사, 이물질 퇴적 ◦고무판 노화	◦미세균열 발생
c	◦물받이 미설치 또는 파손으로 부분적으로 누수 ◦유간사이 이물질로 기능 불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화 ◦고무판 균열, 볼트 또는 너트의 부분 탈락 ◦누수로 인하여 신축이음 하부의 받침 및 코핑부에 이물질 퇴적 및 부식 발생	◦균열이 50㎝ 이하의 간격으로 발생 ◦국부적인 박리, 박락, 파손
d	◦강판유동 및 연결불량으로 이상음 발생 ◦신축유간이 밀착으로 인한 거동 불량 ◦신축유간이 넓어 차량통행에 지장 초래 ◦신축이음 본체 탈락, 파손 및 작동 불능	◦신축이음의 심한 파손 및 단차로 인하여 차량통행시 충격발생 ◦파손 범위가 후타재 폭 이상으로 큼
e	-	-

11) 배수시설

기준	상태기준 설명
a	◦ 양호
b	◦ 다소의 퇴적물이 있으나 배수에는 이상 없음
c	◦ 배수시설의 상태불량, 길이부족 ◦ 많은 퇴적물, 누수 ◦ 누수로 인하여 구조물 부식 발생 ◦배수관 유출구 위치가 부적절하여 하부통행에 따른 위험 초래
d	◦ 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태
e	-

12) 난간 및 연석

기준	강재		콘크리트
a	◦양호	◦양호	◦양호
b	◦도장불량 10%미만	◦고정장치 및 연결재의 이완이 국부적 발생	◦경미한 손상, 0.3㎜이하 균열
c	◦도장불량 10%이상 ◦부식으로 인한 단면 손상 10%미만	◦파손 및 탈락 10%미만	◦0.3㎜이상 균열 ◦박리, 파손, 철근노출 10%미만 ◦철근부식손상 길이 2%미만
d	◦부식으로 인한 단면 손상 10%이상	◦파손 및 탈락 10%이상 ◦인한 손상발생 ◦고정부 열화 및 손상으로 인한 전도의 위험이 있음(방음벽)	◦박리, 파손, 철근노출 10%이상 ◦철근부식손상 길이 2% 이상
e	-	-	-

13) 탄산화

기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	◦30㎜이상	◦탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	◦10㎜이상~30㎜미만	◦향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	◦0㎜이상~10㎜미만	◦탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	◦0㎜미만	◦철근부식 발생
e	-	-

다. 구조형식에 따른 부재별 가중치(일반교량)

<table>
<tr><th rowspan="3">구분</th><th rowspan="3">결함도
평가항목</th><th rowspan="3">슬래브
교량</th><th colspan="7">거더교량</th><th colspan="3">라멘교</th></tr>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">일반 거더교</th><th colspan="2" rowspan="2">바닥판·거더
일체형</th><th colspan="2" rowspan="2">아치,
트러스</th><th rowspan="2">거더
없음</th><th colspan="2" rowspan="2">거더있음
(복개구조물)</th></tr>
<tr></tr>
<tr><th>일반</th><th>2차
부재
없음</th><th>바닥판
없음</th><th>강
바닥판</th><th>PSC
박스</th><th>콘크
리트
바닥판</th><th>강
바닥판</th></tr>
<tr><td rowspan="3">상부</td><td>바닥판</td><td>34</td><td>18</td><td>18</td><td>-</td><td>20</td><td>20</td><td colspan="2">15</td><td>34</td><td>20</td><td>21</td></tr>
<tr><td>주 형</td><td>-</td><td>20</td><td>25</td><td>37</td><td>18</td><td>20</td><td colspan="2">23</td><td>-</td><td>21</td><td>23</td></tr>
<tr><td>2차부재</td><td>-</td><td>5</td><td>-</td><td>11</td><td>5</td><td>3</td><td colspan="2">5</td><td>-</td><td>5</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부</td><td>교대/교각</td><td>20</td><td>13</td><td>13</td><td>18</td><td colspan="3">13</td><td colspan="2">13</td><td>34</td><td>22</td><td>24</td></tr>
<tr><td>기초</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td><td colspan="3">7</td><td colspan="2">7</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td></tr>
<tr><td>받침</td><td>교량받침</td><td>10</td><td>9</td><td>9</td><td>14</td><td colspan="3">9</td><td colspan="2">9</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr>
<tr><td rowspan="4">기타</td><td>신축이음</td><td>10</td><td>9</td><td>9</td><td>-</td><td colspan="3">9</td><td colspan="2">9</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr>
<tr><td>교면포장</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td><td>-</td><td colspan="3">7</td><td colspan="2">7</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td></tr>
<tr><td>배수시설</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>-</td><td colspan="3">3</td><td colspan="2">3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr>
<tr><td>난간/연석</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>6</td><td colspan="3">2</td><td colspan="2">2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr>
<tr><td rowspan="4">콘크
리트</td><td rowspan="2">탄산화</td><td>2(4)</td><td colspan="2">2(4)</td><td>-</td><td>-</td><td>2(4)</td><td>2(4)</td><td>-</td><td colspan="3" rowspan="2">4(7)</td></tr>
<tr><td>2(3)</td><td colspan="2">2(3)</td><td>4(7)</td><td>4(7)</td><td>2(3)</td><td>2(3)</td><td>4(7)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물</td><td>2(0)</td><td colspan="2">2(0)</td><td>-</td><td>-</td><td>2(0)</td><td>2(0)</td><td>-</td><td colspan="3" rowspan="2">3(0)</td></tr>
<tr><td>1(0)</td><td colspan="2">1(0)</td><td>3(0)</td><td>3(0)</td><td>1(0)</td><td>1(0)</td><td>3(0)</td></tr>
</table>

( ) : 정밀점검 시 적용 가중치

3.2.2 상태평가 결과 산정 방법

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

1) 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최젓값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.

2) 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최젓값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.

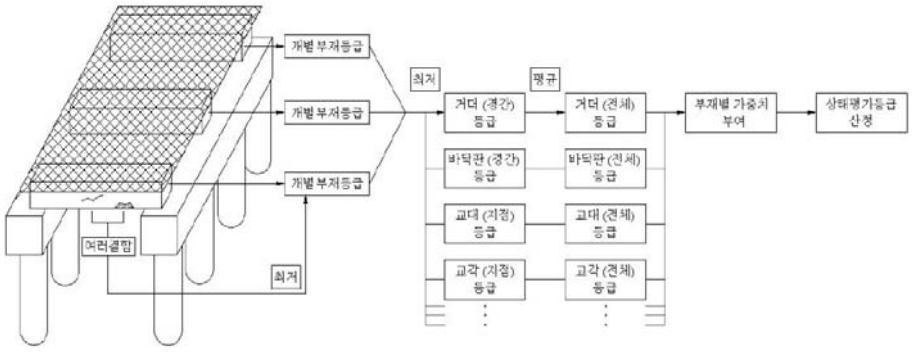
3) 복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약 50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다. 환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준 값이며, 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

결함도 점수 범위에 따른 기준					
기 준	A	B	C	D	E
결함도 지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

다. 상태평가 결과 산정 방법(예시)



【 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 예 】

3.3 옹벽 시설물의 상태평가

3.3.1 상태평가 기준 및 방법

가. 콘크리트 옹벽 결함점수 및 결함지수 산정기준

결 함 등 급		a	b	c	d	e
		0 ≤ f < 0.15	0.15 ≤ f<0 .30	0.30≤ f<0 .55	0.55≤ f<0.75	0.75 ≤ f
침 하		0	1	2	3	4
활 동		0	1	2	3	4
배수공상태		0	3	6	9	12
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	4
파손 및 손상(재료분리)		0	1	2	3	4
균 열		0	2	4	6	8
마모/침식		0	0	1	1	1
재료 열화	박 리	0	0	1	1	2
	박락 및 층분리	0	1	2	3	4
	백태	0	0	1	1	1
	중성화	0	1	2	3	4
	염화물	0	1	1	2	4
	철근노출	0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
주변영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1

철근콘크리트 옹벽 결함지수 (F)	①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{76}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{60}$
중력식 옹벽 결함지수(F)	①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{64}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{48}$

※ 철근이 포함되지 않은 구조물은 철근노출, 염화물, 중성화 항목 제외
※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용
※ 콘크리트 옹벽의 누수에 대한 평가는 철근콘크리트 옹벽에 한하여 실시하며, 평가단위당 균열폭 최대점을 기준으로 균열깊이 측정을 실시하여 균열깊이가 콘크리트 피복보다 클 경우에 결함점수를 한 단계 하향 조정
※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산

나. 옹벽시설물의 상태평가 등급기준

상태평가등급	시설물의 상태평가 기준	비고
A	0.00 ≤ F < 0.15	F = 옹벽결함지수
B	0.15 ≤ F < 0.30	
C	0.30 ≤ F < 0.55	
D	0.55 ≤ F < 0.75	
E	0.75 ≤ F	

3.3.2 상태평가 항목별 세부기준

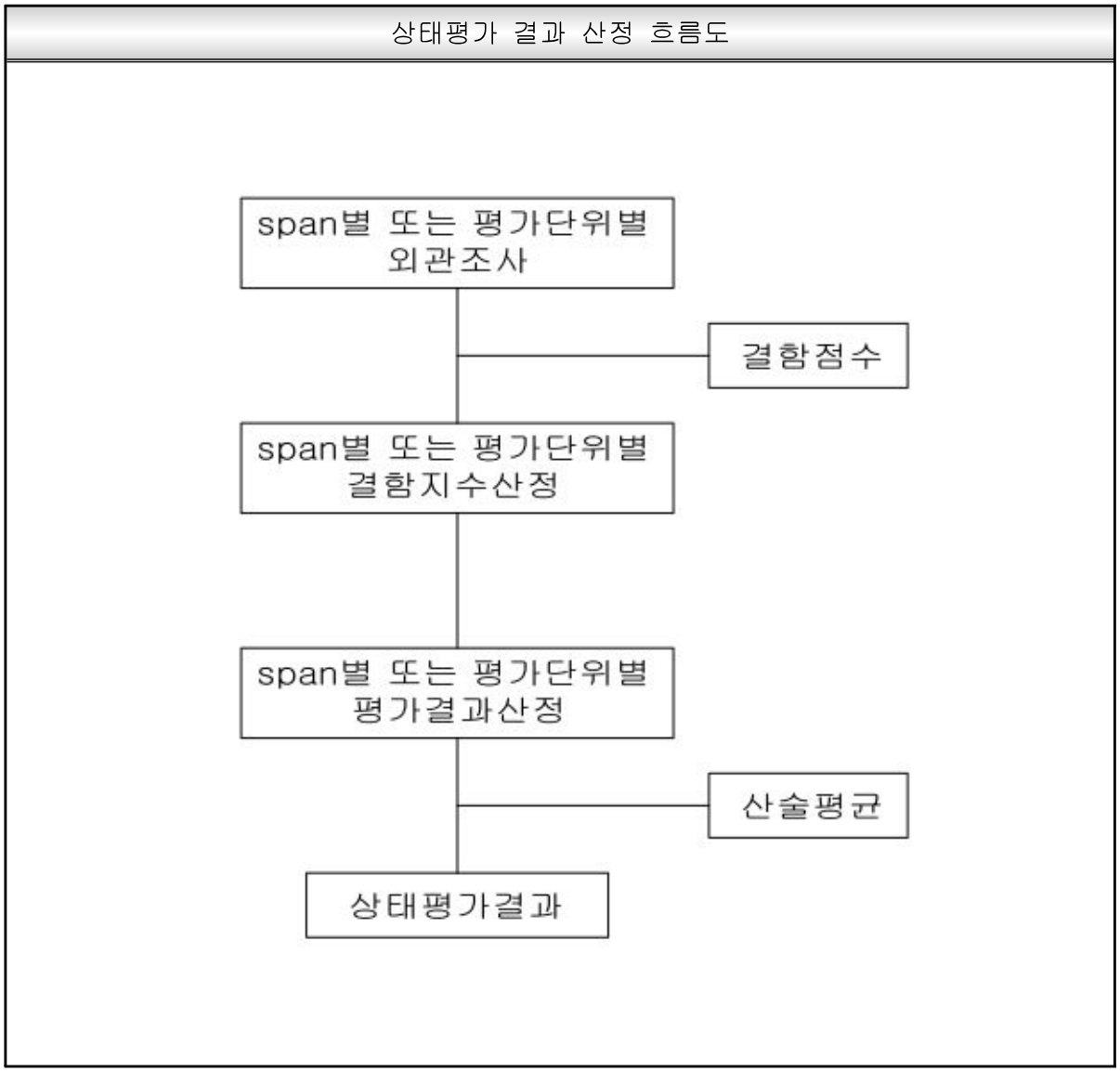
종류 \ 등급	a		b		c		d		e	
	비진행성	진행성	비진행성	진행성	비진행성	진행성	비진행성	진행성	비진행성	진행성
침하	5㎝미만	2㎝미만	5㎝이상 ~ 8㎝미만	2㎝이상 ~ 5㎝미만	8㎝이상 ~ 12㎝미만	5㎝이상 ~ 8㎝미만	12㎝이상~ 16㎝미만	8㎝이상 ~ 12㎝미만	16㎝이상	12㎝이상
계획선형 오차 (전도/경사)	2%미만	1%미만	2%이상 ~ 3%미만	1%이상 ~ 2%미만	3%이상 ~ 4%미만	2%이상 ~ 3%미만	4%이상 ~ 6%미만	3%이상 ~ 4%미만	6%이상	4%이상
활동	5㎝미만	2㎝미만	5㎝이상 ~ 8㎝미만	2㎝이상 ~ 5㎝미만	8㎝이상 ~ 12㎝미만	5㎝이상 ~ 8㎝미만	12㎝이상~ 16㎝미만	8㎝이상 ~ 12㎝미만	16㎝이상	12㎝이상
세굴	발생하지 않음		헌치하부/2까지 발생		저판의 헌치하부까지 발생		저판두께/2 부분까지 발생		기초저면까지 발생	
파손 및 손상 (재료분리)	없음		0㎜~5㎜		5㎜~10㎜		10㎜~20㎜		20㎜이상	
	없음		손상깊이 25㎜ 미만, 손상면적 10%미만		손상깊이 25㎜ 미만, 손상면적 10%이상		손상깊이 25㎜ 이상, 손상면적 10%~20%		손상깊이 25㎜ 이상, 손상면적 20%이상	
균열	0.1㎜ 미만		0.1㎜~0.2㎜		0.2㎜~0.3㎜		0.3㎜~0.5㎜		0.5㎜이상	
마모/침식	마모/침식된 부위가 없는 건전한 상태		마모/침식이 경미한 상태		마모/침식이 다소 심한 상태		마모/침식이 심한 상태		마모/침식이 매우 심한 상태	
박리	없음		0.5㎜미만		0.5㎜~1.0㎜		1.0㎜~25.0㎜		25.0㎜이상	
박락 및 층분리	없음		15㎜미만		15㎜~20㎜미만		20㎜~25㎜미만		25㎜이상	
백태	없음		국부적으로 발견		여러곳에서 발견		심한상태		매우 심하고 범위가 매우 넓은 상태	
철근노출	없음		면적율 1%		면적율 1~3%		면적율 3~5%		면적율 5%이상	
탄산화 (철근피복)	30㎜≤잔여깊이		10㎜이상~30㎜미만		0㎜이상~10㎜미만		0㎜미만		-	
염화물	염화물≤0.3kg/㎥		0.3kg/㎥<염화물< 1.2kg/㎥		1.2kg/㎥≤염화물< 2.5kg/㎥		염화물≤2.5kg/㎥		-	
배수공	배수공 내부가 우천시마다 맑은 물이 흘러서 깨끗한 상태		배수공 내부가 우천시마다 세립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태		배수공 내부가 우천시마다 조립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태		배수공 내부에 전혀 배수된 흔적이 없고 거미줄이나 기타 이물질이 있는 상태		배수공을 전혀 설치하지 않은 상태	
주변 영향인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1								
	사면조사	사면구배	적절		0		부적절		1	
		낙석흔적	미발생		0		발생		1	
		침출수 유무	무		0		유		1	

3.3.3 상태평가 결과 산정 방법

콘크리트 옹벽의 상태평가 과정은 신축이음부를 경계로 평가단위로 나누어 주며, 그밖에 옹벽의 상태평가 과정은 평가 단위(20m를 원칙으로 하나 현장상황에 따라 책임기술자가 조정가능)별 여러 결함에 대해 시설물 외관조사 평가항목별 세부기준에 합당하는 결함점수를 부여한 후 평가단위별 결함지수를 산정하여 평가단위별 단계를 각 평가 단위에서 산정된 결함 지수를 산술평균하여 상태평가 결과를 결정한다.

평가 과정은 다음과 같다.

상태평가 결과 산정 흐름도



3. 4 절토사면 시설물의 상태평가

3.4.1 상태평가 기준

가. 지반특성에 따른 절토사면의 분류

국내에 분포하는 다양한 지반 및 지질조건에 따른 사면의 거동특성 및 파괴양상에 대한 분석을 통해 절토사면은 토층심도율에 의해 토사사면과 암반사면으로 구분 할 수 있으며, 암반사면은 다시 지반강도특성 및 암반의 블록크기 비에 의해 절리암반사면, 파쇄암반사면, 연약암반사면으로 세분될 수 있다.

토층 심도율(SR)은 사면을 토사사면과 암반사면으로 구분할 수 있는 지시자로서 토층 심도와 사면 높이의 비로 정의된다.

토층심도는 토층의 두께로서 충적층 또는 풍화등급상 잔류토와 완전풍화암을 대상으로 측정한다.

$$SR = \frac{Soil\ depth}{Slope\ height}$$

암반의 블록크기 비는 블록크기 지수와 사면높이의 비를 말하며, 블록크기 지수는 각 절리군의 평균 간격(Si)으 산술 평균으로 정의 할 수 있다.

$$BR = \frac{Block\ size\ index(Ib)}{Slope\ height(H)}$$

$$Ib = \frac{\sum_{i=1}^{3} Si}{3}$$

절토사면의 분류

구 분		토층심도율	압축강도	블록크기비	주요 파괴유형	비 고
토사사면		> 0.4	-	-	원호, 표층	
암반사면	연약암반사면	≤ 0.4	≤10 MPa	-	표면, 원호 평면, 쐐기	제3기층 등
	파쇄암반사면		> 10 MPa	≤ 0.01	쐐기, 평면 원호, 전도	단층 파쇄대 등
	절리암반사형			> 0.01	쐐기, 평면 전도, 낙석	일반 암반사면
토층 심도율이 0.2 ~ 0.4일 경우, 혼합 사면으로 규정하여 토사 사면과 암반 사면의 특성을 모두 고려할 필요가 있음						

나. 상태평가 항목

절토사면의 상태평가를 위한 조사항목은 사면의 손상상태와 파괴요인의 평가로 구분하여 실시한다.

1) 절토사면 손상상태 평가 항목

절토사면의 손상상태 조사는 사면에 발생한 파괴이력과 현재 진행중인 파괴징후에 대한 조사로서 절토사면 상태평가의 직접적 평가내용이다.

조사항목은 크게 사면의 파괴징후에 관련된 항목과 기 발생된 파괴현황에 관련된 항목으로 나눌 수 있으며, 자세한 내용은 다음과 같다.

절토사면의 손상상태 평가 항목	
구 분	평 가 요 소
파괴징후	- 인장 균열 또는 이완 암괴의 존재와 상태 - 사면 지반의 변형(bulging 등) 현상의 존재와 상태 - 구조물(옹벽 및 측구 등) 또는 인접 구조물(도로 등)의 변형(균열 등) 상태
파괴현황	- 발생한 파괴의 규모 및 개소 - 발생한 파괴의 유형

2) 절토사면 파괴요인 평가 항목

절토사면의 파괴요인 조사는 사면 파괴의 원인이나 요소로 작용하는 인자들에 대한 조사로서 절토사면 상태평가의 간접적 평가내용이다.

조사항목은 크게 사면의 내부 파괴요인 항목과 외부 파괴요인 항목으로 나눌 수 있으며, 자세한 내용은 다음과 같다.

절토사면의 파괴요인 평가 항목					
구 분		내부 파괴 요인		외부 파괴 요인	
		지반 상태	사면 형상	자연적 요인	인위적 요인
토사사면		토질조건 토층심도율	사면의 경사 집수지형	강우/지하수	표면상태 보호/보강상태 배수상태
암반사면	연약암반사면	지반강도 특성 면구조경사 내구성(풍화상태)	사면의 경사	강우/지하수	절취상태 보호/보강상태 배수상태
	파쇄암반사면	절리간격 저면경사 절리상태	사면의 경사	강우/지하수	절취상태 보호/보강상태 배수상태
	절리암반사면	절리주향 절리경사 절리상태	사면의 경사	강우/지하수	절취상태 보호/보강상태 배수상태

다. 상태평가 기준

절토사면 상태평가 결과는 세부 평가 항목별 평가에 의해 산출된 결함지수(F)에 따라 A, B, C, D, E의 5개의 기준으로 구분한다.

사면 손상상태 지수(f1)와 사면 파괴요인 지수(f2)는 상태평가 기준 결정 과정에서는 사용되지 않지만 평가 대상 절토사면을 보다 객관적이고 구체적으로 판단할 수 있는 유용한 지표가 될 수 있다.

평가기준	결함지수(F)	상 태
A	0≤F<0.15	문제점이 없는 최상의 상태
B	0.15≤F<0.30	경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태
C	0.30≤F<0.55	보통의 손상, 결함이 발생하였으나 안전성에 지장은 없으며, 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 간단한 보강이 필요한 상태
D	0.55≤F<0.75	손상, 결함이 진전되고, 파괴 잠재성이 존재하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정하여야 하는상태
E	0.75≤F	심각한 손상, 결함 및 파괴 잠재성에 의하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

3.4.2 상태평가 항목 및 기준

가. 결함지수 산정 방안

절토사면의 상태평가는 손상상태와 파괴요인을 구분하여 평가하며, 각각의 평가항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 것을 기준으로 하여 결정하고, 여러 개소에서 나타날 경우 등급을 하향 조정한다.

절토사면의 유형별 결함지수 산출방법은 다음과 같다.

○ 사면 손상상태 지수는 손상상태 항목 점수의 합을 총점 24점으로 나누어 계산

○ 사면 파괴요인 지수 역시 파괴요인 항목 점수의 합을 총점 52점으로 나누어 계산

○ 사면 결함지수는 사면 손상상태 항목 점수와 사면 파괴요인 항목 점수의 합을 총점 76으로 나누어 계산

나. 상태평가 항목별 세부기준

1) 토사사면

가) 사면 손상상태 평가 기준

항목 \ 평가기준			a	b	c	d	e
파괴 징후	①인장균열	구분	없음	1㎜ 미만	1㎜ 이상 5㎜ 미만	5㎜ 이상 5㎝ 미만	5㎝ 이상
		점수	0	1~3	4~5	6~7	8~10
	②지반변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
	③구조물변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
파괴 현황	④발생규모	구분	0	1㎥ 미만	1㎥ 이상 8㎥ 미만	8㎥ 이상 64㎥ 미만	64㎥ 이상
		점수	0	1	2	3	4
사면 손상상태 지수 (f1) = ∑(①~④) / 24							

나) 사면 파괴요인 평가 기준

항목 \ 평가기준			a	b	c	d	e
지반 상태	⑤토질조건	사질토	매우 조밀	조밀	보통	느슨	매우 느슨
		점성토	매우 단단	단단	보통	연약	매우 연약
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑥토층 심도율	구 분	0.45 미만	0.45 이상 0.5 미만	0.5 이상 0.6 미만	0.6 이상 0.8 미만	0.8 이상
		점 수	0	1	2	3	4
사면 형상	⑦사면경사	구 분	1:2 미만	1:2 이상 1:1.5 미만	1:1.5 이상 1:1.2 미만	1:1.2 이상 1:1 미만	1:1 이상
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑧집수지형	구 분	무관	1	2	3	4
		점 수	0	1	2	3	4
자연 요인	⑨강우 및 지하수	1일 강우량	0㎜	0㎜ 이상 50㎜ 미만	50㎜ 이상 100㎜ 미만	100㎜ 이상 150㎜ 미만	150㎜ 이상
		지하 수위	완전 건조	사면 높이의 1/3	사면 높이의 1/2	사면 높이의 2/3	완전 포화
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
인위 요인	⑩표면보호	구 분	숏크리트, 석장공 등	식생 양호	식생 보통	식생 불량	식생 없음
		점 수	0	1	2	3	4
	⑪배수조건	구 분	완전 배수	양호	보통	불량	매우 불량
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑫보호/ 보강 상태	구 분	양호함		노후됨		결함이 관찰됨
		점 수	0~2		3~6		6~8
사면 파괴요인 지수 (f2) = ∑(⑤~⑫) / 52							

결함지수 (F) = ∑(①~⑫) / 76

2) 연약 암반사면

가) 사면 손상상태 평가 기준

항 목 \ 평가기준			a	b	c	d	e
파괴 징후	①인장균열	구분	없음	1㎜ 미만	1㎜ 이상 5㎜ 미만	5㎜ 이상 5㎝ 미만	5㎝ 이상
		점수	0	1~3	4~5	6~7	8~10
	②지반변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
	③구조물변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
파괴 현황	④발생규모	구분	0	1㎥ 미만	1㎥ 이상 8㎥ 미만	8㎥ 이상 64㎥ 미만	64㎥ 이상
		점수	0	1	2	3	4
사면 손상상태 지수 (f1) = ∑(①~④) / 24							

나) 사면 파괴요인 평가 기준

항 목 \ 평가기준			a	b	c	d	e
지반 상태	⑤지반강도 특성	구분	-	-	약간 연약	연약	매우 연약
		점 수	0	1	2	3	4
	⑥면구조경사 -사면경사	구 분	10° 이상	0° 초과 10° 미만	0°	-10° 이상 0° 미만	-10° 미만
		점 수	0	1			
	⑦풍화상태	구 분	신선	약간풍화	보통풍화	심한풍화	완전풍화
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
사면 형상	⑧사면경사	구 분	1:1.5 미만	1:1.2 이상 1:1.5 미만	1:1 이상 1:1.2 미만	1:0.7 이상 1:1 미만	1:0.7 이상
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
자연 요인	⑨강우 및 지하수	1일 강우량	0㎜	0㎜ 초과 50㎜ 미만	50㎜ 이상 100㎜ 미만	100㎜ 이상 150㎜ 미만	150㎜ 이상
		지하 수위	완전 건조	사면 높이의 1/3	사면 높이의 1/2	사면 높이의 2/3	완전 포화
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
인위 요인	⑩절취상태	구 분	매우 좋음	좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
		점 수	0	1	2	3	4
	⑪배수조건	구 분	완전 배수	양호	보통	불량	매우 불량
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑫보호/ 보강 상태	구 분	양호함		노후됨		결함이 관찰됨
		점 수	0~2		3~5		6~8
사면 파괴요인 지수 (f2) = ∑(⑤~⑫) / 52							

결함지수 (F) = ∑(①~⑫) / 76

3) 파쇄 암반사면

가) 사면 손상상태 평가 기준

항 목 \ 평가기준			a	b	c	d	e
파괴 징후	①인장균열	구분	없음	1㎜ 미만	1㎜ 이상 5㎜ 미만	5㎜ 이상 5㎝ 미만	5㎝ 이상
		점수	0	1~3	4~5	6~7	8~10
	②지반변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
	③구조물변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
파괴 현황	④발생규모	구분	0	1㎥ 미만	1㎥ 이상 8㎥ 미만	8㎥ 이상 64㎥ 미만	64㎥ 이상
		점수	0	1	2	3	4
사면 손상상태 지수 (f1) = ∑(①~④) / 24							

나) 사면 파괴요인 평가 기준

항 목 \ 평가기준			a	b	c	d	e
지반 상태	⑤절리간격	구분	2m 이상	60cm 이상 2m 미만	20cm 이상 60cm 미만	6cm 이상 20cm 미만	6cm 미만
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑥저면경사	구 분	0° 미만	0° 이상 10° 미만	10° 이상 20° 미만	20° 이상 30° 미만	30° 미만
		점 수	0	1	2	3	4
	⑦절리상태	구 분	매우 유리	유리	보통	불리	매우 불리
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
사면 형상	⑧사면경사	구 분	1:1.2 미만	1:1.2 이상 1:1 미만	1:1 이상 1:0.7 미만	1:0.7 이상 1:0.5 미만	1:0.5 이상
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
자연 요인	⑨강우 및 지하수	1일 강우량	0㎜	0㎜ 초과 50㎜ 미만	50㎜ 이상 100㎜ 미만	100㎜ 이상 150㎜ 미만	150㎜ 이상
		지하 수위	완전 건조	사면 높이의 1/3	사면 높이의 1/2	사면 높이의 2/3	완전 포화
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
인위 요인	⑩절취상태	구 분	매우 좋음	좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
		점 수	0	1	2	3	4
	⑪배수조건	구 분	완전 배수	양호	보통	불량	매우 불량
		점 수	0	1	2	3	4
	⑫보호/ 보강 상태	구 분	양호함		노후됨		결함이 관찰됨
		점 수	0 ~ 2		3~5		6~8
사면 파괴요인 지수 (f2) = ∑(⑤~⑫) / 52							

결함지수 (F) = ∑(①~⑫) / 76

4) 절리 암반사면

가) 사면 손상상태 평가 기준

항 목 \ 평가기준			a	b	c	d	e
파괴 징후	①인장균열	구분	없음	1㎜ 미만	1㎜ 이상 5㎜ 미만	5㎜ 이상 5㎝ 미만	5㎝ 이상
		점수	0	1~3	4~5	6~7	8~10
	②지반변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
	③구조물변형	구분	없음		있음		
		점수	0~2		3~5		
파괴 현황	④발생규모	구분	0	1㎥ 미만	1㎥ 이상 8㎥ 미만	8㎥ 이상 64㎥ 미만	64㎥ 이상
		점수	0	1	2	3	4
사면 손상상태 지수 (f1) = ∑(①~④) / 24							

나) 사면 파괴요인 평가 기준

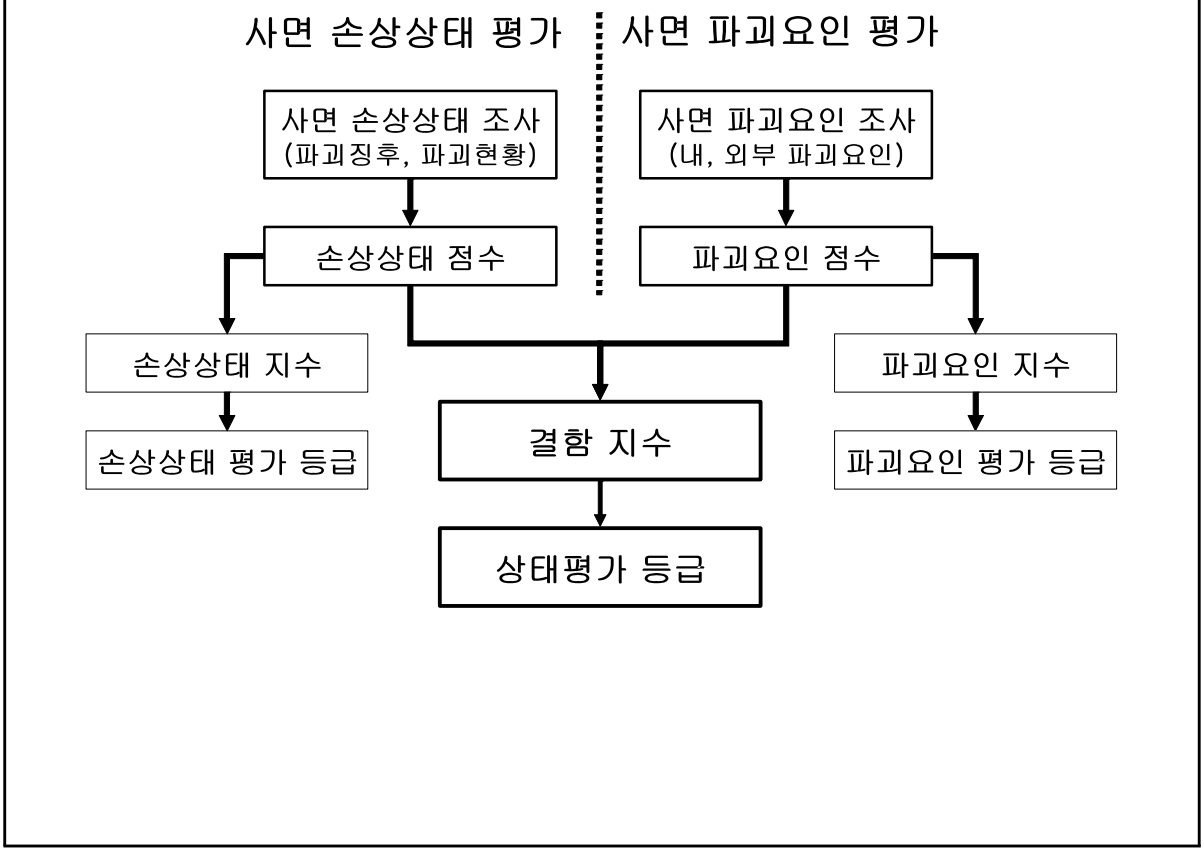
항 목 \ 평가기준			a	b	c	d	e
지반 상태	⑤절리주향 (사면과의차이)	구분	사면주향과 45° 이상	사면주향과 30° ~ 45°	사면주향과 20° ~ 30°	사면주향과 10° ~ 20°	사면주향과 10° 미만
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑥절리경사 -사면경사	구 분	10° 이상	0° 초과 10° 미만	0°	-10° 이상 0° 미만	-10° 미만
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑦절리상태	구 분	매우 유리	유리	보통	불리	매우 불리
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
사면 형상	⑧사면경사	구 분	1:1.0 미만	1:1.0 이상 1:0.7 미만	1:0.7 이상 1:0.5 미만	1:0.5 이상 1:0.3 미만	1:0.3 이상
		점 수	0	1	2	3	4
자연 요인	⑨강우 및 지하수	1일 강우량	0㎜	0㎜ 초과 50㎜ 미만	50㎜ 이상 100㎜ 미만	100㎜ 이상 150㎜ 미만	150㎜ 이상
		지하 수위	완전 건조	사면 높이의 1/3	사면 높이의 1/2	사면 높이의 2/3	완전 포화
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
인위 요인	⑩절취상태	구 분	매우 좋음	좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
		점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
	⑪배수조건	구 분	완전 배수	양호	보통	불량	매우 불량
		점 수	0	1	2	3	4
	⑫보호/ 보강 상태	구 분	양호함		노후됨		결함이 관찰됨
		점 수	0 ~ 2		3~5		6~8
사면 파괴요인 지수 (f2) = ∑(⑤~⑫) / 52							

결함지수 (F) = ∑(①~⑫) / 76

3.4.3 상태평가 결과 산정 방법

절토사면 상태평가 과정은 단위 사면을 분류 기준에 의해 분류하고 평가 기준에 의해 각 항목에 대한 결함점수를 부여하여 단위 사면의 사면 손상상태 지수와 사면 파괴요인 지수를 산정한 후, 사면 손상상태 등급과 사면 파괴요인 등급을 결정한다. 상태평가 등급은 사면 손상상태 항목과 사면 파괴요인 항목의 결함점수를 통해 산정된 결합지수로 결정한다. 사면의 분류시 2개 이상의 사면 범주로 간주하여 복수로 평가할 필요가 있을 경우, 가장 불리한 평가 결과에 의해 등급을 결정한다.

상태평가 결과 산정 과정



제 4 장 재하시험

4.1 개요

4.2 정적 재하시험

4.3 동적 재하시험

제 4장 재 하 시 험

4.1 개요

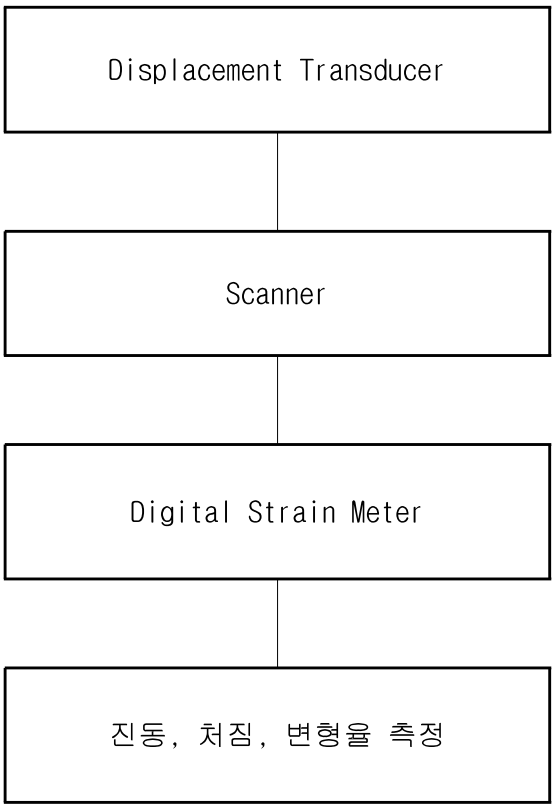
재하시험은 대상교량의 차량주행 여건을 감안하여 시험경간을 선정·시행하였다. 시험결과는 구조해석 검토를 수행하여 실 차량에 의한 시험치와 이론치를 상호 비교· 검토함으로써 교량의 내하력을 판단하고 이에 따른 교량의 구조적인 안전성 여부를 파악하고자 하였다.

정적재하시험은 작용 외력에 대한 대상교량의 정적거동 특성을 파악하고 내하력 평가를 위한 정적 변위 및 응력의 응답비 등을 구하기 위해 실시하였다.

시험측정은 재하차량을 사용하여 교통이 통제된 상태에서 상·하행선에 시험차량을 재하하여 거더의 정·동적 처짐을 측정하였다.

차량재하 시험의 측정항목 및 과정은 다음과 같다.

- 거더의 처짐, 변형율
- 교량의 정적 및 동적 거동 평가
- 진동 등에 대한 사용성 검토
- 충격하중에 대한 교량의 동적 특성 파악

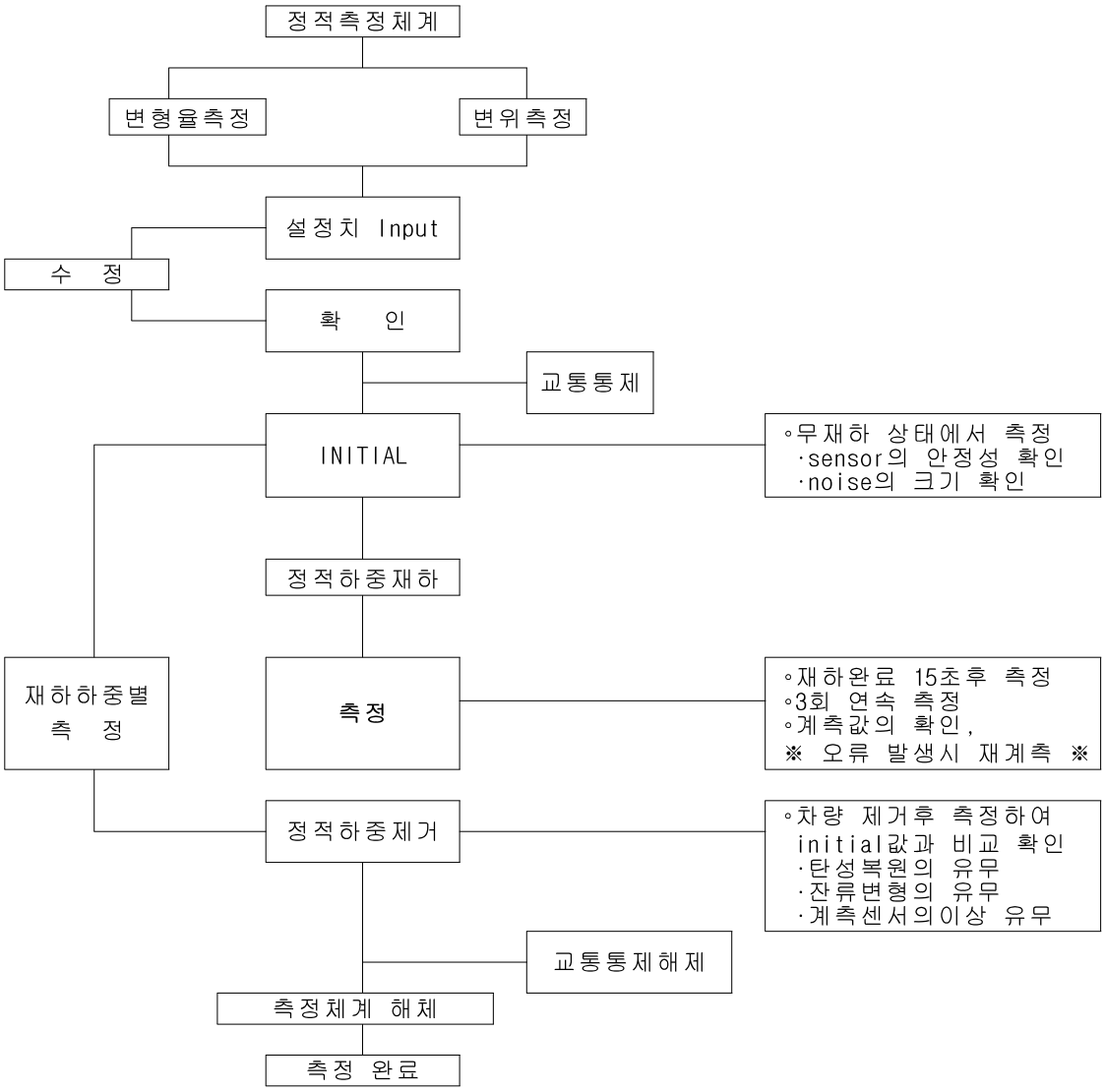


4.2 정적 재하시험

4.2.1 개 요

정적 재하시험은 차량하중에 대한 대상교량의 정적거동 특성을 파악하고 내하력 평가를 위한 정적변위 및 응력의 응답비 등을 구하기 위해 실시하였다. 시험측정은 재하차량을 사용하여 교통이 통제된 상태에서 상·하행선에 재하차량을 재하하여, 거더의 정적 처짐을 측정하였다. 정적재하 시험에 대한 흐름은 다음과 같다.

4.2.2 정적 재하시험 수행절차



<표 4.2.1> 정적 재하시험 절차

1) 준비작업	부착된 센서에서 연장한 리드와이어들은 정적변형 측정기와 Switch Box에 센서의 종류별로 연결시키며, 측정기는 모두 지반에 접지 시킨다. 또한 리드와이어의 끝에서 저항을 기록한다.
2) 설정치 Input	부착한 센서들의 보정된 계수값과 측정 단위 등을 계측장비의 특성에 맞게 입력한다.
3) 확인	입력된 설정치의 이상유무를 확인하고 수정한다.
4) Initial :	시험경간에 재하차량을 포함한 활하중이 일체 재하되지 않은 상태에서 처짐과 변형율의 초기값을 측정기에서 설정한다.
5) 측정	시험차량은 계획된 Load Case 별로 변화시켜 가면서, 이론치와 비교하여야 하므로 정해진 정확한 위치에 재하하여 측정한다. 이때, 상부구조의 진동, 소음, 충격 등이 측정결과에 영향을 미칠 수 있으므로 재하차량은 시동을 끈 후 구조체의 응답시간을 고려하여 약 1분 이상의 측정대기 시간을 가진 후 1분 간격으로 3회 정도 측정을 실시한다.
6) 정적하중 제거	측정이 끝나면 시험차량을 측정대상 경간으로부터 벗어나 다음의 재하 경우를 준비한다.
7) 계측값의 확인	2~3회 획득한 측정자료의 실측 응답값과 선행구조해석 응답값의 경향을 확인한다. 계측 값 들이 상이하거나, 오류가 발생되었으면 원인을 파악·제거한 후 재측정을 한다.
8) 계측완료	계측된 Load Case 경우별 측정을 완료한다.

4.3 동적 재하시험

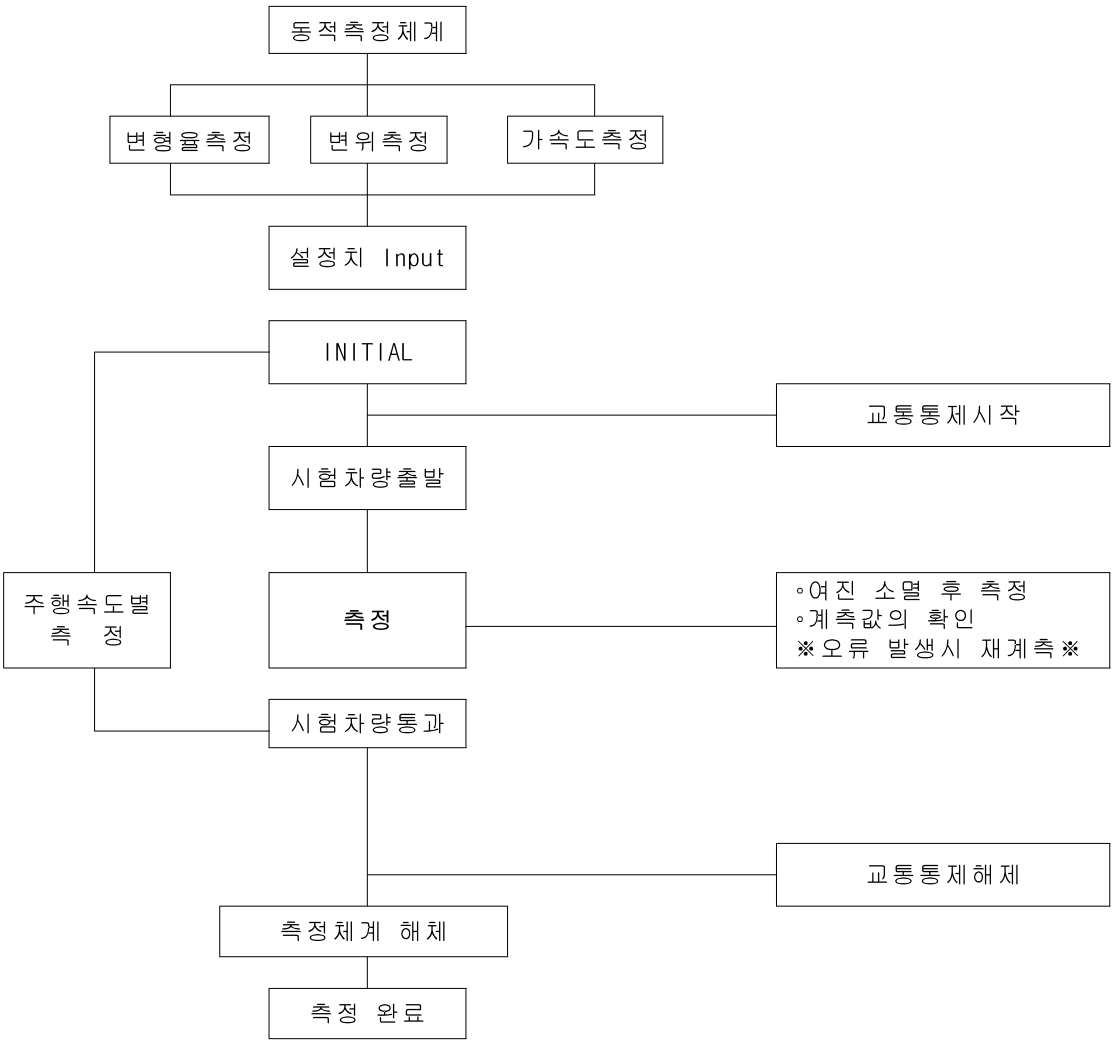
4.3.1 개 요

동적 재하시험은 구조물의 동적 거동을 조사, 측정하기 위한 것으로 교량의 실 충격계수와 실 고유진동수 등의 동적 특성을 측정 기록하여 대상 교량의 안전성을 검토하기 위한 기본자료를 구하기 위해 실시하였다.

재하차량의 주행은 측정값의 일정한 패턴을 유지하고자 각 교량별 가속도계가 설치된 쪽 차선으로 일정하게 주행하도록 하였다.

동적 재하시험은 주행하중에 의한 동적응답을 구하는 시험으로서 주행속도는 주행여건에 맞추어 5㎞/hr ~ 최대속도까지 실시하였다.

4.3.2 동적 재하시험 수행절차



<표 4.3.1> 동적 재하시험 절차

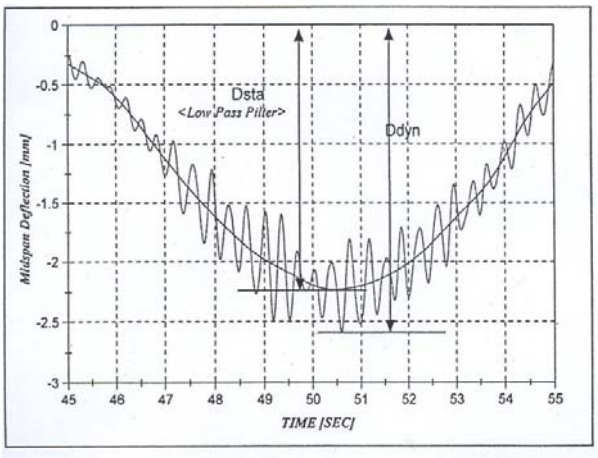
1) 준비작업	각 센서로부터 계측장소까지 연장한 리드와이어들은 동적장비에 연결시키며, 측정기는 모두지반에 접지 시킨다. 또한, 리드와이어의 끝에서 저항을 기록한다.
2) 설정치 Input	센서의 특성을 동적 계측장비에 맞게 설정 값들을 입력한다.
3) Initial	시험경간에 재하차량을 포함한 활하중이 일체 재하 되지 않은 상태에서 처짐과 변형률의 초기값을 측정기에서 설치한다.
4) 준비	시험차량의 주행속도를 5Km/h, 10Km/h부터 10Km/h씩 단계별로 증가하면서 최고속도까지 주행시험을 한다. 단, 접속도로의 선행, 노면상태, 차량통제 현황 등이 허락되지 않을 경우는 예외로 한다. 시험차량이 대상경간을 완전히 빠져나간 후에도 교량의 자유진동은 계속되므로 여진이 소멸 될 때까지 측정을 계속하고 Computer Hard Disk에 저장한다.
5) 차량의 주행상황 확인	계측 기술자가 시험차량의 주행 상황을 파악할 수 없을 때는 시험차량에 기술자가 동승하여 시험차량의 출발, 대상경간의 진입, 통과 등 일련의 상황을 통보한다.
6) 계측값의 확인	획득한 데이터는 분석 프로그램인 MIDAS/CIVIL을 이용하여 측정된 계측파형을 파악하여, 획득한 측정자료의 실측응답값과 선행구조해석 응답값의 경향을 확인계측값들이 상이하거나, 오류가 발생되었으면 원인을 파악·제거하여 재측정을 한다.
7) 계측완료	모든 Case의 시험차량 주행 사항을 끝내고 측정 완료되면 교통통제를 해제한다.

4.3.3 실측 충격계수 분석

일반적으로 계측된 변형율, 처짐 등을 이용하여 실측충격계수를 분석하고자 할 때 정적재하, 의사정적(5km/h) 주행시험 등에서 계측된 응답곡선 <Dsta(mans)>을 정적 응답곡선으로 하여, 속도별로 계측된 동적 응답곡선 <Ddyn(max)>과 비교하여 실측충격계수로 산정하는 방법이 이용하고 있는 상태이다.

이는 주행시험에서 각 주행속도마다 운전자의 숙달, 습관 등에 의해서 시험차량은 정적 재하시험에 이용된 부착 게이지 상단으로 동일하게 주행하는 것은 어려운 상태이며, 의사정적 주행시에도 노면의 요철 등의 원인으로 대상 교량에 가해지는 충격이 각 속도별로 다르게 나타내고 있는 상태로 이들을 정적응답 이력곡선이나, 동적응답 이력곡선으로 보아 실측충격계수로 산정하는 것은 문제점을 내포하고 있는 것으로 판단된다.

그러므로, 이러한 문제점들을 해결하고자 동적주행 시험의 각 속도별의 동적응답 곡선을 Low Pass Filter에 의해서 필터링한 최대정적응답<Dsta(max)> 곡선을 기준으로 하여 계측 최대동적응답치<Ddyn(max)>와 비교하여 실측충격계수를 산정하여 대상 교량 안정성 평가에 적용하는데 목적이 있다.



처짐이력곡선

$$\text{동적증폭율(Dynamic Load Factor : D.L.F)} = \frac{Ydyn}{Ysta(Max)}$$

$$\text{실측충격계수(Impact Factor), I} = D.L.F - 1$$

제 5 장 구조안전성 및 내하력평가

5.1 외관조사

5.2 안전성 평가

5.3 내하력 평가

제 5 장 구조안전성 및 내하력평가

5.1 개요

교량의 내하력 평가는 교량의 평가과정 중 안전성평가의 한 방법으로 실시하게 되며, 목적은 대상교량 및 부재가 안전하게 지지할 수 있는 활하중 저항능력을 정량적으로 평가하여 그 결과를 교량 평가에 반영하고 교량의 통행하중설정 및 보수·보강 설계등 교량 유지관리업무의 기초자료로 활용하는데 목적이 있다.

5.2 안전성 평가

외관상태와 내구성조사를 근거로 교량구조물의 대표등급을 선정하는 경우, 구조물의 실제적인 안전성에 대한 효과적인 고려가 곤란하므로 정밀점검(필요시)이나 정밀안전진단시에는 안전성 평가 결과에 의하여 안전성 평가등급을 산정하도록 되어 있다.

기존의 교량 안전성평가는 내하력 개념으로 규정되어 왔으나 내하력은 활하중 여유도로써 하중비에 따라 내하력의 변동폭이 크게 변하므로 안전성을 일괄되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다. 따라서 안전성 평가는 교량의 안전율 개념을 도입하여 평가하고 안전율이 0.9에서 1.0사이에 있어 재하시험에 의한 공용내하력 평가를 실시한 경우 공용내하력 산정 결과에 따라 안전성 평가등급을 산정한다.

<표 5.2.1> 구조물의 안전성 평가기준

등급	안전성평가 기준	비 고
A	SF > 1.0	· 허용응력 설계법 SF(안전율) = 허용응력 / 발생응력 = $\frac{fa}{f_{d+l}}$ · 강도설계법 SF(안전율) = 설계강도 / 소요강도 = $\frac{\Phi Mn}{Mu}$
B	0.9 ≤ SF < 1 이나, 공용내하력이 설계하중보다 크게 평가된 경우	
C	0.9 ≤ SF <1	
D	0.75 ≤ SF < 0.9	
E	SF < 0.75	

5.3 내하력 평가

5.3.1 내하력 평가의 흐름도

<그림 5.3.1> 내하력 평가의 흐름도

5.3.2 내하력 평가방법

교량의 내하력 평가 기법은 공용하중에 대한 내하율(Rating Factor)을 구하기 위한 허용응력 개념(Working Stress Rating)이나 또는 하중저항계수 개념(Load and Resistance Factor Design)에 의한 방법과 신뢰성이론의 개념에 기초한 방법으로 대별될 수 있는데, 일반적으로 내하력 평가방법은 도로교 설계방법으로 규정된 허용응력법(허용응력설계법)과 강도법(강도설계법)을 적용한다.

<표 5.3.1> 교량형식 및 재료에 따른 내하력 평가 방법

상부 구조 형식	사 용 재 료	평 가 방 법
RC 슬래브교	철근콘크리트	강도법
RC 라멘교	철근콘크리트	강도법
RC T형교	철근콘크리트	강도법
PSC I형교	프리스트레스트 콘크리트	허용 응력법
강 I형교	압연강재	허용 응력법
강상자형교	판형강재	허용 응력법
강판형교	판형강재	허용 응력법

※ PSC I거더의 하중단계별 응력검토에서는 허용응력법을 적용하고, 안전성 검토는 강도법을 적용함.

5.3.3 허용응력법에 의한 내하력 평가

가. 내하율 산정 공식

허용응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정시에 하중조합으로는 $D+L(1.0+i)$를 사용하므로 하중계수는 각각 1.0이 된다. 사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따라 허용응력, 콘크리트의 경우 실제 압축강도를 사용한다. 사하중과 활하중에 의한 응력은 대상 부재단면에 있어서 철근 및 강재부식, 콘크리트의 중성화, 염해, 동해 등에 의한 강도저하와 단면손실 등을 고려하여 계산한다. 이때 사하중은 현재 교량에 작용하고 있는 모든 사하중을 가능한 정확히 고려한다. 활하중은 현행 도로교 설계시방서와 철도건설공사 표준시방서의 설계활하중을 사용한다. 허용응력법에 의한 내하율은 강부재의 내하력 산정시 사용한다.

내하율이란 교량을 현행시방서의 방법에 따라 해석했을 때 교량이 감당할 수 있는 활하중의 크기를 설계하중(DB하중, DL하중)을 기준으로 비례적으로 나타낸 값이다. 즉 교량이 안전하게 부담할 수 있는 활하중에 의한 응력의 최대값은 부재 재료의 허용응력에서 사하중에 의한 응력을 뺀 값이므로 다음과 같은 비례식이 성립된다.

• 내하율 $(R.F) = \dfrac{f_a - f_d}{f_l(1+i)}$ ····· 식(6.1)

$= \dfrac{\text{허용응력} - \text{고정하중 효과에 의한 응력}}{\text{활하중 효과에 의한 응력}}$

여기서, f_a = 재료의 허용응력

f_d = 사하중에 의한 응력

f_l = 설계 활하중(도로교의 경우 DB 또는 DL하중)에 의한 응력

i = 충격계수(재하시험으로부터 얻은 값이나, 도로교 시방서의 충격계수 값을 사용할 수 있다.)

나. 기본내하력 평가공식

식(6.1)에 의해 계산된 내하율과 설계 및 평가 활하중을 적용한 기본내하력을 식(6.2)와 같이 산정할 수 있다. 기본내하력은 내하력에 영향을 미치는 영향인자를 계수로 표시한 보정계수를 적용하지 않은 값을 나타낸다.

• 기본내하력 (P_o) = 내하율 ($R.F$) × 평가활하중 (P_r) ・・・식(6.2)

(내하율이 1.0 이상일 경우의 기본내하력은 설계활하중으로 표현)

다. 공용내하력 평가 공식

공용내하력은 기본내하력에 평가활하중과 여러 요인에 의한 불확실성의 보정을 위한 보정계수(K)를 곱하여 식(6.3)과 같이 계산한다.

• 공용내하력(P) = 내하율($R.F$) × 평가활하중(P_r) × 보정계수(K_s)

= 기본내하력(P_o)× 보정계수(K_s) ・・・・・・ 식(6.3)

여기서, K_s = 응답 보정계수 = $\frac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$ 또는 = $\frac{\varepsilon_{계산}}{\varepsilon_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

$i_{계산}$ = 도로교의 경우 도로교설계기준에 의한 충격계수

$i_{실측}$ = 동적재하시험으로부터 평가된 최대 충격계수

P_r = 설계 활하중(도로교의 경우 DB 또는 DL하중)

$\delta_{계산}$ ($\delta_{실측}$) = 이론적인 처짐량 (실측 처짐량)

$\varepsilon_{계산}$ ($\varepsilon_{실측}$) = 이론적인 변형률 (실측 변형률)

5.3.4 강도설계법에 의한 내하력 평가

강도설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정시 하중조합으로는 $1.3D+2.15L(1.0+i)$를 사용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15가 된다.

단면강도는 단면의 현재상태, 즉 재료강도와 단면손실을 고려하여 도로교 표준시방서와 철도건설공사 표준시방서의 공칭강도와 강도감소계수에 따라 계산한다.

교량 설계시의 부재강도 감소계수는 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시

공단면의 오차를 고려한 계수이나 내하력 평가시에는 그러한 불확실성은 상당히 감소하므로 오히려 공용중의 부재단면의 손상정도에 따라 결정한다.

그러나 부재단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기 어려우므로 공칭강도의 산정시는 교량의 현재 상태에 따른 단면감소와 코어 강도에 따른 재료강도를 고려하고 강도 감소계수는 설계시 값을 그대로 적용한다.

고정하중과 설계하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 도로교 표준시방서의 설계 활하중(DB 또는 DL하중) 및 철도 건설공사 표준시방서의 설계 활하중(LS하중)을 사용하여 구조해석으로 구한다.

강도설계법에 의한 내하력은 콘크리트 부재의 내하력 산정시 사용하는 것이 바람직하며 내하율 공식은 다음과 같다.

가. 내하율 산정 공식

- 내하율 $(R.F)$ $= \dfrac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l (1+i)}$ · · · · · · · · · · · · 식(6.4)

$= \dfrac{\text{부재의설계강도} - \text{고정하중계수} \times \text{고정하중효과(단면력)}}{\text{활하중계수} \times \text{활하중효과(단면력)}}$

여기서, ϕM_n = 극한 저항모멘트
(강구조물 ϕ = 1, RC·PC구조물 ϕ = 0.85)

M_d = 실측 고정하중 모멘트
(현제 상태, 즉 재료강도 및 단면손상을 고려하여 구조해석을 실시하였을 때의 고정하중 모멘트)

M_l = 설계 활하중에 의한 모멘트(도로교 DB 또는 DL하중, 철도교 LS 하중)

γ_d = 고정하중 계수 = 1.30

γ_l = 활하중 계수 = 2.15

i = 충격계수(재하시험으로부터 얻은 값이나, 도로교 시방서의 충격계수 값을 사용할 수 있다.)

나. 기본내하력 평가공식

- 기본내하력 (P_o) = 내하율 $(R.F)$ × 평가활하중 (P_r) · · · · 식(6.5)

다. 공용내하력 평가공식

• 공용내하력 (P_n) = 내하율$(R.F)$×평가활하중(P_r)×보정계수(K_s) ・・ 식(6.6)

= 기본내하력(P_o)×보정계수(K_s)

여기서, K_s = 응답보정계수 = $\frac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$ 또는 $\frac{\varepsilon_{계산}}{\varepsilon_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

5.3.5 보정계수(KS)

응답보정계수란 실교량의 구조해석을 목적으로 구상된 해석모델이 아무리 정밀하다 하더라도 실교량의 횡방향 특성 및 지점부 거동특성, 재료의 비선형성등으로 인하여 정확한 실교모델링을 수립하기가 어렵다. 일반적으로 해석모델은 실교량의 모든 강성을 고려하기 어려우므로 재하시험에 의한 실교량의 응답보다 크게 나타난다. 따라서 해석모델만으로 내하력 평가를 실시할 경우 실교량의 내하력보다 작게 평가된다. 따라서 이러한 오차분 만큼 내하력을 증가시킬 필요가 있으므로 응답량을 기준으로 보정계수를 산출하고 이를 내하력 평가에 반영한다.

응답보정계수는 측정응답의 종류에 따라 응력보정계수와 처짐보정계수로 구분하고 내하력 평가에 적용한다.

• 처짐 보정계수(측정된 응답이 처짐일 경우)

처짐 보정계수 = $\frac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

여기서, $\frac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}}$: 처짐 응답비

• 응력 보정계수(측정된 응답이 변형률일 경우)

응력 보정계수 = $\frac{\varepsilon_{계산}}{\varepsilon_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

여기서, $\frac{\varepsilon_{계산}}{\varepsilon_{실측}}$: 변형률 응답비

5.3.6 충격계수

상부구조의 활하중효과 산정시 충격효과를 반영하기 위한 충격계수는 다음 식으로 산정한다.

$i = \frac{15}{40 + L}$ (여기서 L = 충격계수를 산정할 때 적용하는 지간장 - 단위: m)

제 6 장 종합평가

6.1 종합평가 기준 및 방법

제 6 장 종 합 평 가

6.1 종합평가 기준 및 방법

시설물의 종합평가는 구조물 부재의 결함 및 손상에 대하여 평가기준 및 상태평가 기법에 따라 수행한 상태평가 결과와 시설물의 안전성평가 결과를 고려하여 개별시설물의 종합평가 결과를 결정한다.

교량 등 각 시설물에 대한 종합평가는 상태평가만 실시하거나 또는 상태평가와 안전성 평가를 각각 실시한 후 이들 결과를 기초로 종합하여 이루어진다. 즉, 상태평가만 실시하는 경우에는 상태평가 결과를 종합평가 결과로 가름하여 상태평가 결과가 종합평가 결과로 결정되지만 상태평가와 안전성평가가 동시에 실시한 경우에는 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교 검토하여 최종적인 종합평가 결과를 부여하게 된다.

6.1.1 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정한다.

6.1.2 종합평가 결과 산정 방법

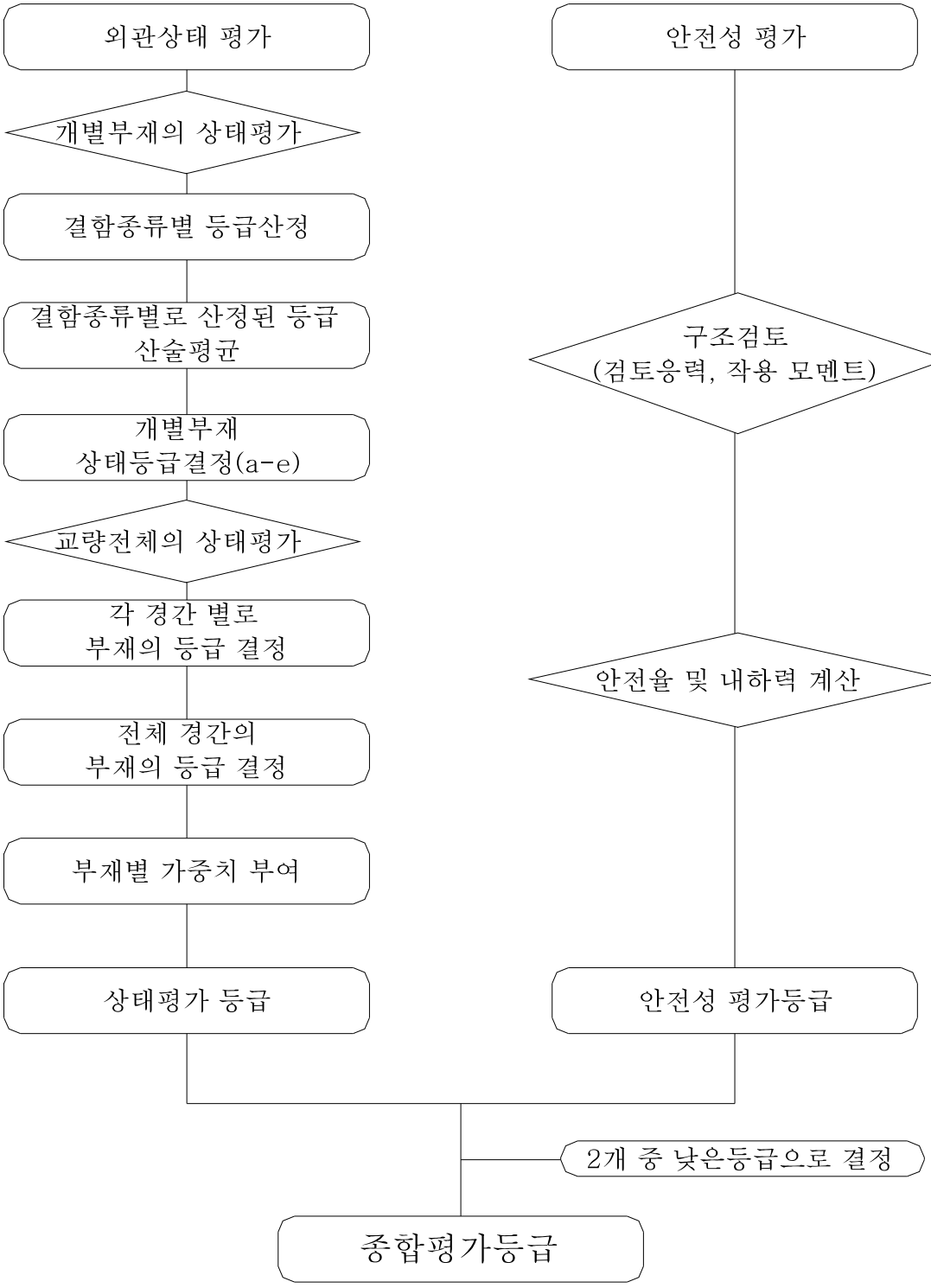
가. 정밀점검

정밀점검 시 안전성평가를 수행하지 않고 상태평가 만을 수행한 경우는 상태평가 결과를 해당시설물의 종합평가 결과로 하며, 안전성평가까지 모두 수행한 경우 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가 결과로 결정한다.

나. 정밀안전진단

외관조사에 따른 상태평가 결과와 안전성 검토에 근거한 안전성평가 결과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가 결과로 결정한다.

종합평가 등급 = MIN (상태평가등급, 안전성평가등급)



<그림 6.1.1> 종합평가 결과의 산정흐름도

제 7 장 보수·보강 방안

7.1 보수·보강 방안

7.2 보수·보강 방법

7.3 보수·보강 공법

제 7 장 보수·보강 방안

7. 1 보수・보강 방안

금번 외관조사는 준공전 실시하는 초기점검으로 구조물에 대한 시공상태 조사의 일환으로 실시하였다.

7.1.1 개 요

보수는 시설물의 내구성능을 회복 또는 향상시키는 것을 목적으로 한 유지관리 대책을 말하며, 보강이란 부재나 구조물의 내하력과 강성 등의 역학적인 성능을 회복, 혹은 향상시키는 것을 목적으로 한 대책을 말한다.

보수를 위해서는 상태평가 결과 등을, 보강을 위해서는 상태평가 및 안전성 평가 결과 등을 상세히 검토하고, 발생된 결함의 종류 및 정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 필요한 보수・보강 방법 및 수준을 정하여야 한다.

7.1.2 보수・보강의 필요성 판단

보수의 필요성은 발생된 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하며, 이를 위해 지침, 세부지침 및 각종 기준(표준시방서 등)을 참조한다.

보강의 경우는 부재안전율을 기준에서 정하는 수치이상으로 하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하여야 한다.

7. 2 보수・보강 방법

7.2.1 개요

유지관리는 시설물의 기능성과 안전성을 유지하기 위하여 일상점검 및 정밀점검을 통하여 구조물의 손상여부를 확인할 수 있고 특히, 초기결함을 찾아서 그 결함정도에 따라 적정한 보수공법의 선정, 보수시기 등을 판단하여 신속한 보수가 실시되어야 한다. 초기에 발견된 결함의 보수시기를 놓치면 나중에는 보수하기 어려울 뿐만 아니라 많은 보수비와 보수기간의 장기화로 통행차량의 불편과 동시에 물류비 증액의 원인이 된다. 따라서 유지관리를 통하여 손상된 부분을 원상복구하며, 경과시간에 따라 시설물의 개량, 보수·보강에 필요한 활동을 하는 것으로 교량의 각 부위별로 발생 가능한 손상에 대하여 주의 깊게 점검하여 그 원인을 미리 해소하는 예방활동에 목표를 두어야 한다.

7.2.2 보수・보강의 수준 결정

보수・보강의 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 아래의 경우 중에서 결정한다.

가. 현상유지(진행억제)
나. 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
다. 초기 수준이상으로 개선
라. 개축

7.2.3 공법의 선정

일반적인 콘크리트표준시방서 및 해당 설계기준 등을 참고로 하여 보수・보강의 필요성 여부를 판단한다. 구조물 결함에 따른 보수・보강은 보수재료와 공법 선정 시 공법의 적용성, 구조적 안전성, 경제성 등을 검토하여 결정한다.

이 때 중요한 것은 구조물의 결함발생 원인에 대한 정확한 분석이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다.

따라서 시설물관련 제반자료, 안전점검 및 정밀안전진단 시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가 결과를 기초로 하여, 결함발생 원인에 대한 정확한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수·보강공법을 선정하여야 한다.

7.2.4 보수·보강 우선순위의 결정

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대한 보수·보강 우선순위는 다음과 같이 결정한다.

가. 보수보다 보강을, 주부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.
나. 시설물 전체에서의 우선순위 결정은 각 부재가 갖는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토하여 결정한다.

또한 단계별 평가에서 시설물에 대한 종합평가는 부재 및 시설물에 발생한 결함 및 손상의 심각성과 부재 및 시설물의 중요도가 반영되어 있다. 따라서 보수·보강의 우선순위는 평가단계의 역순으로 추적하여 평가등급이 낮고, 중요도가 큰 부재 및 시설물 순서로 우선순위를 결정할 수 있다.

7. 3 보수·보강 공법

7.3.1 보수공법 상세

금번 점검은 초기점검으로써, 금번 점검에서 조사된 손상에 대해서는 하자보수가 필요하며, 참고사항이 될수 있도록 가장 큰 비중을 차지하는 콘크리트 부재의 보수에 대해서 보수방안 상세를 수록하였다.

가. 모르타르 패칭공법

1) 개요

콘크리트 단면 결손부중 백태, 재료분리 등 표면부의 결손은 모르타르 패칭공법을 이용하여 표면 보수를 실시하는데, 단면보수부의 바탕면 처리 후 보수에 적합한 강도로 혼합한 보수재를 흙손이나 손으로 눌러 붙여서 단면을 보수한다. 이 공법을 사용할 경우 교량의 진동 등에 의해 시공부위의 보수재료가 떨어지는 경우가 있으므로 접착성이 우수하고 수축균열을 방지하기 위해서 팽창제를 혼입한 보수재료를 사용한다.

2) 시공방법

결함부의 치핑 및 청소	· 보수위치 선정 · 육안검사시 단면깊이의 확인
접착제 도포	· 보수재료에 따라 접착제 혹은 침투제 혼용
단면보수 ①	· 1회 도포량 30㎜를 한도로 손 또는 흙손으로 보수재료를 충진.
단면보수 ②	· 단면깊이가 30㎜이상인 경우 실시 · 1회 패칭후 앵커를 타입하여 여기에 피아노선을 감아 보강한후 2회째의 패칭 실시
양 생	· 저온시에는 보수재료의 경화속도가 느리므로 주의 · 양생 후 종료

<그림 7.3.1> 모르타르 패칭공법 시공요령 흐름도

· 바탕 처리재(접착제) : 콘크리트면과 밀착성이 뛰어나고 탄성계수, 열팽창 계수, PH 등이 비슷한 규산염계, 폴리머 계통 접착제 등 사용.

· 단면 보수재 : 콘크리트와의 일체성, 부착성이 요구되며 폴리머시멘트, 방청 모르타르, 수지 모르타르 등 사용.

나. 단면보수공법

1) 개요

콘크리트 단면 결손부중 박락(파손) 및 철근 노출부는 내구성 저하방지를 위하여 단면보수공법을 사용하여 보수를 실시하는데, 콘크리트 표면을 피복하여 철근부식 등의 내구성 저하의 원인이 되는 물질의 침투를 억제함으로서 구조물의 내구성 저하를 방지하는 공법으로서 침투막제, 접착제, 단면 보수재, 철근방청재의 조합에 의한 공법으로 본 교량에서는 상기한 결함 중 콘크리트 파손부 및 철근노출부에 대한 보수방법으로 사용한다.

2) 시공방법

결함부위는 콘크리트의 열화 깊이를 고려하여 콘크리트를 직각으로 3㎝ 더 깊게 절취하고 철근노출부위는 노출된 철근길이 만큼 콘크리트를 절취한다. 만약 절취전 또는 절취후 노출된 철근에 대해서는 철근의 녹을 깨끗이 제거한 후 방청재로 코팅하여 방청 처리하는 것을 기본으로 한다.

시공방법은 <그림 7.3.2>과 같은 순서에 의하여 이루어지며, 사용재료의 특성은 다음과 같아야 한다,

· 철근방청재 : 철근의 방식성, 단면보수재 및 철근과의 부착성이 요구되는 방청 페이스트 사용.

· 바탕처리재(접착제) : 콘크리트면과 밀착성이 뛰어나고 탄성계수, 열팽창계수, PH 등이 비슷한 규산염계, 폴리머 계통 접착제 등 사용.

· 단면보수재 : 콘크리트와의 일체성, 부착성이 요구되며 폴리머시멘트, 방청 모르타르, 수지 모르타르 등 사용.

3) 시공시 주의사항

· 표면의 열화된 부분을 완전히 제거하되 내부에 추가 열화된 콘크리트는 수공구 또는 전동햄머 등의 전동공구를 사용하여 완전히 제거한다.

· 철근의 부식 부분을 수공구 또는 샌더 등의 전동공구를 사용하여 완전히 제거한다.

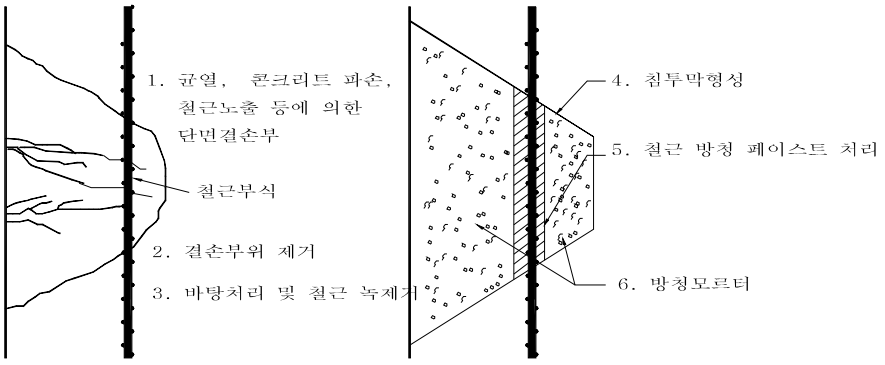
· 열화된 콘크리트와 철근의 부식을 제거한 후 고압수세정기 (100~150㎏/㎠)를 사용하여 표면위에 남아있는 이물질을 완전히 제거한다.(물을 사용할 수 없는 경우에는 압축공기나 진공청소기를 사용한다.)

· 세정순서는 위쪽에서 아래쪽으로 하고 오염된 물이 아래쪽 벽면에 부착되지 않도록 주의하여 세정하며, 겨울철에는 동결에 유의한다.

· 세정시 물을 사용한 경우에는 충분히 건조하여야 한다.

· 방청제 및 접착제 도포시 제품 특성에 따른 표준 도포량 확인하여야 하며 도포방법은 로울러나 도료작업용 붓, 에어스프레이건 등을 사용하여 충분히 함침이 되도록 균열하게 도포한다.

· 단면보수용 모르타르는 콘크리트 표준시방서에 준하며, 재료의 혼합, 취급 및 주의사항은 별도의 제품 시방규정에 의한다.



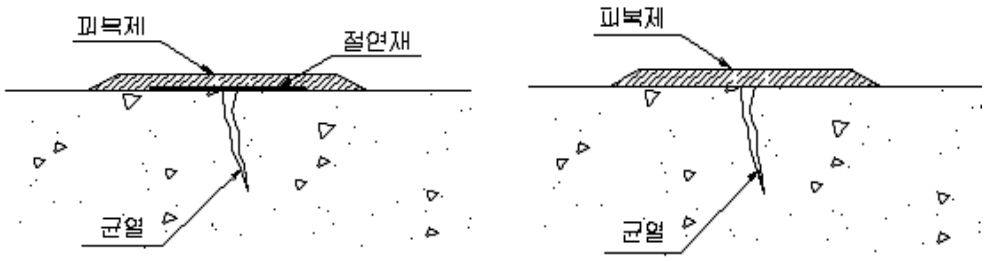
<그림 7.3.2> 콘크리트 단면보수공법 개요도

다. 표면처리공법

1) 개요

폭 0.2㎜ 이하의 미세한 균열에 대해 직접 그 균열의 표면을 피복하여 방수성, 내수성을 지니도록 하는 것으로 그 효과는 균열표면의 보수에 그치므로 본 공법 적용시 균열의 진행여부에 대한 주기적인 관찰이 요구된다.

공법 개요도는 다음과 같다.



<그림 7.3.3> 균열부 표면처리공법 개요도

<사용재료>

① 폴리머시멘트 페이스트
② 시멘트 필러
③ 도막 탄성방수재 (아크릴 수지계)
④ 도막 탄성방수재 (우레탄 수지계)

2) 시공시 주의사항

· 기존의 도막 및 이물질을 수공구 또는 샌더 등의 전동공구를 사용하여 제거한다.
· 도막을 완전히 제거한 후 고압수세정기 (100~150kg/㎡)를 사용하여 표면위에 남아있는 이물질을 완전히 제거한다.(물을 사용할 수 없는 경우에는 압축공기나 진공청소기를 사용한다.)
· 세정순서는 위쪽에서 아래쪽으로 하고 오염된 물이 아래쪽 벽면에 부착되지 않도록 주의하여 세정한다.
· 유지 등으로 더러워진 부분은 용제나 전용세제를 사용하여 세정한다.
· 충분히 건조한 후 담당자의 확인을 받아야 한다.
· 제품 선정 후 제품 시방규정에 의한 표준 도포량 확인

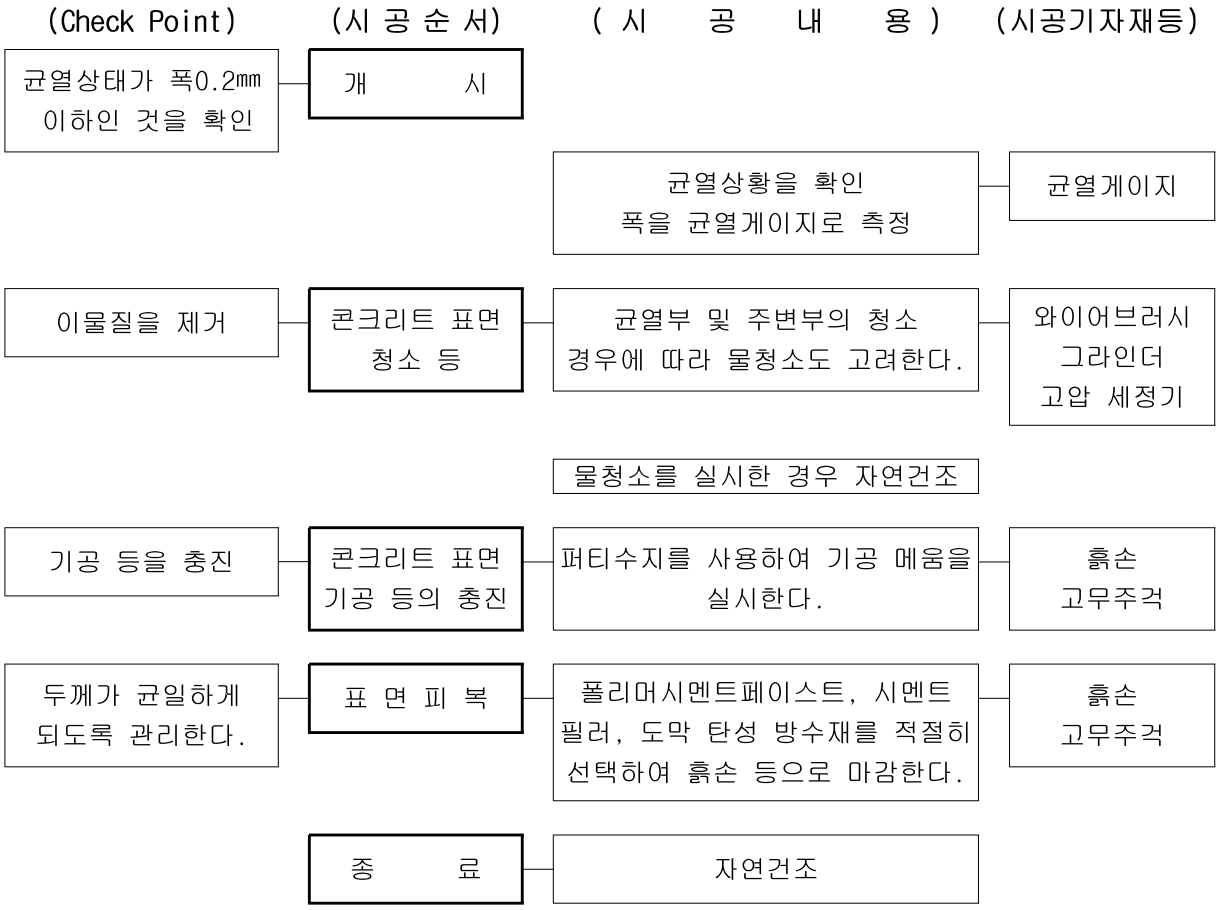
· 직사광선, 바람 등이 현저한 장소에서 시공할 때는 급격한 건조를 방지하기 위한 조치를 취하여야 한다.

· 동절기 시공시에는 따뜻한 날을 선택하여 시공하여야 한다.

· 혼화재는 사용전에 수회 흔들어야 한다.

· 시공 완료후 충분히 건조한 후 담당자의 확인을 받아야 한다.

3) 시공방법



<그림 7.3.4> 균열부 표면처리공법 시공요령 흐름도

라. 균열부 수지주입공법

균열부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다.

균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안정성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수 대책을 선정하여야 한다. 또한, 균열보수는 균열 폭과 균열깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도, 점도 및 양생 속도를 갖는 수지재료를 사용하여야 한다.

1) 수지주입 공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저 압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며 <표 7.3.5>는 수지주입공법의 종류이다.

<표 7.3.5> 수지주입공법의 종류

압 입 식 공 법
·수동식 주입 : 인력 ·기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 ·저압·저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력 ·자동주입식 기계주입 : 자동주입기
흡 입 식 공 법
·균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입주입

종래에는 수동식 기계주입 방법이 많이 이용되고 있으나, 이 방법은 주입량을 정확하게 파악할 수 없으며, 관통하지 않은 균열은 균열 깊이까지 보수재료를 주입하기가 곤란하다. 또한 주입압력이 너무 높으면 균열을 넓혀 주는 등의 문제점이 있다.

한편, 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있으며, 자동주입식 기계주입은 패커를 이용 자동주입기에 의하여 수지를 주입하는 방법으로 균열부위가 완전히 충진 되는 특징이

있다.

2) 압입식 수지주입공법 적용

이 공법은 균열 위에 주입수지가 들어 있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압, 자동식 기계 등으로 수지를 주입하는 방식으로 압입방식은 <표 7.3.6>과 같다.

이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시기에 맞는 작업시간 및 균열폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하고, 균열폭에 알맞은 수지의 점성도는 [표 7.3.7]와 같으며, 일반적인 주입 파이프의 간격은 [표 7.3.8]와 같다.

<표 7.3.6> 압입식 수지주입공법

압입방식	용기의 형태
압축용기에서의 압축공기로 주입	플라스틱제의 실린더
압력탱크내의 압축된 압력으로 주입	플라스틱제의 압력탱크
압축실린더에 의한 유압으로 주입	금속제의 실린더
고무시트의 복원력으로 주입	플라스틱제 틀에 고무시트를 고정
고무풍선압으로 주입	고무풍선
고무밴드의 복원력으로 주입	플라스틱제 실린더와 피스톤
캡슐내의 용수철로 주입	플라스틱제 캡슐 탱크

<표 7.3.7> 균열폭에 알맞은 수지의 점성도

형 상		점성도(20℃, cp)	주입 가능한 균열폭
액 상	저점성도	500±200	0.1mm 전후
	고점성도	1,500±500	0.2mm 전후
겔 상태		6,000±1,000	0.5~5mm 전후

<표 7.3.8> 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

균열 폭 (㎜)	주입파이프/패커 간격 (㎜)	비 고
0.3 이하	50 ~ 100	
0.3 ~ 0.5	100 ~ 200	
0.5 ~ 1.0	150 ~ 250	
1.0 이상	200 ~ 300	

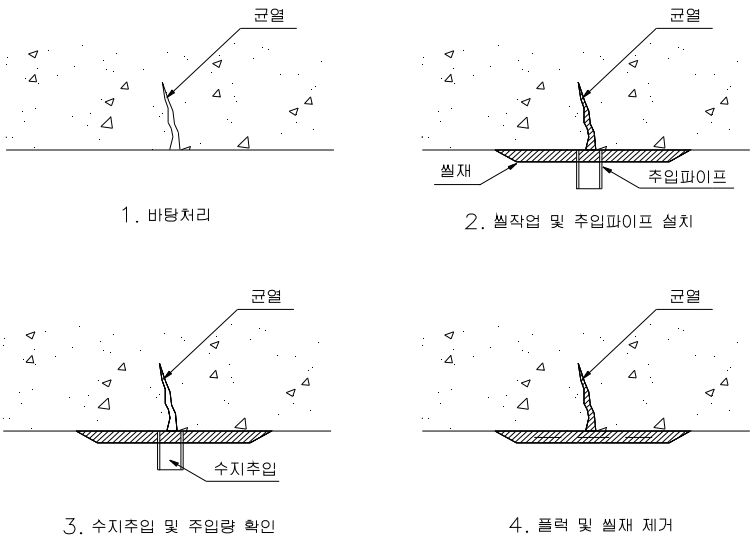
3) 압입식 수지주입공법의 특징

수지가 들어 있는 용기를 균열 위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고, 용기 높이의 저압력에 의해 자동으로 주입되므로 압력에 의한 실링부의 파손도 적어 시공관리가 용이하다. 그리고, 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다. 주입압력은 4kg/㎠ 이하로 규정되어 있으나, 실제로는 1kg/㎠ 전후가 사용된다.

주입재는 에폭시수지계 또는 이소시아네이트수지 이외에도 무기질계의 슬러리도 사용할 수 있다. 무기질계 슬러리는 습윤 환경하에서도 사용이 가능하나, 반면에 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.

수지주입공법의 시공 흐름도는 <그림 7.3.1>, 공법 개요는 <그림 7.3.2>와 같으며 수지계 주입재의 특징은 <표 7.3.9>과 같다.

<그림 7.3.1> 수지주입공법 시공 흐름도



<그림 7.3.2> 균열 수지주입 공법 개요도

4) 시공시 주의사항

① 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다. 보수부 콘크리트의 표면 온도는 10℃이상을 표준으로 하고 있으므로 기온차가 심한 경우에는 기온의 변화에 대응하는 에폭시계 수지의 성상을 조사하여 두고 겨울철 부득이 시공하는 경우에는 가열양생 등의 조치를 생각할 필요가 있다.

② 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다. 일반적으로 에폭시계 수지의 경화시간이란 접착제를 혼합해서 충분한 접착강도가 보증되는 작업 가능시까지의 시간을 말하나 기온, 혼합량의 대소 등에 따라서도 다르므로 주의해야 한다.

③ 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 롯트마다 시험을 실시하여 품질의 확인이 필요하다.

④ 씰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.

⑤ 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 씰링

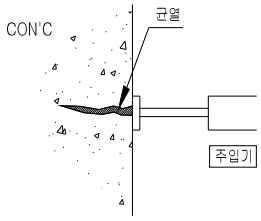
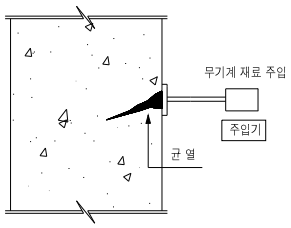
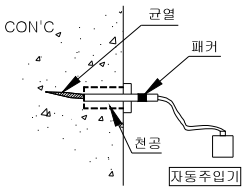
재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 마무리하며, 이소시아네이트 수지를 주입한한 경우에는 패커 제거후 제거홈 씰링제로 밀봉한 후 그라인더로 표면처리 한다.

⑥ 이소시아네이트 수지는 격자로 주입하며 1차 주입 후 2차 주입을 한다.

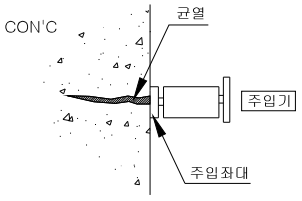
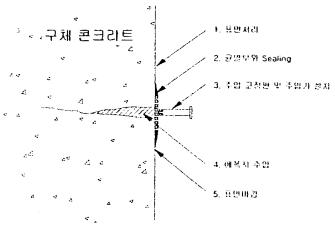
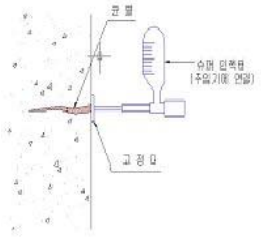
<표 7.3.9> 수지계 주입재의 특징

재료명	주요 성분	특징·용도
에폭시 수지계 균열주입재	에폭시수지	·균열, 추종성이 양호 ·적용가능 균열 폭은 0.2~2.0mm
	유연형 에폭시수지	·경화물의 유연성이 풍부하여 진행성 균열에 적합 ·균열 및 알칼리골재반응의 성능저하 보수에 적합
	자기유화형 에폭시수지	·수중경화, 콘크리트 중의 수분과 반응 ·강도특성이 뛰어남 ·균열 폭 0.15mm 이상에 적용
	에폭시수지, 포틀랜드 시멘트	·수중 경화형 에폭시수지와 시멘트의 반응으로 발포 ·적용 균열 폭 1.0mm~10.0mm
폴리머 시멘트계 주입재	에폭시수지계 에밀젼 미분말충전재 조강시멘트	·균열폭 5.0mm 이상에 적용 ·습윤면에 대하여 접착성이 우수 ·알칼리골재반응에 의한 성능저하의 보수에 적합
이소시아네이트 수지 주입재 (건설 신기술 제359호)	일액형 친수성 (에폭사+우레탄+아크릴+이소시아네이트)	·균열, 누수 및 습윤면 접착강도 우수 (누수 심한 곳 2.5kg/cm^2 수압 차단) ·균열, 추종성이 양호 ·적용가능 균열 폭은 0.2~10.0mm ·환경친화 제품으로 화기위험 및 냄새 없음 ·진동 및 거동으로 인한 작업부를 자체 압력으로 균열부 추종 봉합

<표 7.3.10> 수지주입공법의 비교

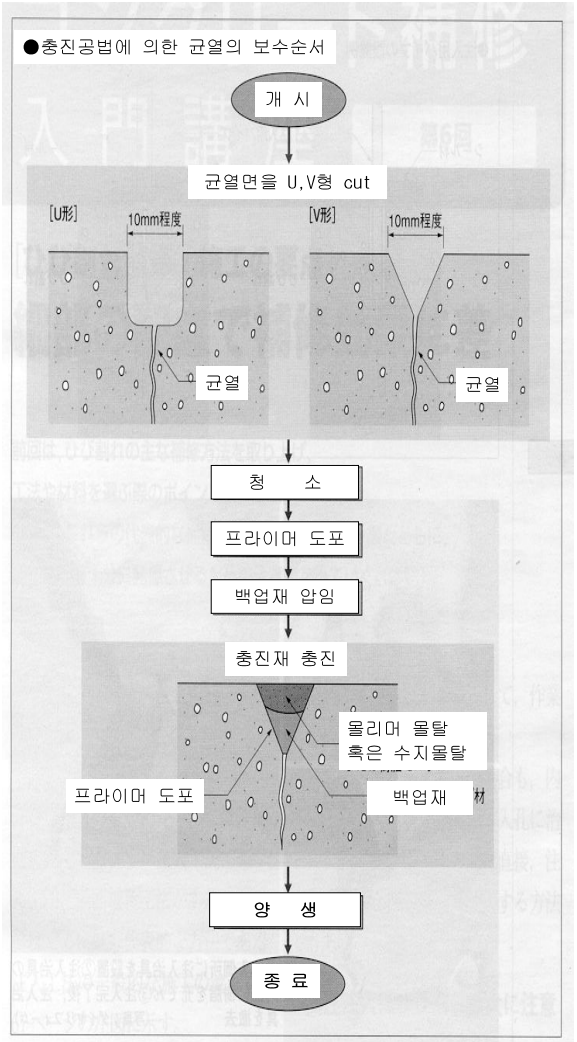
구 분	에폭시 수지계 (일반)	폴리머 시멘트계	이소시아네이트 수지 (건식, 습식)
개요도			
공법 개요	·콘크리트 균열부위에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법	·콘크리트 균열부위에 무기계 재료인 RF슬러리를 주입기를 통하여 주입하는 공법	·콘크리트 균열 부위에 이소시아네이트 수지를 패커를 이용 자동주입기를 통하여 주입하는 공법
시공 방법	표면처리→V컷팅→주입기 설치 →균열부실링→에폭시 주입 →단면복구	표면처리→V컷팅→주입기설치 →균열부실링→RF슬러리 주입 →단면복구	표면처리→V컷팅→격자천공→균열부실링→이소시아네이트수지주입 →패커 제거→표면정리
특 징	·습윤면 시공 가능 ·시공성이 좋다 ·경화속도가 빠르다. ·주입량 점검이 용이하고, 균열 속 깊이까지 주입할 수 있다 ·가장 일반적으로 쓰이는 공법으로 실적이 많다	·모체와 탄성계수, 열팽창계수 가 동일하여 재균열 발생 가능성 적음 ·모체와 일체화 가능 ·기존의 콘크리트 구체와 동일 한 구조거동을 하며, 재 탈락의 현상 없음 ·습윤면 시공 불가능 ·저점도이므로 균열폭이 작으면 주입이 되지 않는다.	·건조면, 습윤면, 누수면 시공 가능 ·패커에 의한 주입으로 균열부 완전충진 가능과 약품이 역류되지 않음 ·자체 압력으로 누수면 및 추종 봉합 가능 ·모체와 일체화 가능 ·재균열 발생 없음 ·시공성이 우수하며 시공비가 저렴

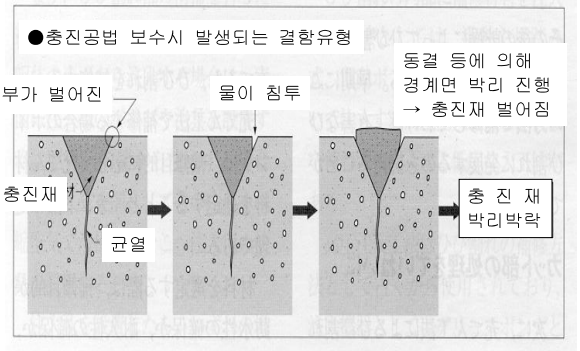
<표 7.3.10> 수지주입공법의 비교(계속)

구 분	그라우트(에폭시수지계)	습식 에폭시수지계	무색 에폭시수지계
개요도			
공법 개요	·콘크리트 균열부위에 초미립자 무기계슬러리를 주입기를 통하여 주입하는 공법	·내부 균열까지 침투성이 큰 저점도 Epoxy수지를 가압 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 에폭시 주입공법	·1차로 주입기의 압력에 의해 고압으로 주입되고 2차로 에 폭시 탱크의 잔류량이 보일의 법칙에 의해 저압으로 주입되므로 세밀한 균열의 보강액 주입 가능한 공법
시공 방법	표면처리→V컷팅→주입좌대 고정→균열부실링→초미립자무기계슬러리주입→ 단면복구	표면처리→주입구선정→균열부위 씰링→고정판설치→에폭시주입 →표면정리	균열부위 면처리→에어건으로 먼지제거→균열부실링→고정제부착→실린더 고정판에 부착 →슈퍼인젝터를 실린더에 부착후주입 →고정대 제거후 마감.
특 징	·무기계 재료로서 기존콘크리 트와 물리적 성질이 유사하여 시공 후 온도/하중변화에 의 한 재균열 발생가능성이 없음 ·습윤면 시공불가능 ·균열부 콘크리트 방청, 중성화 및 염해방지 기능이 있음 ·공정이 다소 복잡하여 시공 전문가 필요	·주입량 점검이 용이하고, 균열 속 깊이까지 주입할 수 있다. ·건식, 습식, 수중 시공이 가능하다. ·균열의 표면뿐만 아니라, 내부균열 깊숙이 주입이 가능하다 ·압력조절에 주의가 요망되 며, 압력이 클 경우 균열이 확대되어 버릴 수 있음.	·각각의 시공 부위에 따라 슈퍼 인젝터의 각도를 조절하면 완벽한 주입가능. ·자체의 압력조절이 가능하여 상황에 따라 적당한 압력으로 주입 가능. ·약품이 역류되지 않아 시공면 이 오염되지 않음. ·시공이 매우 용이하여 시공비 가 저렴하다. ·사용년수 증가시 접착력이 떨 어질 수 있다.

마. 충진공법

충진공법은 균열의 폭이 0.5㎜ 이상으로 비교적 큰 경우의 보수에 적합한 공법으로, 균열을 따라 모르타르 마감 또는 콘크리트를 절단하여, 그 부분에 보수재를 충전하는 방법이다. 이 공법은 철근이 부식되어 있는 경우와 부식되지 않은 경우에 따라 보수방법이 다르며, 본 교량의 경우 기존 코핑부와 확대 코핑부의 신·구콘크리트 접합부 균열로 철근이 부식되지 않은 경우에 적용한다.





철근이 부식되지 않은 경우는 그림과 같이 균열을 따라 약 10㎜ 폭으로 콘크리트를 U형 또는 V형으로 절개한 후, 이 부위에 실링재 · 유연성 에폭시수지, 폴리머 시멘트 모르타르 또는 기계 자동주입공법을 이용한 이소시아네이트 수지등으로 충전하여 보수한다. V형으로 절개하는 방법은 간편하지만 폴리머 시멘트 모르타르를 충전하는 경우 충전한 모르타르의 박리가 발생하기 쉽기 때문에 U형으로 절개하는 방법이 보다 효과적이다.

이상에서 언급한 공법에 사용하는 재료로서는 일반적으로 콘크리트는 타설 후 수년이 지나도 수분을 함유하는 재료이므로

균열면은 항상 습윤상태로 있는 것이 많다. 이 같은 경우는 습윤 균열 전용으로 개발된 에폭시 수지계 보수재료 또는 습윤면 및 누수면에서 시공가능한 이소시아네이트 수지 보수재료를 이용하는 것이 바람직하다. 시멘트계 보수재료는 현재 주입성능이 합성수지계에 비해 떨어지나 수경성이므로 습윤면의 시공에 적합하고 내구성, 내화성이 우수하여 화재 발생시 등에 유리하다.

제 8 장 유지관리 방안

8.1 유지관리 방안

제 8 장 유지관리 방안

8. 1 유지관리 방안

금번 초기점검대상 시설물의 준공 후 공용 중 유지관리를 위한 일반적인 사항은 다음과 같다.

8.1.1 개 요

가. 정 의

유지관리란, 시설물과 부대시설의 기능을 보존하고 이용자의 편익과 안전을 도모하기 위하여 일상적으로 또는 정기적으로 시설물의 상태를 조사하고 손상부에 대한 조치를 취하는 일련의 행위를 말한다.

나. 유지관리의 목적

시설물 유지관리의 목적은 건설된 시설물이 제기능을 유지하기 위하여 수시점검, 일상점검 및 정기점검 등을 통하여 사전에 유해요인을 제거하고, 손상된 부분을 원상복구 하여 당초 건설된 상태를 유지함과 동시에 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량과 추가시설을 함으로써 이용자의 편의와 안정을 도모하기 위한 목적으로 시행하는 것이다. 또한 체계적이고 효율적인 유지관리는 시설물의 안전성 및 사용성, 내하성 등의 확보뿐만 아니라 경제성 등 보다 효과적이고 경제적인 유지관리를 위해서 실시한다.

유지관리의 주요 목적을 살펴보면 다음과 같다.

1) 구조물의 안전성을 확보하고, 설계 목적에 부합되도록 보정한다.
2) 구조물의 상태를 체계적이고 주기적으로 기록한다.
3) 손상을 조기에 발견하고, 향후 발생될 손상을 예측한다.

4) 보수, 보강, 계측 등의 의사결정에 필요한 자료를 제공한다.

5) 점검결과의 전산관리 등을 통해 합리적인 유지관리 계획을 수리하여 예산의 최적 분배가 가능하게 한다.

6) 축적된 점검결과의 분석을 통해 향후 설계, 시공될 구조물의 개선을 기대할 수 있다. 교량 유지관리의 목적은 다양하지만 그 중에서 가장 기본이 되는 것은 구조물의 현상을 주기적인 현장 점검을 통해 파악하고, 구조물의 안전성과 사용성에 악영향을 미칠 손상을 예방하거나 조기에 발견하여 적절한 조치를 취함으로써 사용자의 안전한 이용을 보장하는 것이다. 축적된 점검 자료를 분석하면 시간이 경과함에 따라 변해 가는 구조물의 상태를 예측할 수 있고, 이에 따라 적절한 유지관리 계획을 수립할 수 있게 된다. 또한, 유지관리 면에서 본 설계, 시공 상의 문제점과 개선점이 파악되어 유지관리를 고려한 설계, 시공을 가능케 하고, 결과적으로 구조물의 수명을 연장시킨다.

다. 유지관리 방안 제시

시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리 하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로서 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치, 대책 등에 대한 실무적이고 필수적인 내용을 해당 시설물의 도면, 사진 등을 위주로 구성하여 안전점검 경험이 적은 사람도 쉽게 활용할 수 있도록 하여야 한다.

본 초기점검에서는 향후 효율적인 유지관리가 이루어질 수 있도록 점검대상 시설물의 외관조사 결과를 각 시설물별, 주요 부재별로 상세하게 외관조사망도(부록에 수록) 작성으로 도시화하여 수록하였다.

8.1.2 유지관리의 업무

유지관리업무는 아래의 항목에 대하여 대상 시설물을 관리하는 것으로 요약할 수 있다.

가. 자료의 관리

1) 시설물에 필요한 자료

가) 설계도면

나) 시방서

다) 사 진

라) 재료시험 : 시공재료의 종류, 등급, 품질을 기록한 공장 재료증명서, 관리 및 선정시험 기록, 비파괴시험 자료(재료의 강도, 염해도, 탄산화 등)

마) 보수이력

바) 사고기록

사) 점검이력 : 날짜, 점검자, 관리주체, 점검의 종류 등 모든 점검활동 관련사항

아) 시설물관리대장 : 연도별 점검기록이 포함된 구조물 관리기록

자) 안전성평가 기록

: 관리주체는 안전성평가 방법의 종류 및 해석결과, 사용된 계수 등 안정성 결정에 관련된 제반기록을 보관하여야 한다.

차) 계측기록

: 계측이 필요하다고 판단되는 교량에 대하해서는 중요한 구조부위를 선정하여 정기적으로 계측을 시행하고 그 기록을 보존하여야 한다.

2) 시설물 관리항목

가) 시설물 구분 : 시설물명, 일련번호, 관리주체, 위치(행정구역), 교차코드, 확장구분

나) 시설물 형식 및 사용재료

다) 연령 및 공용성

라) 시설물 제원

- 연장, 총 폭원, 유효 폭원, 형하고

마) 시설물 분류, 통행제한 : 시설물 등급, 설계하중 및 단면력, 통행제한 여부

바) 시설물 상태평가

나. 일상관리

일상관리는 시설물의 손상이 발생하기 이전에 예방적인 차원에서 수행하는 간단한 조치들을 말하는 것으로서 청소가 대표적인 경우이다. 또한 소모성 물품의 교환, 부착물의 정비 등 간단한 작업이 여기에 포함된다.

다. 안전점검 및 정밀안전진단

안전점검 및 정밀안전진단의 목적은 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 물리적·기능적 결함과 내재되어 있는 위험요인을 발견하고, 이에 대한 신속하고 적절한 보수·보강 방법 및 조치방안 등을 제시함으로써 시설물의 안전을 확보하고자 함에 있다.

안전점검은 경험과 기술을 갖춘 자가 육안이나 점검기구 등으로 검사하여 시설물에 내재內在)되어 있는 위험요인을 조사하는 행위를 말하며(「시설물의 안전관리에 관한 특별법, 이하 “시특법”이라 함.」제2조7항), 정밀안전진단은 시설물의 물리적·기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 구조적 안전성과 결함의 원인 등을 조사·측정·평가하여 보수·보강 등의 방법을 제시하는 행위를 말한다.

1) 점검의 종류

가) 관련법령 : 시특법(제7조, 동법 시행령 제9조)

나) 점검의 종류

① 정기점검

정기점검은 경험과 기술을 갖춘 사람에 의한 세심한 외관조사 수준

의 점검으로서 시설물의 기능적 상태를 판단하고, 시설물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위한 관찰로 이루어진다. 점검자는 시설물의 전반적인 외관형태를 관찰하여 중대한 결함을 발견할 수 있도록 세심한 주의를 기울여야 한다.

점검자 및 관리주체는 정기점검 실시결과 중대한 결함이 있는 경우에는「시특법」제11조에 따라 즉시 관계행정기관의 장에게 통보하여야 한다. 관리주체는 정기점검 실시결과 필요할 경우 결함의 정도에 따라 긴급점검 또는 정밀안전진단을 실시하는 등 필요한 조치를 취하여야 한다.

○ A·B·C등급의 경우 : 반기에 1회 이상
○ D·E등급의 경우 : 해빙기·우기·동절기 등 1년에 3회 이상(이 경우 해빙기 전 점검 시기는 2월·3월로, 우기 전 점검 시기는 5월·6월로, 동절기 전 점검 시기는 11월·12월로 한다.)

② 정밀점점

정밀점검은 시설물의 현 상태를 정확히 판단하고 최초 또는 이전에 기록된 상태로부터의 변화를 확인하며, 구조물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위하여 면밀한 외관조사와 간단한 측정시험장비로 필요한 측정 및 시험을 실시한다.

외관조사 및 측정시험 결과와 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 실시결과에서 발견된 결함의 진전 및 신규발생을 파악하여 시설물의 주요 부재별 상태를 평가하고, 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 실시결과의 상태평가 결과와 비교·검토하여 시설물전체에 대한 상태평가 결과를 결정하여야 하며, 결함부위 등 주요 부위에 대한 외관조사망도 작성 등 조사결과를 도면으로 기록하여야 한다.

또한 내진설계여부를 확인하고,「시특법 시행령」제12조의 중대한 결함이 발생하는 등 필요한 경우에는 해당부위에 대하여 안전성평가를 실시할 수 있다. 정밀점검 실시결과 결함이 광범위하게 발생하는 등

정밀안전진단이 필요하다고 판단될 경우에는 점검자는 관리주체에게 즉시 보고하여야 하며, 관리주체는「시특법」제7조제1항에 따라 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

③ 긴급점검

관리주체가 필요하다고 판단한 때 또는 관계 행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에게 긴급점검을 요청한 때에 실시하는 정밀점검 수준의 안전점검이며, 실시목적에 따라 손상점검과 특별점검으로 구분한다.

㉮ 손상점검

손상점검은 비계획적인 점검으로서 재해나 사고에 의해 비롯된 구조적손상 등에 대하여 긴급히 시행하는 점검으로 시설물의 손상정도를 파악하여 긴급한 사용제한 또는 사용금지의 필요여부 보수·보강의 긴급성 보수·보강 작업의 규모 및 작업량 등을 결정하는 것이며, 필요한 경우 안전성평가를 실시하여야 한다.

점검자는 사용제한 및 사용금지가 필요할 경우에는 즉시 관리주체에 보고하여야 하며, 관리주체는 필요한 조치를 취하여야 한다.

㉯ 특별점검

특별점검은 관리주체가 판단하여 행하는 정밀점검 수준의 점검이다.

이점검은 기초 침하 또는 세굴 과 같은 결함이 의심되는 경우나 사용제한 중인 시설물의 사용여부 등을 판단하기 위해 실시하는 점검으로서 점검 시기는 결함의 심각성을 고려하여 결정한다.

④ 정밀안전진단

정밀안전진단은 「시특법」제7조제1항에 따라 관리주체가 안전점검을 실시한 결과 시설물의 재해 및 재난 예방과 안전성 확보 등을 위하

여 필요하다고 인정하는 경우에 실시하며, 또한 「시특법 시행령」 제9조제1항에 해당하는 시설물은 「시특법 시행령」 제9조제2항에 따라 정기적으로 실시한다.

정밀안전진단은 안전점검으로 쉽게 발견할 수 없는 결함부위를 발견하기 위하여 정밀한 외관조사와 각종 측정·시험장비에 의한 측정·시험을 실시하여 시설물의 상태평가 및 안전성평가에 필요한 데이터를 확보한다.

현장조사 시 필요한 경우 교통통제 및 안전조치를 취하여야 하며, 시설물 근접조사를 위한 접근장비와 필요시 수중카메라 등 특수장비와 잠수부 등 특수기술자도 투입하여야 한다.

결함의 유무 및 범위에 대한 확인이 필요한 때에는 현장재료시험과 기타 필요한 재료시험을 병행하여야 한다. 전체구조물의 표면에 대한 외관조사 결과는 도면으로 기록하여야 하며, 구조물전체 부재별 상태를 평가하고, 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하여야 한다.

정밀안전진단에서는 시설물의 결함정도에 따라 필요한 조사·측정·시험, 구조계산, 수치해석 등을 실시하고, 분석·검토하여 안전성평가 결과를 결정하여야 한다. 또한 필요한 경우에는 구조물의 사용성, 내진성능 등 도 평가하여야 한다.

정밀안전진단 결과 보수·보강이 필요한 경우에는 보수·보강 방법을 제시하여야 한다. 이 경우 보수·보강 시 예상되는 임시 고정하중(공사용 장비 및 자재 등)이 현저하게 작용하는 상황에 대한 구조 안전성평가를 포함하여야 한다.

2) 정밀점검 및 정밀안전진단의 실시주기(시특법 제6조제1항 및 제9조제2항 관련)

안전등급	정밀점검		정밀안전진단
	건축물	그 외 시설물	
A등급	4년에 1회 이상	3년에 1회 이상	6년에 1회 이상
B·C등급	3년에 1회 이상	2년에 1회 이상	5년에 1회 이상
D·E등급	2년에 1회 이상	1년에 1회 이상	4년에 1회 이상

① 공동주택의 정기점검은「공동주택관리법 시행령」제34조에 따른 안전점검으로 갈음한다.

② 최초로 실시하는 정밀점검은 시설물의 준공일 또는 사용승인일(구조형태의 변경으로 시설물로 된 경우에는 구조형태의 변경에 따른 준공일 또는 사용승인 일을 말한다)을 기준으로 3년 이내(건축물은 4년 이내)에 실시한다. 다만, 임시 사용승인을 받은 경우에는 임시 사용승인일을 기준으로 한다.

③ 최초로 실시하는 정밀안전진단은 준공일 또는 사용승인일(준공 또는 사용승인 후에 구조형태의 변경으로 제1종시설물로 된 경우에는 최초 준공일 또는 사용승인 일을 말한다) 후 10년이 지난 때부터 1년 이내에 실시한다. 다만, 준공 및 사용승인 후 10년이 지난 후에 구조형태의 변경으로 인하여 1종시설물로 된 경우에는 구조형태의 변경에 따른 준공일 또는 사용승인일부터 1년 이내에 실시한다.

④ 위 정밀점검 및 정밀안전진단의 실시 주기는 이전 정밀점검 및 정밀안전진단을 완료한 날을 기준으로 한다. 다만, 정밀점검 실시 주기에 따라 정밀점검을 실시한 경우에도 제9조에 따라 정밀안전진단을 실시한 경우에는 그 정밀안전진단을 완료한 날을 기준으로 정밀점검의 실시 주기를 정한다.

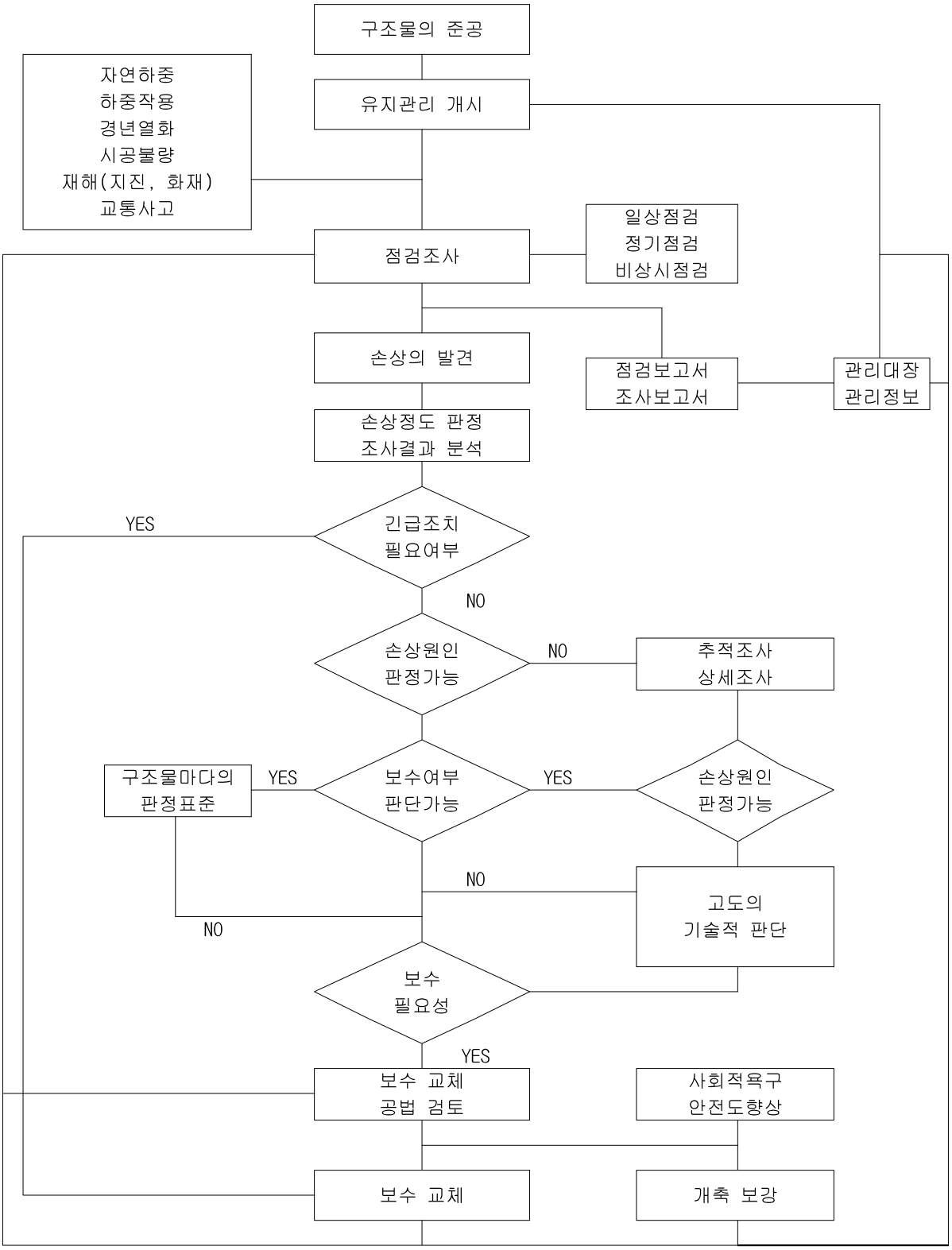
⑤ 정밀점검란의 건축물에는 그 건축물의 부대시설인 옹벽과 절토사면을 포함하며, 항만시설물 중 썰물 시 바닷물에 항상 잠겨있는 부분은 위 정밀점검의 실시 주기에도 불구하고 4년에 1회 이상 정밀점검을 하여야 한다.

⑥ 정밀점검, 긴급점검 및 정밀안전진단의 실시 완료일이 속한 반기에 실시하여야 하는 정기점검은 생략할 수 있다.

⑦ 정밀안전진단의 실시 완료일부터 6개월 전 이내에 그 실시 주기의 마지막 날이 속하는 정밀점검은 생략할 수 있다.

⑧ 증축, 개축 및 리모델링 등을 위하여 공사 중이거나 철거예정인 시설물로서, 사용되지 아니하는 시설물에 대해서는 국토교통부장관과 협의하여 안전점검 및 정밀안전진단의 실시를 생략하거나 그 시기를 조정할 수 있다.

8.1.3 유지관리 절차



【 유지관리의 업무 흐름도 】

상주 ~ 영천 고속도로 민간투자사업 6공구

초기점검 보고서

(Ⅲ. 구조물별 점검결과)

2017. 6

사단법인 한국건설안전협회
KOREA CONSTRUCTION SAFETY ASSOCIATION

초기점검

상주~영천 고속도로공사

보고서

(Ⅱ)

2017. 6

사단법인 한국건설안전협회

제 출 문

GS건설(주) 대표이사 귀하

귀사에서 의뢰하신 경상북도 군위군 효령면 ~ 부계면 일원에 시공된 『상주~영천 고속도로 민간투자사업 제6공구 초기점검』에 대한 용역을 완료하고 그 결과를 본 보고서로 제출합니다.

2017. 06.

사단법인 한국건설안전협회

회 장 안 무 영

참여기술진 명단

용역명 : 상주~영천 고속도로 민간투자사업 6공구 초기점검

참여업무	참 여 기 술 자				비 고
	참여업무 내용	직 위	성 명	자 격 사 항	
과업총괄 (PM)	과업 책임기술자	전문위원	서 수 원	토목구조기술사	
참여 기술자	기술검토 및 자문	토목사업 본부장	하 주 익	토목시공기술사 건설안전기술사	
		기술고문	김 주 범	토질및기초기술사 건설안전기술사	
	현장조사 및 보고서 작성	국 장	박 병 일	토목기사 건설재료시험기사	
		부 장	정 재 갑	토목기사	
		차 장	김 도 완	토목기사 건설안전기사	
		차 장	양 동 규	학 · 경력자 중급기술자	
		과 장	양 광 모	토목기사	
		과 장	박 경 열	토목기사	
		대 리	임 창 우	학 · 경력자 초급기술자	
		대 리	성 동 렬	학 · 경력자 초급기술자	
		기 사	장 바 울	학 · 경력자 초급기술자	
		기 사	김 승 현	토목기사 건설안전기사	

목 차

* 제출문

* 참여기술자 명단

제 II 편 구조물별 점검 결과

제1장 장기교 ····· Ⅱ - 2

1.1 시설물 현황 ····· 3
1.2 외관조사 ····· 17
1.3 교량받침 조사 ····· 29
1.4 신축이음장치 유간 조사 ····· 53
1.5 재료 시험 ····· 56
1.6 시설물의 상태평가 ····· 70
1.7 재하시험 ····· 72
1.8 구조해석 및 내하력 평가 ····· 81
1.9 종합평가 및 안전등급 지정 ····· 106
1.10 보수·보강 및 유지관리 방안 ····· 107
1.11 종합결론 ····· 110

제2장 금매교 ····· Ⅱ - 111

2.1 시설물 현황 ····· 112
2.2 외관조사 ····· 126
2.3 교량받침 조사 ····· 138
2.4 신축이음장치 유간 조사 ····· 166

2.5 재료시험 ·····169
2.6 시설물의 상태평가 ·····184
2.7 재하시험 ·····186
2.8 구조해석 및 내하력 평가 ·····195
2.9 종합평가 및 안전등급 지정 ·····215
2.10 보수·보강 및 유지관리 방안 ·····216
2.11 종합결론 ·····219

제3장 가호교 ····· Ⅱ - 220

3.1 시설물 현황 ·····221
3.2 외관조사 ·····235
3.3 교량받침 조사 ·····247
3.4 신축이음장치 유간 조사 ·····257
3.5 재료시험 ·····260
3.6 시설물의 상태평가 ·····273
3.7 재하시험 ·····275
3.8 구조해석 및 내하력 평가 ·····286
3.9 종합평가 및 안전등급 지정 ·····307
3.10 보수·보강 및 유지관리 방안 ·····308
3.11 종합결론 ·····311

제4장 옹벽 STA.4+941~5+933(상주방향) ····· Ⅱ - 312

4.1 시설물 현황 ·····313
4.2 외관조사 ·····320
4.3 재료 시험 ·····324
4.4 시설물의 상태평가 ·····330

4.5 안전성 검토 ·····331
4.6 종합평가 및 안전등급 지정 ·····336
4.7 종합결론 ·····337

제5장 옹벽 STA.4+934~5+103(상주방향) ····· Ⅱ - 338

5.1 시설물 현황 ·····339
5.2 외관조사 ·····344
5.3 재료 시험 ·····347
5.4 시설물의 상태평가 ·····352
5.5 안전성 검토 ·····353
5.6 종합평가 및 안전등급 지정 ·····358
5.7 종합결론 ·····359

제6장 옹벽 STA.6+979~7+160(영천방향) ····· Ⅱ - 360

6.1 시설물 현황 ·····361
6.2 외관조사 ·····366
6.3 재료 시험 ·····369
6.4 시설물의 상태평가 ·····374
6.5 안전성 평가 ·····375
6.6 종합평가 및 안전등급 지정 ·····378
6.7 종합결론 ·····379

제7장 옹벽 STA.10+254~10+455(상주방향) ····· Ⅱ - 380

7.1 시설물 현황 ·····381
7.2 외관조사 ·····387
7.3 재료 시험 ·····390

7.4 시설물의 상태평가 ·····396
7.5 안전성 평가 ·····397
7.6 종합평가 및 안전등급 지정 ·····402
7.7 종합결론 ·····403

제8장 절토사면 STA.0+160~0+420(이설도로#2) ··· Ⅱ - 404

8.1 시설물 현황 ·····405
8.2 외관조사 ·····409
8.3 재료시험 ·····415
8.4 시설물의 상태평가 ·····417
8.5 안전성평가 ·····419
8.6 종합평가 및 안전등급 지정 ·····423
8.7 종합결론 ·····424

제9장 절토사면 STA.8+850~9+230(상주방향) ····· Ⅱ - 425

9.1 시설물 현황 ·····426
9.2 외관조사 ·····431
9.3 재료 시험 ·····438
9.4 시설물의 상태평가 ·····440
9.5 안전성평가 ·····443
9.6 종합평가 및 안전등급 지정 ·····446
9.7 종합결론 ·····447

제10장 절토사면 STA.9+820~10+580(상주방향) Ⅱ - 448

10.1 시설물 현황 ·····449

10.2 외관조사 ·····457
10.3 재료시험 ·····471
10.4 시설물의 상태평가 ·····473
10.5 안전성평가 ·····478
10.6 종합평가 및 안전등급 지정 ·····482
10.7 종합결론 ·····483

제11장 절토사면 STA.10+260~10+710(상주방향)·Ⅱ - 484

11.1 시설물 현황 ·····485
11.2 외관조사 ·····490
11.3 재료 시험 ·····498
11.4 시설물의 상태평가 ·····500
11.5 안전성평가 ·····503
11.6 종합평가 및 안전등급 지정 ·····509
11.7 종합결론 ·····510

제12장 절토사면 STA.10+970~11+230(상주방향)·Ⅱ - 511

12.1 시설물 현황 ·····512
12.2 외관조사 ·····516
12.3 재료 시험 ·····522
12.4 시설물의 상태평가 ·····524
12.5 안전성평가 ·····526
12.6 종합평가 및 안전등급 지정 ·····533
12.7 종합결론 ·····534

● 표 차 례 ●

제 II 편 구조물별 점검 결과

제1장 장기교

<표 1.1.1> 대상구조물 현황표 ····· Ⅱ-4
<표 1.3.1> 교량받침 이동량 실측조사(상주방향) ····· 29
<표 1.3.2> 교량받침 이동량 실측조사(영천방향) ····· 30
<표 1.3.3> 교량받침 이동량 산정 ····· 32
<표 1.3.4> 교량받침 가동 여유량 조사결과(상주방향) ····· 33
<표 1.3.5> 교량받침 가동 여유량 조사결과(영천방향) ····· 34
<표 1.3.6> 교량 받침 연단거리 측정(상주방향) ····· 51
<표 1.3.7> 교량 받침 연단거리 측정(영천방향) ····· 51
<표 1.4.1> 신축이음장치 현황 ····· 53
<표 1.4.2> 설계신축량 검토 ····· 53
<표 1.4.3> 신축이음부 유간 분석 - A1 ····· 53
<표 1.4.4> 신축이음부 유간 분석 - A2 ····· 54
<표 1.4.5> 신축이음부 유간 측정 결과(상주방향) ····· 54
<표 1.4.6> 신축이음부 유간 측정 결과(영천방향) ····· 54
<표 1.5.1> 반발경도법(일반식)에 의한 압축강도 측정(상주방향) ····· 56
<표 1.5.2> 반발경도법(고강도식)에 의한 압축강도 측정(상주방향) ····· 56
<표 1.5.3> 반발경도법(일반식)에 의한 압축강도 측정(영천방향) ····· 57
<표 1.5.4> 반발경도법(일반식)에 의한 압축강도 평가(상주방향) ····· 58
<표 1.5.5> 반발경도법(고강도식)에 의한 압축강도 평가(상주방향) ····· 58
<표 1.5.6> 반발경도법(일반식)에 의한 압축강도 평가(영천방향) ····· 59
<표 1.5.7> 철근배근 탐사 시험(상주방향) ····· 60
<표 1.5.8> 철근배근 탐사 시험(영천방향) ····· 61
<표 1.5.9> 탄산화 시험 결과(상주방향) ····· 63
<표 1.5.10> 탄산화 시험 결과(영천방향) ····· 63
<표 1.5.11> 재료시험 결과 요약①(상주뱡향) ····· 66
<표 1.5.12> 재료시험 결과 요약②(상주뱡향) ····· 67
<표 1.5.13> 재료시험 결과 요약①(영천방향) ····· 68

<표 1.5.14> 재료시험 결과 요약②(영천방향)·····69
<표 1.6.1> 상태평가 결과(상주방향)····· 70
<표 1.6.2> 상태평가 결과(영천방향)····· 70
<표 1.6.3> 전체 상태평가 결과·····71
<표 1.7.1> 시험구간의 선정사유·····73
<표 1.7.2> 각 단면별 게이지 부착현황·····74
<표 1.7.3> 정적처짐(㎜) 측정결과····· 76
<표 1.7.4> 변형율(㎛/m) 측정결과····· 77
<표 1.7.5> 동적 재하시험 주행속도별 처짐 및 충격계수 측정결과(㎜)·····78
<표 1.7.6> 이론 충격계수()와의 비교·····79
<표 1.7.7> 고유진동수 해석치와 실측치 비교·····79
<표 1.10.1> 보수 방안(상주방향)····· 107
<표 1.10.2> 보수 방안(영천방향)····· 107

제2장 금매교

<표 2.1.1> 대상구조물 현황표····· Ⅱ-113
<표 2.3.1> 교량받침 이동량 실측조사 (상주방향)·····138
<표 2.3.2> 교량받침 이동량 실측조사 (영천방향)·····139
<표 2.3.3> 교량받침 이동량 산정····· 141
<표 2.3.4> 교량받침 가동 여유량 조사결과(상주방향)····· 142
<표 2.3.5> 교량받침 가동 여유량 조사결과(영천방향)····· 143
<표 2.3.6> 교량 받침 연단거리 측정(상주방향)····· 164
<표 2.3.7> 교량 받침 연단거리 측정(영천방향)····· 164
<표 2.4.1> 신축이음장치 현황·····166
<표 2.4.2> 설계신축량 검토····· 166
<표 2.4.3> 신축이음부 유간 분석 - A1····· 167
<표 2.4.4> 신축이음부 유간 분석 - P2····· 167
<표 2.4.5> 신축이음부 유간 분석 - P5····· 167
<표 2.4.6> 신축이음부 유간 측정 결과(상주방향)····· 168
<표 2.4.7> 신축이음부 유간 측정 결과(영천방향)····· 168
<표 2.5.1> 반발경도법(일반식)에 의한 압축강도 측정(상주방향)····· 169
<표 2.5.2> 반발경도법(고강도식)에 의한 콘크리트 강도 측정(상주방향)····· 170
<표 2.5.3> 반발경도법(일반식)에 의한 압축강도 측정(영천방향)····· 170

<표 2.5.4> 반발경도법(고강도식)에 의한 콘크리트 강도 측정(영천방향)····· 171
<표 2.5.5> 반발경도법에 의한 압축강도 평가(상주방향)····· 171
<표 2.5.6> 반발경도법(고강도식)에 의한 압축강도 평가(상주방향)····· 172
<표 2.5.7> 반발경도법에 의한 압축강도 평가(영천방향)····· 172
<표 2.5.8> 철근배근 탐사 시험(상주방향)····· 174
<표 2.5.9> 철근배근 탐사 시험(영천방향)····· 175
<표 2.5.10> 탄산화 시험 결과(상주방향)····· 177
<표 2.5.11> 탄산화 시험 결과(영천방향)····· 177
<표 2.5.12> 재료시험 결과 요약①(상주방향)····· 180
<표 2.5.13> 재료시험 결과 요약②(상주방향)····· 181
<표 2.5.14> 재료시험 결과 요약①(영천방향)····· 182
<표 2.5.15> 재료시험 결과 요약②(영천방향)····· 183
<표 2.6.1> 상태평가 결과(상주방향)····· 184
<표 2.6.2> 상태평가 결과(영천방향)····· 185
<표 2.6.3> 전체 상태평가 결과····· 185
<표 2.7.1> 시험구간의 선정사유····· 187
<표 2.7.2> 각 단면별 게이지 부착현황····· 188
<표 2.7.3> 정적처짐(㎜) 측정결과····· 190
<표 2.7.4> 변형율(㎛/m) 측정결과····· 191
<표 2.7.5> 동적 재하시험 주행속도별 처짐 및 충격계수 측정결과(㎜)····· 192
<표 2.7.6> 이론 충격계수()와의 비교····· 193
<표 2.7.7> 고유진동수 해석치와 실측치 비교····· 193
<표 2.10.1> 보수 방안(상주방향)····· 216
<표 2.10.2> 보수 방안(영천방향)····· 216

제3장 가호교

<표 3.1.1> 대상구조물 현황표····· Ⅱ-222
<표 3.3.1> 교량받침 이동량 실측조사 (상주방향)····· 247
<표 3.3.2> 교량받침 이동량 실측조사 (영천방향)····· 247
<표 3.3.3> 교량받침 이동량 산정(상주방향)····· 249
<표 3.3.4> 교량받침 가동 여유량 조사결과(상주방향)····· 249
<표 3.3.5> 교량받침 이동량 산정(영천방향)····· 249
<표 3.3.6> 교량받침 가동 여유량 조사결과(영천방향)····· 250

<표 3.3.7> 교량 받침 연단거리 측정(상주방향)····· 255
<표 3.3.8> 교량 받침 연단거리 측정(영천방향)····· 255
<표 3.4.1> 신축이음장치 현황····· 257
<표 3.4.2> 설계신축량 검토····· 257
<표 3.4.3> 신축이음부 유간 분석 - A1····· 257
<표 3.4.4> 신축이음부 유간 분석 - A2····· 258
<표 3.4.5> 신축이음부 유간 측정 결과(상주방향)····· 258
<표 3.4.6> 신축이음부 유간 측정 결과(영천방향)····· 258
<표 3.5.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정(상주방향)····· 260
<표 3.5.2> 반발경도법에 의한 압축강도 측정(영천방향)····· 261
<표 3.5.3> 반발경도법에 의한 압축강도 평가(상주방향)····· 262
<표 3.5.4> 반발경도법에 의한 압축강도 평가(진천방향)····· 262
<표 3.5.5> 철근배근 탐사 시험(용인방향)····· 263
<표 3.5.6> 철근배근 탐사 시험(영천방향)····· 264
<표 3.5.7> 탄산화 시험 결과(상주방향)····· 265
<표 3.5.8> 탄산화 시험 결과(영천방향)····· 265
<표 3.5.9> 강재 도막두께 측정 결과(상주방향)····· 266
<표 3.5.10> 강재 도막두께 측정 결과(영천방향)····· 266
<표 3.5.11> 재료시험 결과 요약①(상주방향)····· 269
<표 3.5.12> 재료시험 결과 요약②(상주방향)····· 270
<표 3.5.13> 재료시험 결과 요약⑤(영천방향)····· 272
<표 3.6.1> 상태평가 결과(상주방향)····· 273
<표 3.6.2> 상태평가 결과(영천방향)····· 273
<표 3.6.3> 전체 상태평가 결과····· 274
<표 3.7.1> 시험구간의 선정사유····· 276
<표 3.7.2> 각 단면별 게이지 부착현황····· 277
<표 3.7.3> 정적처짐(㎜) 측정결과····· 280
<표 3.7.4> 변형율(㎛/m) 측정결과····· 281
<표 3.7.5> 동적 재하시험 주행속도별 처짐 및 충격계수 측정결과(㎜)····· 283
<표 3.7.6> 이론 충격계수()와의 비교····· 284
<표 3.7.7> 고유진동수 해석치와 실측치 비교····· 284
<표 3.10.1> 보수 방안(상주방향)····· 308
<표 3.10.2> 보수 방안(영천방향)····· 308

제4장 옹벽 STA.4+941~5+933(상주방향)

<표 4.1.1> 대상구조물 현황표 ····· Ⅱ-314
<표 4.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정 ····· 325
<표 4.3.2> 반발경도법에 의한 압축강도 평가 ····· 326
<표 4.3.3> 기울기 측정 결과 ····· 327
<표 4.3.4> 재료시험 결과 요약 ····· 329
<표 4.4.1> 상태평가 결과 ····· 330

제5장 옹벽 STA.4+934~5+103(상주방향)

<표 5.1.1> 대상구조물 현황표 ····· Ⅱ-340
<표 5.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정 ····· 348
<표 5.3.2> 반발경도법에 의한 압축강도 평가 ····· 348
<표 5.3.3> 기울기 측정 결과 ····· 349
<표 5.3.4> 재료시험 결과 요약 ····· 351
<표 5.4.1> 상태평가 결과 ····· 352

제6장 옹벽 STA.6+979~7+160(영천방향)

<표 6.1.1> 대상구조물 현황표 ····· Ⅱ-362
<표 6.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정 ····· 370
<표 6.3.2> 반발경도법에 의한 압축강도 평가 ····· 370
<표 6.3.3> 기울기 측정 결과 ····· 371
<표 6.3.4> 재료시험 결과 요약 ····· 373
<표 6.4.1> 상태평가 결과 ····· 374

제7장 옹벽 STA.10+254~10+455(상주방향)

<표 6.1.1> 대상구조물 현황표 ····· Ⅱ-362
<표 6.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정 ····· 370
<표 6.3.2> 반발경도법에 의한 압축강도 평가 ····· 370
<표 6.3.3> 기울기 측정 결과 ····· 371
<표 6.3.4> 재료시험 결과 요약 ····· 373

<표 6.4.1> 상태평가 결과 ····· 374
<표 7.1.1> 대상구조물 현황표 ····· 382
<표 7.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정 ····· 392
<표 7.3.2> 반발경도법에 의한 압축강도 평가 ····· 392
<표 7.3.3> 기울기 측정 결과 ····· 393
<표 7.3.4> 재료시험 결과 요약 ····· 395
<표 7.4.1> 상태평가 결과 ····· 396

제8장 절토사면 STA.0+160~0+420(이설도로#2)

<표 8.1.1> 대상구조물 현황표 ····· Ⅱ-406
<표 8.2.1> 측점 분할 ····· 409
<표 8.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정 ····· 415

제9장 절토사면 STA.8+850~9+230(상주방향)

<표 9.1.1> 대상구조물 현황표 ····· Ⅱ-427
<표 9.2.1> 측점 분할 ····· 431
<표 9.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정 ····· 439

제10장 절토사면 STA.9+820~10+580(상주방향)

<표 10.1.1> 대상구조물 현황표 ····· Ⅱ-450
<표 10.2.1> 측점 분할 ····· 457
<표 10.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정 ····· 472

제11장 절토사면 STA.10+260~10+710(상주방향)

<표 11.1.1> 대상구조물 현황표 ····· Ⅱ-486
<표 11.2.1> 측점 분할 ····· 490
<표 11.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정 ····· 499

제12장 절토사면 STA.10+970~11+230(상주방향)

<표 12.1.1> 대상구조물 현황표 ····· Ⅱ-513
<표 12.2.1> 측점 분할 ····· 516
<표 12.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정 ····· 522

● 그 림 차 례 ●

제 II 편 구조물별 점검 결과

제1장 장기교

<그림 1.1.1> 장기교 상주방향 종평면도 ····· Ⅱ-5
<그림 1.1.2> 장기교 상주방향 슬래브 일반도 ····· 6
<그림 1.1.3> 장기교 상주방향 IPC Girder 배근도 ····· 7
<그림 1.1.4> 장기교 상주방향 교각 일반도 ····· 8
<그림 1.1.5> 장기교 상주방향 교대 일반도 ····· 9
<그림 1.1.6> 장기교 상주방향 교량받침 배치도 ····· 10
<그림 1.1.7> 장기교 영천방향 종평면도 ····· 11
<그림 1.1.8> 장기교 영천방향 슬래브 일반도 ····· 12
<그림 1.1.9> 장기교 영천방향 IPC Girder 배근도 ····· 13
<그림 1.1.10> 장기교 영천방향 교각 일반도 ····· 14
<그림 1.1.11> 장기교 영천방향 교대 일반도 ····· 15
<그림 1.1.12> 장기교 영천방향 교량받침 배치도 ····· 16
<그림 1.3.1> 받침장치 사진 ····· 35
<그림 1.3.1> 받침장치 사진(계속) ····· 36
<그림 1.3.1> 받침장치 사진(계속) ····· 37
<그림 1.3.1> 받침장치 사진(계속) ····· 38
<그림 1.3.1> 받침장치 사진(계속) ····· 39
<그림 1.3.1> 받침장치 사진(계속) ····· 40
<그림 1.3.1> 받침장치 사진(계속) ····· 41
<그림 1.3.1> 받침장치 사진(계속) ····· 42
<그림 1.3.2> 받침장치 사진 ····· 43
<그림 1.3.3> 연단거리 측정 ····· 52
<그림 1.4.1> 신축이음 유간 측정 ····· 55
<그림 1.5.1> 재료시험 측정(상주방향) ····· 64
<그림 1.5.2> 재료시험 측정(영천방향) ····· 65
<그림 1.7.1> 종단면도 및 시험구간 ····· 73
<그림 1.7.2> 게이지 부착위치 ····· 73

<그림 1.7.3> 처짐 대칭성 분석(단위:㎜)····· 77

제2장 금매교

<그림 2.1.1> 금매교 상주방향 종평면도····· Ⅱ-114
<그림 2.1.2> 금매교 상주방향 슬래브 일반도····· 115
<그림 2.1.3> 금매교 상주방향 거더 일반도····· 116
<그림 2.1.4> 금매교 상주방향 교각 일반도····· 117
<그림 2.1.5> 금매교 상주방향 교대 일반도····· 118
<그림 2.1.6> 금매교 상주방향 교량받침 배치도····· 119
<그림 2.1.7> 금매교 영천방향 종평면도····· 120
<그림 2.1.8> 금매교 영천방향 슬래브 일반도····· 121
<그림 2.1.9> 금매교 영천방향 거더 일반도····· 122
<그림 2.1.10> 금매교 영천방향 교각 일반도····· 123
<그림 2.1.11> 금매교 영천방향 교대 일반도····· 124
<그림 2.1.12> 금매교 영천방향 교량받침 배치도····· 125
<그림 2.3.1> 받침장치 사진····· 144
<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)····· 145
<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)····· 146
<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)····· 147
<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)····· 148
<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)····· 149
<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)····· 150
<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)····· 151
<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)····· 152
<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)····· 153
<그림 2.3.2> 받침장치 사진····· 154
<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)····· 155
<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)····· 156
<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)····· 157
<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)····· 158
<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)····· 159
<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)····· 160
<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)····· 161
<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)····· 162

<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)····· 163
<그림 2.3.3> 연단거리 측정····· 165
<그림 2.4.1> 신축이음 유간 측정····· 168
<그림 2.5.1> 재료시험 측정(상주방향)····· 178
<그림 2.5.2> 재료시험 측정(영천방향)····· 179
<그림 2.7.1> 종단면도 및 시험구간····· 187
<그림 2.7.2> 게이지 부착위치····· 187
<그림 2.7.3> 처짐 대칭성 분석(단위:㎜)····· 191

제3장 가호교

<그림 3.1.1> 가호교 상주방향 종평면도····· Ⅱ-223
<그림 3.1.2> 가호교 상주방향 슬래브 일반도····· 224
<그림 3.1.3> 가호교 상주방향 강상형 거더 일반도····· 225
<그림 3.1.4> 가호교 상주방향 교각 일반도····· 226
<그림 3.1.5> 가호교 상주방향 교대 일반도····· 227
<그림 3.1.6> 가호교 상주방향 교량받침 배치도····· 228
<그림 6.1.1> 가호교 영천방향 종평면도····· 229
<그림 3.1.7> 가호교 영천방향 슬래브 일반도····· 230
<그림 3.1.8> 가호교 영천방향 강상형 거더 일반도····· 231
<그림 3.1.9> 가호교 영천방향 교각 일반도····· 232
<그림 3.1.10> 가호교 영천방향 교대 일반도····· 233
<그림 3.1.12> 가호교 영천방향 교량받침 배치도····· 234
<그림 3.3.1> 받침장치 사진····· 251
<그림 3.3.1> 받침장치 사진(계속)····· 252
<그림 3.3.2> 받침장치 사진····· 253
<그림 3.3.2> 받침장치 사진(계속)····· 254
<그림 3.3.1> 연단거리 측정····· 256
<그림 3.4.1> 신축이음 유간 측정····· 259
<그림 3.5.1> 재료시험 측정(상주방향)····· 267
<그림 3.5.2> 재료시험 측정(영천방향)····· 268
<그림 3.7.1> 종단면도 및 시험구간····· 276
<그림 3.7.2> 게이지 부착위치(A-A 단면)····· 276
<그림 3.7.3> 게이지 부착위치(B-B 단면)····· 277
<그림 3.7.4> 처짐 대칭성 분석(단위:㎜)····· 282

제4장 옹벽 STA.4+941~5+933(상주방향)

<그림 4.1.1> 패널식 보강토 옹벽 전개도1····· Ⅱ-315
<그림 4.1.2> 패널식 보강토 옹벽 전개도2····· 316
<그림 4.1.3> 패널식 보강토 옹벽 전개도3····· 317
<그림 4.1.4> 패널식 보강토 옹벽 전개도4····· 318
<그림 4.1.5> 패널식 보강토 옹벽 전개도5····· 319
<그림 4.3.1> 기울기 및 반발경도 측정 위치····· 324
<그림 4.3.2> 반발경도 측정····· 327
<그림 4.3.3> 기울기 측정····· 328

제5장 옹벽 STA.4+934~5+103(상주방향)

<그림 5.1.1> 패널식 보강토 옹벽 전개도1····· Ⅱ-341
<그림 5.1.2> 패널식 보강토 옹벽 전개도2····· 342
<그림 5.1.3> 패널식 보강토 옹벽 전개도3····· 343
<그림 5.3.1> 기울기 및 반발경도 측정 위치····· 347
<그림 5.3.2> 반발경도 측정····· 349
<그림 5.3.3> 기울기 측정····· 350

제6장 옹벽 STA.6+979~7+160(영천방향)

<그림 6.1.1> 보강토 옹벽 전개도1····· Ⅱ-363
<그림 6.1.2> 보강토 옹벽 전개도2····· 364
<그림 6.1.3> 보강토 옹벽 전개도3····· 365
<그림 6.3.1> 기울기 및 반발경도 측정 위치····· 369
<그림 6.3.2> 반발경도 측정····· 371
<그림 6.3.3> 기울기 측정····· 372

제7장 옹벽 STA.10+254~10+455(상주방향)

<그림 7.1.1> 절토부 옹벽 전개도1····· 383
<그림 7.1.2> 절토부 옹벽 전개도2····· 384
<그림 7.1.3> 절토부 옹벽 전개도3····· 385

<그림 7.1.4> 절토부 옹벽 전개도4 ····· 386
<그림 7.3.1> 기울기 및 반발경도 측정 위치 ····· 390
<그림 7.3.2> 기울기 및 반발경도 측정 위치 ····· 391
<그림 7.3.3> 반발경도 측정 ····· 393
<그림 7.3.4> 기울기 측정 ····· 394

제8장 절토사면 STA.0+160~0+420(이설도로#2)

<그림 8.1.1> 1구간(STA.0+160 ~ 0+300 현황도 ····· 407
<그림 8.1.2> 2구간(STA.0+300 ~ 0+420) 현황도 ····· 408

제9장 절토사면 STA.8+850~9+230(상주방향)

<그림 9.1.1> 1구간(STA.8+850 ~ 9+230 현황도 ····· 428
<그림 9.1.2> 2구간(STA.8+980 ~ 9+100) 현황도 ····· 429
<그림 9.1.3> 3구간(STA.9+100 ~ 9+230 현황도 ····· 430

제10장 절토사면 STA.9+820~10+580(상주방향)

<그림 10.1.1> 1구간(STA.9+920 ~ 10+080 현황도 ····· 451
<그림 10.1.2> 2구간(STA.9+920 ~ 10+080) 현황도 ····· 452
<그림 10.1.3> 3구간(STA.10+080 ~ 10+180 현황도 ····· 453
<그림 10.1.4> 4구간(STA.10+180 ~ 10+240 현황도 ····· 454
<그림 10.1.5> 5구간(STA.10+240 ~ 10+380 현황도 ····· 455
<그림 10.1.6> 6구간(STA.10+380 ~ 10+580 현황도 ····· 456

제11장 절토사면 STA.10+260~10+710(상주방향)

<그림 11.1.1> 1구간(STA.10+260 ~ 10+420 현황도 ····· 487
<그림 11.1.2> 2구간(STA.10+420 ~ 10+580) 현황도 ····· 488
<그림 11.1.3> 3구간(STA.10+580 ~ 10+710 현황도 ····· 489

제12장 절토사면 STA.10+970~11+230(상주방향)

<그림 12.1.1> 1구간(STA.10+970 ~ 11+080 현황도 ····· 514
<그림 12.1.2> 2구간(STA.11+080 ~ 11+230) 현황 ····· 515

제 Ⅱ편 구조물별 점검결과

제1장 장기교

제2장 금매교

제3장 가호교

제4장 STA. 4+934 ~ 5+103(상주방향)

제5장 STA. 4+941 ~ 5+933(상주방향)

제6장 STA. 6+979 ~ 7+160(영천방향)

제7장 STA. 10+254 ~ 10+455(상주방향)

제8장 STA. 0+160 ~ 0+420(이설도로 #2)

제9장 STA. 8+850 ~ 9+230(상주방향)

제10장 STA. 9+820 ~ 10+580(상주방향)

제11장 STA. 10+260 ~ 10+710(상주방향)

제12장 STA. 10+970 ~ 11+230(영천방향)

제 1 장 서 론

1.1 시설물 현황

1.2 외관조사

1.3 교량받침 조사

1.4 신축이음장치 유간 조사

1.5 재료시험

1.6 시설물의 상태평가

1.7 재하시험

1.8 구조해석 및 내하력 평가

1.9 종합평가 및 안전등급 지정

1.10 보수·보강 및 유지관리 방안

1.11 종합결론

제 1 장 장 기 교

1.1 시설물 현황

1.1.1 개요

본 시설물은 경상북도 군위군 효령면 장기리 1045-1 에 위치한 교량으로서 4경간의 IPC Girder 형식으로 구성되어 있으며, 총연장 180.0m(4@45.0m), 총 폭 24.47m(상주방향:12.32m, 영천방향:12.15m)로 구성되어 있다.

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 교량부재 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다.

본 시설물의 교량하부는 교고가 약 6.5~7.5m이며, 교량하부로 하천(사창천)이 횡단하고 있어 교량 점검차를 이용하여 외관조사를 수행하였다.

<상부 전경>

<측면 전경>

<하부 전경>

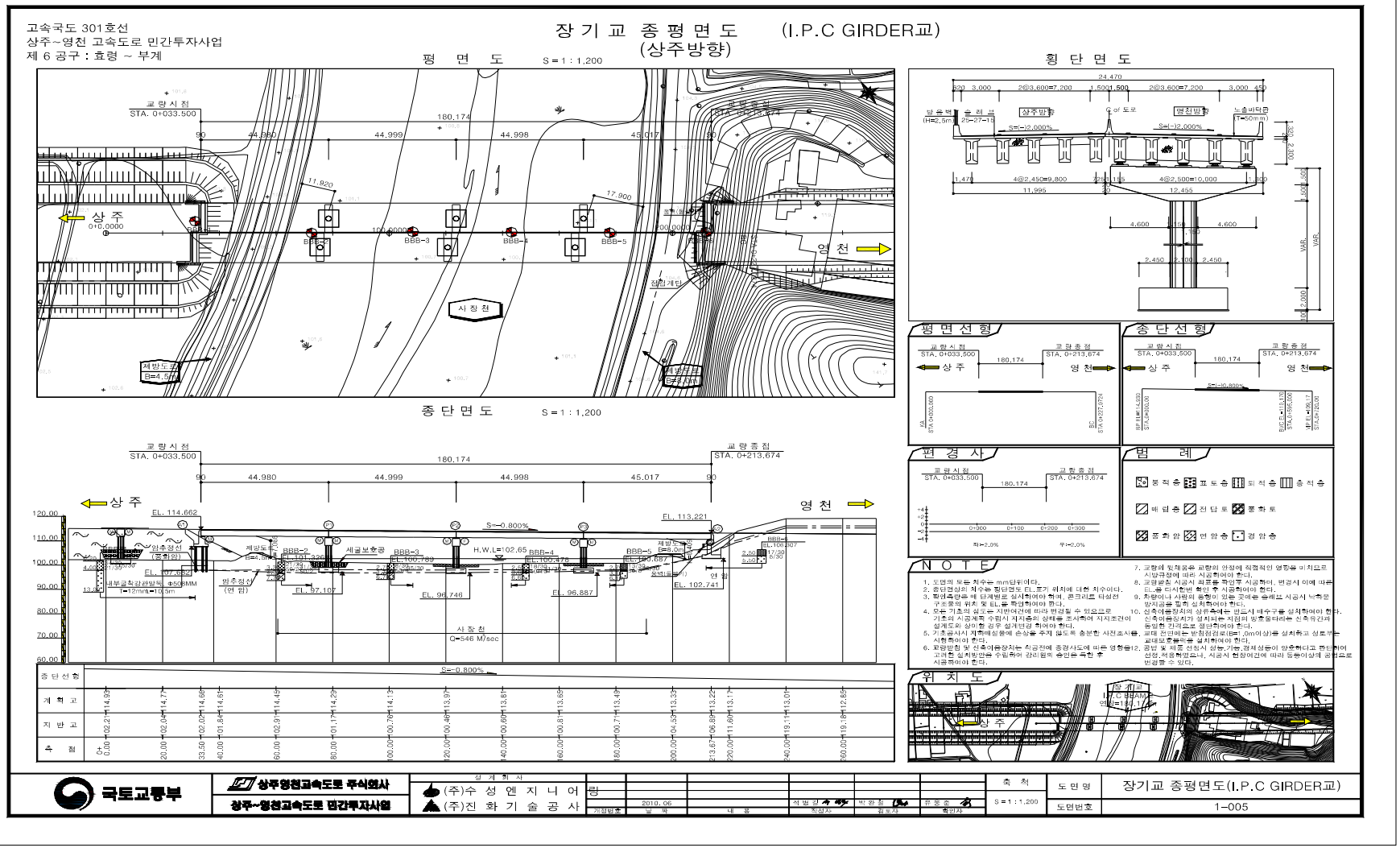
<점검차를 이용한 외관조사 현황>

<표 1.1.1> 대상구조물 현황표

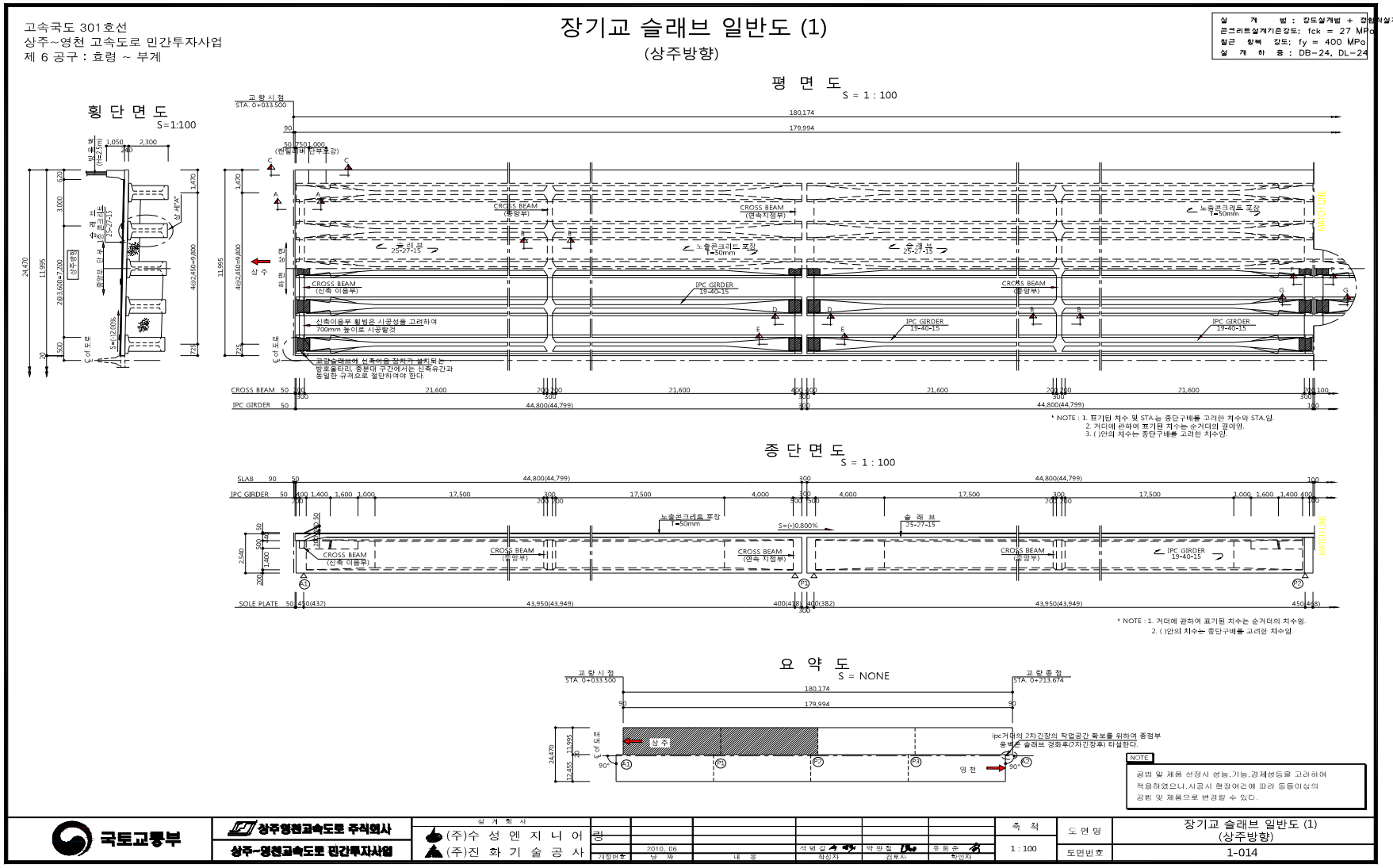
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>장기교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년도</td><td>2017년</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경상북도 군위군 효령면 장기리 1045-1 외</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24, DL-24</td><td>노선명(이정)</td><td colspan="2">상주~영천 고속도로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L = 180.0m(4 @ 45.0 = 180.0m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B = 24.47m(상주방향:12.32m, 영천방향:12.15m)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조 형식</td><td>상부</td><td>IPC Girder</td><td rowspan="2">기초 형식</td><td>교대</td><td>말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교각:T형, 교대:역T형</td><td>교각</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>Finger Joint</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물 (도로, 철도, 하천)</td><td>사창천</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>약 6.5~7.5m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">방음벽</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">내진적용(1등급, A=0.154), 직선교, 종단경사 : S=(-)0.800%</td></tr>
</table>

1.1.2 관련도면

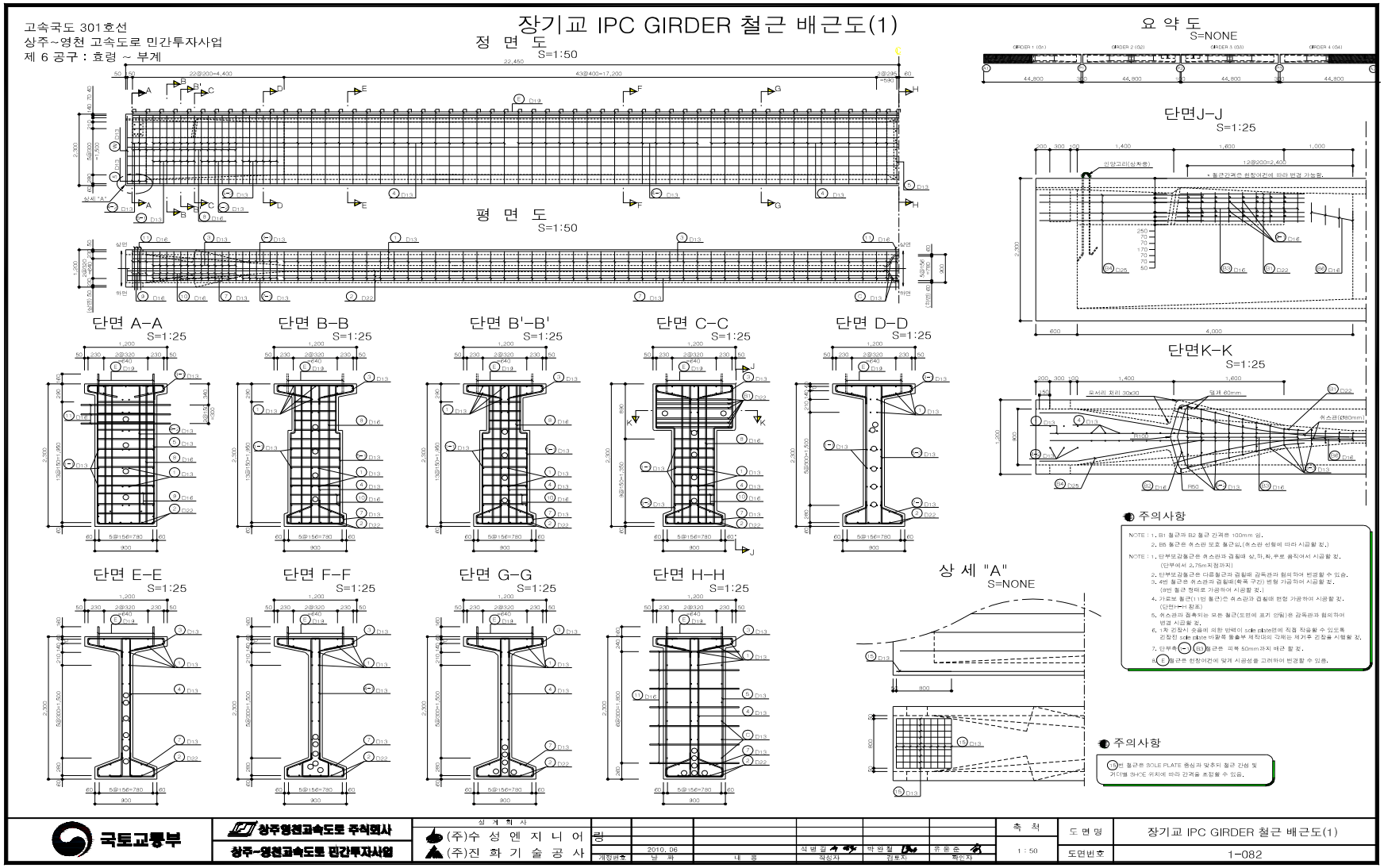
가. 상주방향



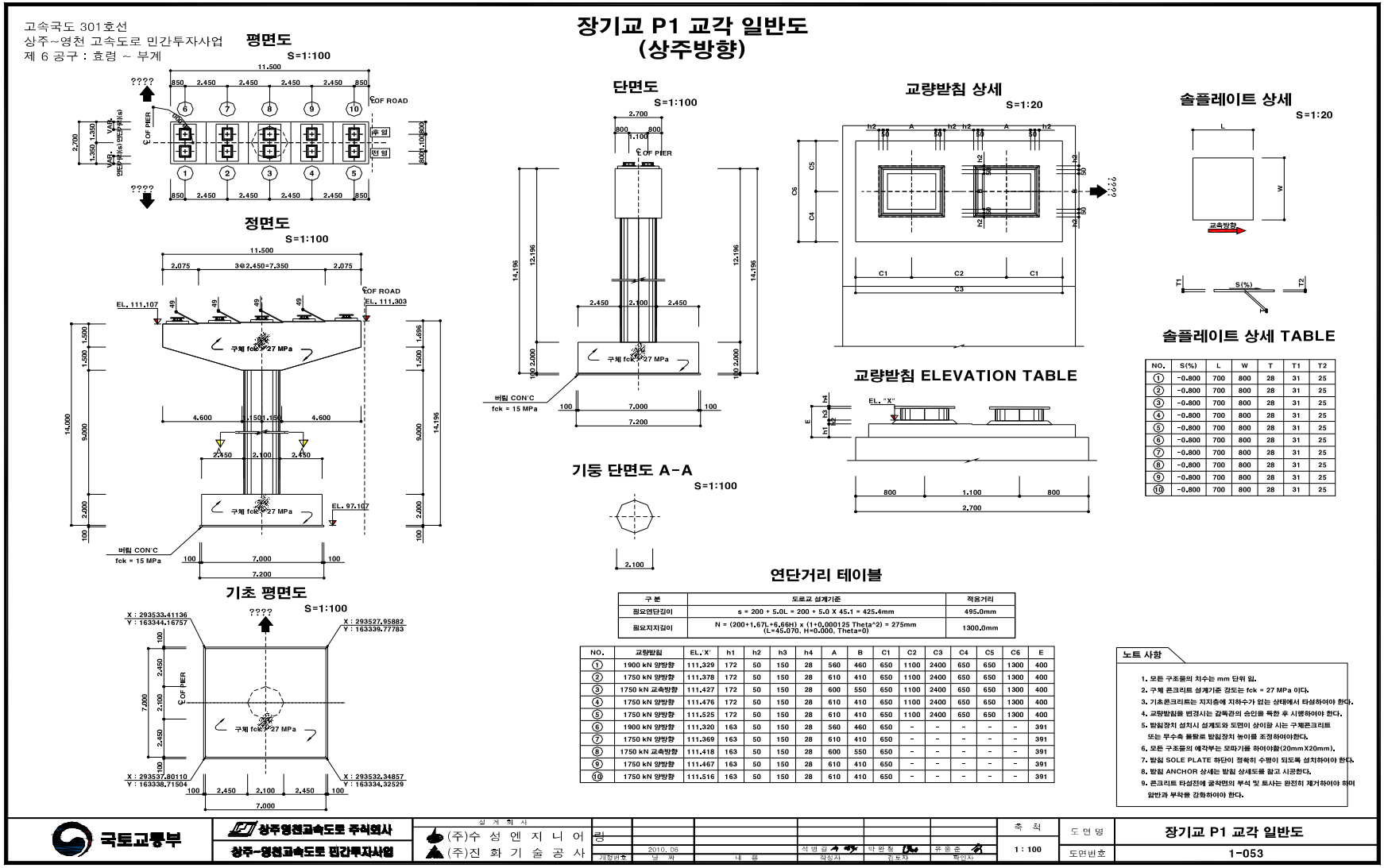
<그림 1.1.1> 장기교 상주방향 종평면도



<그림 1.1.2> 장기교 상주방향 슬래브 일반도



<그림 1.1.3> 장기교 상주방향 IPC Girder 배근도

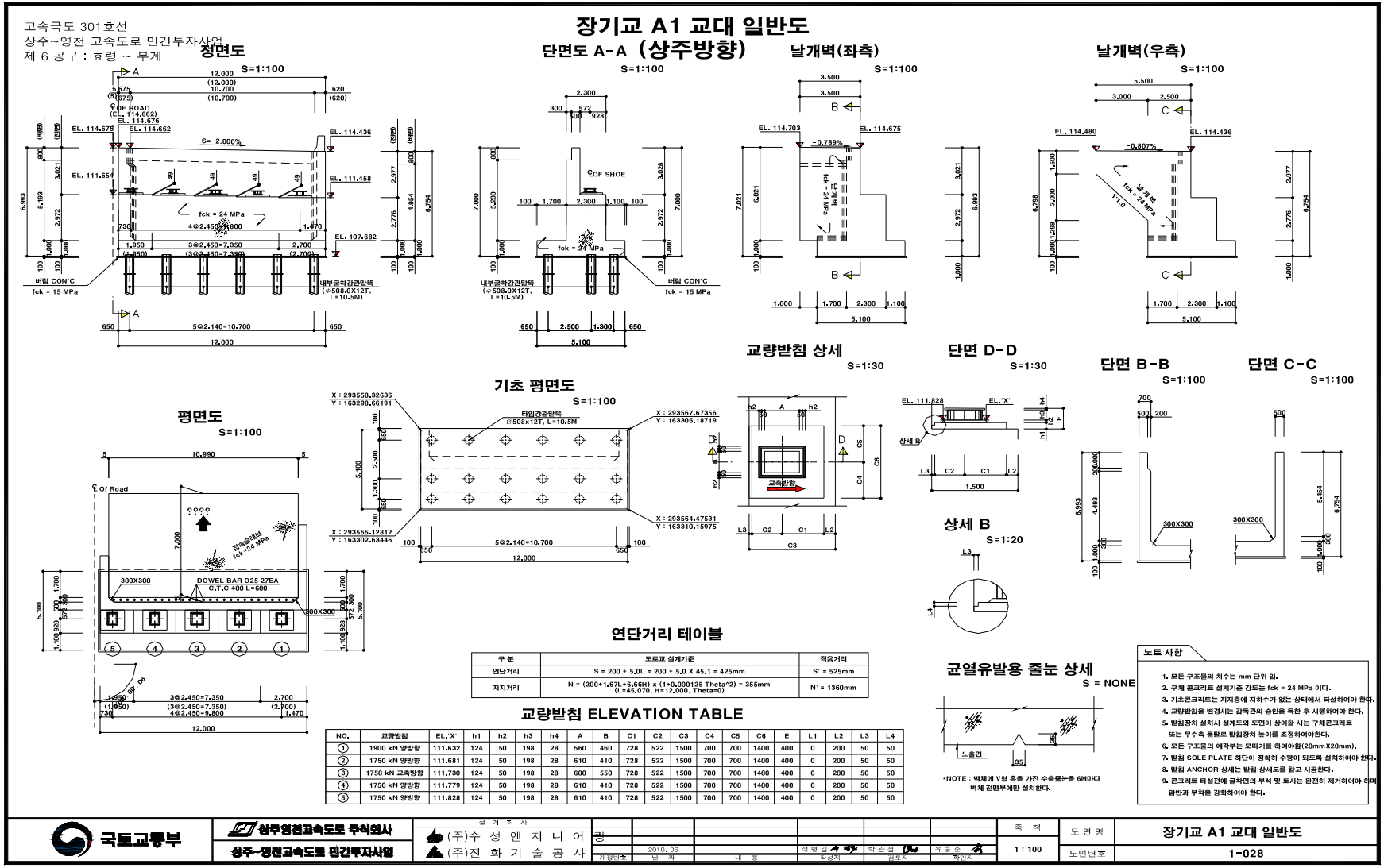


NO.	S(%)	L	W	T	T1	T2
①	-0.800	700	800	28	31	25
②	-0.800	700	800	28	31	25
③	-0.800	700	800	28	31	25
④	-0.800	700	800	28	31	25
⑤	-0.800	700	800	28	31	25
⑥	-0.800	700	800	28	31	25
⑦	-0.800	700	800	28	31	25
⑧	-0.800	700	800	28	31	25
⑨	-0.800	700	800	28	31	25
⑩	-0.800	700	800	28	31	25

구 분	도로교 설계기준	적용거리
필요연단길이	s = 200 + 5.0L = 200 + 5.0 X 45.1 = 425.4mm	495.0mm
필요지지길이	N = (200+1.67L+6.66H) x (1+0.000125 Theta^2) = 275mm (L=45.070, H=0.000, Theta=0)	1300.0mm

NO.	교량받침	EL.'X'	h1	h2	h3	h4	A	B	C1	C2	C3	C4	C5	C6	E
①	1900 kN 양방향	111.329	172	50	150	28	560	460	650	1100	2400	650	650	1300	400
②	1750 kN 양방향	111.378	172	50	150	28	610	410	650	1100	2400	650	650	1300	400
③	1750 kN 교축방향	111.427	172	50	150	28	600	550	650	1100	2400	650	650	1300	400
④	1750 kN 양방향	111.476	172	50	150	28	610	410	650	1100	2400	650	650	1300	400
⑤	1750 kN 양방향	111.525	172	50	150	28	610	410	650	1100	2400	650	650	1300	400
⑥	1900 kN 양방향	111.320	163	50	150	28	560	460	650	-	-	-	-	-	391
⑦	1750 kN 양방향	111.369	163	50	150	28	610	410	650	-	-	-	-	-	391
⑧	1750 kN 교축방향	111.418	163	50	150	28	600	550	650	-	-	-	-	-	391
⑨	1750 kN 양방향	111.467	163	50	150	28	610	410	650	-	-	-	-	-	391
⑩	1750 kN 양방향	111.516	163	50	150	28	610	410	650	-	-	-	-	-	391

<그림 1.1.4> 장기교 상주방향 교각 일반도



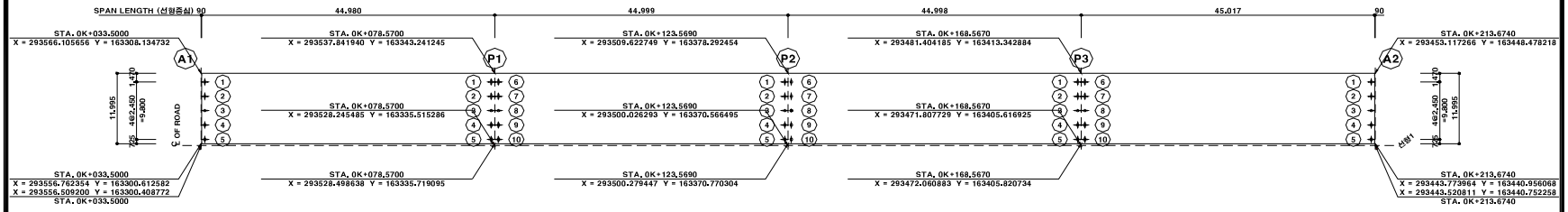
구 분	도로교 설계기준	적용거리
연단거리	S = 200 + 5.0L = 200 + 5.0 X 45.1 = 425mm	S' = 525mm
지지거리	N = (200+1.67L+6.66H) x (1+0.000125 Theta^2) = 355mm (L=45.070, H=12.000, Theta=0)	N' = 1360mm

NO.	교량받침	EL.'X'	h1	h2	h3	h4	A	B	C1	C2	C3	C4	C5	C6	E	L1	L2	L3	L4
①	1900 kN 양방향	111.632	124	50	198	28	560	460	728	522	1500	700	700	1400	400	0	200	50	50
②	1750 kN 양방향	111.681	124	50	198	28	610	410	728	522	1500	700	700	1400	400	0	200	50	50
③	1750 kN 교축방향	111.730	124	50	198	28	600	550	728	522	1500	700	700	1400	400	0	200	50	50
④	1750 kN 양방향	111.779	124	50	198	28	610	410	728	522	1500	700	700	1400	400	0	200	50	50
⑤	1750 kN 양방향	111.828	124	50	198	28	610	410	728	522	1500	700	700	1400	400	0	200	50	50

<그림 1.1.5> 장기교 상주방향 교대 일반도

고속국도 301호선
상주~영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계

장기교 교량받침배치도
(상주방향)



교량받침 좌표

A1						P1(진)						P1(후)						P2(진)					
구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	일반각도계	구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	일반각도계	구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	일반각도계	구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	일반각도계
①	1900 kN 양방향	293564.602	163307.658	EL. 111.632	321° 09'46.7"	①	1900 kN 양방향	293537.041	163341.891	EL. 111.329	321° 09'46.7"	⑥	1900 kN 양방향	293536.352	163342.748	EL. 111.320	321° 09'46.7"	①	1900 kN 양방향	293508.791	163376.981	EL. 110.968	321° 09'46.7"
②	1750 kN 양방향	293562.693	163306.122	EL. 111.661	321° 09'46.7"	②	1750 kN 양방향	293535.133	163340.355	EL. 111.378	321° 09'46.7"	⑦	1750 kN 양방향	293534.443	163341.212	EL. 111.369	321° 09'46.7"	②	1750 kN 양방향	293506.883	163375.445	EL. 111.017	321° 09'46.7"
③	1750 kN 교측방향	293560.785	163304.585	EL. 111.730	321° 09'46.7"	③	1750 kN 교측방향	293533.225	163338.818	EL. 111.427	321° 09'46.7"	⑧	1750 kN 교측방향	293532.535	163339.675	EL. 111.418	321° 09'46.7"	③	1750 kN 교측방향	293504.974	163373.908	EL. 111.066	321° 09'46.7"
④	1750 kN 양방향	293558.877	163303.049	EL. 111.779	321° 09'46.7"	④	1750 kN 양방향	293531.316	163337.282	EL. 111.476	321° 09'46.7"	⑨	1750 kN 양방향	293530.627	163338.139	EL. 111.467	321° 09'46.7"	④	1750 kN 양방향	293503.066	163372.372	EL. 111.115	321° 09'46.7"
⑤	1750 kN 양방향	293556.968	163301.513	EL. 111.828	321° 09'46.7"	⑤	1750 kN 양방향	293529.408	163335.745	EL. 111.525	321° 09'46.7"	⑩	1750 kN 양방향	293528.718	163336.602	EL. 111.516	321° 09'46.7"	⑤	1750 kN 양방향	293501.158	163370.835	EL. 111.164	321° 09'46.7"

P2(후)						P3(진)						P3(후)						A2					
구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	일반각도계	구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	일반각도계	구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	일반각도계	구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	일반각도계
⑥	1900 kN 직각방향	293508.164	163377.760	EL. 110.960	321° 09'46.7"	①	1900 kN 양방향	293480.604	163411.993	EL. 110.609	321° 09'46.7"	⑥	1900 kN 양방향	293479.914	163412.850	EL. 110.600	321° 09'46.7"	①	1900 kN 양방향	293452.353	163447.083	EL. 110.200	321° 09'46.7"
⑦	1750 kN 직각방향	293506.356	163376.223	EL. 111.009	321° 09'46.7"	②	1750 kN 양방향	293478.695	163410.456	EL. 110.658	321° 09'46.7"	⑦	1750 kN 양방향	293478.005	163411.313	EL. 110.649	321° 09'46.7"	②	1750 kN 양방향	293450.445	163445.546	EL. 110.249	321° 09'46.7"
⑧	1750 kN 고점단	293504.347	163374.687	EL. 111.058	321° 09'46.7"	③	1750 kN 교측방향	293476.787	163408.920	EL. 110.707	321° 09'46.7"	⑧	1750 kN 교측방향	293476.097	163409.777	EL. 110.698	321° 09'46.7"	③	1750 kN 교측방향	293448.537	163444.010	EL. 110.298	321° 09'46.7"
⑨	1750 kN 직각방향	293502.439	163373.151	EL. 111.107	321° 09'46.7"	④	1750 kN 양방향	293474.878	163407.384	EL. 110.756	321° 09'46.7"	⑨	1750 kN 양방향	293474.189	163408.240	EL. 110.747	321° 09'46.7"	④	1750 kN 양방향	293446.628	163442.473	EL. 110.347	321° 09'46.7"
⑩	1750 kN 직각방향	293500.530	163371.614	EL. 111.156	321° 09'46.7"	⑤	1750 kN 양방향	293472.970	163405.847	EL. 110.805	321° 09'46.7"	⑩	1750 kN 양방향	293472.280	163406.704	EL. 110.796	321° 09'46.7"	⑤	1750 kN 양방향	293444.720	163440.937	EL. 110.396	321° 09'46.7"

교량받침 리스트

구 분				A1	P1(전열)	P1(후열)	P2(전열)	P2(후열)	P3(전열)	P3(후열)	A2	계
적용하중	수평력		가동방향									
1750 kN	120.8 kN (상시)	126.8 kN (지진시)	고정단	0	0	0	0	1	0	0	0	1
			일방향(교축)	1	1	1	1	0	1	1	1	7
			일방향(교축직각)	0	0	0	0	3	0	0	0	3
			양방향	3	3	3	3	0	3	3	3	21
			계	4	4	4	4	4	4	4	4	32
1900 kN	126.8 kN (상시)	271.8 kN (지진시)	고정단	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			일방향(교축)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			일방향(교축직각)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
			양방향	1	1	1	1	0	1	1	1	7
			계	1	1	1	1	1	1	1	1	8

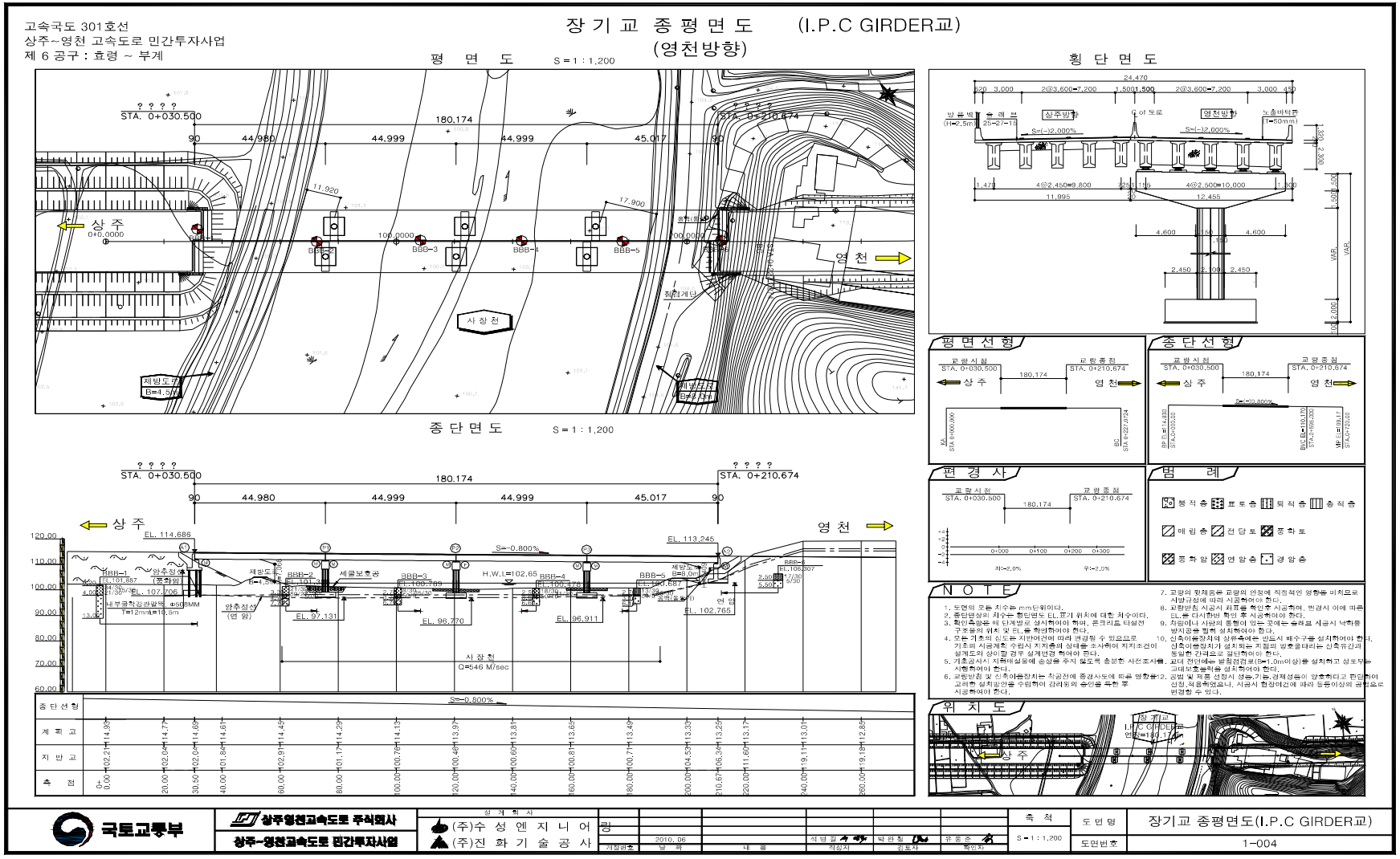
범례

기호	구분
✦	고정단 SHOE
✦	일방향 SHOE
✦	양방향 SHOE

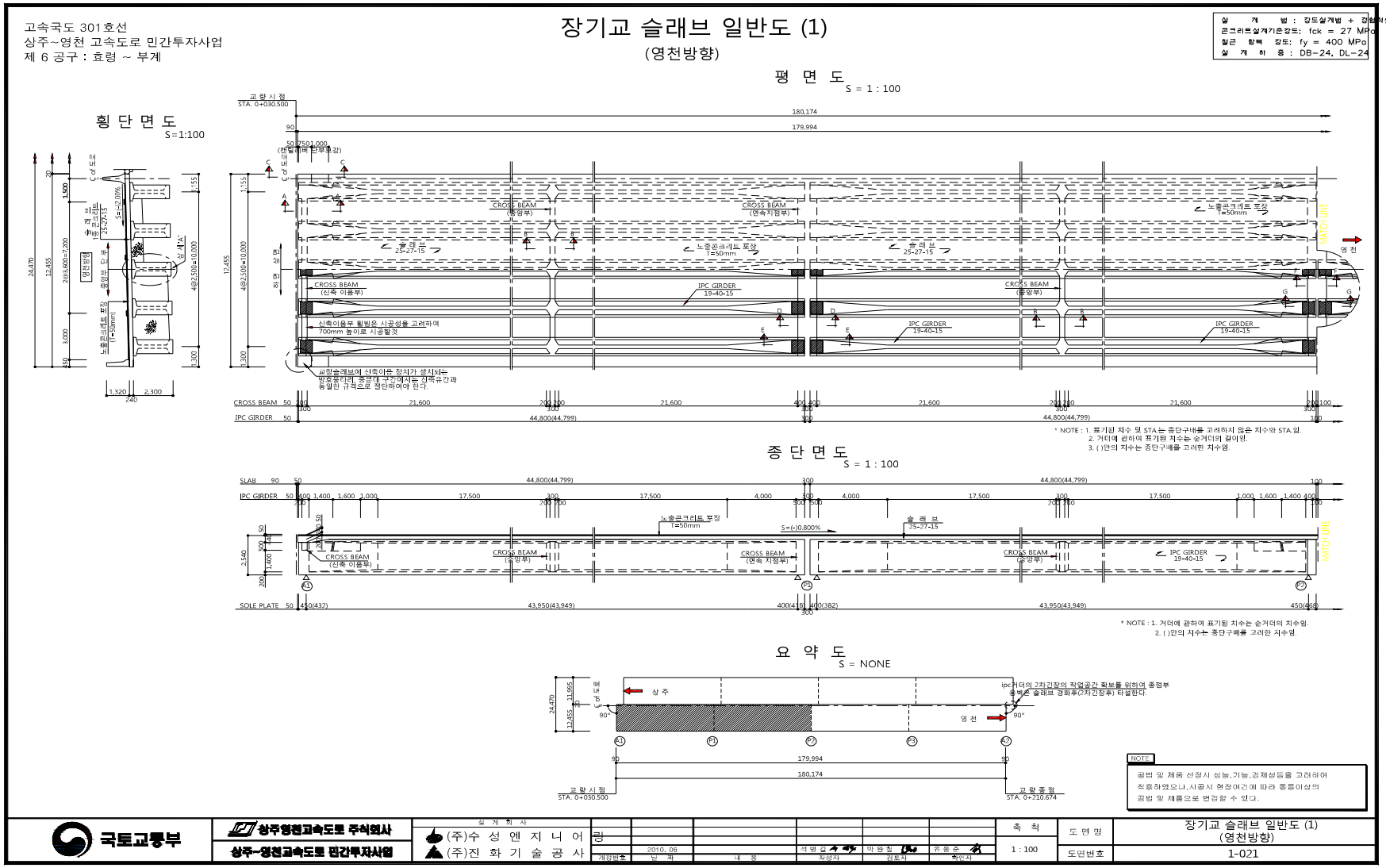
국토교통부	상주영천고속도로 주식회사	설계회사							축척	도면명	장기교 교량받침배치도
	상주~영천고속도로 민간투자사업	(주)수성엔지니어링		2010. 06		석행길	박학철	유홍준	1 : 300	도면번호	1-010
		(주)진화기술공사	기정번호	날짜	내용	작성자	검토자	확인자			

<그림 1.1.6> 장기교 상주방향 교량받침 배치도

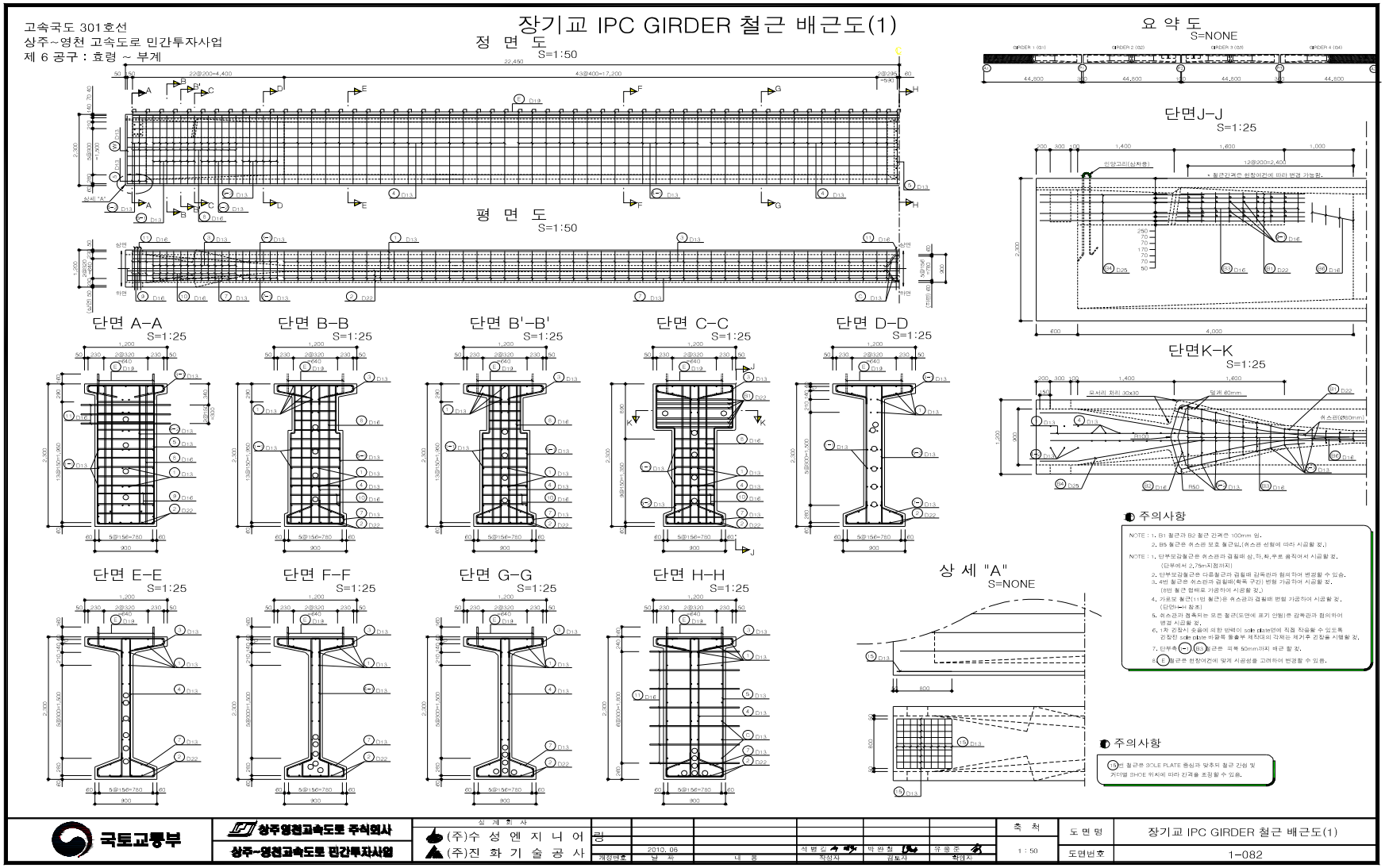
나. 영천방향



<그림 1.1.7> 장기교 영천방향 종평면도



<그림 1.1.8> 장기교 영천방향 슬래브 일반도

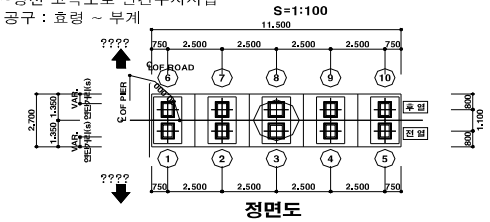


<그림 1.1.9> 장기교 영천방향 IPC Girder 배근도

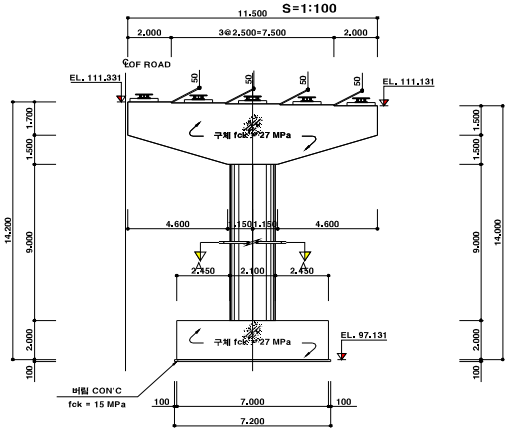
고속국도 301호선
상주~영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계

장기교 P1 교각 일반도
(영천방향)

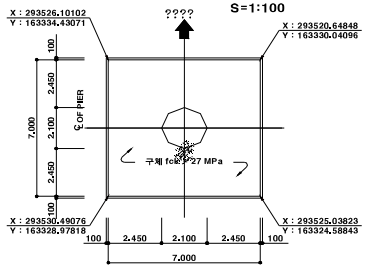
평면도 S=1:100



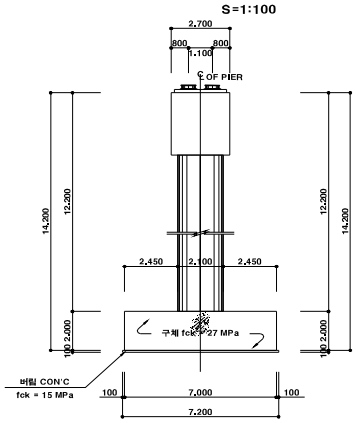
정면도 S=1:100



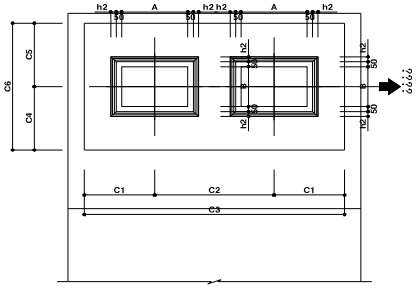
기초 평면도 S=1:100



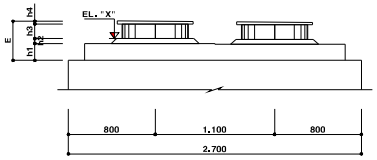
단면도 S=1:100



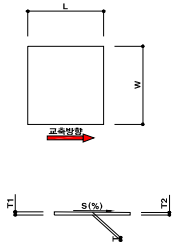
교량받침 상세 S=1:20



교량받침 ELEVATION TABLE



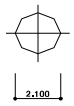
솔플레이트 상세 S=1:20



솔플레이트 상세 TABLE

NO.	S(%)	L	W	T	T1	T2
①	-0.800	700	800	28	31	25
②	-0.800	700	800	28	31	25
③	-0.800	700	800	28	31	25
④	-0.800	700	800	28	31	25
⑤	-0.800	700	800	28	31	25
⑥	-0.800	700	800	28	31	25
⑦	-0.800	700	800	28	31	25
⑧	-0.800	700	800	28	31	25
⑨	-0.800	700	800	28	31	25
⑩	-0.800	700	800	28	31	25

기둥 단면도 A-A S=1:100



연단거리 테이블

구 분	도로교 설계기준	적용거리
필요연단길이	s = 200 + 5.0L = 200 + 5.0 X 45.1 = 425.4mm	495.0mm
필요지지길이	N = (200+1.67L+6.66H) x (1+0.000125 Theta^2) = 357mm (L=45.070, H=12.200, Theta=0)	1300.0mm

NO.	교량받침	EL.'X'	h1	h2	h3	h4	A	B	C1	C2	C3	C4	C5	C6	E
①	1750 kN 양방향	111.553	172	50	150	28	610	410	650	1100	2400	650	650	1300	400
②	1750 kN 양방향	111.503	172	50	150	28	610	410	650	1100	2400	650	650	1300	400
③	1750 kN 교축방향	111.453	172	50	150	28	600	550	650	1100	2400	650	650	1300	400
④	1750 kN 양방향	111.403	172	50	150	28	610	410	650	1100	2400	650	650	1300	400
⑤	1750 kN 양방향	111.353	172	50	150	28	610	410	650	1100	2400	650	650	1300	400
⑥	1750 kN 양방향	111.544	163	50	150	28	610	410	650	-	-	-	-	-	391
⑦	1750 kN 양방향	111.494	163	50	150	28	610	410	650	-	-	-	-	-	391
⑧	1750 kN 교축방향	111.444	163	50	150	28	600	550	650	-	-	-	-	-	391
⑨	1750 kN 양방향	111.394	163	50	150	28	610	410	650	-	-	-	-	-	391
⑩	1750 kN 양방향	111.344	163	50	150	28	610	410	650	-	-	-	-	-	391

노트 사항

1. 모든 구조물의 치수는 mm 단위 임.
2. 구체 콘크리트 설계기준 강도는 fck = 27 MPa 이다.
3. 기초콘크리트는 지지층에 지하수가 없는 상태에서 타설하여야 한다.
4. 교량받침을 변경시는 감독관의 승인을 득한 후 시행하여야 한다.
5. 받침장치 설치시 설계도와 도면이 상이할 시는 구체콘크리트 또는 무수축 몰탈로 받침장치 높이를 조정하여야한다.
6. 모든 구조물의 예각부는 모따기를 하여야함(20mmX20mm).
7. 받침 SOLE PLATE 하단이 정착히 수평이 되도록 설치하여야 한다.
8. 받침 ANCHOR 상세는 받침 상세도를 참고 시공한다.
9. 콘크리트 타설전에 굴착면의 부석 및 토사는 완전히 제거하여야 하며 알반과 부착을 강화하여야 한다.

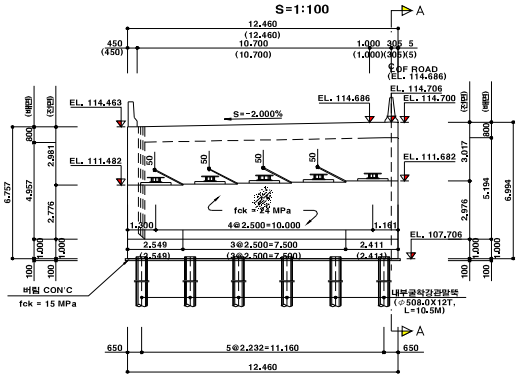
국토교통부	상주영천고속도로 주식회사 / 상주-영천고속도로 민간투자사업	설계회사: (주)수 성 엔 지 니 어 링 / (주)진 화 기 술 공 사	개정번호	2010. 06	내 용	석병갑 / 박완철 / 유용준	축 척	1 : 100	도면명	장기교 P1 교각 일반도
				날 짜		작성자 / 검토자 / 확인자			도면번호	1-056

<그림 1.1.10> 장기교 영천방향 교각 일반도

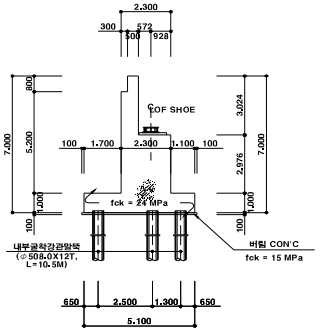
고속국도 301호선
상주~영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계

장기교 A1 교대 일반도
(영천방향)

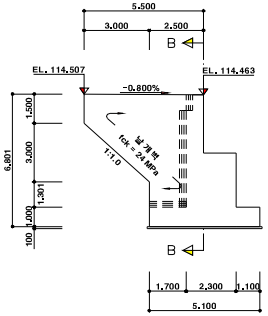
정면도 S=1:100



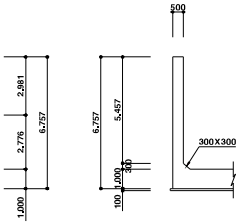
단면도 A-A S=1:100



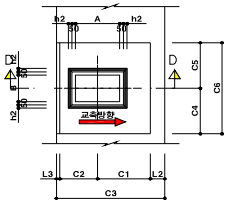
날개벽(좌측) S=1:100



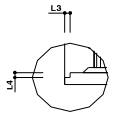
단면 B-B S=1:100



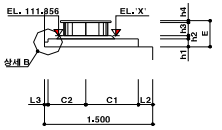
교량받침 상세 S=1:30



상세 B S=1:20



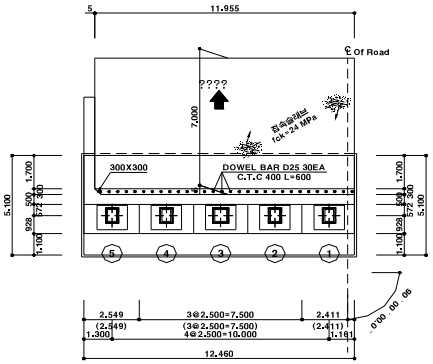
단면 D-D S=1:30



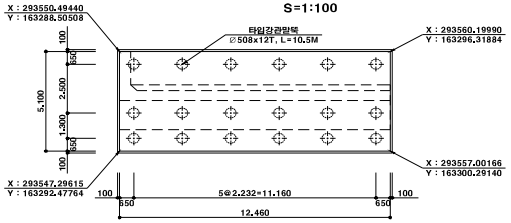
교량받침 ELEVATION TABLE

NO.	교량받침	EL.'X'	h1	h2	h3	h4	A	B	C1	C2	C3	C4	C5	C6	E	L1	L2	L3	L4
①	1750 kN 양방향	111.856	124	50	198	28	610	410	728	522	1500	700	700	1400	400	0	200	50	50
②	1750 kN 양방향	111.806	124	50	198	28	610	410	728	522	1500	700	700	1400	400	0	200	50	50
③	1750 kN 교축방향	111.756	124	50	198	28	600	550	728	522	1500	700	700	1400	400	0	200	50	50
④	1750 kN 양방향	111.706	124	50	198	28	610	410	728	522	1500	700	700	1400	400	0	200	50	50
⑤	1750 kN 양방향	111.656	124	50	198	28	610	410	728	522	1500	700	700	1400	400	0	200	50	50

평면도 S=1:100



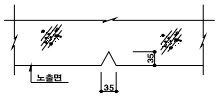
기초 평면도 S=1:100



연단거리 테이블

구 분	도로교 설계기준	적용거리
연단거리	S = 200 + 5.0L = 200 + 5.0 X 45.1 = 425mm	S' = 623mm
지지거리	N = (200+1.67L+6.66H) x (1+0.000125 Theta^2) = 357mm (L=45.070, H=12.200, Theta=0)	N' = 1360mm

균열유발용 줄눈 상세 S = NONE



•NOTE : 벽체에 V형 홈을 가진 수축줄눈을 6M마다 벽체 전면부에만 설치한다.

노트 사항

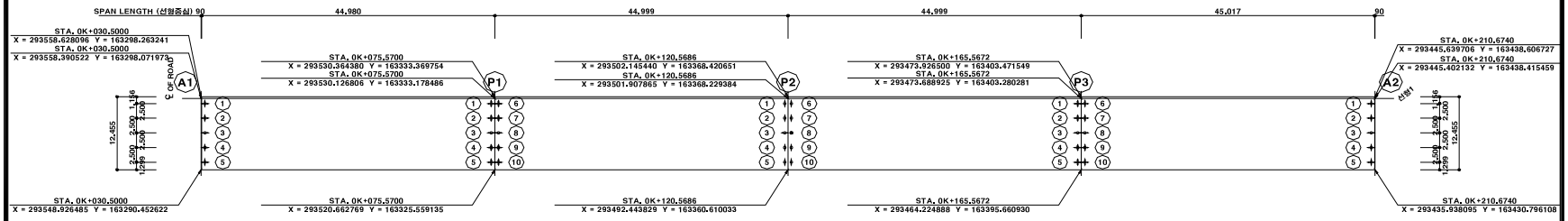
1. 모든 구조물의 치수는 mm 단위 임.
2. 구체 콘크리트 설계기준 강도는 fck = 24 MPa 이다.
3. 기초콘크리트는 지지층에 지하수가 없는 상태에서 타설하여야 한다.
4. 교량받침을 변경시는 감독관의 승인을 득한 후 시행하여야 한다.
5. 받침장치 설치시 설계도와 도면이 상이할 시는 구체콘크리트 또는 무수축 몰탈로 받침장치 높이를 조정하여야한다.
6. 모든 구조물의 에각부는 모따기를 하여야함(20mmX20mm).
7. 받침 SOLE PLATE 하단이 정확히 수평이 되도록 설치하여야 한다.
8. 받침 ANCHOR 상세는 받침 상세도를 참고 시공한다.
9. 콘크리트 타설전에 굴착면의 부석 및 토사는 완전히 제거하여야 하며 암반과 부착을 강화하여야 한다.

국토교통부	상주영천고속도로 주식회사 상주~영천고속도로 민간투자사업	설계회사 (주)수 성 엔 지 니 어 링 (주)진 화 기 술 공 사	개정번호	2010. 06 날 짜	내 용	석병갑 작성자	박형철 검토자	유홍준 확인자	축 척 1 : 100	도면명 도면번호	장기교 A1 교대 일반도 1-030

<그림 1.1.11> 장기교 영천방향 교대 일반도

고속국도 301호선
상주~영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계

장기교 교량받침배치도
(영천방향)



교량받침 좌표

A1						P1(전)						P1(후)						P2(전)					
구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	일반각도계	구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	일반각도계	구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	일반각도계	구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	일반각도계
①	1750 kN 양방향	293557.369	163297.984	EL. 111.656	321° 09'46.7"	①	1750 kN 양방향	293529.809	163332.217	EL. 111.553	321° 09'46.7"	⑥	1750 kN 양방향	293529.119	163333.074	EL. 111.544	321° 09'46.7"	①	1750 kN 직각방향	293501.559	163367.307	EL. 111.192	321° 09'46.7"
②	1750 kN 양방향	293555.422	163296.416	EL. 111.606	321° 09'46.7"	②	1750 kN 양방향	293527.862	163330.649	EL. 111.503	321° 09'46.7"	⑦	1750 kN 양방향	293527.172	163331.506	EL. 111.494	321° 09'46.7"	②	1750 kN 직각방향	293499.611	163365.739	EL. 111.142	321° 09'46.7"
③	1750 kN 고측방향	293553.475	163294.848	EL. 111.756	321° 09'46.7"	③	1750 kN 고측방향	293525.914	163329.081	EL. 111.453	321° 09'46.7"	⑧	1750 kN 고측방향	293525.225	163329.938	EL. 111.444	321° 09'46.7"	③	1750 kN 고측방향	293497.664	163364.171	EL. 111.092	321° 09'46.7"
④	1750 kN 양방향	293551.527	163293.281	EL. 111.706	321° 09'46.7"	④	1750 kN 양방향	293523.967	163327.514	EL. 111.403	321° 09'46.7"	⑨	1750 kN 양방향	293523.277	163328.370	EL. 111.394	321° 09'46.7"	④	1750 kN 직각방향	293495.717	163362.604	EL. 111.042	321° 09'46.7"
⑤	1750 kN 양방향	293549.580	163291.713	EL. 111.656	321° 09'46.7"	⑤	1750 kN 양방향	293522.020	163325.946	EL. 111.353	321° 09'46.7"	⑩	1750 kN 양방향	293521.330	163326.803	EL. 111.344	321° 09'46.7"	⑤	1750 kN 직각방향	293493.769	163361.036	EL. 110.992	321° 09'46.7"

P2(후)						P3(전)						P3(후)						A2					
구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	일반각도계	구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	일반각도계	구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	일반각도계	구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	일반각도계
⑥	1750 kN 직각방향	293500.932	163368.086	EL. 111.184	321° 09'46.7"	①	1750 kN 양방향	293473.371	163402.319	EL. 110.833	321° 09'46.7"	⑥	1750 kN 양방향	293472.681	163403.176	EL. 110.824	321° 09'46.7"	①	1750 kN 양방향	293445.121	163437.408	EL. 110.424	321° 09'46.7"
⑦	1750 kN 직각방향	293498.984	163366.518	EL. 111.134	321° 09'46.7"	②	1750 kN 양방향	293471.424	163400.751	EL. 110.783	321° 09'46.7"	⑦	1750 kN 양방향	293470.734	163401.608	EL. 110.774	321° 09'46.7"	②	1750 kN 양방향	293443.173	163435.841	EL. 110.374	321° 09'46.7"
⑧	1750 kN 고정단	293497.037	163364.950	EL. 111.084	321° 09'46.7"	③	1750 kN 고측방향	293469.476	163399.183	EL. 110.733	321° 09'46.7"	⑧	1750 kN 고측방향	293468.787	163400.040	EL. 110.724	321° 09'46.7"	③	1750 kN 고측방향	293441.226	163434.273	EL. 110.324	321° 09'46.7"
⑨	1750 kN 직각방향	293495.090	163363.382	EL. 111.034	321° 09'46.7"	④	1750 kN 양방향	293467.529	163397.615	EL. 110.683	321° 09'46.7"	⑨	1750 kN 양방향	293466.839	163398.472	EL. 110.674	321° 09'46.7"	④	1750 kN 양방향	293439.279	163432.705	EL. 110.274	321° 09'46.7"
⑩	1750 kN 직각방향	293493.142	163361.815	EL. 110.984	321° 09'46.7"	⑤	1750 kN 양방향	293465.582	163396.048	EL. 110.633	321° 09'46.7"	⑩	1750 kN 양방향	293464.892	163396.904	EL. 110.624	321° 09'46.7"	⑤	1750 kN 양방향	293437.331	163431.137	EL. 110.224	321° 09'46.7"

교량받침 리스트

구 분				A1	P1(전영)	P1(후영)	P2(전영)	P2(후영)	P3(전영)	P3(후영)	A2	계
적용하중	수평력		가동방향									
1750 kN	120.8 kN (상시)	126.8 kN (지진시)	고정단	0	0	0	0	1	0	0	0	1
			일방향(교축)	1	1	1	1	0	1	1	1	7
			일방향(교축직각)	0	0	0	4	4	0	0	0	8
			양방향	4	4	4	0	0	4	4	4	24
			계	5	5	5	5	5	5	5	5	40

범례

기호	구분
•	고정단 SHOE
⊦	일방향 SHOE
+	양방향 SHOE

국토교통부	상주영천고속도로 주식회사	설계회사								축 척	도면명	장기교 교량받침배치도
	상주-영천고속도로 민간투자사업	(주)수 성 엔 지 니 어 링								1 : 300		
		(주)진 화 기 술 공 사	개정번호	2010. 06 날 짜	내 용	석병갑 작성자	박완철 검토자	유종준 확인자			도면번호	1-011

<그림 1.1.12> 장기교 영천방향 교량받침 배치도

1.2 외관조사

1.2.1 상주방향 상세외관조사

가. 교면 포장

본 교량의 교폭은 12.320m로 방호벽(0.62m)을 고려한 유효폭은 11.700m이며, 편도 2차선으로 구성되어있다. 교면포장은 콘크리트 바닥판위에 두께 50㎜의 노출콘크리트 포장으로 시공되어 있으며 외관조사결과 포장면은 균열, 함몰 및 요철, 단차 등의 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	합계	단위	비고
교면 포장	상태양호	-	-	-	-	-	-	

<교면포장 전경>

<교면포장 전경>

나. 차량방호벽

본 교량은 콘크리트 방호벽 및 방음벽으로 시공되어 있으며, 외관조사 결과 방음벽은 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었으며, 방호벽에서 콘크리트 경화과정에서 외부에 수분을 빼앗기면서 발생하는 초기재령균열을 의미하는 소성수축균열이 조사되었으나 발생정도는 미미한 상태로서 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.

- 점검 후 관찰된 손상부에 대한 보수를 완료한 것으로 확인되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	합계	단위	비고
차량 방호벽	소성수축균열	-	0.05/1	-	0.05/1	0.1/2	㎡/ea	보수완료

<S2 방호벽 소성수축균열

<S2 방호벽 소성수축균열 보수완료>

다. 배수시설

본 교량은 횡구배(-2.0%)에 의해 우측면으로 우수가 유입되도록 하였으며, 총 12개소의 배수구가 설치되어 있다. 초기점검 당시 상부의 청소가 이루어지고 있는 것으로 확인 되었고, 청소 작업시 배수구로 쓰레기 및 이물질 등의 유입을 방지하기 위해 덮개로 배수구를 막아놓은 상태로 조사되었으며, 배수구는 포장면보다 낮게 설치되어 배수시설의 시공 상태는 양호한 것으로 조사 되었다.

배수관은 알루미늄 형식의 육교형으로 시공되어 배수관내 이물질 퇴적시 이물질제거가 용이할 것으로 판단되고, 시공 또한 기존도로의 통행차량에 영향이 미치지 않도록 집수 형식으로 시공하였으며, 관의 변형 및 파손, 이음부의 연결 상태 등 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	합계	단위	비고
배수 시설	상태양호	-	-	-	-	-	-	

<배수구 시공 상태>

<배수관 시공 상태>

라. 바닥판하면

바닥판 하면에 대한 외관조사는 교량 점검차를 이용하여 최대한 근접하여 실시하였으며, 점검결과 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로서 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	합계	단위	비고
바닥판 하면	상태양호	-	-	-	-	-	-	

<바닥판하면 전경>

<바닥판하면 전경>

마. GIRDER 및 가로보

본 교량의 거더 형식은 IPC GIRDER로 경간당 5기의 GIRDER로 시공되어져 있으며, 가로보는 콘크리트 가로보로 구성되어 있다. 외관조사는 교량점검차를 이용하여 최대한 근접하여 외관조사를 실시하였으며 거더 및 가로보 점검결과 균열 및 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	합계	단위	비고
거더 및 가로보	상태양호	-	-	-	-	-	-	

<GIRDER 전경>

<가로보 전경>

바. 신축이음 장치

신축이음장치는 A1, A2(Finger Joint)에 시공되었으며, 신축이음장치에 대한 외관조사 결과 본체 및 후타재는 변형이나 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

구 분	손상 내용	A1	A2	합계	단위	비고
신축이음 장치	상태양호	-	-	-	-	

<A1 신축이음장치 전경>

<A2 신축이음장치 전경>

사. 교량받침

본 교량의 받침장치는 탄성받침으로 총 40개소가 설치되어 있으며, 받침 본체에 대한 현장조사 결과 변형 및 파손 등의 손상이 발생되지 않은 양호한 상태이고, 교량받침과 거더의 밀착상태, 받침의 편기, 편심상태도 양호한 것으로 조사되었다. 받침 콘크리트 점검결과 균열 및 재료분리 등의 손상이 없는 양호한 상태이다.

구 분	손상 내용	A1	P1	P2	P3	A2	합계	단위	비고
받침 장치	상태양호	-	-	-	-	-	-	-	

<받침장치 전경>

<받침장치 전경>

아. 교대

교대 형식은 역T형으로 A1:강관기초, A2:직접기초로 시공되어 있으며, 외관조사결과 균열 및 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상 내용	A1	A2	합계	단위	비고
교 대	상태양호	-	-	-	-	

<교대 A1 전경>

<교대 A2 전경>

자. 교각

교각은 T형, 기초 형식은 직접기초로 시공되었으며, 외관조사결과 일부구간에 건조수축에 의한 균열이 발생하였으며, 시공 중 외부 충격이 원인으로 판단되는 콘크리트 파손 손상이 일부 구간에서 조사 되었으나, 손상정도가 미미하고 구조물의 안전성에 영향을 주지 않는 비구조적인 손상으로 판단된다.

구 분	손상 내용	P1	P2	P3	합계	단위	비고
교각	균열(0.3㎜미만)	1.0/1	4.0/7	3.1/5	8.1/13	m/ea	
	콘크리트 파손	0.01/1	-	-	0.01/1	㎡/ea	

<교각 P1 코핑부 콘크리트 파손>

<교각 P3 코핑부 균열>

1.2.2 영천방향 상세외관조사

가. 교면 포장

본 교량의 교폭은 12.455m로 방호벽(0.62m), 중앙분리대(0.61m)을 고려한 유효폭은 11.395m이며, 편도 2차선으로 구성되어있다. 교면포장은 콘크리트 바닥판위에 두께 50㎜의 노출콘크리트 포장으로 시공되어 있으며 외관조사결과 포장면은 균열, 함몰 및 요철, 단차 등의 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	합계	단위	비고
교면 포장	상태 양호	-	-	-	-	-	-	

<교면포장 상태>

<교면포장 상태>

나. 차량방호벽

본 교량은 콘크리트 방호벽 및 콘크리트 중앙분리대가 시공되어 있으며, 외관조사 결과 방호벽은 건조수축이 원인으로 판단되는 균열이 조사 되었으며, 중앙분리대에서 시공 미흡이 원인으로 판단되는 균열이 일부 조사되었다.

- 점검 후 관찰된 손상부에 대한 보수를 완료한 것으로 확인되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	합계	단위	비고
방호벽	균열(0.3㎜미만)	-	16.2/11	11.4/6	7.6/4	35.2/21	m/ea	보수완료
	균열(0.3㎜이상)	-	-	0.3/1	-	0.3/1	m/ea	보수완료
중분대	균열(1.0㎜이상)	2.7/1	-	-	-	2.7/1	m/ea	보수완료

<S1 중앙분리대 균열>

<S1 중앙분리대 균열 보수완료>

<S3 방호벽 균열>

<S3 방호벽 균열 보수완료>

다. 배수시설

본 교량은 횡구배(-2.0%)에 의해 우측면으로 우수가 유입되도록 하였으며, 총 12개소의 배수구가 설치되어 있다. 초기점검 당시 상부의 청소가 이루어지고 있는 것으로 확인 되었고, 청소 작업시 배수구로 쓰레기 및 이물질 등의 유입을 방지하기 위해 배수구에 덮개를 설치해 놓은 상태로 조사 되었고, 배수구는 포장면보다 낮게 설치되어 배수시설의 기능 발휘에 문제는 없을 것으로 판단되며, 배수시설의 시공 상태는 양호한 것으로 조사 되었다.

배수관은 알루미늄 형식의 육교형으로 시공되어 배수관내 이물질 퇴적시 이물질제거가 용이할 것으로 판단되고, 시공 또한 기존도로의 통행차량에 영향이 미치지 않도록 집수 형식으로 시공하였으며, 관의 변형 및 파손, 이음부의 연결 상태 등 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	합계	단위	비고
배수 시설	상태양호	-	-	-	-	-	-	

<배수구 시공 상태>

<배수관 시공 상태>

라. 바닥판하면

바닥판 하면에 대한 외관조사는 교량 점검차를 이용하여 최대한 근접 하여 실시하였으며, 점검결과 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로서 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	합계	단위	비고
바닥판 하면	상태양호	-	-	-	-	-	-	

<바닥판하면 전경>

<바닥판하면 전경>

마. GIRDER 및 가로보

본 교량의 거더 형식은 IPC GIRDER로 경간당 5기의 GIRDER로 시공되어져 있으며, 가로보는 콘크리트 가로보로 구성되어 있다. 외관조사는 교량점검차를 이용하여 최대한 근접하여 외관조사를 실시하였으며 거더 및 가로보 점검결과 거더는 균열 및 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었으나, 가로보에서 시공미흡이 원인으로 판단되는 공극 손상이 일부 조사 되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	합계	단위	비고
거더 및 가로보	가로보 공극	-	0.06/1	-	-	0.06/1	㎡/ea	

<GIRDER 전경>

<S2 가로보 공극>

바. 신축이음 장치

신축이음장치는 A1, A2(Finger Joint)에 시공되었으며, 신축이음장치에 대한 외관조사 결과 본체 및 후타재는 변형이나 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

구 분	손상 내용	A1	A2	합계	단위	비고
신축이음 장치	상태양호	-	-	-	-	

<A1 신축이음장치 전경>

<A2 신축이음장치 전경>

사. 교량받침

본 교량의 받침장치는 탄성받침으로 총 40개소가 설치되어 있으며, 받침 본체에 대한 현장조사 결과 변형 및 파손 등의 손상이 발생되지 않은 양호한 상태이고, 교량받침과 거더의 밀착상태, 받침의 편기, 편심상태도 양호한 것으로 조사되었다. 받침 콘크리트 점검결과 균열 및 재료분리 등의 손상이 없는 양호한 상태이다.

구 분	손상 내용	A1	P1	P2	P3	A2	합계	단위	비고
받침 장치	상태양호	-	-	-	-	-	-	-	

<받침장치 전경>

<받침장치 전경>

아. 교대

교대 형식은 역T형으로 A1:강관기초, A2:직접기초로 시공되어 있으며, 외관조사결과 균열 및 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상 내용	A1	A2	합계	단위	비고
교 대	상태양호	-	-	-	-	

<교대 A1 전경>

<교대 A2 전경>

자. 교각

교각은 T형, 기초 형식은 직접기초로 시공되었으며, 외관조사결과 일부구간에 건조수축이 원인으로 판단되는 균열이 조사되었으며, 시공 중 외부충격이 원인으로 판단되는 콘크리트 파손 손상이 일부 구간에서 조사 되었으나, 손상정도가 미미하고 구조물의 안전성에 영향을 주지 않는 비 구조적인 손상으로 판단된다.

구 분	손상 내용	P1	P2	P3	합계	단위	비고
교각	균열(0.3㎜미만)	2.2/4	2.3/5	7.3/8	11.8/17	m/ea	
	균열(0.3㎜이상)		1.7/2		1.7/2	m/ea	
	콘크리트 파손	0.1/1			0.1/1	㎡/ea	

<교각 P1 코핑부 콘크리트 파손>

<교각 P2 코핑부 균열>

1.3 교량받침 조사

1.3.1 교량받침 이동량조사

가. 교량받침 이동량 실측조사

1) 상주방향

<표 1.3.1> 교량받침 이동량 실측조사(상주방향)

(단위 : cm)

위치		SH1		SH2		SH3		SH4		SH5		비고
		이동방향	이동량	이동방향	이동량	이동방향	이동량	이동방향	이동량	이동방향	이동량	
A1	전면	⇳		⇳		↕		⇳		⇳		
	배면	↓	1.7	↓	1.8	↓	1.7	↓	1.8	↓	1.6	
P1	전면	⇳		⇳		↕		⇳		⇳		
		↓	0.8	↓	0.7	↓	0.9	↓	0.8	↓	1.0	
	배면	⇳		⇳		↕		⇳		⇳		
		-	-	↓	0.1	↓	0.2	-	-	↓	0.1	
P2	전면	⇳		⇳		↕		⇳		⇳		↑: A1측 ↓: A2측 ←: 좌측 →: 우측
		↓	0.1	↓	0.2	↓	0.1	↓	0.1	↓	0.1	
	배면	↔		↔		●		↔		↔		
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P3	전면	⇳		⇳		↕		⇳		⇳		
		↑	0.1	-	-	↑	0.2	-	-	-	-	
	배면	⇳		⇳		↕		⇳		⇳		
		↑	0.8	↑	1.0	↑	1.0	↑	1.1	↑	0.8	
A2	전면	⇳		⇳		↕		⇳		⇳		
	배면	↑	1.3	↑	1.2	↑	0.8	↑	0.9	↑	1.1	

2) 영천방향

<표 1.3.2> 교량받침 이동량 실측조사(영천방향)

(단위 : cm)

위치		SH1		SH2		SH3		SH4		SH5		비고
		이동방향	이동량	이동방향	이동량	이동방향	이동량	이동방향	이동량	이동방향	이동량	
A1	전면	✣		✣		↕		✣		✣		
	배면	↓	1.9	↓	2.0	↓	1.9	↓	1.8	↓	1.8	
P1	전면	✣		✣		↕		✣		✣		
		↓	1.3	↓	1.5	↓	1.4	↓	1.6	↓	1.6	
	배면	✣		✣		↕		✣		✣		
		-	-	↓	0.1	↓	0.1	↓	0.1	↓	0.1	
P2	전면	↔		↔		↕		↔		↔		↑: A1측
		-	-	-	-	↓	0.2	-	-	-	-	↓: A2측
	배면	↔		↔		●		↔		↔		←: 좌측
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	→: 우측
P3	전면	✣		✣		↕		✣		✣		
		-	-	-	-	-	-	↑	0.1	↑	0.1	
	배면	✣		✣		↕		✣		✣		
		↑	1.1	↑	1.2	↑	1.0	↑	0.9	↑	1.0	
A2	전면	✣		✣		↕		✣		✣		
	배면	↑	0.8	↑	1.2	↑	1.2	↑	1.0	↑	1.0	

나. 교량받침 이동량 산출 근거

구 분	신축장 100m 미만의 교량	신축장 100m 이상 초과 교량
기본 신축량	·온도신축+건조수축+크리프 단) 상로교,하로,강상판교는 건조수축, 크리프 제외	·온도신축+건조수축+크리프+빔의 회전
- 상주방향은 2016년 03월에 슬래브를 타설한 후 약 1년 이상(12개월) 경과하였기 때문에 건조수축 및 크리프에 의한 변위량은 0.12l(건조수축 : 0.04l, 크리프 : 0.08l)을 적용하였다. - 영천방향은 2016년 04월에 슬래브를 타설한 후 약 약 1년 이상(12개월) 경과하였기 때문에 건조수축 및 크리프에 의한 변위량은 0.12l(건조수축 : 0.04l, 크리프 : 0.08l)을 적용하였다.		

※ 출처 : 도로교 설계 기준

1) A1,A2

위 치	A1, A2	측정일	2017년 5월 10일
조사시 평균기온	16.2℃	온도변화 범위	-5 ~ +35
선팽창계수(a)	1.0 x 10^{-5}	신축거더 길이(L)	90,000mm
온도변화에 의한 이동량	△lt = △T * a * L 신장량: $\Delta l_t = (35-(16.2))\times(1.0\times10^{-5})\times90.0\times10^3 = 16.92\mathrm{mm}$ 수축량: $\Delta l_t = (-5-(16.2))\times(1.0\times10^{-5})\times90.0\times10^3 = 19.08\mathrm{mm}$		
건조수축, 크리프에 의한 이동량	0.12 × 90.0m = 10.8mm		

2) P1. P2(전), P3

위 치	P1, P2(전), P3	측정일	2017년 5월 10일
조사시 평균기온	16.2℃	온도변화 범위	-5 ~ +35
선팽창계수(a)	1.0 x 10^{-5}	신축거더 길이(L)	45,000mm
온도변화에 의한 이동량	△lt = △T * a * L 신장량: $\Delta l_t = (35-(16.2))\times(1.0\times10^{-5})\times45.0\times10^3 = 8.46\mathrm{mm}$ 수축량: $\Delta l_t = (-5-(16.2))\times(1.0\times10^{-5})\times45.0\times10^3 = 9.54\mathrm{mm}$		
건조수축, 크리프에 의한 이동량	0.12 × 45.0m = 5.4mm		

<표 1.3.3> 교량받침 이동량 산정

위치	온도변화(ΔT)		선팽창 계수	온도에 의한 이동량(mm)		건조수축, 크리프에 의한 이동량	거더처짐에 의한 이동량	최대받침이동량(mm)	
	동절기 (℃)	하절기 (℃)		동절기	하절기			동절기 (최대수축시)	하절기 (최대신장시)
A1	21.2	18.8	1.0×10^{-5}	19.08	16.92	10.8	-	19.08	27.72
P1	21.2	18.8	1.0×10^{-5}	9.54	8.46	5.4	-	9.54	13.86
P2 전	21.2	18.8	1.0×10^{-5}	9.54	8.46	5.4	-	9.54	13.86
P2 배	고 정 단								
P3	21.2	18.8	1.0×10^{-5}	9.54	8.46	5.4	-	9.54	13.86
A2	21.2	18.8	1.0×10^{-5}	19.08	16.92	10.8	-	19.08	27.72

<표 1.3.4> 교량받침 가동 여유량 조사결과(상주방향)

위 치			가동량 (㎜)	이동량 (㎜)	실측 받침 가동여유량(㎜)		최대 받침 이동량(㎜)		평가	비 고
					수축 여유량	신장 여유량	최대수축 이동량	최대신장 이동량		
A1	SH1		±84	-17	67	101	19.08	27.72	OK	1900kN
	SH2		±95	-18	77	113				1750kN
	SH3		±95	-17	78	112				1750kN
	SH4		±95	-18	77	113				1750kN
	SH5		±95	-16	79	111				1750kN
P1	A1	SH1	±84	-8	76	92	9.54	13.86	OK	1900kN
		SH2	±95	-7	88	102				1750kN
		SH3	±95	-9	86	104				1750kN
		SH4	±95	-8	87	103				1750kN
		SH5	±95	-10	85	105				1750kN
	A2	SH1	±84	0	84	84	9.54	13.86	OK	1900kN
		SH2	±95	-1	94	96				1750kN
		SH3	±95	-2	93	97				1750kN
		SH4	±95	0	95	95				1750kN
		SH5	±95	-1	94	96				1750kN
P2	A1	SH1	±84	-1	83	85	9.54	13.86	OK	1900kN
		SH2	±95	-2	93	97				1750kN
		SH3	±95	-1	94	96				1750kN
		SH4	±95	-1	94	96				1750kN
		SH5	±95	-1	94	96				1750kN
	A2	고 정 단								
P3	A1	SH1	±84	+1	85	83	9.54	13.86	OK	1900kN
		SH2	±95	0	95	95				1750kN
		SH3	±95	+2	97	93				1750kN
		SH4	±95	0	95	95				1750kN
		SH5	±95	0	95	95				1750kN
	A2	SH1	±84	+8	92	76	9.54	13.86	OK	1900kN
		SH2	±95	+10	105	85				1750kN
		SH3	±95	+10	105	85				1750kN
		SH4	±95	+11	106	84				1750kN
		SH5	±95	+8	103	87				1750kN
A2	SH1		±84	+13	97	71	19.08	27.72	OK	1900kN
	SH2		±95	+12	107	83				1750kN
	SH3		±95	+8	103	87				1750kN
	SH4		±95	+9	104	86				1750kN
	SH5		±95	+11	106	84				1750kN

(이동량 ; +:A1측, -:A2측)

<표 1.3.5> 교량받침 가동 여유량 조사결과(영천방향)

위 치			가동량 (㎜)	이동량 (㎜)	실측 받침 가동여유량(㎜)		최대 받침 이동량(㎜)		평가	비 고
					수축 여유량	신장 여유량	최대수축 이동량	최대신장 이동량		
A1	SH1		±95	-19	76	114	19.08	27.72	OK	1750kN
	SH2		±95	-20	75	115				1750kN
	SH3		±95	-19	76	114				1750kN
	SH4		±95	-18	77	113				1750kN
	SH5		±95	-18	77	113				1750kN
P1	A1	SH1	±95	-13	82	108	9.54	13.86	OK	1750kN
		SH2	±95	-15	80	110				1750kN
		SH3	±95	-14	81	109				1750kN
		SH4	±95	-16	79	111				1750kN
		SH5	±95	-16	79	111				1750kN
	A2	SH1	±95	0	95	95	9.54	13.86	OK	1750kN
		SH2	±95	-1	94	96				1750kN
		SH3	±95	-1	94	96				1750kN
		SH4	±95	-1	94	96				1750kN
		SH5	±95	-1	94	96				1750kN
P2	A1	고 정 단								
	A2	고 정 단								
P3	A1	SH1	±95	0	95	95	9.54	13.86	OK	1750kN
		SH2	±95	0	95	95				1750kN
		SH3	±95	0	95	95				1750kN
		SH4	±95	+1	96	94				1750kN
		SH5	±95	+1	96	94				1750kN
	A2	SH1	±95	+11	106	84	9.54	13.86	OK	1750kN
		SH2	±95	+12	107	83				1750kN
		SH3	±95	+10	105	85				1750kN
		SH4	±95	+9	104	86				1750kN
		SH5	±95	+10	105	85				1750kN
A2	SH1		±95	+8	103	87	19.08	27.72	OK	1750kN
	SH2		±95	+12	107	83				1750kN
	SH3		±95	+12	107	83				1750kN
	SH4		±95	+10	105	85				1750kN
	SH5		±95	+10	105	85				1750kN

(이동량 ; +:A1측, -:A2측)

다. 고 찰

교량 받침 가동 여유량에 대한 분석 결과 수축·신장 여유량이 최대 수축·신장 이동량을 상회하는 것으로 나타나 본 과업대상 교량의 받침장치는 수축·신장에 따른 여유량을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

라. 교량받침 사진

1) 상주방향

A1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 1.3.1> 받침장치 사진

P1 - A1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - A1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - A1 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - A1 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - A1 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

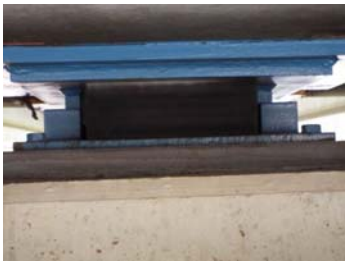
<그림 1.3.1> 받침장치 사진(계속)

P1 - A2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - A2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - A2 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - A2 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - A2 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 1.3.1> 받침장치 사진(계속)

P2 - A1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A1 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A1 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A1 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 1.3.1> 받침장치 사진(계속)

P2 - A2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A2 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A2 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A2 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 1.3.1> 받침장치 사진(계속)

P3 - A1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - A1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - A1 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - A1 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - A1 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 1.3.1> 받침장치 사진(계속)

P3 - A2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - A2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - A2 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - A2 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - A2 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 1.3.1> 받침장치 사진(계속)

A2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 1.3.1> 받침장치 사진(계속)

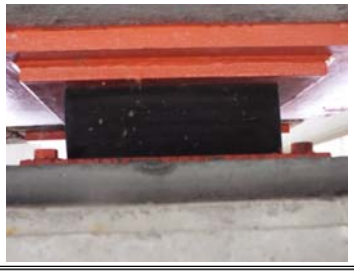
2) 영천방향

A1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 1.3.2> 받침장치 사진

P1 - A1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - A1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - A1 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - A1 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - A1 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 1.3.2> 받침장치 사진(계속)

P1 - A2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - A2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - A2 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - A2 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - A2 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 1.3.2> 받침장치 사진(계속)

P2 - A1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A1 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A1 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A1 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 1.3.2> 받침장치 사진(계속)

P2 - A2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A2 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A2 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A2 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 1.3.2> 받침장치 사진(계속)

P3 - A1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - A1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - A1 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - A1 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - A1 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 1.3.2> 받침장치 사진(계속)

P3 - A2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - A2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - A2 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - A2 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - A2 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 1.3.2> 받침장치 사진(계속)

A2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 1.3.2> 받침장치 사진(계속)

1.3.2 교량받침 연단거리조사

가. 교량받침 연단거리 측정

1) 상주방향

<표 1.3.6> 교량 받침 연단거리 측정(상주방향)

구 분		지간길이	최소값	측 정 결 과(cm)					비고
				SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	
A1		45.0m	42.5cm	67.0	66.0	66.5	66.0	67.0	
P1	A1측	45.0m	42.5cm	57.0	57.0	56.0	57.0	56.5	
	A2측	45.0m	42.5cm	50.0	49.0	51.0	51.0	50.0	
P2	A1측	45.0m	42.5cm	57.0	56.0	57.5	56.0	57.0	
	A2측	45.0m	고 정 단						
P3	A1측	45.0m	42.5cm	52.0	52.0	53.0	50.5	51.0	
	A2측	45.0m	42.5cm	56.0	55.0	56.0	55.5	55.5	
A2		45.0m	42.5cm	62.0	61.0	61.5	60.0	61.0	

2) 영천방향

<표 1.3.7> 교량 받침 연단거리 측정(영천방향)

구 분		지간길이	최소값	측 정 결 과(cm)					비고
				SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	
A1		45.0m	42.5cm	66.0	65.0	67.0	66.5	66.5	
P1	A1측	45.0m	42.5cm	53.0	54.0	54.0	53.0	53.0	
	A2측	45.0m	42.5cm	54.0	53.0	54.0	53.0	52.0	
P2	A1측	45.0m	42.5cm	63.0	63.0	61.0	62.0	62.0	
	A2측	45.0m	고 정 단						
P3	A1측	45.0m	42.5cm	53.0	54.0	53.5	53.0	54.0	
	A2측	45.0m	42.5cm	52.0	52.5	53.0	53.0	52.0	
A2		45.0m	42.5cm	61.0	62.0	62.0	61.0	60.5	

나. 교량받침 연단거리 산출근거

교축방향의 받침연단과 하부구조 정부연단 사이의 거리 S(㎜)는 다음의 값 이상으로 한다.(도로교설계기준)

- 거더의 경간길이 100m 이하인 경우

S = 200 + 5L ····· <식 2.1>

- 거더의 경간길이 100m 이상인 경우

S = 300 + 4L ····· <식 2.2>

여기서, S : 받침연단거리(㎜), L : 경간길이(m)

다. 연단거리 평가

교대, 교각의 받침장치에 대한 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치(최소값)를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 장기교는 충분한 연단거리를 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

<그림 1.3.3> 연단거리 측정

1.4 신축이음장치 유간 조사

1.4.1 신축이음장치 현황

<표 1.4.1> 신축이음장치 현황

신축이음장치		지간범위	신축거더 길이	비고
위치	종류			
A1	Finger JOINT	A1 ~ P2	90.0m	P2 고정단
A2	Finger JOINT	P2 ~ A2	90.0m	

1.4.2 설계 신축량

<표 1.4.2> 설계신축량 검토

신축이음장치		계산 신축량 (㎜)	설계 신축량 (㎜)	판 정	비 고
위치	종 류				
A1	Finger JOINT	85.6	100	OK	
A2	Finger JOINT	85.6	100	OK	

1.4.3 신축이음부 유간 분석

본 과업대상 장기교는 슬래브(상주방향:2016년 03월,영천방향:2016년 04월)를 타설한 후 약 1년 이상(12개월) 경과하였기 때문에 건조수축 및 크리프에 의한 변위량은 0.12l(건조수축 : 0.04l, 크리프 : 0.08l)을 적용하였다. 또한 신축장이 100m 이상인 경우 거더 처짐을 고려하였다.

<표 1.4.3> 신축이음부 유간 분석 - A1

측 정 일	2017년 5월 10일		
온도변화 범위	-5℃ ~ +35℃	조사시 평균기온	16.2℃
선팽창 계수(α)	콘크리트:1.0× 10^{-5}	신축거더 길이(L)	90.0x10^3㎜
온도 변화에 의한 이동량 (Δl_t)	$\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ 신장량 : $\Delta l_t = (35-(16.2))\times(1.0\times10^{-5})\times90.0\times10^3 = 16.92\text{mm}$ 수축량 : $\Delta l_t = (-5-(16.2))\times(1.0\times10^{-5})\times90.0\times10^3 = 19.08\text{mm}$		
건조수축, 크리프에 의한 이동량	0.12 × 90.0m = 10.8㎜		

<표 1.4.4> 신축이음부 유간 분석 - A2

측 정 일	2017년 5월 10일		
온도변화 범위	-5℃ ~ +35℃	조사시 평균기온	16.2℃
선팽창 계수(α)	콘크리트:1.0× 10^{-5}	신축거더 길이(L)	90.0x10^3㎜
온도 변화에 의한 이동량 (Δl_t)	$\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ 신장량 : $\Delta l_t = (35-(16.2))\times(1.0\times10^{-5})\times90.0\times10^3 = 16.92\text{mm}$ 수축량 : $\Delta l_t = (-5-(16.2))\times(1.0\times10^{-5})\times90.0\times10^3 = 19.08\text{mm}$		
건조수축, 크리프에 의한 이동량	0.12 × 90.0m = 10.8㎜		

1.4.4 신축이음부 유간 측정 결과

<표 1.4.5> 신축이음부 유간 측정 결과(상주방향)

구 분	계산 신축량 (㎜)	설계 신축량 (㎜)	계산치(㎜)		측정 유간(㎜)			판정	비 고
			신장량	수축량	신축유간 상부	신축유간 하부	거더간격		
A1	85.6	100	19.08	27.72	55	95	142	OK	
A2	85.6	100	19.08	27.72	52	83	105	OK	

<표 1.4.6> 신축이음부 유간 측정 결과(영천방향)

구 분	계산 신축량 (㎜)	설계 신축량 (㎜)	계산치(㎜)		측정 유간(㎜)			판정	비 고
			신장량	수축량	신축유간 상부	신축유간 하부	거더간격		
A1	85.6	100	19.08	27.72	58	92	125	OK	
A2	85.6	100	19.08	27.72	57	85	107	OK	

신축이음장치 유간에 대한 분석결과 설치유간이 설계유간을 상회하고, 신축유간 상·하부에서 측정한 여유량이 계산 신장·수축량을 상회하는 것으로 나타나 본 대상교량은 신장·수축에 따른 충분한 유간을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

<그림 1.4.1> 신축이음 유간 측정

1.5 재료 시험

1.5.1 재료 시험 현황

본 과업에서는 대상 구조물의 구조부재에 대해 콘크리트 품질상태와 압축강도를 파악하기 위하여 반발경도시험, 철근배근탐사 및 탄산화 시험을 수행하여 콘크리트의 품질 및 내구성을 평가하였다.

1.5.2 콘크리트 강도 시험

가. 반발경도법에 의한 압축강도 측정

1) 상주방향

<표 1.5.1> 반발경도법(일반식)에 의한 압축강도 측정(상주방향)

측정위치		평균치	신뢰범위	재평균(R)	타격각도(°)	보정치(ΔR)	보정경도(R0)	압축강도(MPa)		재령계수(α)	보정압축강도(MPa)		비고
								재료학회	건축학회		재료학회	건축학회	
바닥판하면	S1-G1~G2	48.0	38.4~57.5	48.0	90.0	-3.34	44.6	38.7	41.7	0.70	27.1	29.2	건전부
	S3-G4~G5	48.7	39.0~58.4	48.7	90.0	-3.26	45.4	39.7	42.3	0.70	27.8	29.6	건전부
	S4-G1~G2	47.9	38.3~57.5	47.9	90.0	-3.34	44.6	38.6	41.7	0.70	27.0	29.2	건전부
평 균											27.3	29.3	
교대	A1 구체전면	42.7	34.2~51.2	42.7	0.0	0.00	42.7	36.2	40.3	0.67	24.3	27.0	건전부
	A2 구체전면	42.7	34.1~51.2	42.7	0.0	0.00	42.7	36.2	40.3	0.67	24.2	27.0	건전부
평 균											24.3	27.0	
교각	P1 기둥부(배면)	46.2	37.0~55.4	46.2	0.0	0.00	46.2	40.7	42.9	0.67	27.3	28.7	건전부
	P2 기둥부(배면)	48.9	39.1~58.6	48.9	0.0	0.00	48.9	44.0	44.7	0.65	28.6	29.1	건전부
	P3 기둥부(배면)	48.4	38.7~58.1	48.4	0.0	0.00	48.4	43.5	44.4	0.65	28.3	28.9	건전부
평 균											28.1	28.9	

<표 1.5.2> 반발경도법(고강도식)에 의한 압축강도 측정(상주방향)

측정위치		평균치	신뢰범위	재평균(R)	타격각도(°)	보정치(ΔR)	보정경도(R_0)	압축강도(MPa)		재령계수(α)	보정압축강도(MPa)		비고
								권영웅외	과학기술부		권영웅외	과학기술부	
거더	S2-G2	49.8	39.8~59.8	49.8	0.0	0.00	49.8	75.9	63.2	0.70	53.2	44.2	건전부

2) 영천방향

<표 1.5.3> 반발경도법(일반식)에 의한 압축강도 측정(영천방향)

측정위치		평균치	신뢰범위	재평균(R)	타격각도(°)	보정치(ΔR)	보정경도(RO)	압축강도(MPa)		재령계수(α)	보정압축강도(MPa)		비고
								재료학회	건축학회		재료학회	건축학회	
바닥판하면	S1-G4~G5	48.1	38.5~57.7	48.1	90.0	-3.26	44.8	38.9	41.9	0.70	27.3	29.3	건전부
	S2-G3~G4	47.9	38.3~57.4	47.9	90.0	-3.34	44.5	38.5	41.6	0.70	27.0	29.1	건전부
	S3-G2~G3	48.0	38.4~57.6	48.0	90.0	-3.26	44.7	38.8	41.8	0.70	27.2	29.3	건전부
	S4-G2~G3	48.0	38.4~57.5	48.0	90.0	-3.34	44.6	38.7	41.7	0.70	27.1	29.2	건전부
평 균											27.2	29.2	
교대	A1 구체전면	42.7	34.2~51.2	42.7	0.0	0.00	42.7	36.2	40.3	0.67	24.3	27.0	건전부
	A2 구체전면	42.6	34.0~51.1	42.6	0.0	0.00	42.6	36.0	40.2	0.67	24.1	27.0	건전부
평 균											24.2	27.0	
교각	P1 기둥부(배면)	45.9	36.7~55.0	45.9	0.0	0.00	45.9	40.2	42.6	0.67	27.0	28.5	건전부
	P2 기둥부(배면)	47.6	38.1~57.1	47.6	0.0	0.00	47.6	42.5	43.9	0.65	27.6	28.5	건전부
	P3 기둥부(배면)	47.4	37.9~56.8	47.4	0.0	0.00	47.4	42.1	43.7	0.65	27.4	28.4	건전부
평 균											27.3	28.5	

나. 반발경도법에 의한 압축강도 평가 및 고찰

1) 압축강도 평가

① 상주방향

<표 1.5.4> 반발경도법(일반식)에 의한 압축강도 평가(상주방향)

측정위치		측정강도(A)		설계기준강도(B)	A/B*100		비고
		재료학회	건축학회		재료학회	건축학회	
바닥판하면	S1-G1~G2	27.1 MPa	29.2 MPa	27 MPa	100.4 %	108.1 %	건전부
	S3-G4~G5	27.8 MPa	29.6 MPa		103.0 %	109.6 %	건전부
	S4-G1~G2	27.0 MPa	29.2 MPa		100.0 %	108.1 %	건전부
교대	A1 구체전면	24.3 MPa	27.0 MPa	24 MPa	101.3 %	112.5 %	건전부
	A2 구체전면	24.2 MPa	27.0 MPa		100.8 %	112.5 %	건전부
교각	P1 기둥부 (배면)	27.3 MPa	28.7 MPa	27 MPa	101.1 %	106.3 %	건전부
	P2 기둥부 (배면)	28.6 MPa	29.1 MPa		105.9 %	107.8 %	건전부
	P3 기둥부 (배면)	28.3 MPa	28.9 MPa		104.8 %	107.0 %	건전부

<표 1.5.5> 반발경도법(고강도식)에 의한 압축강도 평가(상주방향)

측정위치		측정강도(A)		설계기준강도(B)	A/B*100		비고
		권영웅 외	과학기술부		권영웅 외	과학기술부	
거더	S2-G2	53.2 MPa	44.2 MPa	40 Mpa	133.0 %	110.5 %	건전부

② 영천방향

<표 1.5.6> 반발경도법(일반식)에 의한 압축강도 평가(영천방향)

측정위치		측정강도(A)		설계기준강도(B)	A/B*100		비고
		재료학회	건축학회		재료학회	건축학회	
바닥판하면	S1-G4~G5	27.3 MPa	29.3 MPa	27 MPa	101.1 %	108.5 %	건전부
	S2-G3~G4	27.0 MPa	29.1 MPa		100.0 %	107.8 %	건전부
	S3-G2~G3	27.2 MPa	29.3 MPa		100.7 %	108.5 %	건전부
	S4-G2~G3	27.1 MPa	29.2 MPa		100.4 %	108.1 %	건전부
교대	A1 구체전면	24.3 MPa	27.0 MPa	24 MPa	101.3 %	112.5 %	건전부
	A2 구체전면	24.1 MPa	27.0 MPa		100.4 %	112.5 %	건전부
교각	P1 기둥부 (배면)	27.0 MPa	28.5 MPa	27 MPa	100.0 %	105.6 %	건전부
	P2 기둥부 (배면)	27.6 MPa	28.5 MPa		102.2 %	105.6 %	건전부
	P3 기둥부 (배면)	27.4 MPa	28.4 MPa		101.5 %	105.2 %	건전부

2) 고찰

일반식(일본재료학회, 건축학회)과 고강도식(권영웅외, 과학기술부)를 이용하여 콘크리트 비파괴강도 측정을 시행한 결과, 상주방향 바닥판하면은 27.0~29.6MPa, 거더는 44.2~53.2MPa, 교대는 24.2~27.0MPa, 교각은 27.3~29.1MPa 측정되었으며, 영천방향 바닥판하면은 27.0~29.3MPa, 교대는 24.1~27.0MPa, 교각은 27.0~28.5MPa로 측정되었다.

반발경도 측정은 표면 건전부에서 시행하였으며, 각각의 측정치가 부재별 설계기준 강도(바닥판하면:27.0MPa, 거더:40.0MPa, 교대:24.0MPa 교각:27.0MPa)를 대부분 상회하는 것으로 나타나 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

1.5.3 철근배근 탐사

가. 철근배근 측정

1) 상주방향

<표 1.5.7> 철근배근 탐사 시험(상주방향)

측정위치		배근종류	설 계(㎜)		측 정(㎜)		비 고
			간격	피복두께	간격	피복두께	
바닥판하면	S1-G1~2	주철근	100	32	101~105	38~45	
		배력철근	250	48	235~241	48~55	
	S3-G4~5	주철근	100	32	101~105	41~46	
		배력철근	250	48	255~262	48~53	
	S4-G1~2	주철근	100	32	98~103	39~41	
		배력철근	250	48	246~249	46~49	
거더	S2-G2	수직철근	200	43.5	209~214	42~44	
		수평철근	150	56.5	146~152	48~54	
교대	A1 구체 전면	수직철근	250	92	246~253	93~98	
		수평철근	125	108	120~126	86~98	
	A2 구체 전면	수직철근	250	92	240~248	89~94	
		수평철근	125	108	125~131	90~96	
교각	P1 기둥부 배면	수직철근	125	136	125~130	136~141	
		수평철근	75, 300	114	300~302	114~116	
	P2 기둥부 배면	수직철근	125	136	128~131	126~131	
		수평철근	75, 300	114	296~302	114~118	
	P3 기둥부 배면	수직철근	125	136	123~126	131~136	
		수평철근	75~300	114	300~303	120~123	

2) 영천방향

<표 1.5.8> 철근배근 탐사 시험(영천방향)

측정위치		배근종류	설 계(㎜)		측 정(㎜)		비 고
			간격	피복두께	간격	피복두께	
바닥판하면	S1-G4~5	주철근	100	32	101~105	36~43	
		배력철근	250	48	245~251	46~49	
	S2-G3~4	주철근	100	32	100~110	50~52	
		배력철근	250	48	250~254	58~60	
	S3-G2~3	주철근	100	32	108~110	33~35	
		배력철근	250	48	237~241	45~47	
	S4-G2~3	주철근	100	32	104~108	42~48	
		배력철근	250	48	236~242	46~48	
교대	A1 구체 전면	수직철근	250	92	245~251	92~95	
		수평철근	125	108	120~125	102~103	
	A2 구체 전면	수직철근	250	92	250~258	92~94	
		수평철근	125	108	121~126	103~105	
교각	P1 기둥부 배면	수직철근	125	136	123~124	109~115	
		수평철근	75, 300	114	300~310	105~107	
	P2 기둥부 배면	수직철근	125	136	119~126	123~126	
		수평철근	75, 300	114	298~301	104~109	
	P3 기둥부 배면	수직철근	125	136	118~124	119~122	
		수평철근	75, 300	114	300~306	117~120	

나. 고찰

RC-Radar를 이용하여 철근배근탐사를 시행하였으며, 측정 결과 상주방향 바닥판하면의 주철근 98~105㎜, 배력철근 235~262㎜, 거더의 수직철근 209~214㎜, 수평철근 146~152㎜, 교대 구체의 수직철근 240~253㎜, 수평철근 120~131㎜, 교각 기둥부의 수직철근 123~131㎜, 수평철근 296~303㎜로 측정되었고, 영천방향 바닥판하면의 주철근 100~110㎜, 배력철근 237~254㎜, 교대 구체의 수직철근 245~258㎜, 수평철근 120~126㎜, 교각 기둥부의 수직철근 118~126㎜, 수평철근 298~310㎜로 측정되었다.

이는 설계배근간격과 설계피복두께를 대부분 만족하고 있는 것으로 조사되어 시공상의 철근배근 및 피복두께 상태는 적정한 것으로 분석된다.

1.5.4 탄산화 시험

가. 탄산화 시험 결과

1) 상주방향

<표 1.5.9> 탄산화 시험 결과(상주방향)

측정 위치		탄산화 깊이(㎜)	공용년수를 고려한 탄산화 깊이(㎜)	측정피복 두께(㎜)	상태 평가	탄산화 속도계수 (㎜/√년)	잔존수명 예측(년)	비고
바닥판 하면	S1-G1~2	0.3	2.01	45	a	0.3	∞	
교대	A1 구체전면	0.2	2.01	86	a	0.2	∞	
교각	P1 기둥부 (배면)	0.3	2.01	114	a	0.3	∞	

2) 영천방향

<표 1.5.10> 탄산화 시험 결과(영천방향)

측정 위치		탄산화 깊이(㎜)	공용년수를 고려한 탄산화 깊이(㎜)	측정피복 두께(㎜)	상태 평가	탄산화 속도계수 (㎜/√년)	잔존수명 예측(년)	비고
바닥판 하면	S1-G4~5	0.2	2.01	36	a	0.2	∞	
교대	A1 구체전면	0.1	2.01	92	a	0.1	∞	
교각	P1 기둥부 (배면)	0.1	2.01	105	a	0.1	∞	

나. 고찰

실측 탄산화깊이는 상주방향 최대 0.3㎜, 영천방향 최대 0.2㎜로 측정되었다. 이는 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 등급이 A등급에 해당되어 탄산화에 의한 부식발생은 없는 것으로 평가 되었다.

1.5.5 재료시험 관련사진

S1-G1~2 반발경도 측정	P1 기둥부(배면) 반발경도 측정
S1-G1~2 탄산화 측정	A1 구체전면 탄산화 측정
S4-G1~2 철근배근탐사 시험	P1 기둥부(배면) 철근배근탐사 시험

<그림 1.5.1> 재료시험 측정(상주방향)

S1-G4~5 반발경도 측정	A1 구체전면 철근배근탐사 시험
S1-G4~5 탄산화 측정	A1 구체전면 탄산화 측정
S1-G4~5 철근배근탐사 시험	P1 기둥부(전면) 철근배근탐사 시험

<그림 1.5.2> 재료시험 측정(영천방향)

1.5.6 재료시험 결과 요약

<표 1.5.11> 재료시험 결과 요약①(상주방향)

<table>
<tr><th colspan="2">종 류</th><th colspan="8">결 과</th><th>검 토</th></tr>
<tr><td rowspan="13">콘크리트 강도 시험</td><td rowspan="13">반발 경도법</td><td colspan="8">
<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">측정위치</th><th colspan="2">측정강도(A)</th><th rowspan="2">설계 기준 강도 (B)</th><th colspan="2">A/B*100</th><th rowspan="2">비고</th></tr>
<tr><th>재료학회</th><th>건축학회</th><th>재료학회</th><th>건축학회</th></tr>
<tr><td rowspan="3">바닥판하면</td><td>S1-G1~G2</td><td>27.1 MPa</td><td>29.2 MPa</td><td rowspan="3">27 MPa</td><td>100.4 %</td><td>108.1 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>S3-G4~G5</td><td>27.8 MPa</td><td>29.6 MPa</td><td>103.0 %</td><td>109.6 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>S4-G1~G2</td><td>27.0 MPa</td><td>29.2 MPa</td><td>100.0 %</td><td>108.1 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교대</td><td>A1 구체전면</td><td>24.3 MPa</td><td>27.0 MPa</td><td rowspan="2">24 MPa</td><td>101.3 %</td><td>112.5 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>A2 구체전면</td><td>24.2 MPa</td><td>27.0 MPa</td><td>100.8 %</td><td>112.5 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td rowspan="3">교각</td><td>P1 기둥부 (배면)</td><td>27.3 MPa</td><td>28.7 MPa</td><td rowspan="3">27 MPa</td><td>101.1 %</td><td>106.3 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>P2 기둥부</td><td>28.6 MPa</td><td>29.1 MPa</td><td>105.9 %</td><td>107.8 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>P2 기둥부 (배면)</td><td>28.3 MPa</td><td>28.9 MPa</td><td>104.8 %</td><td>107.0 %</td><td>건전부</td></tr>
</table>
<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">측정위치</th><th colspan="2">측정강도(A)</th><th rowspan="2">설계 기준 강도 (B)</th><th colspan="2">A/B*100</th><th rowspan="2">비고</th></tr>
<tr><th>재료학회</th><th>건축학회</th><th>재료학회</th><th>건축학회</th></tr>
<tr><td>거더</td><td>S2-G2</td><td>53.2 MPa</td><td>44.2 MPa</td><td>40 Mpa</td><td>133.0 %</td><td>110.5 %</td><td>건전부</td></tr>
</table>
</td><td>■ 콘크리트 강도 양호한 상태임</td></tr>
</table>

<표 1.5.12> 재료시험 결과 요약②(상주방향)

<table>
<tr><th>종 류</th><th>결 과</th><th>검 토</th></tr>
<tr><td>철근 배근 탐사 시험</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">측정위치</th><th rowspan="2">배근종류</th><th colspan="2">설 계(㎜)</th><th colspan="2">측 정(㎜)</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>간격</th><th>피복두께</th><th>간격</th><th>피복두께</th></tr>
<tr><td rowspan="6">바닥판하면</td><td rowspan="2">S1-G1~2</td><td>주철근</td><td>100</td><td>32</td><td>101～105</td><td>38～45</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>250</td><td>48</td><td>235～241</td><td>48～55</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S3-G4~5</td><td>주철근</td><td>100</td><td>32</td><td>101～105</td><td>41～46</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>250</td><td>48</td><td>255～262</td><td>48～53</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S4-G1~2</td><td>주철근</td><td>100</td><td>32</td><td>98～103</td><td>39～41</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>250</td><td>48</td><td>246～249</td><td>46～49</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">거더</td><td rowspan="2">S2-G2</td><td>수직철근</td><td>200</td><td>43.5</td><td>209～214</td><td>42～44</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>150</td><td>56.5</td><td>146～152</td><td>48～54</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">교대</td><td rowspan="2">A1 구체 전면</td><td>수직철근</td><td>250</td><td>92</td><td>246～253</td><td>93～98</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>125</td><td>108</td><td>120～126</td><td>86～98</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">A2 구체 전면</td><td>수직철근</td><td>250</td><td>92</td><td>240～248</td><td>89～94</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>125</td><td>108</td><td>125～131</td><td>90～96</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">교각</td><td rowspan="2">P1 기둥부 배면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>136</td><td>125～130</td><td>136～141</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>75, 300</td><td>114</td><td>300～302</td><td>114～116</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">P2 기둥부 배면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>136</td><td>128～131</td><td>126～131</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>75, 300</td><td>114</td><td>296～302</td><td>114～118</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">P3 기둥부 배면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>136</td><td>123～126</td><td>131～136</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>75~300</td><td>114</td><td>300～303</td><td>120～123</td><td></td></tr>
</table>
</td><td>■ 철근배근 양호한 상태임</td></tr>
<tr><td>탄산화 시험</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">측정 위치</th><th>탄산화 깊이 (㎜)</th><th>공용년수를 고려한 탄산화 깊이(㎜)</th><th>측정 피복 두께 (㎜)</th><th>상태 평가</th><th>탄산화 속도계수 (㎜/√년)</th><th>잔존 수명 예측 (년)</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>바닥판하면</td><td>S1-G1~2</td><td>0.3</td><td>2.01</td><td>45</td><td>a</td><td>0.3</td><td>∞</td><td></td></tr>
<tr><td>교대</td><td>A1 구체전면</td><td>0.2</td><td>2.01</td><td>86</td><td>a</td><td>0.2</td><td>∞</td><td></td></tr>
<tr><td>교각</td><td>P1 기둥부 (배면)</td><td>0.3</td><td>2.01</td><td>114</td><td>a</td><td>0.3</td><td>∞</td><td></td></tr>
</table>
</td><td>■ 탄산화 진행은 철근 부식에 영향 없음</td></tr>
</table>

<표 1.5.13> 재료시험 결과 요약①(영천방향)

<table>
<tr><th colspan="2">종 류</th><th colspan="9">결 과</th><th>검 토</th></tr>
<tr><td rowspan="12">콘크리트 강도 시험</td><td rowspan="12">반발 경도법</td><td colspan="2" rowspan="2">측정위치</td><td colspan="2">측정강도(A)</td><td rowspan="2">설계 기준 강도 (B)</td><td colspan="2">A/B*100</td><td rowspan="2">비고</td><td rowspan="12">■ 콘크리트 강도 양호한 상태임</td></tr>
<tr><td>재료학회</td><td>건축학회</td><td>재료학회</td><td>건축학회</td></tr>
<tr><td rowspan="4">바닥판하면</td><td>S1-G4~G5</td><td>27.3 MPa</td><td>29.3 MPa</td><td rowspan="4">27 MPa</td><td>101.1 %</td><td>108.5 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>S2-G3~G4</td><td>27.0 MPa</td><td>29.1 MPa</td><td>100.0 %</td><td>107.8 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>S3-G2~G3</td><td>27.2 MPa</td><td>29.3 MPa</td><td>100.7 %</td><td>108.5 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>S4-G2~G3</td><td>27.1 MPa</td><td>29.2 MPa</td><td>100.4 %</td><td>108.1 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교대</td><td>A1 구체전면</td><td>24.3 MPa</td><td>27.0 MPa</td><td rowspan="2">24 MPa</td><td>101.3 %</td><td>112.5 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>A2 구체전면</td><td>24.1 MPa</td><td>27.0 MPa</td><td>100.4 %</td><td>112.5 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td rowspan="3">교각</td><td>P1 기둥부 (배면)</td><td>27.0 MPa</td><td>28.5 MPa</td><td rowspan="3">27 MPa</td><td>100.0 %</td><td>105.6 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>P2 기둥부 (배면)</td><td>27.6 MPa</td><td>28.5 MPa</td><td>102.2 %</td><td>105.6 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>P3 기둥부 (배면)</td><td>27.4 MPa</td><td>28.4 MPa</td><td>101.5 %</td><td>105.2 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="21">철근 배근 탐사 시험</td><td colspan="2" rowspan="2">측정위치</td><td rowspan="2">배근종류</td><td colspan="2">설 계(㎜)</td><td colspan="2">측 정(㎜)</td><td rowspan="2">비고</td><td rowspan="21">■ 철근배근 양호한 상태임</td></tr>
<tr><td>간격</td><td>피복두께</td><td>간격</td><td>피복두께</td></tr>
<tr><td rowspan="8">바닥판하면</td><td rowspan="2">S1-G4~5</td><td>주철근</td><td>100</td><td>32</td><td>101~105</td><td>36~43</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>250</td><td>48</td><td>245~251</td><td>46~49</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S2-G3~4</td><td>주철근</td><td>100</td><td>32</td><td>100~110</td><td>50~52</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>250</td><td>48</td><td>250~254</td><td>58~60</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S3-G2~3</td><td>주철근</td><td>100</td><td>32</td><td>108~110</td><td>33~35</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>250</td><td>48</td><td>237~241</td><td>45~47</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S4-G2~3</td><td>주철근</td><td>100</td><td>32</td><td>104~108</td><td>42~48</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>250</td><td>48</td><td>236~242</td><td>46~48</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">교대</td><td rowspan="2">A1 구체 전면</td><td>수직철근</td><td>250</td><td>92</td><td>245~251</td><td>92~95</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>125</td><td>108</td><td>120~125</td><td>102~103</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">A2 구체 전면</td><td>수직철근</td><td>250</td><td>92</td><td>250~258</td><td>92~94</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>125</td><td>108</td><td>121~126</td><td>103~105</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">교각</td><td rowspan="2">P1 기둥부 배면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>136</td><td>123~124</td><td>109~115</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>75, 300</td><td>114</td><td>300~310</td><td>105~107</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">P2 기둥부 배면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>136</td><td>119~126</td><td>123~126</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>75, 300</td><td>114</td><td>298~301</td><td>104~109</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">P3 기둥부 배면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>136</td><td>118~124</td><td>119~122</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>75, 300</td><td>114</td><td>300~306</td><td>117~120</td><td></td></tr>
</table>

<표 1.5.14> 재료시험 결과 요약②(영천방향)

<table>
<tr><th>종 류</th><th>결 과</th><th>검 토</th></tr>
<tr><td>탄산화 시험</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">측정 위치</th><th>탄산화 깊이 (㎜)</th><th>공용년수를 고려한 탄산화 깊이(㎜)</th><th>측정 피복 두께 (㎜)</th><th>상태 평가</th><th>탄산화 속도계수 (㎜/√년)</th><th>잔존 수명 예측 (년)</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>바닥판 하면</td><td>S1-G4~5</td><td>0.2</td><td>2.01</td><td>36</td><td>a</td><td>0.2</td><td>∞</td><td></td></tr>
<tr><td>교대</td><td>A1 구체전면</td><td>0.1</td><td>2.01</td><td>92</td><td>a</td><td>0.1</td><td>∞</td><td></td></tr>
<tr><td>교각</td><td>P1 기둥부 (배면)</td><td>0.1</td><td>2.01</td><td>105</td><td>a</td><td>0.1</td><td>∞</td><td></td></tr>
</table>
</td><td>■ 탄산화 진행은 철근 부식에 영향 없음</td></tr>
</table>

1.6 시설물의 상태평가

1.6.1 개 요

상태평가 등급산정은 한국시설안전공단에서 제공하는 교량상태평가 프로그램(Bridge Level2)을 이용하여 산정하였으며 결과는 다음과 같다.

1.6.2 상태평가 결과

<표 1.6.1> 상태평가 결과(상주방향)

부재의 분류	상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
IPC[1]	a	a	a	X	a	a	a	a	a	Q	a	a
IPC[2]	a	a	a	X	a	a	X	a	b	Q	-	a
IPC[3]	a	a	a	X	a	a	X	a	b	Q	-	-
IPC[4]	a	a	a	X	a	a	X	a	c	Q	-	-
IPC[5]	X	X	X	X	X	X	a	a	a	Q	X	-
평균	0.100	0.100	0.100	N/A	0.100	0.100	0.100	0.100	0.200	N/A	0.100	0.100
가중치	25	20	5	N/A	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X 가중치)/ 가중치합	0.025	0.020	0.005	N/A	0.003	0.002	0.009	0.009	0.040	N/A	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =												0.120
2. 상태평가 결과 =												a

<표 1.6.2> 상태평가 결과(영천방향)

부재의 분류	상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
IPC[1]	a	a	a	X	a	a	a	a	a	Q	a	a
IPC[2]	a	a	b	X	a	a	X	a	b	Q	-	a
IPC[3]	a	a	a	X	a	a	X	a	c	Q	-	-
IPC[4]	a	a	a	X	a	a	X	a	b	Q	-	-
IPC[5]	X	X	a	X	X	X	a	a	a	Q	X	-
평균	0.100	0.100	0.120	N/A	0.100	0.100	0.100	0.100	0.200	N/A	0.100	0.100
가중치	25	20	5	N/A	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X 가중치)/ 가중치합	0.025	0.020	0.006	N/A	0.003	0.002	0.009	0.009	0.040	N/A	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =												0.121
2. 상태평가 결과 =												a

<표 1.6.3> 전체 상태평가 결과

구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (M)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도 점수 X 연장비
상주방향	0.120	a	180.0	2	360	0.5	0.060
영천방향	0.121	a	180.0	2	360	0.5	0.061
합계(∑)			360		720	1	0.121
1. 결함지수 =							0.121
2. 상태평가 결과 =							A 등급

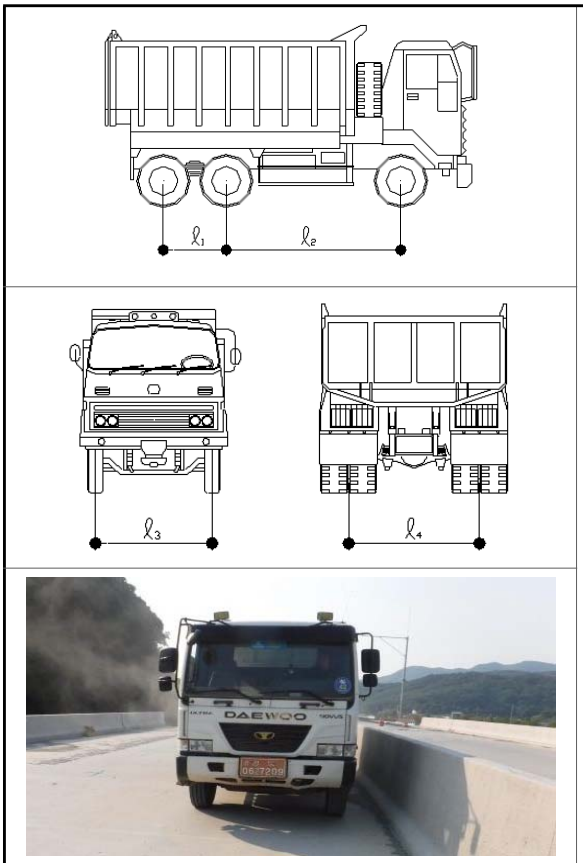
본 교량의 상태등급평가는「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 한국시설 안전공단, 2010.12)」에 의거 각 부재에 대해 각각 실시하였으며, 육안조사에 의한 외관조사 항목과 내구성 요소인 탄산화 측정치 항목을 포함하여 상태평가를 실시하였다. 이에 따른 상태평가 산정결과 결함지수는 0.121로서 상태평가 등급은 “A” 등급(0 < x < 0.13)의 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다.

1.7 재하시험

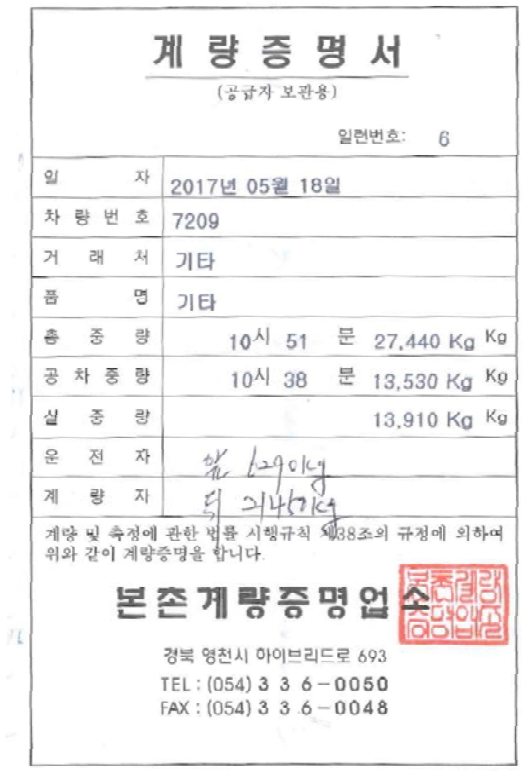
1.7.1 재하차량 및 시험구간 선정

가. 재하차량

현 초기점검에서 재하시험 시행시에는 15t 덤프트럭을 이용하여 교량의 허용하중 60%이상 토사를 상재시켜 재하시험을 하는 것으로 규정하고 있으므로 이에 따라 재하시험을 실시하였다. 또한 만재된 상태의 각 차륜하중을 계량소에서 측정 기록하였으며, 사용된 트럭의 제원 및 차륜하중은 다음과 같다.



재하차량(ID 7209)



계 량 증 명 서

(공급자 보관용)

일련번호: 6

일 자	2017년 05월 18일
차 량 번 호	7209
거 래 처	기타
품 명	기타
총 중 량	10시 51 분 27,440 Kg Kg
공 차 중 량	10시 38 분 13,530 Kg Kg
실 중 량	13,910 Kg Kg
운 전 자	앞 12,910kg
계 량 자	뒤 14,530kg

계량 및 측정에 관한 법률 시행규칙 제38조의 규정에 의하여 위와 같이 계량증명을 합니다.

본존계량증명업소

경북 영천시 하이브리드로 693

TEL : (054) 336-0050

FAX : (054) 336-0048

계량증명서(ID 7209)

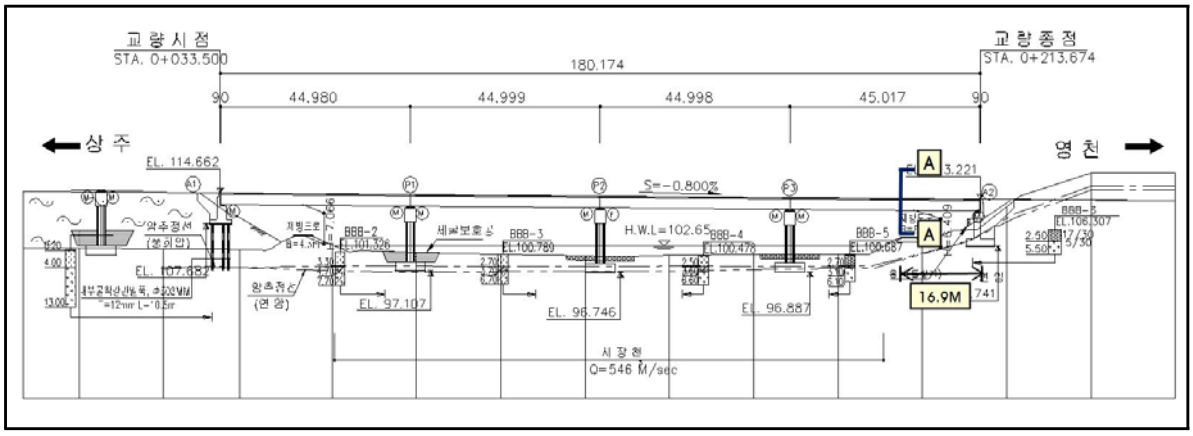
구 분 (차량번호)	차량제원				차 륜 별 축 중 (kN)			
	ℓ1(m)	ℓ2(m)	ℓ3(m)	ℓ4(m)	전 륜	중 륜	후 륜	총중량
재하차량	1.3	3.3	2.07	1.85	62.90	105.75	105.75	274.40

나. 시험구간 선정

본 장기교의 영천방향에 재하시험을 실시하였으며, 교량형식은 IPC GIRDER교로서 시험경간 선정은 대상교량의 구조적 특성 및 차량통제 등을 고려하여 구조적으로 불리하고 Gauge 부착 및 측정장비의 설치, 시험차량의 가속거리 등의 현장여건을 종합적으로 고려하여 다음과 같이 선정하였다.

<표 1.7.1> 시험구간의 선정사유

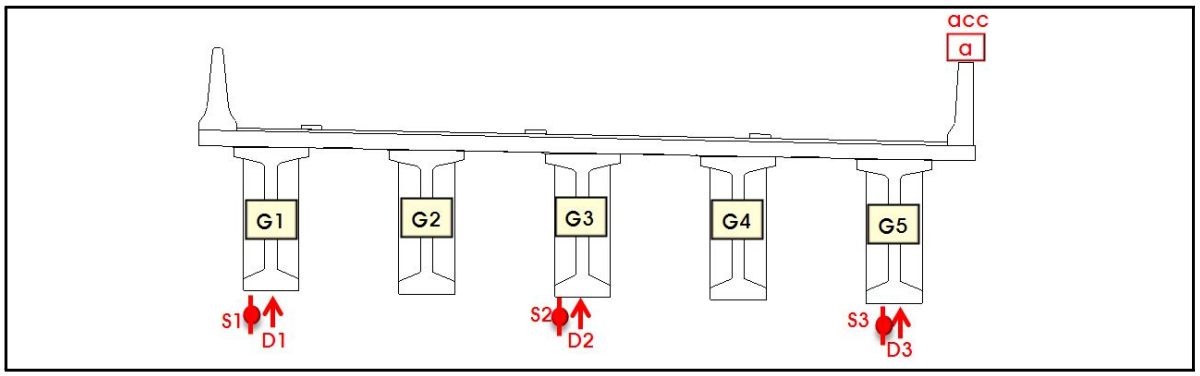
시험경간/지점	지간장(L)	선 정 사 유	비 고
S4 (3/8L부)	45.0m	4경간 최대 정모멘트 작용구간	



<그림 1.7.1> 종단면도 및 시험구간

다. 센서 설치위치 및 수량

본 교량에서는 최대단면력 발생단면을 측정단면으로 선정하고 처짐계, 변형율계 및 진동가속도계를 <그림 1.7.2>, <표 1.7.2>와 같이 설치하였다.



<그림 1.7.2> 게이지 부착위치

<표 1.7.2> 각 단면별 게이지 부착현황

기 호	게이지 종류	용 도	비 고
⊕	Concrete Strain Gauge	변형률 측정	휨
↟	처짐계(Displacement)	변위측정	처짐
@	가속도계(Accelerometer)	가속도 측정	고유진동수

부착경간	구 분		부착위치	측정내용
S9 3/8L지점 (A-A 단면)	변위계	D1	G1 하면	최대변위
		D2	G3 하면	최대변위
		D3	G5 하면	최대변위
	변형율계	S1	G1 하면	최대변형률
		S2	G3 하면	최대변형률
		S3	G5 하면	최대변형률
	가속도계	acc	우측 방호벽 상부	진동가속도

관련사진

교량하부 게이지부착 전경

처짐계 설치 현황

변형률계 설치 현황

가속도계 설치현황

정적재하시험 위치표기

정적재하시험(1)

정적재하시험(2)

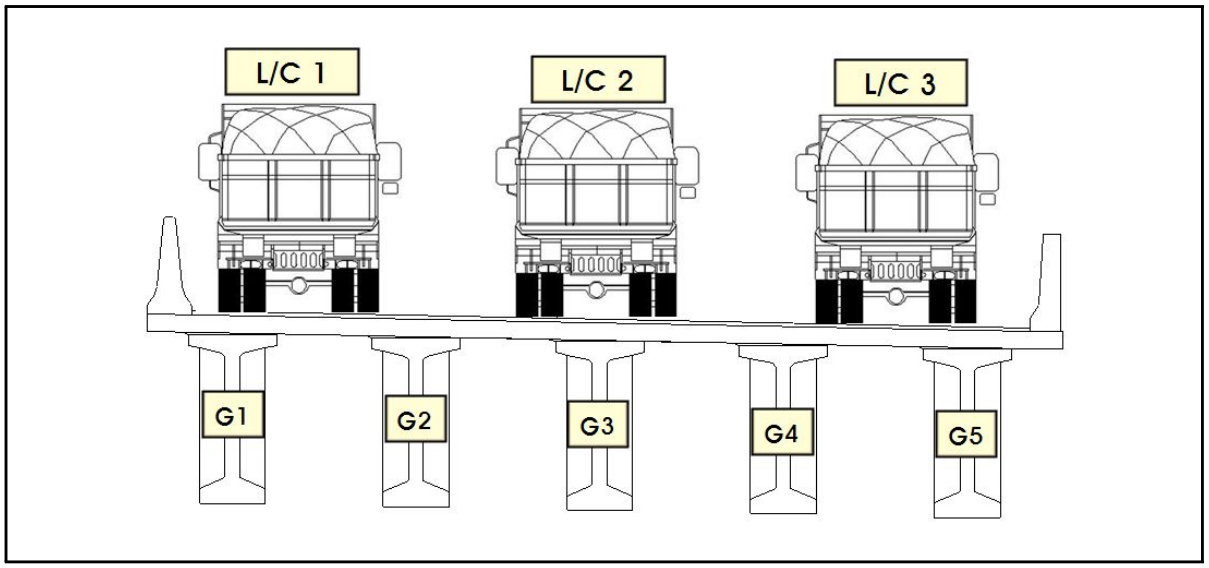
동적재하시험

데이터 수집 현황

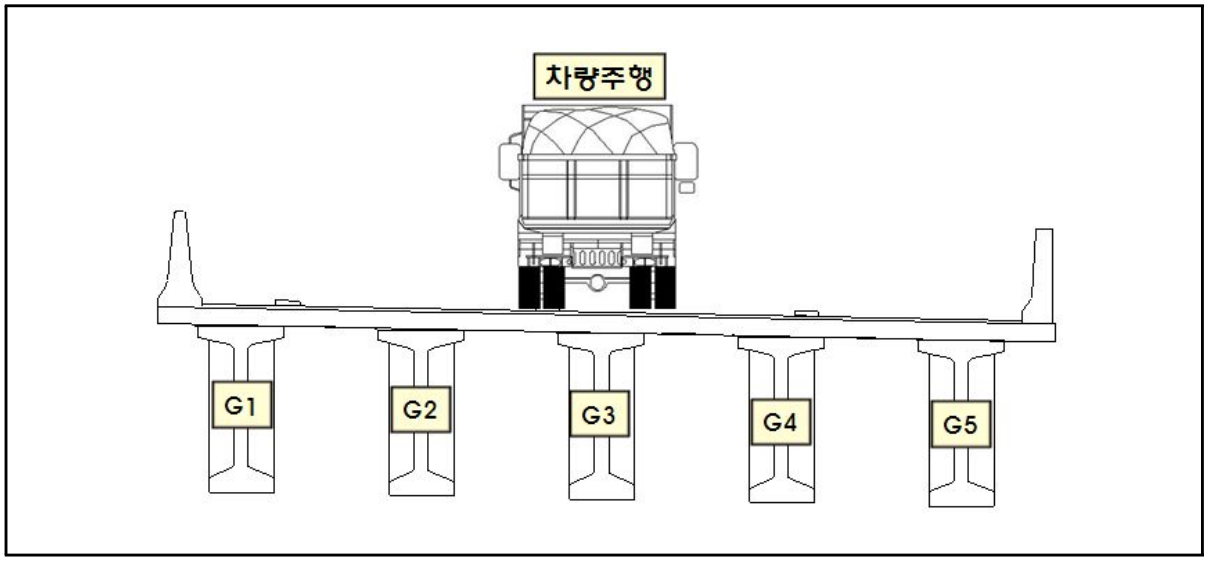
1.7.2 재하시험 결과

가. Load Case별 재하위치

정적 재하시험의 경우 약 27톤의 재하차량을 이용하여 L.C 1 ~ L.C 3까지 대상교량의 각 측점에 대한 최대응답을 얻고 대칭성을 가지도록 영천(A2)에서 상주(A1)방향으로 진행하며 시험차량을 재하하였다.



동적 재하시험의 경우 정적 재하시험과 동일한 차량을 이용하여 시속 10km/hr부터 시작하여 현장의 여건을 고려하여 시험차량의 최대속도까지 주행하도록 하여 동적시험을 실시하였으며, 주행방향은 영천(A2)에서 상주(A1)방향으로 진행하며 시험차량을 주행하였다.

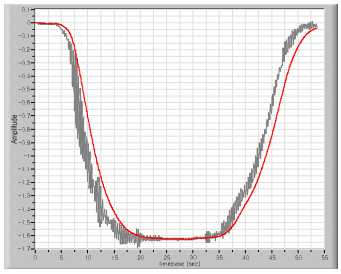
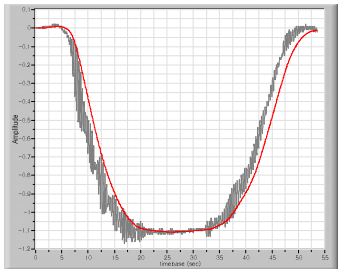
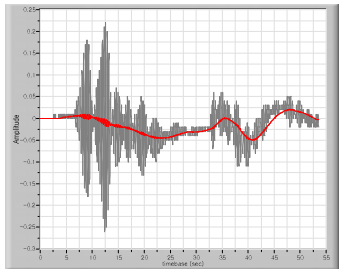
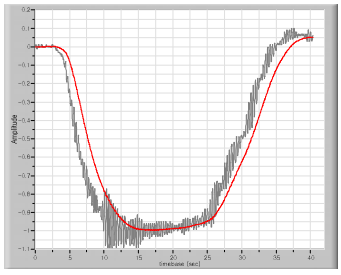
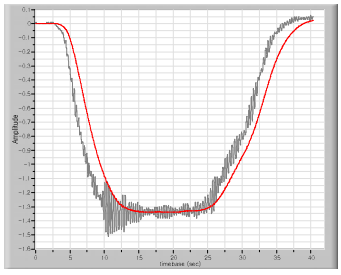
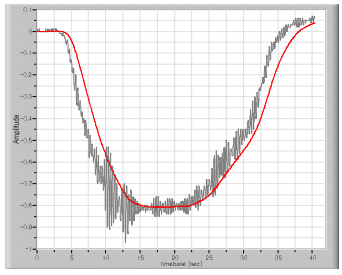
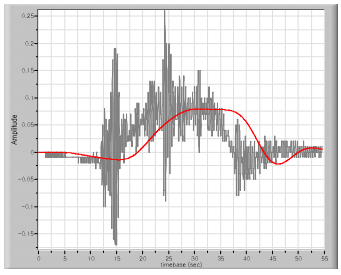
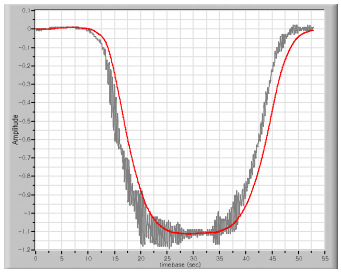
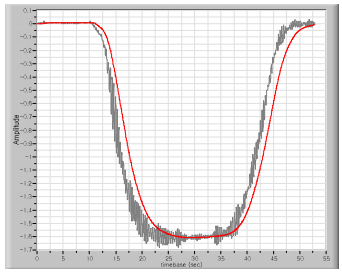


나. 정적 재하시험 결과

1) 처짐 측정결과

시험경간인 S4에 대한 처짐 측정결과, 하향처짐이 최소 -0.996mm, 최대 -1.627mm로 측정되었으며, 각 위치별 측정결과는 다음과 같다.

<표 1.7.3> 정적처짐(㎜) 측정결과

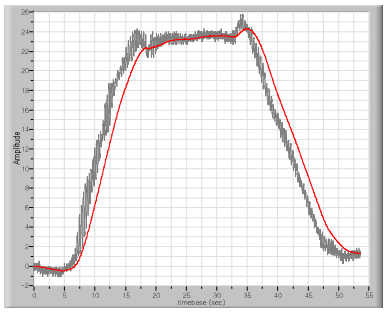
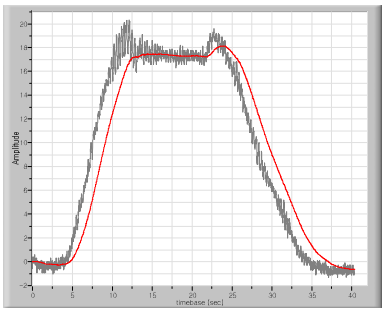
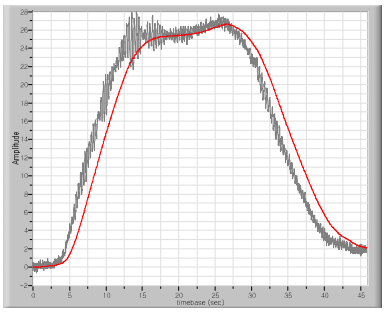
구 분	G1 DT1	G3 DT2	G5 DT3
L/C1	-1.627mm	-1.108mm	0.021mm
			
L/C2	-0.996mm	-1.339mm	-0.809mm
			
L/C3	0.080mm	-1.113mm	-1.608mm
			

2) 변형률 측정결과

시험경간인 S4에 대한 변형률 측정결과, 최대 26.012μm/m, 최소 1.733μm/m로 측정되었으며, 각 위치별 측정결과는 다음과 같다.

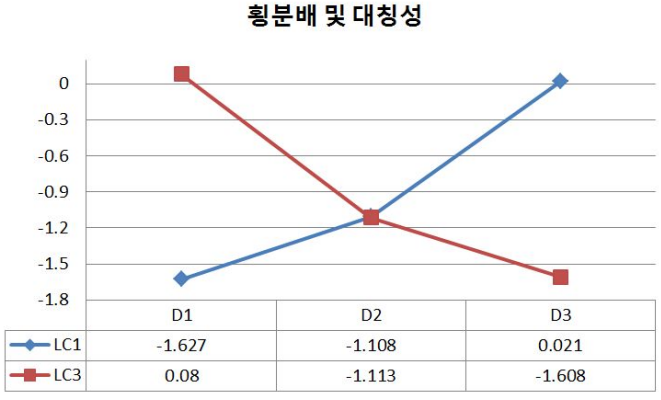
<표 1.7.4> 변형율(㎛/m) 측정결과

구 분	ST1(G1)	ST2(G3)	ST3(G5)
L.C 1	24.297	8.677	1.733
L.C 2	8.337	17.284	6.073
L.C 3	1.963	9.497	26.012

G1	G3	G5
ST1	ST2	ST3
24.297㎛/m	17.284㎛/m	26.012㎛/m
		

3) 대칭성 분석

대칭성이란 대칭구조의 교량부재에 하중을 재하하면 측정 결과는 대칭성을 보여주게 된다는 것이다. 즉, 현장에서 측정된 데이터를 이용하여 현 상태의 교량이 시공시 설계도면에 따라 시공이 되었는지의 검증유무 및 현 상태의 거동특성을 데이터의 대칭성의 분석을 통하여 판단할 수가 있다. 분석결과 전반적으로 양호한 거동을 하는 것으로 판단되며 서로 대칭인 재하경우에 대한 비교를 통하여 계측결과의 신빙성을 확인할 수 있었다.

L.C 1 vs L.C 3	

<그림 1.7.3> 처짐 대칭성 분석(단위:㎜)

다. 동적 재하시험 결과

1) 재하차량 주행 방향 및 속도

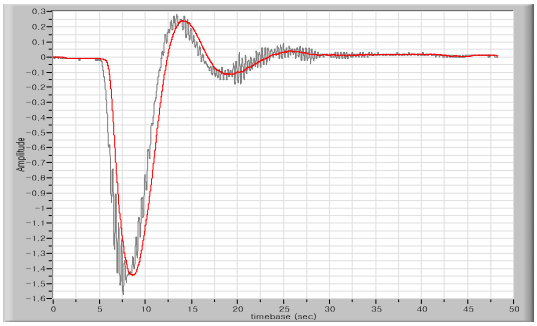
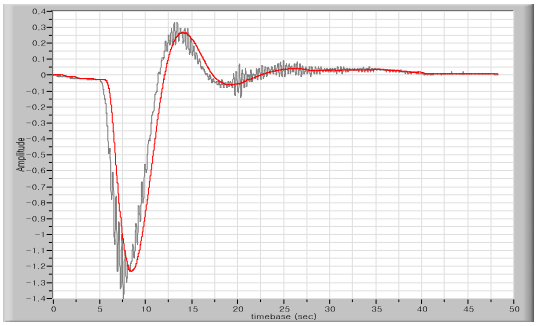
동적 재하시험시 재하차량의 주행 방향은 영천방향(A2)→상주방향(A1) 방향으로 주행토록 하였으며, 10km/hr에서 부터 주행 가능한 최대속도(45km/hr)까지 측정하였다.

2) 충격계수 산정결과 및 분석

<표 1.7.5> 동적 재하시험 주행속도별 처짐 및 충격계수 측정결과(㎜)

구 분	10km/hr	20km/hr	30km/hr	40km/hr	45km/hr
DT1	-1.097	-1.282	-1.225	-1.142	-1.440
DT2	-1.324	-1.283	-1.314	-1.359	-1.232
DT3	-0.791	-0.545	-0.593	-0.760	-0.320

구 분		10km/hr	20km/hr	30km/hr	40km/hr	45km/hr
DT1	D_{dyn}	0.410	0.320	0.500	0.590	0.280
	D_{sta}	0.385	0.290	0.451	0.279	0.250
	$D.L.F$	1.065	1.103	1.109	2.115	1.120
	i	0.065	0.103	0.109	1.115	0.120
DT2	D_{dyn}	0.440	0.350	0.500	0.490	0.330
	D_{sta}	0.402	0.318	0.453	0.441	0.290
	$D.L.F$	1.095	1.101	1.104	1.111	1.138
	i	0.095	0.101	0.104	0.111	0.138
DT3	D_{dyn}	0.380	0.310	0.450	0.400	0.410
	D_{sta}	0.366	0.282	0.403	0.357	0.365
	$D.L.F$	1.038	1.099	1.117	1.120	1.123
	i	0.038	0.099	0.117	0.120	0.123

<table>
<tr><td colspan="2">최대충격계수 분석그래프(45km/kr주행 시)</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>DT1</td><td>DT2</td></tr>
<tr><td>최대 충격계수
산정 결과</td><td colspan="2">◦주행시험에 의한 실측 최대 충격계수는 최대속도인 45km/hr 주행시 DT2에서 0.138으로 측정됨</td></tr>
</table>

교량의 노면상태 및 차량의 주행속도, 지간장, 고정하중과 활하중의 비, 구조적 특성 등 다양한 인자들에 의하여 정적하중보다 교량에 더 큰 영향을 줄 수 있는 활하중에 의한 충격영향 정도를 파악하기 위해 동적주행시험 시 측정된 처짐값을 이용하여 충격계수를 구하였다. 처짐값의 측정치가 작을 때는 노이즈의 영향이 크므로 차량 주행위치에 인접해 있는 처짐게이지를 사용해 충격계수를 산정하였으며, 실측 최대충격계수는 이론 충격계수 산정값 이내로 확인되었다.

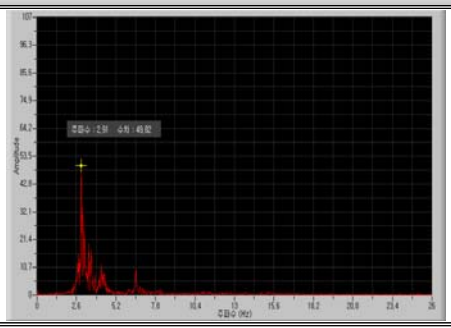
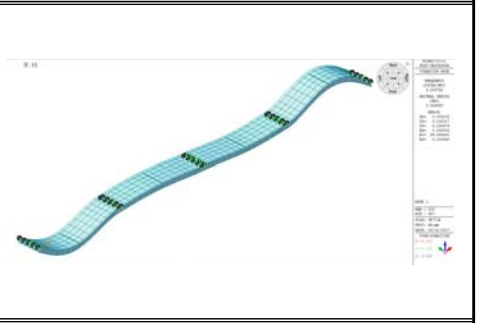
<표 1.7.6> 이론 충격계수(i)와의 비교

이론 충격계수 산정값	실측 충격계수 산정값	비 고
$i = \frac{15}{40 + L} = \frac{15}{40 + 45} = 0.176$	0.138	$i_{이론} > i_{실측}$ (0.176>0.138)

3) 고유진동수 분석

진동데이터의 스팩트럼 해석이란 불규칙한 진동파형을 Fourier 변환하여 시간영역의 데이터를 진동수 영역의 데이터로 바꾸고, 진동파형에 포함되어있는 진동수 성분의 강도(F.F.T)를 구하는 것을 말한다. 교량에 설치한 가속도계로부터 재하차량이 측정경간을 벗어나 영향을 주지않는 자유진동상태의 가속도 응답곡선을 F.F.T분석을 실시한 후 고유진동수를 구하였다. 구조물의 진동특성은 구조물의 질량과 강성에 관계되나 해석시 이상화된 해석모델과 달리 실제 구조물은 기하학적 형상이나 지지조건 및 부부재 등에 따라 매우 복잡한 진동을 하게 된다. 측정고유진동수 및 해석고유진동수를 비교한 결과 실제치와 이론치가 유사한 상태로서 구조물의 강성은 충분히 확보하고 있는 것으로 판단된다.

<표 1.7.7> 고유진동수 해석치와 실측치 비교

측정 고유진동수(Hz)			해석 고유진동수(Hz)
10km/hr	2.91		
20km/hr	2.91		
30km/hr	2.91		
40km/hr	2.91		
45km/hr	2.91		
2.910 Hz			3.033 Hz

1.7.3 재하시험 결과고찰

장기교는 영천방향에 재하시험을 실시하였으며, 교량형식은 IPC GIRDER교로서 시험경간 선정은 대상교량의 구조적 특성 및 차량통제 등을 고려하여 구조적으로 불리하고 Gauge 부착 및 측정장비의 설치, 시험차량의 가속거리 등의 현장여건을 종합적으로 고려하여 S4구간을 선정하였다.

정적재하시험 결과, 하향처짐이 최소 -0.996㎜, 최대 -1.627㎜로 측정되었으며, 변형률 측정결과, 최대 26.012μm/m, 최소 1.733μm/m로 측정되었다.

또한, 대칭성분석결과 전반적으로 양호한 거동을 하는 것으로 판단되며 서로 대칭인 재하경우에 대한 비교를 통하여 계측결과의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

동적 재하시험시 재하차량의 주행 방향은 영천방향(A2)→상주방향(A1)방향으로 주행토록 하였으며, 10㎞/hr에서 부터 주행 가능한 최대속도(45㎞/hr)까지 측정하였다. 동적재하시험 결과, 실측 최대충격계수는 이론 충격계수 산정값 이내로 확인되었으며, 측정고유진동수 및 해석고유진동수를 비교한 결과, 실제치와 이론치가 유사한 상태로서 구조물의 강성은 충분히 확보하고 있는 것으로 판단된다.

1.8 구조해석 및 내하력 평가

1.8.1 상주방향

상주방향은 영천방향과 형식 및 길이 등이 동일하여 재하시험을 수행하지 않은 관계로 구조해석 및 내하력 평가는 영천방향만 실시함.

1.8.2 영천방향

가. 개 요

1) 교량제원

① 교량형식 : INCREMENTALLY POST TENSIONING TYPE I.P.C GIRDER교

② 교량등급 : 도로교 1등급 (DB & DL-24)

③ 교량연장 : 45 + 45 = 90.000 m

④ 교량폭원 : B = 12.455 m

2) 단위중량

① 철근 콘크리트 : Wc1 = 2,500 kgf/㎥

② 무근 콘크리트 : Wc2 = 2,350 kgf/㎥

③ 노출 콘크리트 : Ws = 2,350 kgf/㎥

3) 재료의 물리상수

① 슬래브

㉠ 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 27 MPa

탄성계수 Ec = 25,500 MPa

㉡ 철 근 : 항복강도 fy = 400 MPa, 탄성계수 Ec = 200,000 MPa

② I.P.C 거더

㉠ 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 40 MPa

탄성계수 Ec = 29,300 MPa

㉡ 철 근 : 항복강도 fy = 300 MPa, 탄성계수 Ec = 200,000 MPa

③ PS강재 : SWPC 7B φ15.2 mm

인장강도 fpu = 1,900 MPa, 항복강도 fpy = 1,600 MP,

탄성계수 Ep = 200,000 MPa

4) 허용응력

구 분		항 목	산 식
슬래브 콘크리트		허용응력	·fck = 27.0 MPa
I.P.C	크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전	허용압축응력	·0.55 fci = 17.6 MPa
		허용인장응력	·fti = 1.4 MPa
	사용하중 상태	허용압축응력	·0.4 fck = 16 MPa
		허용인장응력	·0.5 √fck = 3.16 MPa
		허용 균열응력	·fcr = 0.63 x √fck = 3.98 MPa
PS 강재		인장강도	·fpu = 1900 MPa
		항복강도	·fpy = 1600 MPa
		Jack에 의한 최대긴장력	·0.90 fpy = 1440 MPa
		정착구에서의 응력	·0.7 fpu = 1330 MPa
		손실발생후 사용하중 상태에서의 응력	·0.8 fpy = 1280 MPa
		정착후 활동에 의한 손실구역 끝부분에서의 응력	·0.83 fpy = 1328 MPa

5) 검토방법

① 바닥판 : 강도 설계법

② I.P.C 거더 : 허용응력 설계법

6) 참고문헌

① 도로교 설계기준 - 한국도로교통협회

② 도로교 설계기준 해설편 - 대한 토목학회

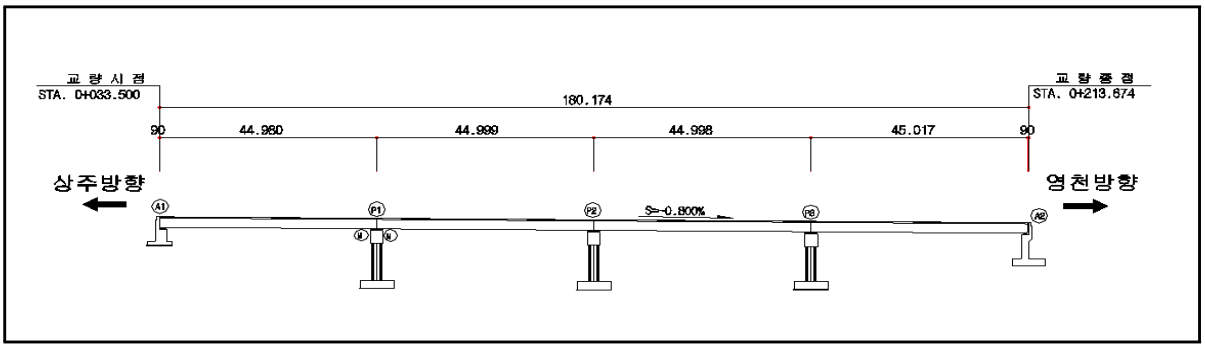
③ 구조 설계기준 - 콘크리트학회

④ 도로 설계요령 - 한국도로공사

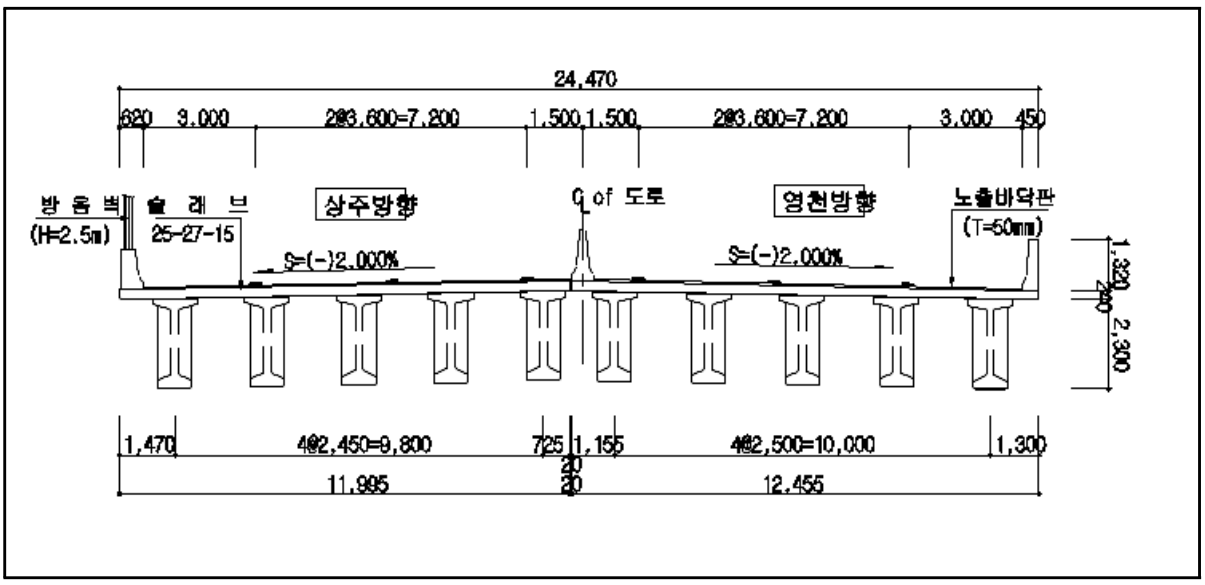
나. 구조해석

1) 검토단면

① 종단면도



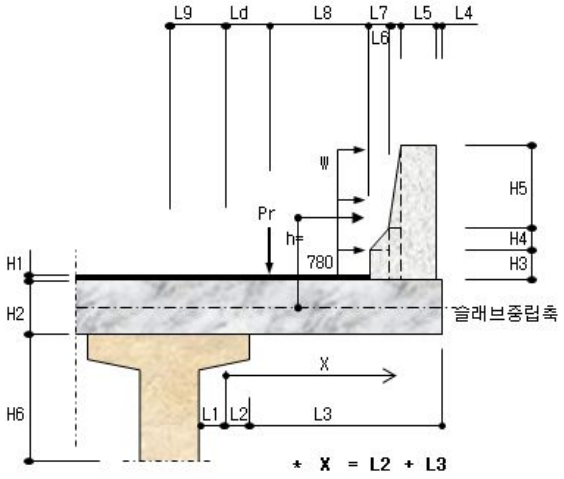
② 횡단면도



2) 바닥판 검토

① 캔틸레버(방호벽 G1측)

㉠ 고정하중



Pr	96 kN	L1	250 ㎜
V	100 Km/h	L2	250 ㎜
H1	50 ㎜	L3	700 ㎜
H2	240 ㎜	L4	30 ㎜
H3	175 ㎜	L5	230 ㎜
H4	175 ㎜	L6	70 ㎜
H5	970 ㎜	L7	120 ㎜
H6	2,300 ㎜	L8	300 ㎜
B	12,455 ㎜	L9	350 ㎜
		Ld	0.200 ㎜

No		작 용 하 중 (kN)		거리(m)	모멘트(kN·m)
방호벽	1	L5 x (H3 + H4 + H5) x Y_C	= 7.590	0.805	6.110
	2	L6 x (H3 + H4) x Y_C	= 0.613	0.655	0.401
	3	L7 x H3 x Y_C	= 0.525	0.560	0.294
	4	L6 x H5/2 x Y_C	= 0.849	0.667	0.566
	5	L7 x H4/2 x Y_C	= 0.263	0.580	0.152
슬래브		(L2 + L3) x H2 x Y_C	= 5.700	0.475	2.708
포장		(L8 + Ld) x H1 x Y_{ac}	= 0.588	0.250	0.147
계			16.126		10.378

∴ M_d= 16.126 x (10.378/16.126) = 10.385 kN·m

㉡ 활하중(DB-24 : Pr = 96 kN)

- 차량 하중 분포폭(E)

E = 0.8 · L + 1.14 = 0.8 x 0.2 + 1.14 = 1.30 m

- 충격계수(i)

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.2) = 0.373 > 0.3

∴ i = 0.300

$M_{1+i} = Pr \cdot L \cdot (1+i) / E$

$= 96.0 \times 0.2 \times (1 + 0.300) / 1.3 = 19.2$ kN·m

㉢ 충돌하중

- 작용높이 : 노면상(= 1.000 m)

$P_0 = (V/60)^2 \times 750 + 250 = 2.333$ tonf/m

$M_0 = 1.000 \times 2.333 \times 10 = 23.33$ kN·m

- 작용높이 : 방호벽 상단

(직선부 = 10 kN/m, 곡선부(R ≤ 200 m) = 20 kN/m)

$M_0 = 1{,}320 \times 10 = 13.20$ kN·m

∴ $M_0 = 23.33$ kN·m

㉣ 풍하중

$Pw = 3.00$ kN/m

$Mw = 3.00$ kN/m $\times 1.27$ m $\times 0.685$ m $= 2.61$ kN·m

㉤ 원심하중

보의 수	단일 지간	복수 지간
2	2 °	3 °
3 또는 4	3 °	4 °
5 이상	4 °	5 °

- 개단면 상부구조에서 중심각이 위의 표에서 주어진 중심각 보다 작은 지간에는 곡률의 영향을 무시할 수 있다.

- 중심각 : $(45.0 \times 180)/(0 \times \pi) = 0.000$ ° < 4 °

∴ 곡률의 영향 무시(0.K)

- 작용 높이 : H = 1.800 m

$CF = 0.790 \times V^2/R = 0.790 \times 100^2/0 = 0.000$ %

$P_{cf} = 96.0 \times 0.000/100 = 0.000$ kN

∴ $M_{cf} = 0.000 \times 1.800 = 0$ kN·m

ⓑ 하중조합 - 단면 검토시 (방호벽 G1측)

조합번호	고정하중	활하중	충돌하중	풍하중	원심하중	계수하중 (kN · m)	사용하중 (kN · m)
	10.385	19.200	23.330	2.610	0.000		
①	1.300	2.150	0.000	0.000	1.300	54.781	29.585
②	1.300	0.000	0.000	1.300	0.000	16.893	11.168
③	1.300	1.300	0.000	0.650	1.300	40.157	30.368
④	1.250	1.250	0.000	0.625	1.250	38.612	30.368
⑤	1.300	1.300	1.300	0.000	1.300	68.790	-
⑥	1.200	0.000	1.200	1.200	0.000	43.590	-

ⓢ 적용하중

구 분	계수하중(kN · m)	사용하중(kN · m)	비 고
적용하중 (kN · m)	68.790	30.368	-

ⓞ 단면 설계

설계기준강도	f_{ck} = 27 MPa	항 복 강 도	f_y = 400 MPa
설계 모멘트	M_u = 68.79 kN · m	강도 감소계수	ϕ_f = 0.85
부 재 높 이	H = 240 mm	부 재 폭	b = 1,000 mm
인 장 피 복	d' = 60 mm	유 효 높 이	d = 180 mm

ⓩ 설계모멘트강도(Md)검토

- 휨철근량 산정

$$a = \frac{A_S \cdot f_y}{0.85 \cdot f_{ck} \cdot b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

$$A_s = \frac{M_u}{\Phi \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

(1), (2)에 의해 요구철근량

$$Req.As = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{4M_U}{1.445 \cdot f_{ck} \cdot b}}}{\frac{2 \cdot f_y}{1.7 \cdot f_{ck} \cdot b}} = 1{,}193\ \text{㎟}$$

· 균형철근비(ρ_b) = $0.85 \cdot k_1 \cdot \frac{f_{ck}}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = 0.02926$

· 최대철근비(ρ_{max}) = 0.75 · ρ_b = 0.02195

· 최소철근비(ρ_{min}) = 1.4/f_y = 0.00350

· 최소철근량(As_{min}) = ρ_{min} x b x d = 630 ㎟

· 최소철근량(As_{min}) = $\frac{0.25 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_y} \cdot bd = 585\ \text{㎟}$

∴ 최소철근량(As_{min}) = 630 ㎟

· Req.As = 1,193 ㎟ > As_{min} = 630 ㎟

∴ 요구되는 철근량(Req.As) = 1,193 ㎟

· 사용철근량(UseAs) = H16@200 = 993 ㎟

= H13@200 = 634 ㎟

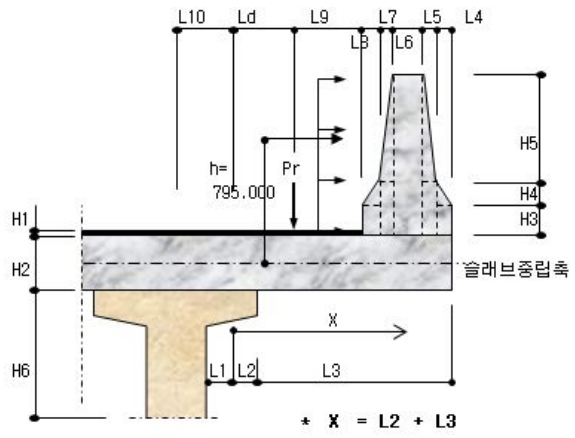
∴ 총 사용철근량(UseAs) = 1,627 ㎟ ····· O.K!!!

$\phi M_n = \phi \cdot As \cdot f_y \cdot (d - a/2)$ = 91.80 kN · m

∴ ϕM_n = 91.80 kN · m > M_u = 68.79 kN · m ····· O.K!!!

② 캔틸레버(중분대 G5측)

㉠ 고정하중



Pr	96 kN	L1	250 mm
V	100 Km/h	L2	250 mm
H1	50 mm	L3	555 mm
H2	240 mm	L4	125 mm
H3	155 mm	L5	105 mm
H4	175 mm	L6	150 mm
H5	1,020 mm	L7	105 mm
H6	2,300 mm	L8	125 mm
B	12,455 mm	L9	300 mm
Ld	- 0.105 mm	L10	350 mm

No		작 용 하 중 (kN)		거리(m)	모멘트(kN·m)
방호벽	1	L6 x (H3 + H4 + H5) x Y_C	= 4.759	0.500	2.380
	2	L5 x (H3 + H4) x Y_C	= 0.814	0.628	0.511
	3	L7 x (H3 + H4) x Y_C	= 0.814	0.373	0.303
	4	L4 x H3 x Y_C	= 0.455	0.743	0.338
	5	L8 x H3 x Y_C	= 0.455	0.258	0.117
	6	L5 x H5 / 2 x Y_C	= 1.258	0.610	0.767
	7	L7 x H5 / 2 x Y_C	= 1.258	0.390	0.491
	8	L4 x H4 / 2 x Y_C	= 0.257	0.722	0.185
	9	L8 x H4 / 2 x Y_C	= 0.257	0.278	0.072
슬래브		(L2 + L3) x H2 x Y_C	= 4.830	0.403	1.944
포장		(L9 + Ld) x H1 x Y_{ac}	= 0.229	0.098	0.022
계			15.386		7.130

∴ M_d= 15.386 x (7.130/15.386) = 7.124 kN·m

㉡ 활하중(DB-24 : Pr = 96 kN)

- 차량 하중 분포폭(E)

E = 0.8 · L + 1.14 = 0.8 x 0.000 + 1.14 = 1.140 m

- 충격계수(i)

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.000) = 0.375 > 0.3

∴ i = 0.300

M1+i = Pr · L · (1+i) / E = 96.0 x 0.000 x (1 + 0.300) / 1.140

= 0.000 kN · m

㉢ 충돌 하중

- 작용높이 : 노면상(= 1.000 m)

$P_0 = (V/60)^2$ x 750 + 250 = 2.333 tonf/m

M_0 = 1.000 x 2.333 x 10 = 23.33 kN · m

- 작용높이 : 중분대 상단

(직선부 = 10 kN/m, 곡선부(R ≤ 200 m) = 20 kN/m)

M_0 = 1,350 x 10 = 13.50 kN · m

∴ M_0 = 23.33 kN · m

㉣ 풍하중

Pw = 3.00 kN/m

Mw = 3.00 kN/m x 1.300 m x 0.795 = 3.101 kN · m

㉤ 원심하중

보의 수	단일 지간	복수 지간
2	2 °	3 °
3 또는 4	3 °	4 °
5 이상	4 °	5 °

- 개단면 상부구조에서 중심각이 위의 표에서 주어진 중심각 보다 작은 지간에는 곡률의 영향을 무시할 수 있다.

- 중심각 : (45.0 x 180)/(0.0 x π) = 0.000 ° < 4 °

∴ 곡률의 영향 무시(O.K)

- 작용 높이 : H = 1.800 m

$CF = 0.790 \times V^2/R = 0.790 \times 100^2/0 = 0.000$ %

$P_{cf} = 96.0 \times 0.000/100 = 0.000$ kN

$\therefore M_{cf} = 0.000 \times 1.800 = 0$ kN · m

㉱ 하중조합 - 단면 검토시 (방호벽 G1측)

조합번호	고정하중	활하중	충돌하중	풍하중	원심하중	계수하중 (kN · m)	사용하중 (kN · m)
	7.124	0.000	23.330	3.101	0.000		
①	1.300	2.150	0.000	0.000	1.300	9.261	7.124
②	1.300	0.000	0.000	1.300	0.000	13.292	8.054
③	1.300	1.300	0.000	0.650	1.300	11.277	8.054
④	1.250	1.250	0.000	0.625	1.250	10.843	8.054
⑤	1.300	1.300	1.300	0.000	1.300	39.590	-
⑥	1.200	0.000	1.200	1.200	0.000	40.265	-

㉲ 적용하중

구 분	계수하중(kN · m)	사용하중(kN · m)	비 고
적용하중 (kN · m)	40.265	8.054	

㉳ 단면설계

설계기준강도	f_{ck} = 27 MPa	항 복 강 도	f_y = 400 MPa
설계 모멘트	M_u = 40.265 kN · m	강도 감소계수	ϕ_f = 0.85
부 재 높 이	H = 240 mm	부 재 폭	b = 1,000 mm
인 장 피 복	d' = 60 mm	유 효 높 이	d = 180 mm

㉴ 설계모멘트강도(Md)검토

- 휨철근량 산정

$$a = \frac{A_S \cdot f_y}{0.85 \cdot f_{ck} \cdot b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

$$A_s = \frac{M_u}{\Phi \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

(1), (2)에 의해 요구철근량

$$Req.As = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{4M_U}{1.445 \cdot f_{ck} \cdot b}}}{\frac{2 \cdot f_y}{1.7 \cdot f_{ck} \cdot b}} = 1{,}193\ \text{㎟}$$

· 균형철근비(ρ_b) = $0.85 \cdot k_1 \cdot \frac{f_{ck}}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = 0.02926$

· 최대철근비(ρ_{max}) = 0.75 · ρ_b = 0.02195

· 최소철근비(ρ_{min}) = 1.4/f_y = 0.00350

· 최소철근량(As_{min}) = ρ_{min} x b x d = 630 ㎟

· 최소철근량(As_{min}) = $\frac{0.25 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_y} \cdot bd = 585\ \text{㎟}$

∴ 최소철근량(As_{min}) = 630 ㎟

· Req.As = 1,193 ㎟ > As_{min} = 630 ㎟

∴ 요구되는 철근량(Req.As) = 1,193 ㎟

· 사용철근량(UseAs) = H16@200 = 993 ㎟

= H13@200 = 634 ㎟

∴ 총 사용철근량(UseAs) = 1,627 ㎟ ····· O.K!!!

$\phi M_n = \phi \cdot As \cdot f_y \cdot (d - a/2) = 91.80$ kN · m

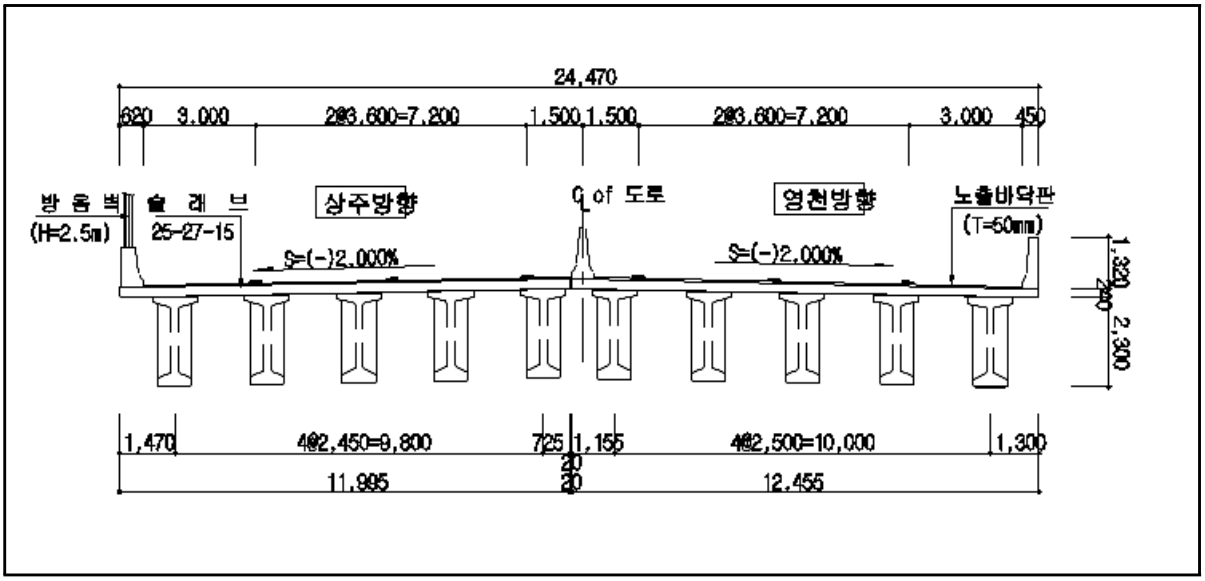
∴ $\phi M_n = 91.80$ kN · m > $M_u = 68.79$ kN · m ····· O.K!!!

③ 구조검토 결과

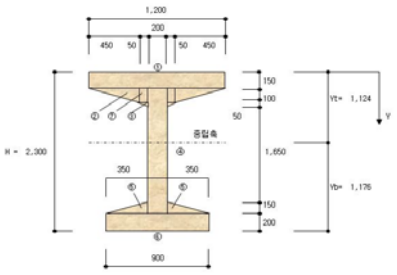
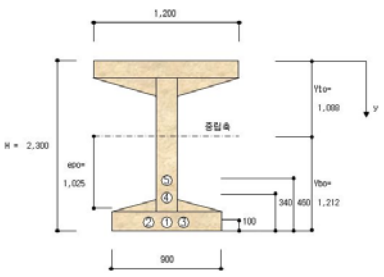
장기교(영천방향) 바닥판에 대하여 구조검토를 실시한 결과, 설계 휨강도가 소요 휨강도보다 크게 산출되어 바닥판은 구조적으로 안전성이 확보되어 있는 것으로 평가되었다.

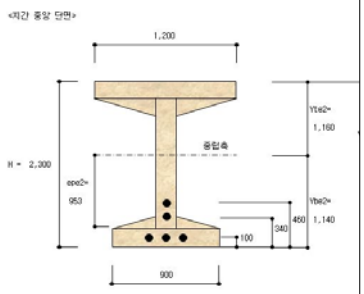
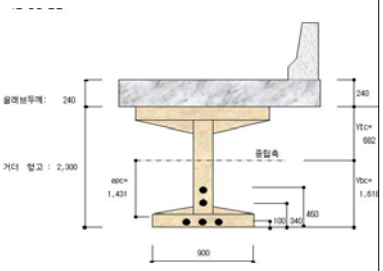
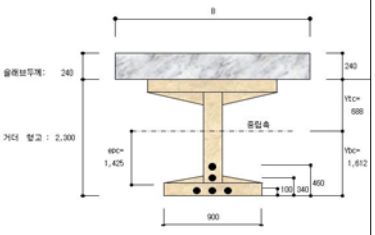
3) 주형 검토

본 검토 대상구조물인 장기교(영천방향)는 I.P.C Girder로서, 5개의 Girder로 구성되어 있고, 실시설계 시 검토한 구조계산서에 근거하여 단면력 산출 및 응력검토 결과를 반영하였다.



① 단면특성

구분	단면	A (mm^2)	A.Y (mm^3)	$A.Y^2$ (mm^4)	Io (mm^4)
전단면		860,000	966,777,550	1,588,522,727,500	124,618,055,555
순단면		829,856	903,083,228	1,453,996,730,764	124,605,997,955

구분		단면	A (mm^2)	A.Y (mm^3)	A.Y^2 (mm^4)	Io (mm^4)
PS강선	환산단면		892,379	1,035,194,327	1,733,087,482,951	124,931,758,416
슬래브환산단면	외측		1,424,819	971,301,527	1,740,754,618,951	127,487,470,416
	내측		1,414,379	972,554,327	1,740,604,282,951	127,437,358,416

② 하중 단계별 응력집계 및 합성표

㉠ 응력집계 - 내측거더

구 분	하중 단계		응 력(MPa)					
			합성 단면		합성 단면			
			거 더		바닥판		거 더	
			상연	하연	상연	하연	상연	하연
중앙부 (L1거더, L2거더)	부재의 자중		9.70	-10.81	-	-	9.70	-10.81
	1차 긴장응력	초기	-6.12	27.06	-	-	-	-
		유효	-	-	-	-	(-5.7)	(25.1)
	바닥판의 자중		8.07	-8.08	-	-	8.07	-8.08
	시공 도중 긴장력의 감소		-	-	0.24	0.09	0.10	-1.62
	2차 긴장응력	초기	-	-	-0.43	0.02	0.02	5.05
		유효	-	-	(-0.4)	(0.0)	(0.0)	(4.3)
	2차 긴장시 1차응력 손실량		-	-	0.07	0.02	0.03	-0.50
	2차 모멘트		-	-	0.29	0.21	0.25	-0.58
	추가 고정하중		-	-	0.48	0.36	0.41	-0.97
	최종 긴장력 감소		-	-	0.31	0.09	0.10	-2.37
	활하중		-	-	1.72	1.28	1.47	-3.44
지점부 (교각부)	부재의 자중		-	-	-	-	-	-
	1차 긴장응력	초기	-	-	-	-	-	-
		유효	-	-	-	-	-	-
	바닥판의 자중		-	-	-	-	-	-
	시공 도중 긴장력의 감소		-	-	-	-	-	-
	2차 긴장응력	초기	-	-	1.31	1.16	1.16	-0.24
		유효	-	-	(1.1)	(1.0)	(1.0)	(-0.2)
	2차 모멘트		-	-	0.55	0.43	0.43	-0.73
	추가 고정하중		-	-	-0.47	-0.37	-0.37	0.63
	최종 긴장력 감소		-	-	-0.24	-0.21	-0.21	0.04
	활하중		-	-	-1.87	-1.46	-1.46	2.50

㉡ 응력집계 - 외측거더

구 분	하중 단계		응 력(MPa)					
			합성 단면		합성 단면			
			거 더		바닥판		거 더	
			상연	하연	상연	하연	상연	하연
중앙부 (L1거더, L2거더)	부재의 자중		9.70	-10.81	-	-	9.70	-10.81
	1차 긴장응력	초기	-6.12	27.06	-	-	-	-
		유효	-	-	-	-	(-5.7)	(25.1)
	바닥판의 자중		8.06	-8.07	-	-	8.06	-8.07
	시공 도중 긴장력의 감소		-	-	0.24	0.09	0.10	-1.62
	2차 긴장응력	초기	-	-	-0.43	0.02	0.03	5.05
		유효	-	-	(-0.4)	(0.0)	(0.0)	(4.3)
	2차 긴장시 1차응력 손실량		-	-	0.07	0.02	0.03	-0.49
	2차 모멘트		-	-	0.29	0.21	0.24	-0.58
	추가 고정하중		-	-	0.45	0.33	0.38	-0.90
	최종 긴장력 감소		-	-	0.31	0.08	0.10	-2.36
	활하중		-	-	2.03	1.50	1.73	-4.09
지점부 (교각부)	부재의 자중		-	-	-	-	-	-
	1차 긴장응력	초기	-	-	-	-	-	-
		유효	-	-	-	-	-	-
	바닥판의 자중		-	-	-	-	-	-
	시공 도중 긴장력의 감소		-	-	-	-	-	-
	2차 긴장응력	초기	-	-	1.29	1.15	1.15	-0.23
		유효	-	-	(1.1)	(1.0)	(1.0)	(-0.2)
	2차 모멘트		-	-	0.54	0.42	0.42	-0.73
	추가 고정하중		-	-	-0.61	-0.48	-0.48	0.82
	최종 긴장력 감소		-	-	-0.23	-0.21	-0.21	0.04
	활하중		-	-	-2.29	-1.79	-1.79	3.08

㉢ 응력 합성 - 내측거더

구 분	하중 단계	응 력(MPa)					
		합성 단면		합성 단면			
		거 더		바닥판		거 더	
		상연	하연	상연	하연	상연	하연
중앙부 (L1거더, L2거더)	1차 긴장시	3.58	16.25	-	-	-	-
		0.K	0.K	-	-	-	-
	바닥판 타설시	11.65	8.17	-	-	-	-
		0.K	0.K	-	-	-	-
	바닥판 경화 후	-	-	0.24	0.09	11.75	6.55
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	2차 긴장력 도입 후	-	-	0.17	0.34	12.05	10.52
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	방호벽, 포장, 연석 등	-	-	0.65	0.70	12.46	9.55
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	최종 감소 손실 발생 후	-	-	0.96	0.79	12.56	7.18
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	활하중 작용시	-	-	2.68	2.07	14.03	3.74
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	허용 응력	인장	압축	인장	압축	압축	인장
		-1.4	17.6	-2.6	10.8	16.0	-3.2
지점부 (교각부)	1차 긴장시	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-
	바닥판 타설시	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-
	바닥판 경화 후	-	-	-	-	-	-
	2차 긴장력 도입 후	-	-	1.86	1.59	1.59	-0.97
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	방호벽, 포장, 연석 등	-	-	1.39	1.22	1.22	-0.34
		-	--	0.K	0.K	0.K	0.K
	최종 감소 손실 발생 후	-	-	1.15	1.01	1.01	-0.30
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	활하중 작용시	-	-	-0.72	-0.45	-0.45	2.20
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	허용 응력	인장	압축	인장	압축	압축	인장
		-1.40	17.60	-2.60	10.80	10.80	-2.60

ⓔ 응력 합성 - 외측거더

구 분	하중 단계	응 력(MPa)					
		합성 단면		합성 단면			
		거 더		바닥판		거 더	
		상연	하연	상연	하연	상연	하연
중앙부 (L1거더, L2거더)	1차 긴장시	3.58	16.25	-	-	-	-
		0.K	0.K	-	-	-	-
	바닥판 타설시	11.64	8.18	-	-	-	-
		0.K	0.K	-	-	-	-
	바닥판 경화 후	-	-	0.24	0.09	11.74	6.56
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	2차 긴장력 도입 후	-	-	0.17	0.34	12.04	10.54
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	방호벽, 포장, 연석 등	-	-	0.62	0.67	12.42	9.64
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	최종 감소 손실 발생 후	-	-	0.93	0.75	12.52	7.28
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	활하중 작용시	-	-	2.96	2.25	14.25	3.19
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	허용 응력	인장	압축	인장	압축	압축	인장
		-1.4	17.6	-2.6	10.8	16.0	-3.2
지점부 (교각부)	1차 긴장시	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-
	바닥판 타설시	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-
	바닥판 경화 후	-	-	-	-	-	-
	2차 긴장력 도입 후	-	-	1.83	1.57	1.57	-0.96
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	방호벽, 포장, 연석 등	-	-	1.22	1.09	1.09	-0.14
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	최종 감소 손실 발생 후	-	-	0.99	0.88	0.88	-0.10
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	활하중 작용시	-	-	-1.30	-0.91	-0.91	2.98
		-	-	0.K	0.K	0.K	0.K
	허용 응력	인장	압축	인장	압축	압축	인장
		-1.40	17.60	-2.60	10.80	10.80	-2.60

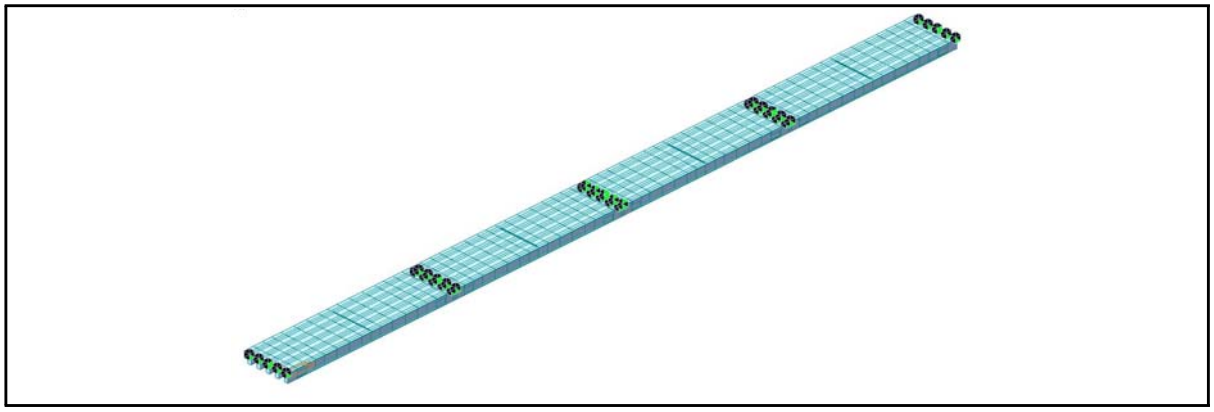
③ 합성응력의 검토

본 과업 대상교량의 구조해석은 프리스트레스 도입직후와 모든 손실이 발생된 고정하중 및 활하중, 그리고 프리스트레스 하중에 의해 발생되는 응력을 단계별로 도출하였다.

이와 같이 도출된 응력을 프리스트레스 도입직후와 설계하중 작용시로 구분하여 각각의 허용치와 비교하여 다음의 표에 나태내었고, 그 결과 본 교량은 내·외측빔 모두 설계하중에 대한 안전성을 확보하는 것으로 검토되었다.

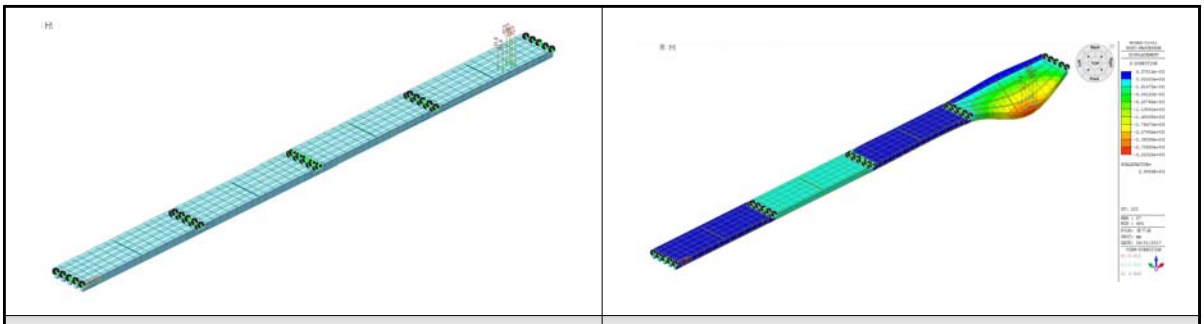
4) 시험차량에 의한 처짐해석

시험차량에 의한 구조해석은 이론적인 계산 처짐값과 현장 재하시험에서 측정된 실측 처짐값을 비교하여 응답비를 산출하기 위해 범용 프로그램인 MIDAS/Civil을 이용하여 모델링을 하였으며, 각각의 LOAD CASE별 처짐치와 실측치를 비교하였다.



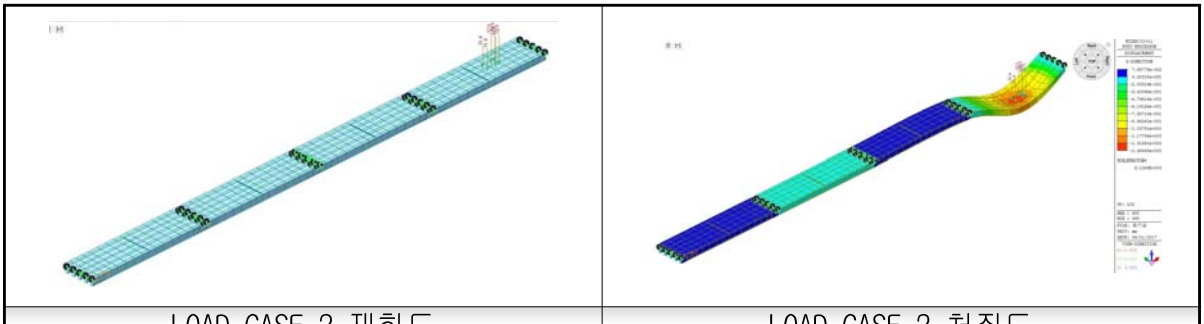
① CASE별 하중 재하도 및 처짐도

㉠ LOAD CASE 1



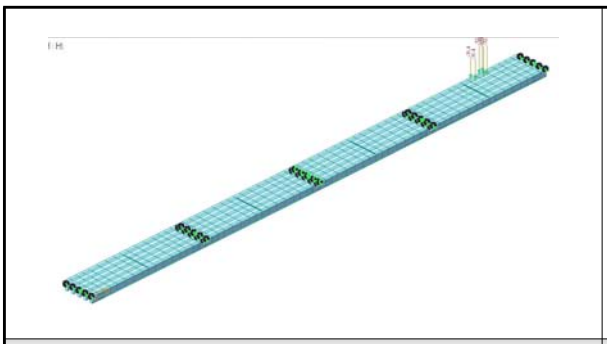
LOAD CASE 1 재하도	LOAD CASE 1 처짐도

㉡ LOAD CASE 2

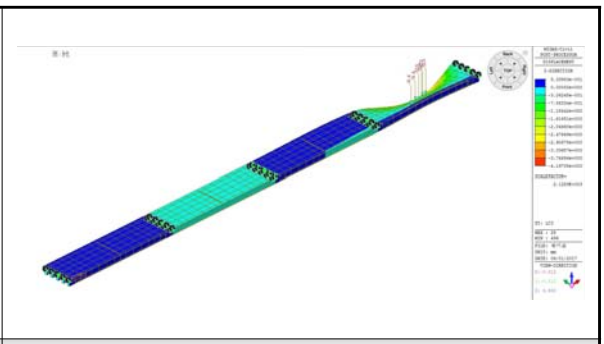


LOAD CASE 2 재하도	LOAD CASE 2 처짐도

㉢ LOAD CASE 3



LOAD CASE 3 재하도



LOAD CASE 3 처짐도

② Load Case별 응력보정계수 산정

재하시험 결과로부터 산출한 실측 및 이론적인 응력 값의 관계 및 실측 처짐과 재하 경우별 구조해석에 의한 이론적인 처짐의 관계를 비교하여 응답비를 산출하였다.

구 분 (mm)			DT1	DT2	DT3
S4	Load Case 1	실측치	-1.627	-1.108	0.021
		이론치	-2.917	-1.140	0.038
		응답비	1.793	1.029	1.810
	Load Case 2	실측치	-0.996	-1.339	-0.809
		이론치	-1.120	-1.456	-1.179
		응답비	1.124	1.087	1.457
	Load Case 3	실측치	0.080	-1.113	-1.608
		이론치	0.097	-1.585	-2.877
		응답비	1.213	1.424	1.789

㉡ 응력보정계수

내하력 평가시 응력보정계수 적용은 재하시험 차량의 후륜축과 동일한 위치에서의 이론적인 처짐 값과 실측된 처짐 값이 실제 거동과 유사한 지점에서의 응답비를 적용하였으며, 응답비 및 충격계수를 고려한 처짐 보정계수(Ks)를 적용하였다. 응력보정계수는 변형률의 실측치와 계산치로 구하는 것이 일반적이지만, 처짐에 비해 변형률의 측정값에 포함된 오차가 크며, 여러 가지 요인에 의하여 국부적인 응력의 변동이 크게 발행하는 경우가 있으므로 교량의 전반적인 거동을 나타내는 처짐으로 구할 수도 있다.

본 과업에 해당되는 교량의 경우 변형률 측정결과에 비해 처짐의 측정결과가 신뢰성이 높은 것으로 판단되어 처짐으로 응답보정계수(KS)를 구하였으며, 하중 CASE에 따른 응답비중 최소값을 적용하였다.

○ K_s : 응력보정계수 $= \frac{\delta_{계산}(\epsilon_{계산})}{\delta_{실측}(\epsilon_{실측})} \cdot \frac{1+i(계산)}{1+i(실측)}$

$$= 1.029 \times \frac{1+0.176}{1+0.138} = 1.063$$

다. 내하력 평가

1) 허용응력법에 의한 내하력 평가

① 내하율 평가

허용 응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정시에 하중조합으로는 D+L(1+i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.0이 된다. 사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따라 항복응력, 콘크리트의 경우 실제 압축강도를 사용하여 도로교 표준시방서 규정에 의거 부재종류에 따라 결정한다.

허용 응력법에 의한 교량부재의 내하율은 다음 식으로 계산한다.

$$\cdot\ RF = \frac{f_a - f_d}{f_l(1+i)}$$

여기서, f_a = 재료의 허용응력

f_d = 설계 사하중 응력(활하중 이외의 응력)

f_l = 설계 활하중 응력

i = 실측 충격계수

구 분		f_a	f_{pe}	f_d	$f_l(1+i)$	$R.F$
외측 주형	상연	16.0	-5.70	12.42	1.73	5.360
	하연	-3.2	29.4	-19.78	-4.09	3.134
내측 주형	상연	16.0	-5.7	12.46	1.470	6.285
	하연	-3.2	29.4	-19.86	-3.440	3.703

② 기본 내하력 산정

$$P_o = R.F \times P_r$$

여기서, Pr : 설계하중

구 분		내하율	설계하중	기본내하력
외측 주형	상연	5.360	DB-24	설계하중 이상
	하연	3.134	DB-24	설계하중 이상
내측 주형	상연	6.285	DB-24	설계하중 이상
	하연	3.703	DB-24	설계하중 이상

③ 공용 내하력 산정

$$P = P_o \times K_s$$

여기서, $K_s = \frac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \times \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

구 분		내하율	응력보정계수(K_s)	기본내하력 (=24 x RF)	공용내하력
외측 주형	상연	5.360	1.063	128.6	DB-24이상
	하연	3.134		75.2	
내측 주형	상연	6.285		150.8	
	하연	3.703		88.8	

2) 강도설계법에 의한 내하력 평가

① 내하율 평가

강도 설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시 하중조합으로는 1.3D + 2.15L (1.0 + i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15가 된다. 단면강도는 단면의 현재 상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교 표준시방서의 공칭강도와 강도감소계수에 따라 계산한다. 사하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 적용하고 있는 사하중과 현행 도로교 표준시방서의 설계 활하중(DB 또는 DL 하중)을 사용하여 구조해석을 수행한 후 구한다.

강도 설계법에 의한 내하율은 다음과 같다.

- $P = P_r \times R.F \times K_s$, P_r = 설계하중
- $R.F = \dfrac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l}$

여기서, ϕ = 강도 감소계수(= 0.85)

γ_d = 사하중 계수(= 1.3)

γ_l = 활하중 계수(= 2.15)

M_n = 공칭 모멘트

M_d = 사하중 모멘트

M_l = 활하중 모멘트(실측 충격계수 고려)

구 분	ϕM_n	M_d	$M_l(1+i)$	$R.F$
캔틸레버부(G1측)	91.80	10.385	19.20	1.898

② 기본 내하력 산정

구 분	내하율	설계하중	기본내하력
캔틸레버부(G1측)	1.898	DB-24	설계하중 이상

3) 내하력 평가결과

구 분			내하율	응답보정계수	기본내하력	공용내하력
주형	외측 주형	상연	5.360	1.063	DB-24이상	DB-24이상
		하연	3.134			
	내측 주형	상연	6.285			
		하연	3.703			
바닥판	캔틸레버부(G1측)		1.898	-	DB-24이상	-

내하력 평가 결 과	장기교(영천방향)에 대한 허용응력 설계법에 의한 주형 부재의 공용 내하력을 산정한 결과, 주형 모두 DB-24 이상으로 통과하중에 대한 여유를 확보하고 있는 것으로 산출되었으며, 강도 설계법에 의한 바닥판의 내하력 평가도 설계하중인 DB-24 이상으로 통과하중에 대한 여유를 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

4) 안전성 평가

구조물의 안전성 평가는 주요 구조부재의 정밀육안검사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력설계법, 콘크리트교는 강도설계법으로 설계되고 있다. 안전성검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 한다.

① 안전성평가 기준

등급	안전성평가 기준	비 고
A	SF > 1.0	· 허용응력 설계법 SF(안전율) = 허용응력 / 발생응력 = $\frac{fa}{f_{d+l}}$ · 강도설계법 SF(안전율) = 설계강도 / 소요강도 = $\frac{\Phi Mn}{Mu}$
B	0.9 ≤ SF < 1 이나, 공용내하력이 설계하중보다 크게 평가된 경우	
C	0.9 ≤ SF <1	
D	0.75 ≤ SF < 0.9	
E	SF < 0.75	

※ 안전성평가등급은 통합시설물까지는 소문자(a, b, c, d)로 표기하고 전체 시설물에 대해서만 (A, B, C, D, E)로 표기함.

② 안전성평가 결과

㉠ 주형

구 분		fa(허용응력) (MPa)	fs(발생응력) (MPa)	최소 안전율(SF)	안전성 평가등급
외측 주형	상연	16.000	14.25	1.122	A
	하연	16.000	3.19	5.015	A
내측 주형	상연	16.000	14.03	1.140	A
	하연	16.000	3.74	4.278	A
평 가 결 과					
·장기교(영천방향)에 대한 안전성평가 결과 주형의 안전율(SF)이 1.0이상으로서 구조적으로 안전한 것으로 평가되었다.					

㉡ 바닥판

구 분	ΦMn(설계강도) (kN·m)	Mu(소요강도) (kN·m)	최소 안전율(SF)	안전성 평가등급
캔틸레버부(G1측)	91.80	68.79	1.334	A
캔틸레버부(G5측)	57.85	40.85	1.416	A
평 가 결 과				
·장기교(영천방향)에 대한 안전성평가 결과 바닥판의 안전율(SF)이 1.0이상으로서 구조적으로 안전한 것으로 평가되었다.				

1.9 종합평가 및 안전등급 지정

1.9.1 종합평가

종합평가 등급은 외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정 한다.

종합평가등급 = Min(상태평가등급, 안전성평가등급)

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.121	A	
안전성 평가	1.122	A	최소안전율
종합평가	-	A	
종합평가 결과	교량의 종합평가 결과 “A"		

1.9.2 안전등급

장기교에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

안전등급	시설물의 상태
A(우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B(양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C(보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D(미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E(불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

1.10 보수·보강 및 유지관리 방안

1.10.1 보수 방안

가. 상주방향

<표 1.10.1> 보수 방안(상주방향)

구 분	손상내용	단위	손상수량 (개소/수량)	보수수량 (개소/수량)	미보수수량 (개소/수량)	보수공법
방호벽 및 중분대	균열(0.3㎜ 미만)	m	2 / 0.1	2 / 0.1	0 / 0	주입보수
교각	균열(0.3㎜ 미만)	m	13 / 8.1	0 / 0	13 / 8.1	표면처리
	파손	㎡	1 / 0.01	0 / 0	1 / 0.01	단면복구

나. 영천방향

<표 1.10.2> 보수 방안(영천방향)

구 분	손상내용	단위	손상수량 (개소/수량)	보수수량 (개소/수량)	미보수수량 (개소/수량)	보수공법
방호벽 및 중분대	균열(0.3㎜ 미만)	m	21 / 35.2	21 / 35.2	0 / 0	주입보수
	균열(0.3㎜ 이상)	m	2 / 3.0	2 / 3.0	0 / 0	주입보수
가로보	가로보 공그		1 / 0.06	0 / 0	1 / 0.06	단면복구
교각	균열(0.3㎜ 미만)	m	17 / 11.8	0 / 0	17 / 11.8	표면처리
	균열(0.3㎜ 이상)	m	2 / 1.7	0 / 0	2 / 1.7	주입보수
	파손	㎡	1 / 0.1	0 / 0	1 / 0.1	단면복구

1.10.2 유지관리 방안

이 장에서 언급하는 내용은 본 교량에서 외관조사 결과 조사된 결함에 대해 보수·보강을 실시한 부재나 결함의 진전여부와 발생유무를 주기적으로 관찰함으로 후에 더 크게 발전할 가능성이 있는 결함부위에 대한 원인을 분석하여 사전에 예방하자는 유지관리차원에서 중점적으로 점검하여야 할 사항들이다.

가. 부재별 점검 사항

<표 1.10.1> 각 부재별 점검 사항

구 분	주 요 점 검 사 항
교면포장	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
	·주요 점검항목 - 공통 : 균열, 함몰, 단차 및 요철, 블리딩, 마모 - 신축이음 전후, 구조물 경계부 : 단차, 파손
배수시설	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
	·주요 점검항목 - 배수구 : 그레이팅 파손, 오물퇴적, 막힘 - 배수관 : 부식 및 파손, 연결부 상태불량, 탈락
난간 및 연석	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
	·주요 점검항목 - 외부충격에 의한 변형· 파손 발생 여부, 균열 및 망상균열의 발생 여부
바닥판	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
	·주요 점검항목 - 균열, 박리, 박락 및 철근노출, 재료분리, 누수 및 백태 등 발생 여부
거더 및 가로보	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
	·주요 점검항목 - 박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출 및 백태, 복부 사인장 균열, 휨균열 등

<표 1.10.1> 각 부재별 점검사항(계속)

구 분		주 요 점 검 사 항
교량받침		·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
		·주요 점검항목 - 분리형 고무받침의 특성상 교량의 거동에 따라 발생할 수 있는 고무재의 들뜸, 밀림등의 손상발생 여부 확인 - 가동받침의 편기사항, 가동받침 전·후방의 가동장애 요소, 받침과 거더의 밀착상태. - 받침몰탈 : 앵커볼트 파손, 절단, 받침몰탈 파손 여부 등
신축이음		·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
		·주요 점검항목 - 본체 : 본체유동 및 파손 발생 여부, 유간부족 및 유간과다, 유간 오물퇴적, 방수재(Seal재) 손상으로 인한 누수 - 후타재 : 경계부 단차 발생 여부, 충격에 의한 후타재 균열·파손 발생 여부
하부구조	교 대	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
		·주요 점검항목 - 공통 : 교대 회전(기울음), 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태 - 두부 : 두부 물고임, 두부와 흉벽 경계부 균열, 거더와 흉벽 신축유간 부족 - 벽체 : 수직균열 및 침하, 구체와 날개벽 분리
	교 각	·콘크리트 건조수축 및 온도변화에 의한 균열이 조사되어 구조물의 내구성 확보차원에서 보수가 필요하며 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
		·주요 점검항목 - 공통 : 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태 - 두부 : 받침부 하부 균열 및 파손, 체수 발생 영부 - 구체 : 시공이음부 균열, 이동 또는 기울음, 수면접촉부 침식
	기 초	`·기초부는 지반에 묻혀있어 확인 불가능하며, 일부 구간이 하천구간으로 기초지반에 대해서는 정기점검시 지반의 변화여부에 대한 지속적인 관찰 실시.

1.11 종합결론

1) 본 대상구조물은 경상북도 군위군 효령면 장기리 1045-1에 위치한 총 폭원 24.47m(상주방향:12.32m, 영천방향:12.15m), 총연장 180.0m(4@45.0m)의 IPC Girder 형식으로서 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당되며, 각 부재에 대한 정밀 외관조사 및 재료시험, 재하시험, 구조해석 등을 실시하였다.

2) 외관 조사 결과, 콘크리트의 상태는 전반적으로 양호한 상태이나. 중분대 및 방호벽, 가로보 공극, 교각 일부구간에 건조수축에 의한 균열 및 파손 등이 조사되었다. 이 구간에 대하여 내구성 확보차원에서 보수가 필요할 것으로 판단된다.

- 중분대 및 방호벽은 점검후 지적된 사항에 대한 보수를 완료하였다.

3) 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안정성은 양호한 것으로 판단된다.

4) 점검대상 교량인 장기교에 대하여 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침”에 의거 현재 교량의 상태를 판단한 결과, 교량의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태이며, 재하시험 결과를 반영하여 내하력을 평가한 결과 설계하중인 DB-24 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

5) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 장기교는 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다

6) 향후 교량의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

제 2 장 금 매 교

2.1 시설물 현황

2.2 외관조사

2.3 교량받침 조사

2.4 신축이음장치 유간 조사

2.5 재료시험

2.6 시설물의 상태평가

2.7 재하시험

2.8 구조해석 및 내하력 평가

2.9 종합평가 및 안전등급 지정

2.10 보수·보강 및 유지관리 방안

2.11 종합결론

제 2 장 금 매 교

2.1 시설물 현황

2.1.1 개요

본 시설물은 경상북도 군위군 효령면 금매리 1447-1 에 위치한 교량으로서 7경간의 PSC E Beam 형식으로 구성되어 있으며, 총연장 320.0m(2@50.0m+3@40.0m+2@50.0m), 총 폭 24.47m(상주방향:12.62m, 영천방향:11.85m)로 구성되어 있다.

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 교량부재 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다.

본 시설물의 교량하부는 교고가 약 6.5~7.0m이며, 교량하부로 하천(남천)이 횡단하고 있어 교량 점검차를 이용하여 외관조사를 수행하였다.

<상부 전경>

<측면 전경>

<하부 전경>

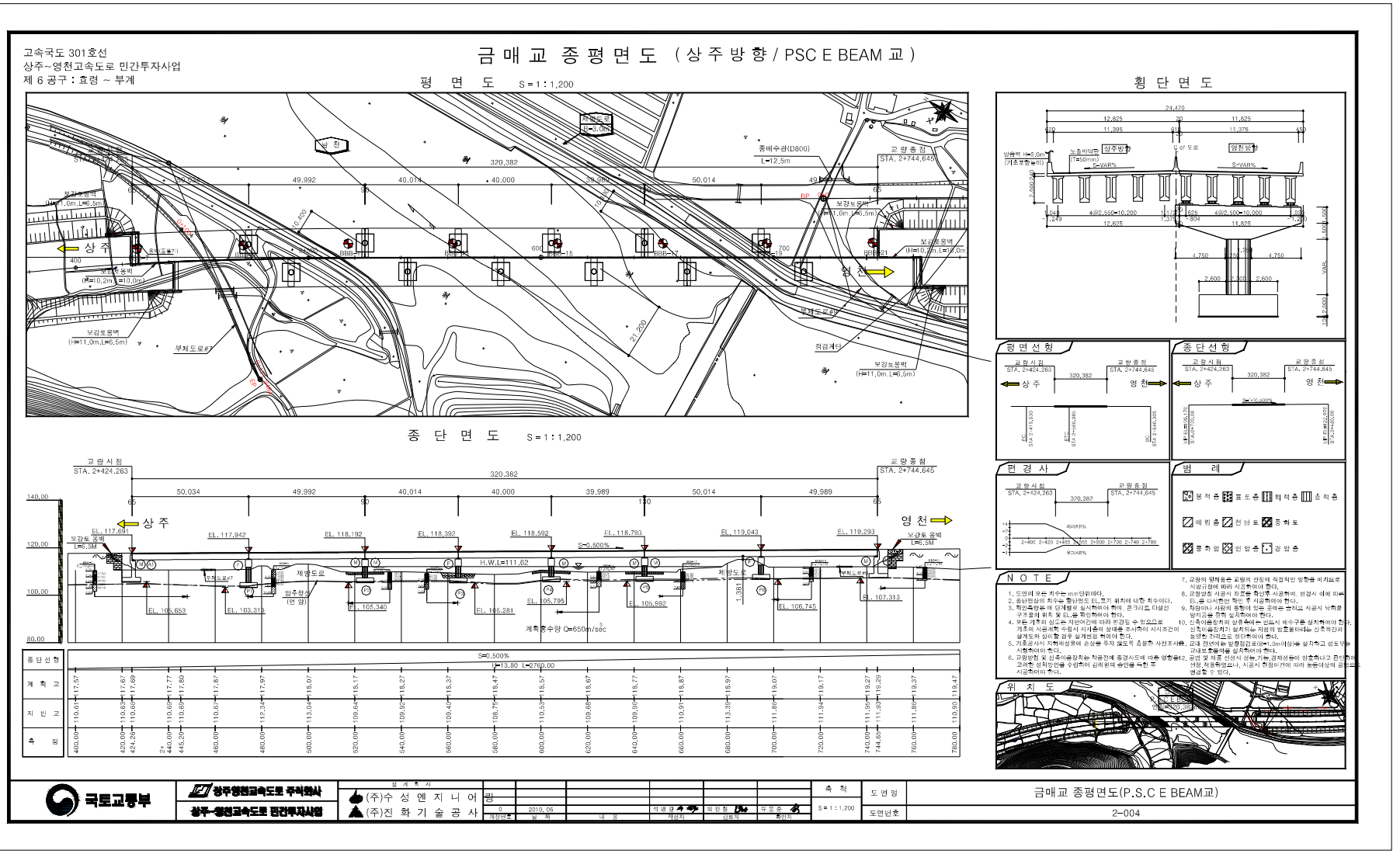
<점검차를 이용한 외관조사 현황>

<표 2.1.1> 대상구조물 현황표

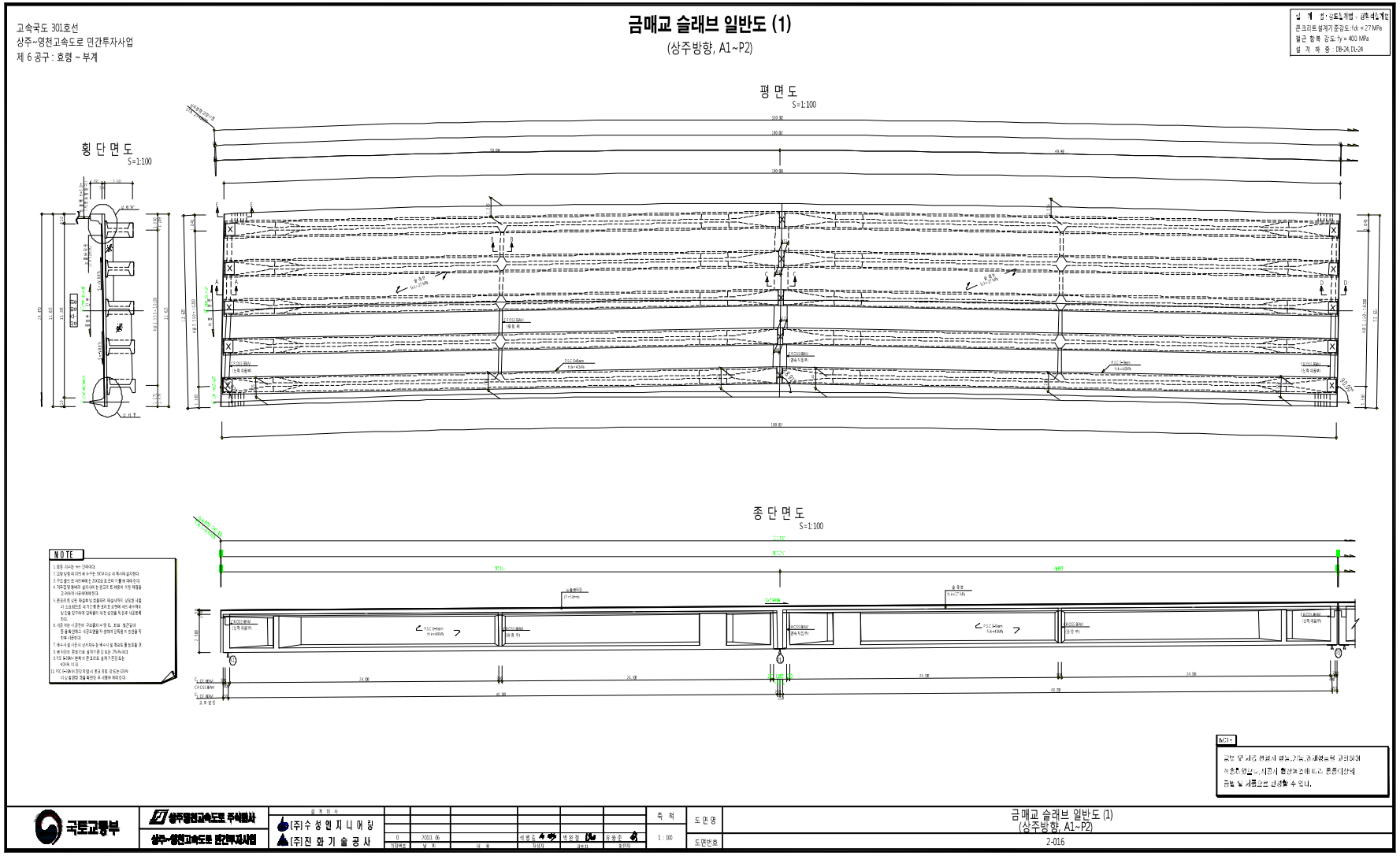
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>금매교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년도</td><td>2017년</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경상북도 군위군 효령면 금매리 604</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24, DL-24</td><td>노선명(이정)</td><td colspan="2">상주~영천 고속도로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L = 320.0m(2 @ 50.0 + 3 @ 40.0 + 2 @ 50.0)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B = 24.47m(상주방향:12.62m, 영천방향:11.85m)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>PSC E Beam</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교각:T형, 교대:역T형</td><td>교각</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>Finger Joint</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도,
하천)</td><td>남천</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>약 6.5~7.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">내진적용(1등급, A=0.154), 완화 + 직선교
종단경사 : S=(+)0.500%</td></tr>
</table>

2.1.2 관련도면

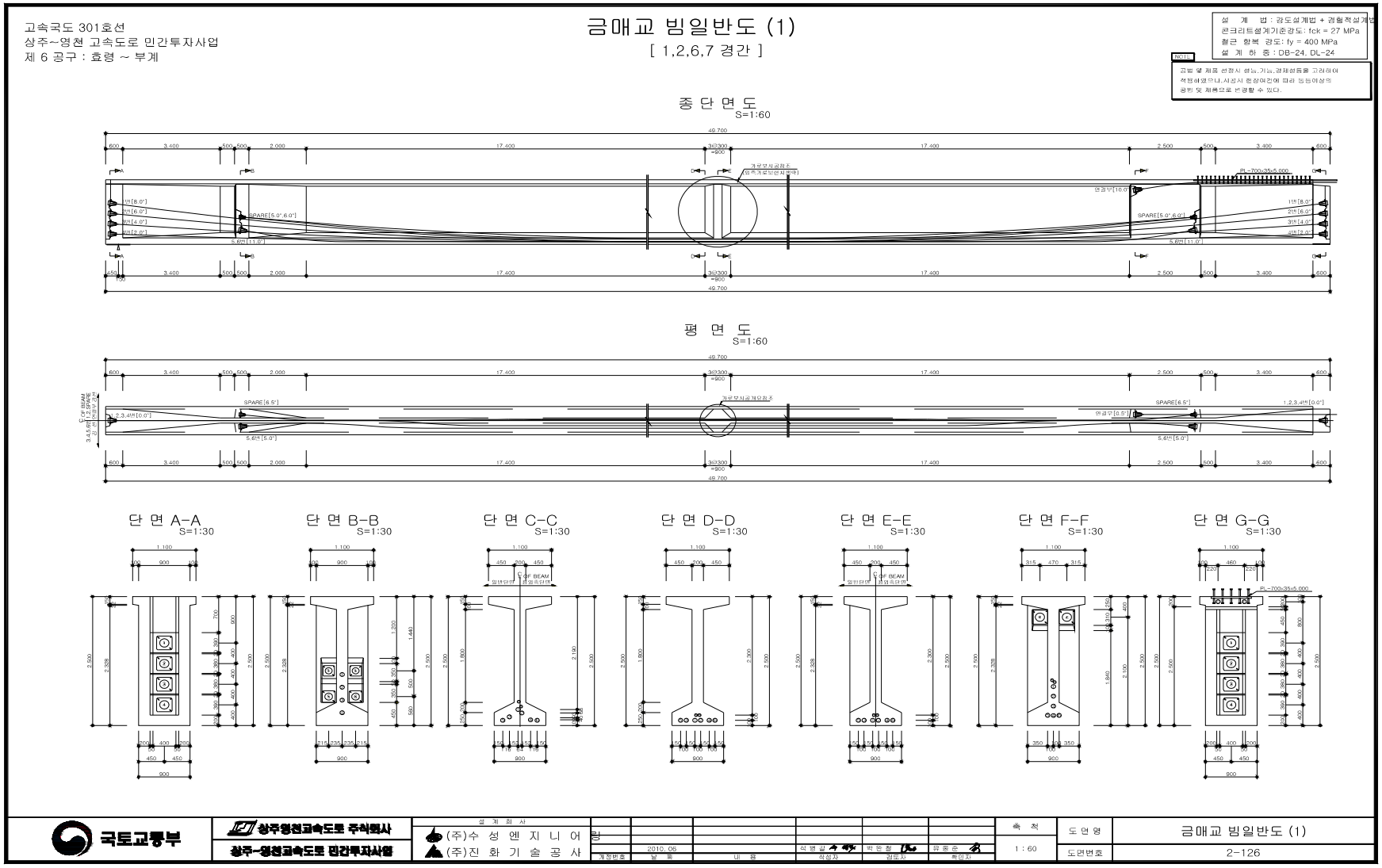
가. 상주방향



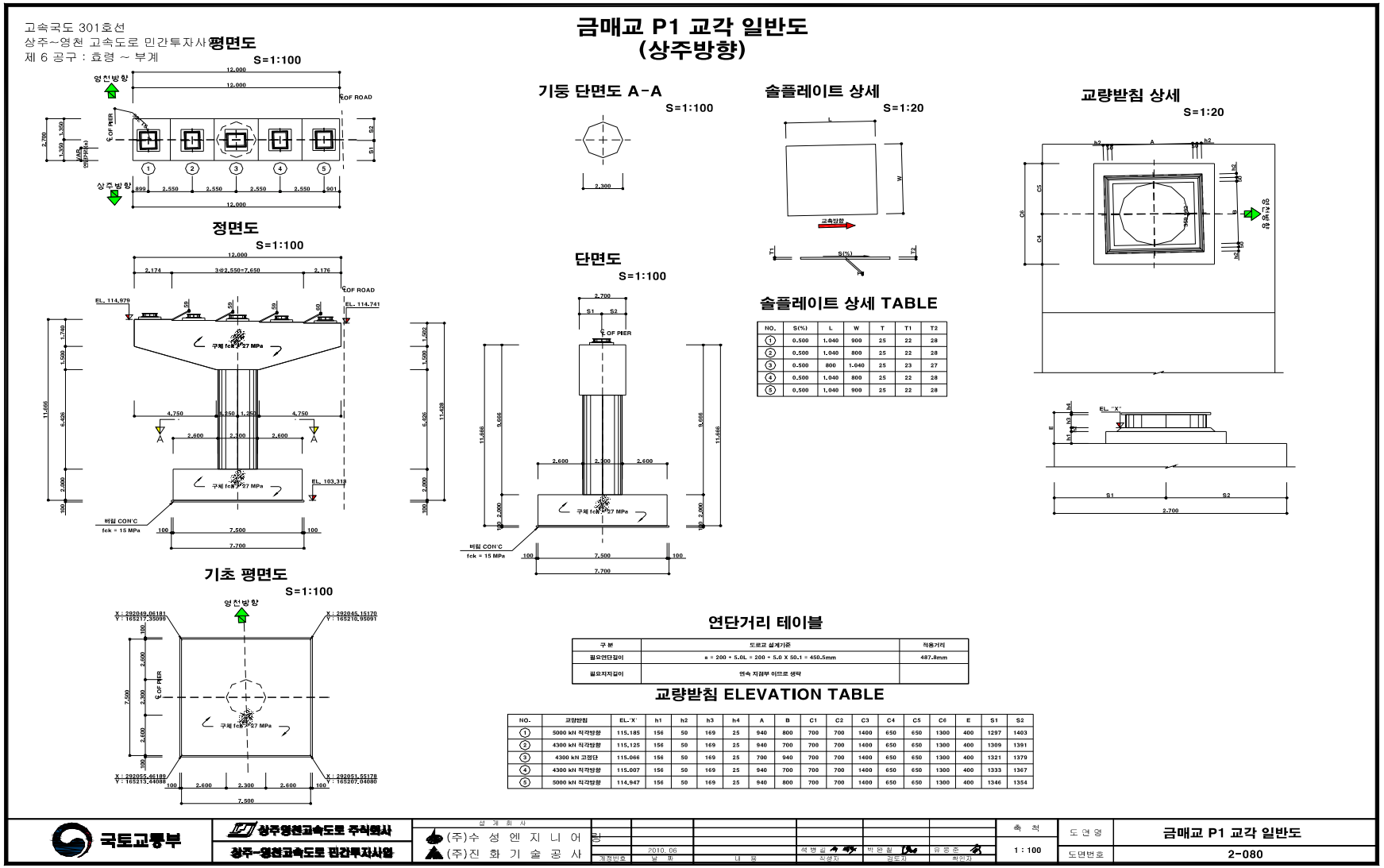
<그림 2.1.1> 금매교 상주방향 종평면도



<그림 2.1.2> 금매교 상주방향 슬래브 일반도



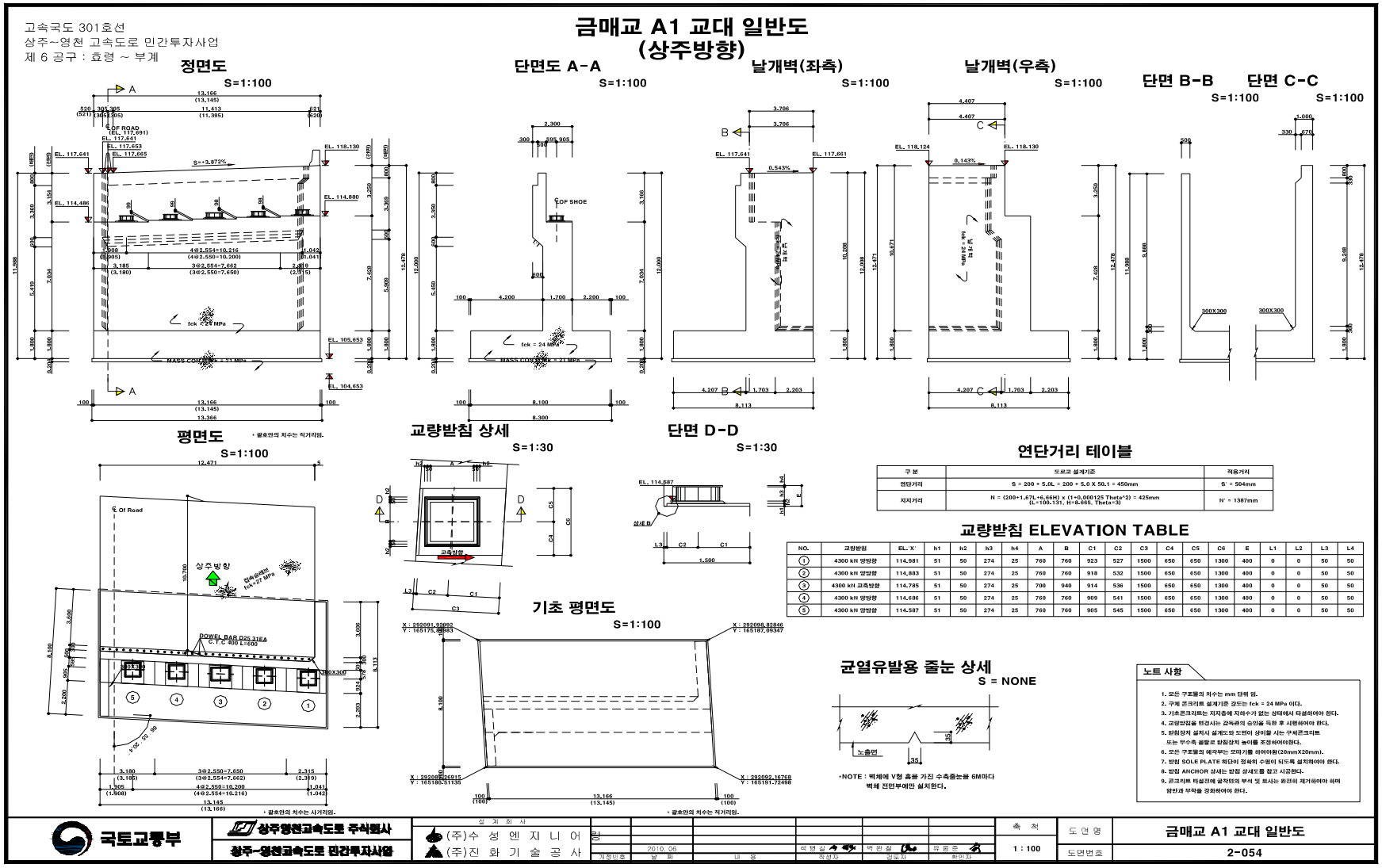
<그림 2.1.3> 금매교 상주방향 거더 일반도



NO.	S(%)	L	W	T	T1	T2
①	0.500	1.040	900	25	22	28
②	0.500	1.040	800	25	22	28
③	0.500	800	1.040	25	23	27
④	0.500	1.040	800	25	22	28
⑤	0.500	1.040	900	25	22	28

NO.	교량받침	EL.'X'	h1	h2	h3	h4	A	B	C1	C2	C3	C4	C5	C6	E	S1	S2
①	5000 kN 직각방향	115.185	156	50	169	25	940	800	700	700	1400	650	650	1300	400	1297	1403
②	4300 kN 직각방향	115.125	156	50	169	25	940	700	700	700	1400	650	650	1300	400	1309	1391
③	4300 kN 고정단	115.066	156	50	169	25	700	940	700	700	1400	650	650	1300	400	1321	1379
④	4300 kN 직각방향	115.007	156	50	169	25	940	700	700	700	1400	650	650	1300	400	1333	1367
⑤	5000 kN 직각방향	114.947	156	50	169	25	940	800	700	700	1400	650	650	1300	400	1346	1354

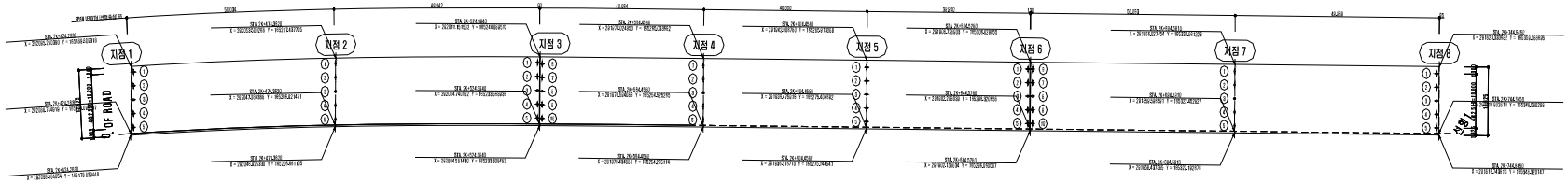
<그림 2.1.4> 금매교 상주방향 교각 일반도



<그림 2.1.5> 금매교 상주방향 교대 일반도

고속국도 301호선
상주~영천고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계

금매교 교량받침배치도
(상주방향)



교량받침 리스트

구 분			지점 1	지점 2(후)	지점 2(전)	지점 3(후)	지점 3(전)	지점 4(후)	지점 4(전)	지점 5(후)	지점 5(전)	지점 6(후)	지점 6(전)	지점 7(후)	지점 7(전)	지점 8	계
적용하중	수량적	가동방향															
2250 kN	976.1 kN (생사)	3845.2 kN (교량사)	고정단	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
			횡방향(교축)	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	4
			횡방향(교축직각)	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	1	4
			양방향	0	0	4	4	1	0	4	4	0	0	1	1	10
			계	0	0	5	5	5	0	5	5	0	0	1	1	25
3600 kN	1414.3 kN (생사)	5170 kN (교량사)	고정단	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
			횡방향(교축)	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1
			횡방향(교축직각)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
			양방향	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	1	2
			계	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	1	1	3
4800 kN	1884.8 kN (생사)	6212 kN (교량사)	고정단	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	2
			횡방향(교축)	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	2
			횡방향(교축직각)	0	2	0	0	1	0	0	0	2	0	1	1	4
			양방향	4	0	0	0	1	0	2	0	0	0	4	1	10
			계	5	3	0	0	1	0	2	0	3	0	5	1	18
5800 kN	2276.1 kN (생사)	7243 kN (교량사)	고정단	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
			횡방향(교축)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
			횡방향(교축직각)	0	2	0	0	1	0	0	0	2	0	1	1	4
			양방향	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
			계	0	2	0	0	1	0	0	0	2	0	1	1	4

범례

기호	구분
●	고정단 (1EA)
◐	횡방향 (2EA)
◆	양방향 (4EA)

교량받침 좌표

지점 1

구분	교량중심	X좌표	Y좌표	Z좌표	설치각도계
①	4300 kN 양방향	3923841.360	955168.451	EL. 115.331	36°4' 49.25"
②	4300 kN 양방향	3923812.245	955168.278	EL. 115.333	36°4' 49.40"
③	4300 kN 고정단	3923811.289	955168.218	EL. 115.335	36°4' 49.16"
④	4300 kN 고정단	3923811.094	955168.208	EL. 115.335	36°4' 49.16"
⑤	4300 kN 양방향	3923811.222	955168.361	EL. 115.327	36°4' 49.93"

지점 2

구분	교량중심	X좌표	Y좌표	Z좌표	설치각도계
①	3000 kN 직각방향	3923813.012	955116.521	EL. 115.135	36°2' 47.93"
②	4300 kN 직각방향	3923814.872	955116.651	EL. 115.135	36°2' 47.93"
③	4300 kN 고정단	3923815.289	955116.691	EL. 115.134	36°2' 47.93"
④	4300 kN 직각방향	3923816.911	955116.811	EL. 115.037	36°2' 47.93"
⑤	3000 kN 직각방향	3923817.351	955117.241	EL. 114.947	36°2' 47.93"

지점 3

구분	교량중심	X좌표	Y좌표	Z좌표	설치각도계
①	2250 kN 양방향	3923813.258	955116.052	EL. 115.149	36°1' 47.46"
②	2250 kN 양방향	3923813.738	955116.215	EL. 115.149	36°1' 47.51"
③	2250 kN 교축직각	3923813.422	955116.166	EL. 115.149	36°1' 47.51"
④	2250 kN 양방향	3923813.101	955116.041	EL. 115.149	36°1' 47.51"
⑤	2250 kN 양방향	3923813.734	955116.256	EL. 115.149	36°1' 47.52"

지점 4

구분	교량중심	X좌표	Y좌표	Z좌표	설치각도계
①	2250 kN 직각방향	3919476.864	955218.672	EL. 115.155	36°1' 27.55"
②	2250 kN 직각방향	3919476.701	955216.775	EL. 115.274	36°1' 27.55"
③	2250 kN 고정단	3919476.757	955216.446	EL. 115.259	36°1' 27.55"
④	2250 kN 직각방향	3919472.463	955217.421	EL. 115.308	36°1' 27.55"
⑤	2250 kN 직각방향	3919472.280	955218.063	EL. 115.352	36°1' 27.55"

지점 5

구분	교량중심	X좌표	Y좌표	Z좌표	설치각도계
①	4300 kN 양방향	3919342.269	955216.731	EL. 115.378	36°0' 27.55"
②	3000 kN 양방향	3919341.983	955215.954	EL. 115.418	36°0' 27.55"
③	3000 kN 교축직각	3919339.689	955216.527	EL. 115.418	36°0' 27.55"
④	3000 kN 양방향	3919338.825	955215.400	EL. 115.418	36°0' 27.55"
⑤	4300 kN 양방향	3919337.212	955214.278	EL. 115.378	36°0' 27.55"

지점 6

구분	교량중심	X좌표	Y좌표	Z좌표	설치각도계
①	2250 kN 양방향	3919163.275	955215.389	EL. 115.248	35°59' 27.55"
②	2250 kN 양방향	3919163.210	955215.232	EL. 115.248	35°59' 27.55"
③	2250 kN 교축직각	3919163.443	955215.145	EL. 115.248	35°59' 27.55"
④	2250 kN 양방향	3919163.676	955216.010	EL. 115.248	35°59' 27.55"
⑤	2250 kN 양방향	3919163.921	955216.581	EL. 115.248	35°59' 27.55"

지점 7

구분	교량중심	X좌표	Y좌표	Z좌표	설치각도계
①	3000 kN 직각방향	3919165.387	955219.424	EL. 115.319	36°1' 27.55"
②	4300 kN 직각방향	3919164.270	955218.712	EL. 115.379	36°1' 27.55"
③	4300 kN 고정단	3919167.259	955217.479	EL. 115.419	36°1' 27.55"
④	4300 kN 직각방향	3919161.665	955215.466	EL. 115.379	36°1' 27.55"
⑤	3000 kN 직각방향	3919160.282	955215.921	EL. 115.327	36°1' 27.55"

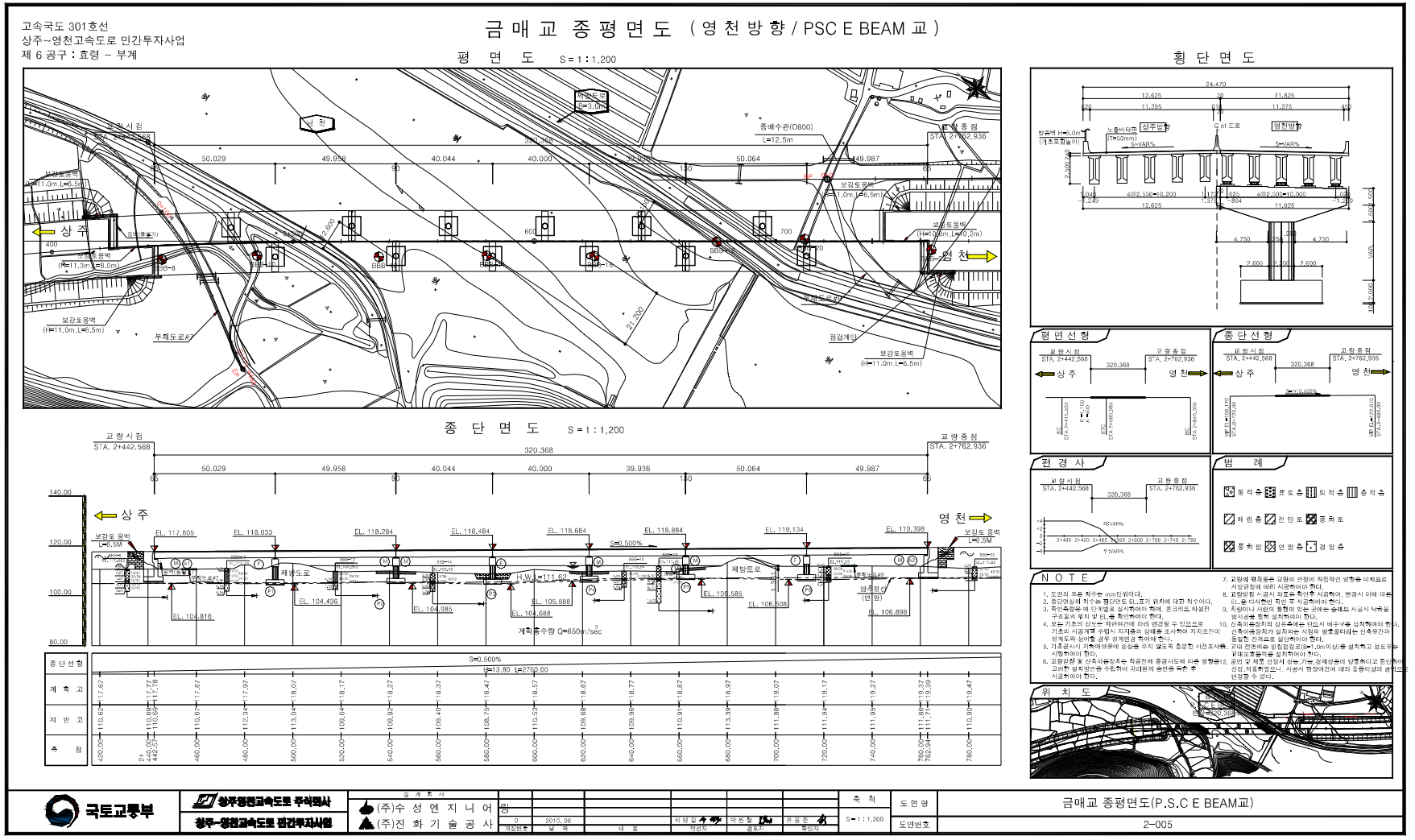
지점 8

구분	교량중심	X좌표	Y좌표	Z좌표	설치각도계
①	4300 kN 양방향	3919023.349	955213.497	EL. 115.448	36°0' 27.55"
②	4300 kN 양방향	3919021.663	955213.349	EL. 115.448	36°0' 27.55"
③	4300 kN 교축직각	3919021.289	955213.419	EL. 115.448	36°0' 27.55"
④	4300 kN 양방향	3919019.225	955213.241	EL. 115.448	36°0' 27.55"
⑤	4300 kN 양방향	3919017.611	955213.094	EL. 115.448	36°0' 27.55"

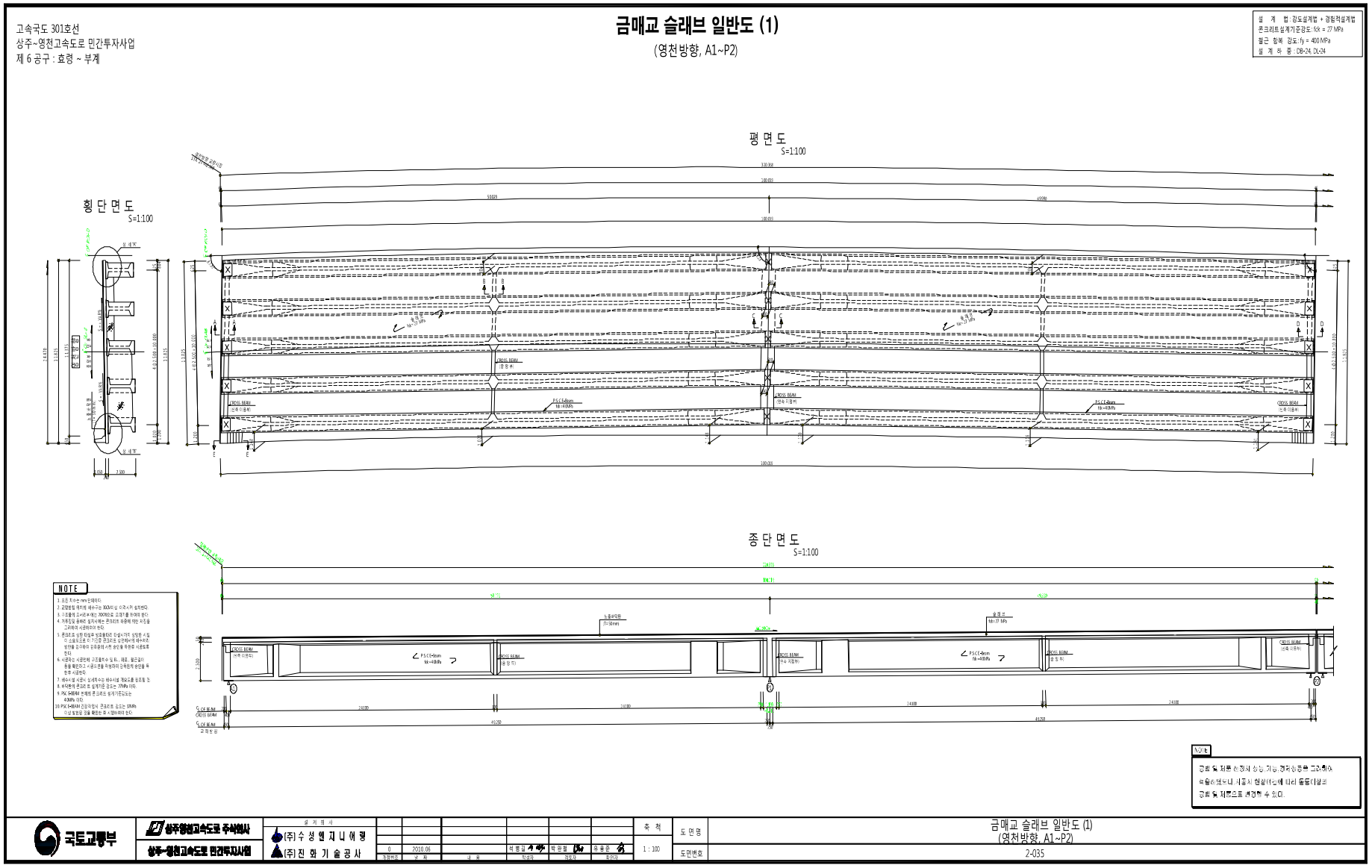
국토교통부	상주영천고속도로 주식회사	설계회사							축 척	도면명	금매교 교량받침배치도 (상주방향)
	상주~영천고속도로 민간투자사업	(주)수 성 엔 지 니 어 링							1 : 300		
		(주)진 화 기 술 공 사	0	2016. 06						도면번호	2-012
			최종번호	날 짜	내 용	작성자	검토자	승인자			

<그림 2.1.6> 금매교 상주방향 교량받침 배치도

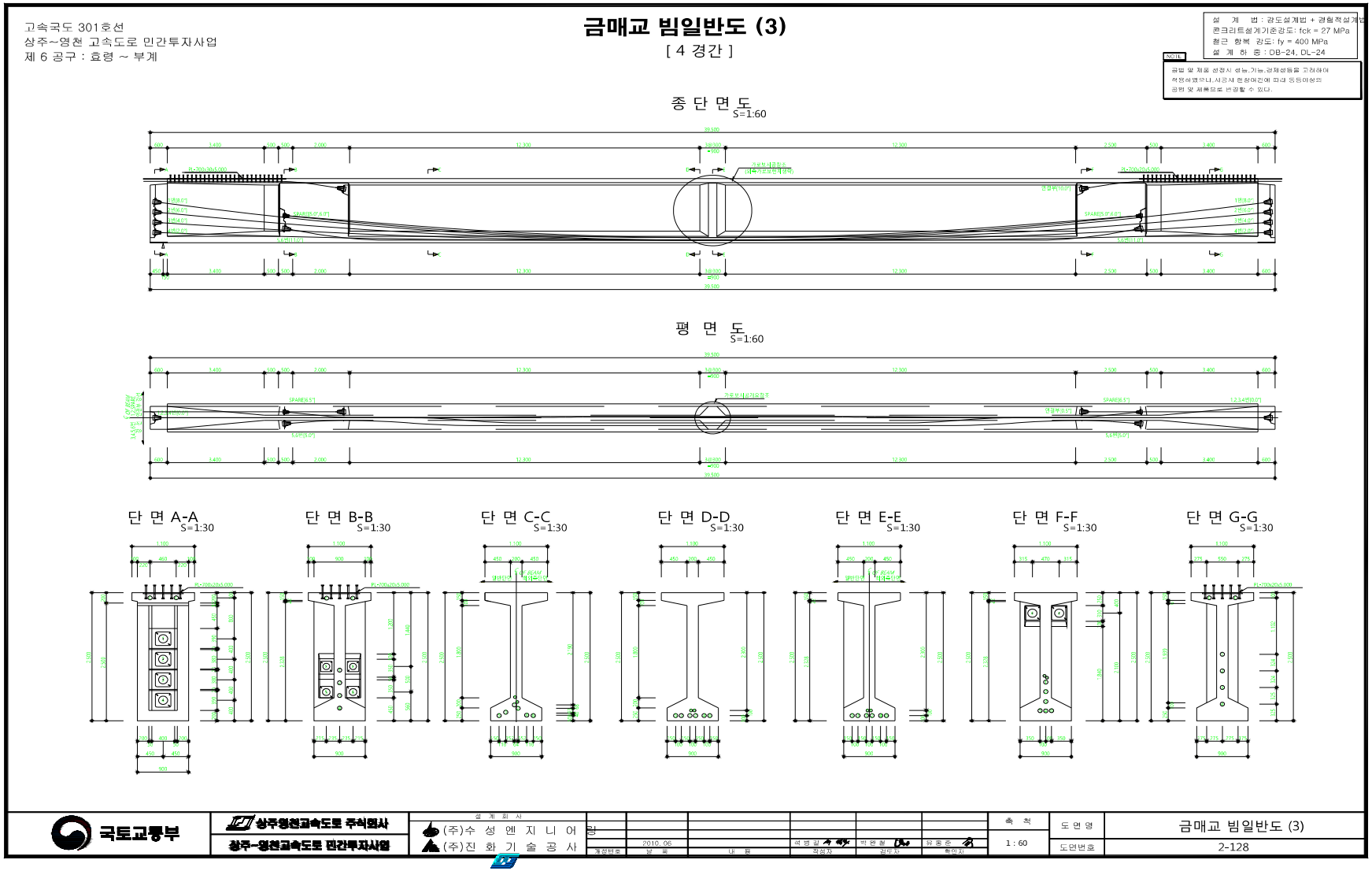
나. 영천방향



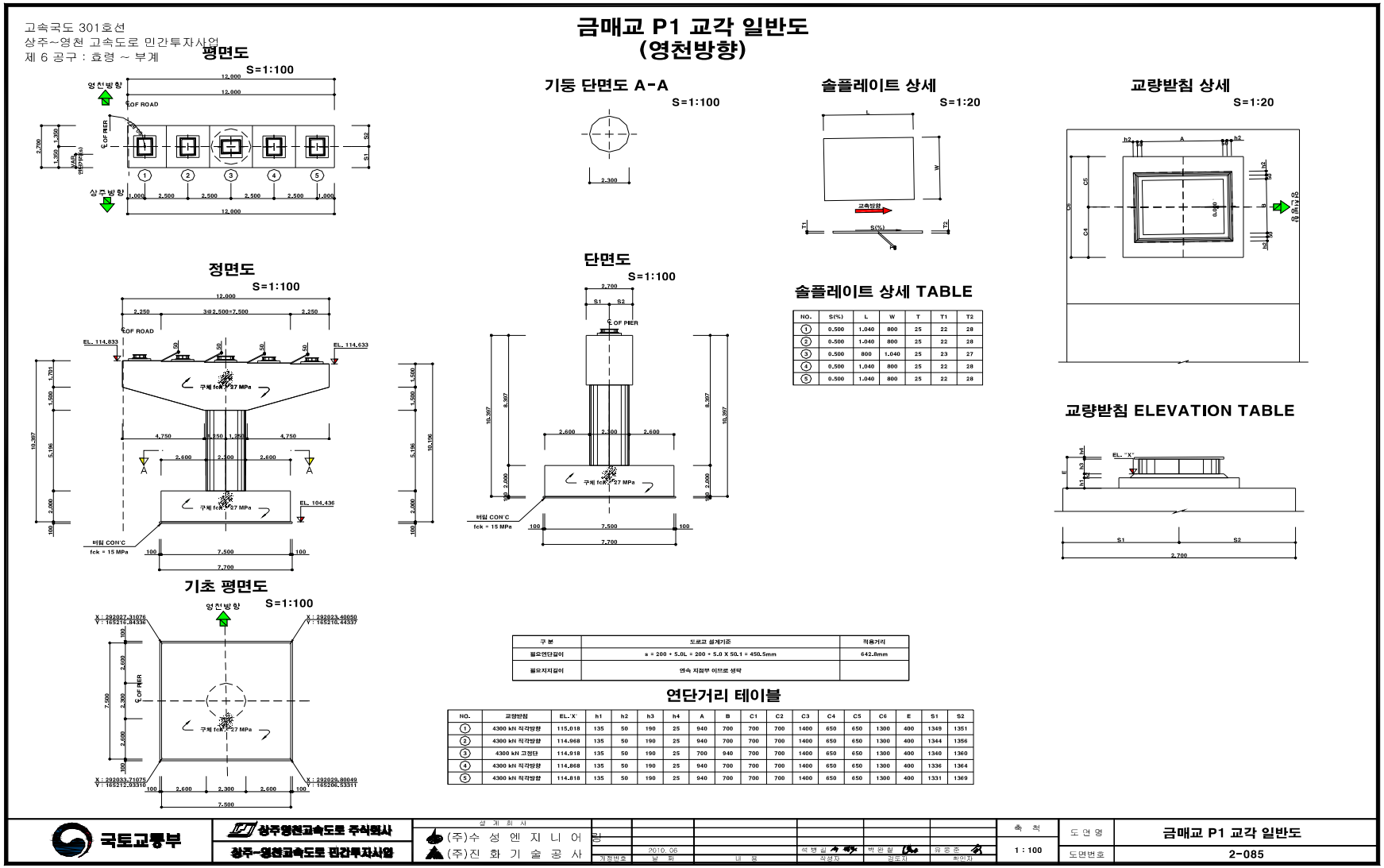
<그림 2.1.7> 금매교 영천방향 종평면도



<그림 2.1.8> 금매교 영천방향 슬래브 일반도



<그림 2.1.9> 금매교 영천방향 거더 일반도



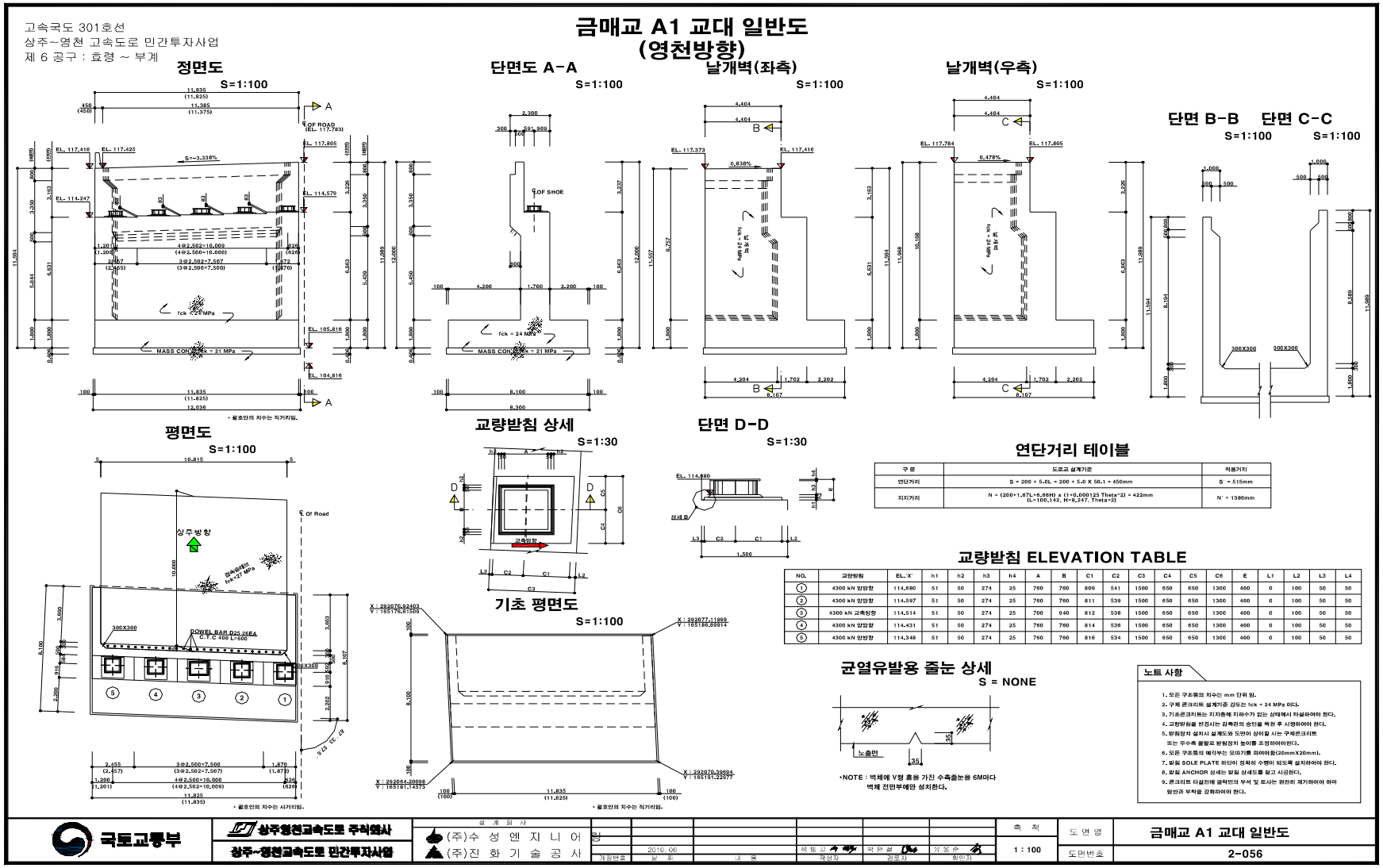
NO.	S(%)	L	W	T	T1	T2
①	0.500	1.040	800	25	22	28
②	0.500	1.040	800	25	22	28
③	0.500	800	1.040	25	23	27
④	0.500	1.040	800	25	22	28
⑤	0.500	1.040	800	25	22	28

구 분	도로교 설계기준	적용거리
필요연단길이	a = 200 + 5.0L = 200 + 5.0 X 50.1 = 450.5mm	642.8mm
필요지지길이	연속 지점부 이므로 생략	

연단거리 테이블

NO.	교량받침	EL.'X'	h1	h2	h3	h4	A	B	C1	C2	C3	C4	C5	C6	E	S1	S2
①	4300 kN 직각방향	115.018	135	50	190	25	940	700	700	700	1400	650	650	1300	400	1349	1351
②	4300 kN 직각방향	114.968	135	50	190	25	940	700	700	700	1400	650	650	1300	400	1344	1356
③	4300 kN 고정단	114.918	135	50	190	25	700	940	700	700	1400	650	650	1300	400	1340	1360
④	4300 kN 직각방향	114.868	135	50	190	25	940	700	700	700	1400	650	650	1300	400	1336	1364
⑤	4300 kN 직각방향	114.818	135	50	190	25	940	700	700	700	1400	650	650	1300	400	1331	1369

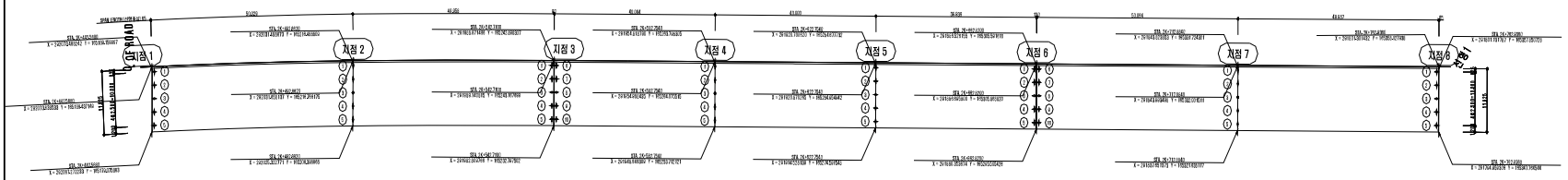
<그림 2.1.10> 금매교 영천방향 교각 일반도



<그림 2.1.11> 금매교 영천방향 교대 일반도

고속국도 301호선
상주~영천고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계

금매교 교량받침배치도
(영천방향)



교량받침 리스트

구분				지점 1	지점 2(P2)	지점 3(P3)	지점 4(P4)	지점 5(P5)	지점 6(P6)	지점 7(P7)	지점 8	계
2330 M	181.5 M (상부)	345.1 M (지진부)	고정단	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			활동받침(교축)	0	0	1	1	0	1	1	0	4
			활동받침(교축직각)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			양방향	0	0	4	4	0	4	4	0	16
			계	0	0	5	5	0	5	5	0	20
3388 M	241.8 M (상부)	513.5 M (지진부)	고정단	0	0	0	0	1	0	0	0	1
			활동받침(교축)	0	0	0	0	0	1	0	0	1
			활동받침(교축직각)	0	0	0	0	4	0	0	0	4
			양방향	0	0	0	0	0	4	0	0	4
			계	0	0	0	0	5	5	0	0	10
4388 M	301.8 M (상부)	621.0 M (지진부)	고정단	0	1	0	0	0	0	0	1	2
			활동받침(교축)	1	0	0	0	0	0	0	1	2
			활동받침(교축직각)	0	4	0	0	0	0	4	0	8
			양방향	4	0	0	0	0	0	0	4	8
			계	5	5	0	0	0	0	5	5	20

범례

기호	구분
◆	고정단 SHOE
◗	양방향 SHOE
◆	양방향 SHOE

교량받침 좌표

지점 1

구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	설치각도계
①	4300 kN 양방향	292072.680	169166.787	EL. 114.836	300° 57'15.5"
②	4300 kN 양방향	292071.241	169166.924	EL. 114.267	300° 57'22.3"
③	8388 kN 고정단	292070.033	169166.981	EL. 114.314	300° 57'49.6"
④	4300 kN 양방향	292068.725	169167.559	EL. 114.431	300° 58'04.4"
⑤	4300 kN 양방향	292067.416	169167.429	EL. 114.368	300° 58'21.2"

지점 2

구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	설치각도계
①	4300 kN 직각방향	292031.492	169210.858	EL. 115.018	302° 18'17.2"
②	4300 kN 직각방향	292029.824	169211.023	EL. 114.986	302° 18'19.8"
③	4388 kN 고정단	292028.947	169211.830	EL. 114.918	302° 18'16.8"
④	4300 kN 직각방향	292027.248	169209.592	EL. 114.886	302° 18'14"
⑤	4300 kN 직각방향	292026.830	169207.431	EL. 114.818	302° 18'13.8"

지점 3(P3)

구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	설치각도계
①	2330 kN 양방향	291986.112	169242.271	EL. 115.262	301° 31'44.3"
②	2330 kN 양방향	291987.886	169239.940	EL. 115.152	301° 31'44.3"
③	2330 kN 교축방향	291986.697	169237.680	EL. 115.142	301° 31'44.6"
④	2330 kN 양방향	291985.190	169235.670	EL. 115.052	301° 31'44.7"
⑤	2330 kN 양방향	291983.883	169233.647	EL. 115.062	301° 31'44.6"

지점 4

구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	설치각도계
①	5388 kN 직각방향	291984.491	169269.269	EL. 115.430	301° 27'55.6"
②	3388 kN 직각방향	291983.186	169281.103	EL. 115.443	301° 27'55.6"
③	3880 kN 고정단	291981.877	169296.804	EL. 115.393	301° 27'55.6"
④	3388 kN 직각방향	291980.570	169226.973	EL. 115.343	301° 27'55.6"
⑤	3388 kN 직각방향	291986.269	169224.762	EL. 115.230	301° 27'55.6"

지점 5

구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	설치각도계
①	3880 kN 양방향	291976.376	169294.145	EL. 115.589	301° 27'55.6"
②	3880 kN 양방향	291976.888	169292.314	EL. 115.543	301° 27'55.6"
③	3800 kN 교축방향	291977.298	169276.869	EL. 115.589	301° 27'55.6"
④	3880 kN 양방향	291978.632	169277.752	EL. 115.543	301° 27'55.6"
⑤	3880 kN 양방향	291978.549	169275.671	EL. 115.493	301° 27'55.6"

지점 6(P6)

구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	설치각도계
①	2330 kN 양방향	291986.682	169356.783	EL. 115.062	301° 27'55.6"
②	2330 kN 양방향	291985.370	169352.032	EL. 115.152	301° 27'55.6"
③	2330 kN 교축방향	291984.266	169350.581	EL. 115.162	301° 27'55.6"
④	2330 kN 양방향	291982.791	169348.370	EL. 115.052	301° 27'55.6"
⑤	2330 kN 양방향	291981.494	169346.250	EL. 115.062	301° 27'55.6"

지점 7

구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	설치각도계
①	4388 kN 직각방향	291983.497	169331.162	EL. 116.116	301° 27'55.6"
②	4388 kN 직각방향	291982.180	169326.981	EL. 116.066	301° 27'55.6"
③	4300 kN 고정단	291980.883	169326.930	EL. 116.016	301° 27'55.6"
④	4388 kN 직각방향	291978.575	169326.768	EL. 115.966	301° 27'55.6"
⑤	4388 kN 직각방향	291984.269	169323.987	EL. 115.916	301° 27'55.6"

지점 8

구분	교량받침	X좌표	Y좌표	Z좌표	설치각도계
①	4380 kN 양방향	291801.276	169357.930	EL. 116.283	301° 27'55.6"
②	4380 kN 양방향	291798.998	169354.898	EL. 116.233	301° 27'55.6"
③	4300 kN 교축방향	291798.892	169352.798	EL. 116.183	301° 27'55.6"
④	4380 kN 양방향	291797.388	169350.636	EL. 116.133	301° 27'55.6"
⑤	4380 kN 양방향	291798.068	169348.936	EL. 116.083	301° 27'55.6"

국토교통부	상주영천고속도로 주식회사	설계업체							축척	도면명	금매교 교량받침배치도 (영천방향)
	상주-영천고속도로 민간투자사업	(주)수성엔지니어링							1 : 300		
		(주)진화기술공사	0	2010.06		적용일	박주철	윤홍주		도면번호	2-013
			최종변호	날 짜	내 용	작성자	검토자	확인자			

<그림 2.1.12> 금매교 영천방향 교량받침 배치도

2.2 외관조사

2.2.1 상주방향 상세외관조사

가. 교면 포장

본 교량의 교폭은 12.625m로 방호벽(0.62m) 및 중앙분리대(0.61m)을 고려한 유효폭은 11.395m이며, 편도 2차선으로 구성되어있다. 교면포장은 콘크리트 바닥판위에 두께 50㎜의 노출콘크리트 포장으로 시공되어 있으며 외관조사결과 포장면은 균열, 함몰 및 요철, 단차 등의 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	합계	단위	비고
교면 포장	상태양호	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

<교면포장 상태>

<교면포장 상태>

나. 차량방호벽

본 교량은 콘크리트 방호벽 및 콘크리트 중앙분리대로 시공되어 있으며, 외관조사 결과 중앙분리대는 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었으며, 방호벽에서 건조수축이 원인으로 판단되는 균열 손상이 조사되었으나, 구조물의 안전에 영향을 주지 않는 비구조적인 손상으로 조사되었다.

- 점검 후 관찰된 손상부에 대한 보수를 완료한 것으로 확인되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	합계	단위	비고
차량 방호벽	균열(0.3㎜미만)	-	-	1.5/1	-	1.0/1	1.1/1	-	3.6/3	m/ea	보수 완료

<S6 방호벽 균열>

<S6 방호벽 균열 보수완료>

다. 배수시설

본 교량은 종단 경사(+5.0%)에 의해 S1,S2 경간은 교량 내측으로 배수 시설이 각각 10개소가 설치 되어있고 S3경간은 1개소만 내측으로 시공되어져 있으며, 그 외 배수시설과 S4~S7경간의 배수시설은 횡구배(-2.0%)에 의해 우측면으로 우수가 유입되도록 시공되어 있는 것으로 조사 되었다. 배수시설 점검 결과 배수구로 쓰레기 및 이물질 등의 유입을 방지하기 위해 스틸 그레이팅이 설치되어있는 것으로 확인 되었으며, 배수구는 포장면보다 낮게 설치되어 배수시설의 시공 상태는 양호한 것으로 조사 되었고, 배수관은 알루미늄 형식의 육교형으로 시공되어, 배수관내 이물질 퇴적시 이물질 제거가 용이할 것으로 판단되며, 관의 변형 및 파손, 이음부의 연결 상태 등 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	합계	단위	비고
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

<배수구 시공 상태>

<배수관 시공 상태>

라. 바닥판하면

바닥판 하면에 대한 외관조사는 교량 점검차를 이용하여 최대한 근접 하여 실시하였으며, 점검결과 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로서 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	합계	단위	비고
바닥판 하면	상태양호	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

<바닥판하면 전경>

<바닥판하면 전경>

마. GIRDER 및 가로보

본 교량의 거더 형식은 PSC E BEAM GIRDER로 경간당 5기의 GIRDER로 시공되어져 있으며, 가로보는 콘크리트 가로보로 구성되어 있다. 외관조사는 교량점검차를 이용하여 최대한 근접하여 외관조사를 실시하였으며 거더 및 가로보 점검결과 균열 및 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	합계	단위	비고
거더 및 가로보	상태양호	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

<GIRDER 전경>

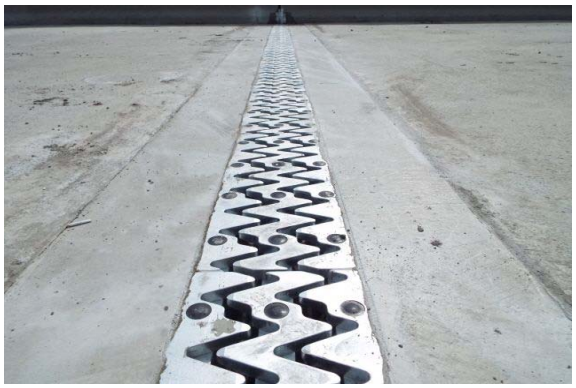
<가로보 전경>

바. 신축이음 장치

신축이음장치는 A1, P2, P5, A2(Finger Joint)에 시공되었으며, 신축이음장치에 대한 외관조사 결과 본체 및 후타재는 변형이나 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

구 분	손상 내용	A1	P2	P5	A2	합계	단위	비고
신축이음	상태양호	-	-	-	-	-	-	

<P2 신축이음장치 전경>


<P5 신축이음장치 전경>

사. 교량받침

본 교량의 받침장치는 탄성받침으로 총 45개소가 설치되어 있으며, 받침본체에 대한 현장조사 결과 손상이 발생되지 않은 양호한 상태이고, 교량받침과 거더의 밀착상태, 받침의 편기, 편심상태도 양호한 것으로 조사되었다. 받침 콘크리트 점검결과 시공미흡이 원인으로 판단되는 재료분리 손상이 조사되었다.

구 분	손상 내용	A1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	A2	합계	단위	비고
교량 받침	받침콘크리트 재료분리	-	-	-	-	-	0.10/2	-	-	0.10/2	㎡/ea	

<받침장치 전경>

<P5 SH4 받침콘크리트 재료분리>

아. 교대

교대 형식은 역T형으로 A1, A2:직접기초로 시공되어 있으며, 외관조사결과 균열 및 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상 내용	A1	A2	합계	단위	비고
교 대	상태양호	-	-	-	-	

<교대 A1 전경>

<교대 A2 전경>

자. 교각

교각은 T형, 기초 형식은 직접기초로 시공되었으며, 외관조사결과 일부구간에서 건조수축이 원인으로 판단되는 균열 및 망상균열 손상이 조사되었으며, 조사된 손상은 구조물의 안전성에 영향을 주지 않는 비 구조적인 손상으로 판단된다.

구 분	손상 내용	P1	P2	P3	P4	P5	P6	합계	단위	비고
교각	균열(0.3㎜미만)	-	-	2.0/1	6.5/2	-	-	8.5/3	m/ea	
	망상균열				23.8/1			23.8/1	㎡/ea	

<교각 P4 기둥부 망상균열>

<교각 P4 코핑부 균열>

2.2.2 영천방향 상세외관조사

가. 교면 포장

본 교량의 교폭은 11.825m로 방호벽(0.45m)을 고려한 유효폭은 11.375m이며, 편도 2차선으로 구성되어있다. 교면포장은 콘크리트 바닥판위에 두께 50㎜의 노출콘크리트 포장으로 시공되어 있으며 외관조사결과 포장면은 균열, 함몰 및 요철, 단차 등의 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	합계	단위	비고
교면 포장	상태양호	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

<교면포장 상태>

<교면포장 상태>

나. 차량방호벽

본 교량은 콘크리트 방호벽으로 시공되어 있으며, 외관조사 결과 방호벽은 균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	합계	단위	비고
차량 방호벽	상태양호	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

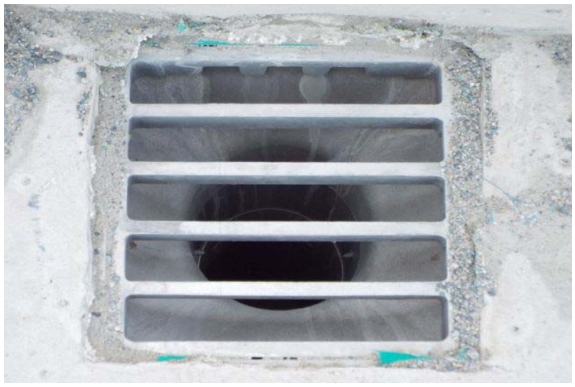
<방호벽 전경>

<방호벽 전경>

다. 배수시설

본 교량의 배수시설은 횡구배(-2.0%)에 의해 우측면으로 우수가 유입되도록 시공되어 있는 것으로 조사 되었다. 배수시설 점검 결과 배수구로 쓰레기 및 이물질 등의 유입을 방지하기 위해 스틸 그레이팅이 설치되어있는 것으로 확인 되었으며, 배수구는 포장면보다 낮게 설치되어 배수시설의 시공 상태는 양호한 것으로 조사 되었고, 배수관은 알루미늄 형식의 육교형으로 시공되어, 배수관내 이물질 퇴적시 이물질제거가 용이할 것으로 판단되며, 관의 변형 및 파손, 이음부의 연결 상태등 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	합계	단위	비고
배수시설	상태양호	-	-	-	-	-	-	-	-	-	


<배수구 시공 상태>

<배수관 시공 상태>

라. 바닥판하면

바닥판 하면에 대한 외관조사는 교량 점검차를 이용하여 최대한 근접 하여 실시하였으며, 점검결과 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로서 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	합계	단위	비고
바닥판 하면	상태양호	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

<바닥판하면 전경>

<바닥판하면 전경>

마. GIRDER 및 가로보

본 교량의 거더 형식은 PSC E BEAM GIRDER로 경간당 5기의 GIRDER로 시공되어져 있으며, 가로보는 콘크리트 가로보로 구성되어 있다. 외관조사는 교량점검차를 이용하여 최대한 근접하여 외관조사를 실시하였으며 거더 및 가로보 점검결과 균열 및 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	합계	단위	비고
거더 및 가로보	상태양호	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

<GIRDER 전경>

<가로보 전경>

바. 신축이음 장치

신축이음장치는 A1, P2, P5, A2(Finger Joint)에 시공되었으며, 신축이음장치에 대한 외관조사 결과 본체 및 후타재는 변형이나 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

구 분	손상 내용	A1	P2	P5	A2	합계	단위	비고
신축이음	상태양호	-	-	-	-	-	-	

<A1 신축이음장치 전경>

<P2 신축이음장치 전경>

사. 교량받침

본 교량의 받침장치는 탄성받침으로 총 45개소가 설치되어 있으며, 받침본체에 대한 외관조사 결과 받침과 거더의 밀착상태, 편기, 편심 상태 등 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 받침 콘크리트 점검결과 시공미흡이 원인으로 판단되는 재료분리 손상이 일주구간에서 조사되었다.

구 분	손상 내용	A1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	A2	합계	단위	비고
교량 받침	받침콘크리트 재료분리	-	-	0.18/1	-	-	0.24/5	-	-	0.42/6	㎡/ea	

<받침장치 전경>

<P5 SH2 배면 받침콘크리트 재료분리>

아. 교대

교대 형식은 역T형으로 A1, A2:직접기초로 시공되어 있으며, 외관조사결과 A2 벽체에서 건조수축이 원인으로 판단되는 균열 손상이 1개소 조사 되었으나, 조사된 손상은 구조물의 안전에 연향을 주지 않는 비 구조적인 손상으로 판단되고, 조사된 손상의 정도는 경미한 상태로 조사 되었다.

구 분	손상 내용	A1	A2	합계	단위	비고
교대	균열(0.3㎜미만)	-	0.8/1	0.8/1	m/ea	

<교대 A1 전경>

<교대 A2 전경>

자. 교각

교각은 T형, 기초 형식은 직접기초로 시공되었으며, 외관조사결과 일부구간에서 건조수축이 원인으로 판단되는 균열 및 망상균열 손상이 조사되었고, 시공중 외부 충격이 원인으로 판단되는 콘크리트 파손, 시공미흡 및 양생불량이 원인으로 판단되는 재료분리, 콘크리트 표면박리 등의 손상이 조사 되었으나, 조사된 손상들은 구조물의 안전에 영향을 주지 않는 비 구조적인 손상으로 판단된다.

구 분	손상 내용	P1	P2	P3	P4	P5	P6	합계	단위	비고
교각	균열(0.3㎜미만)	-	7.8/8	-	6.4/1	0.7/1	-	14.9/10	m/ea	
	균열(0.3㎜이상)	-	-	-	-	1.0/2	-	1.0/2	m/ea	
	콘크리트 파손	-	-	0.06/3	0.01/1	0.01/1	-	0.08/5	㎡/ea	
	콘크리트 표면박리	-	-	0.87/2	-	-	-	0.87/2	㎡/ea	
	콘크리트 재료분리	-	-	0.7/1	-	-	-	0.7/1	㎡/ea	
	망상균열	-	-	23.8/1	25.2/1	-	-	49.0/2	㎡/ea	

<교각 P2 코핑부 균열>

<교각 P3 코핑부 표면박리>

2.3 교량받침 조사

2.3.1 교량받침 이동량조사

가. 교량받침 이동량 실측조사

1) 상주방향

<표 2.3.1> 교량받침 이동량 실측조사 (상주방향)

(단위 : cm)

위치		SH1		SH2		SH3		SH4		SH5		비고
		이동방향	이동량	이동방향	이동량	이동방향	이동량	이동방향	이동량	이동방향	이동량	
A1	전면	✣		✣		↕		✣		✣		↑: A1측 ↓: A2측 ←: 좌측 →: 우측
	배면	↓	0.6	↓	0.8	↓	0.9	↓	0.7	↓	0.7	
P1	전면	↔		↔		●		↔		↔		
	배면	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P2	전면	✣		✣		↕		✣		✣		
		↑	1.5	↑	1.7	↑	2.0	↑	2.0	↑	1.8	
	배면	✣		✣		↕		✣		✣		
		↓	1.2	↓	1.9	↓	1.5	↓	1.4	↓	1.6	
P3	전면	↔		↔		●		↔		↔		
	배면	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P4	전면	✣		✣		↕		✣		✣		
	배면	↑	0	↑	0.1	↑	0.2	↑	0.3	↑	0.1	
P5	전면	✣		✣		↕		✣		✣		
		↑	2.2	↑	2.3	↑	2.2	↑	2.2	↑	2.3	
	배면	✣		✣		↕		✣		✣		
		↓	1.8	↓	1.9	↓	1.5	↓	1.5	↓	1.8	
P6	전면	↔		↔		●		↔		↔		
	배면	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A2	전면	✣		✣		↕		✣		✣		
	배면	↑	1.5	↑	1.5	↑	1.6	↑	1.4	↑	1.5	

2) 영천방향

<표 2.3.2> 교량받침 이동량 실측조사 (영천방향)

(단위 : cm)

위치		SH1		SH2		SH3		SH4		SH5		비고
		이동방향	이동량	이동방향	이동량	이동방향	이동량	이동방향	이동량	이동방향	이동량	
A1	전면	✣		✣		↕		✣		✣		
	배면	↓	1.3	↓	1.3	↓	1.6	↓	1.4	↓	1.4	
P1	전면	↔		↔		●		↔		↔		
	배면	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P2	전면	✣		✣		↕		✣		✣		
		↑	1.1	↑	1.2	↑	1.1	↑	1.3	↑	1.0	
	배면	✣		✣		↕		✣		✣		
		↓	1.8	↓	1.7	↓	1.8	↓	1.6	↓	1.6	
P3	전면	↔		↔		●		↔		↔		↑: A1측 ↓: A2측 ←: 좌측 →: 우측
	배면	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P4	전면	✣		✣		↕		✣		✣		
	배면	↑	0.4	↑	0.5	↑	0.4	↑	0.6	↑	0.4	
P5	전면	✣		✣		↕		✣		✣		
		↑	1.7	↑	2.6	↑	2.7	↑	2.8	↑	2.8	
	배면	✣		✣		↕		✣		✣		
		↓	1.2	↓	1.8	↓	1.4	↓	1.0	↓	1.1	
P6	전면	↔		↔		●		↔		↔		
	배면	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A2	전면	✣		✣		↕		✣		✣		
	배면	↑	1.2	↑	1.3	↑	1.3	↑	1.5	↑	1.3	

나. 교량받침 이동량 산출 근거

구 분	신축장 100m 미만의 교량	신축장 100m 이상 초과 교량
기본 신축량	·온도신축+건조수축+크리프 단) 상로교,하로,강상판교는 건조수축, 크리프 제외	·온도신축+건조수축+크리프+빔의 회전
- 상주방향은 2015년 08월에 슬래브를 타설한 후 약 1년 이상(12개월) 경과하였기 때문에 건조수축 및 크리프에 의한 변위량은 0.12l(건조수축 : 0.04l, 크리프 : 0.08l)을 적용하였다. - 영천방향은 2015년 11월에 슬래브를 타설한 후 약 약 1년 이상(12개월) 경과하였기 때문에 건조수축 및 크리프에 의한 변위량은 0.12l(건조수축 : 0.04l, 크리프 : 0.08l)을 적용하였다.		

※ 출처 : 도로교 설계 기준

1) A1

위 치	A1	측정일	2015.08.27
조사시 평균기온	23.6°	온도변화 범위	-5 ~ +35
선팽창계수(a)	1.0×10^{-5}	신축거더 길이(L)	60,000mm
온도변화에 의한 이동량	△lt = △T * a * L 신장량: △lt = (35 - 23.6) x (1.0×10^{-5}) x 60,000 = 6.8 mm 수축량: △lt = (-5 - 23.6) x (1.0×10^{-5}) x 60,000 = 17.2 mm		

2) P1. P3, A2

위 치	P1, P3, A2	측정일	2015.08.27
조사시 평균기온	23.6°	온도변화 범위	-5 ~ +35
선팽창계수(a)	1.0×10^{-5}	신축거더 길이(L)	30,000mm
온도변화에 의한 이동량	△lt = △T * a * L 신장량: △lt = (35 - 23.6) x (1.0×10^{-5}) x 30,000 = 3.4 mm 수축량: △lt = (-5 - 23.6) x (1.0×10^{-5}) x 30,000 = 8.6 mm		

<표 2.3.3> 교량받침 이동량 산정

위치	온도변화(ΔT)		선팽창 계수	온도에 의한 이동량(㎜)		최대받침이동량(㎜)	
	동절기 (℃)	하절기 (℃)		동절기	하절기	동절기 (최대수축시)	하절기 (최대신장시)
A1	28.6	11.4	1.0×10^{-5}	17.2	6.8	17.2	6.8
P1	28.6	11.4	1.0×10^{-5}	8.6	3.4	8.6	3.4
P2	고 정 단						
P3	28.6	11.4	1.0×10^{-5}	8.6	3.4	8.6	3.4
P4	고 정 단						
A2	28.6	11.4	1.0×10^{-5}	8.6	3.4	8.6	3.4

<표 2.3.4> 교량받침 가동 여유량 조사결과(상주방향)

위 치			가동량 (㎜)	이동량 (㎜)	실측 받침 가동여유량(㎜)		최대 받침 이동량(㎜)		평가	비 고
					수축 여유량	신장 여유량	최대수축 이동량	최대신장 이동량		
A1	SH1		±50	-6	44	56	14.60	11.40	OK	4300kN
	SH2		±50	-8	42	58				4300kN
	SH3		±50	-9	41	59				4300kN
	SH4		±50	-7	43	57				4300kN
	SH5		±50	-7	43	57				4300kN
P1	고 정 단									
P2	A1	SH1	±71	+15	86	56	14.60	11.40	OK	2250kN
		SH2	±71	+17	88	54				2250kN
		SH3	±71	+20	91	51				2250kN
		SH4	±71	+20	91	51				2250kN
		SH5	±71	+18	89	53				2250kN
	A2	SH1	±71	-12	59	83	11.68	9.12	OK	2250kN
		SH2	±71	-19	52	90				2250kN
		SH3	±71	-15	56	86				2250kN
		SH4	±71	-14	57	85				2250kN
		SH5	±71	-16	55	87				2250kN
P3	고 정 단									
P4	SH1		±50	0	50	50	23.36	18.24	OK	4300kN
	SH2		±50	+1	51	49				3500kN
	SH3		±50	+2	52	48				3500kN
	SH4		±50	+3	53	47				3500kN
	SH5		±50	+1	51	49				4300kN
P5	A1	SH1	±71	+22	93	49	23.36	18.24	OK	2250kN
		SH2	±71	+23	94	48				2250kN
		SH3	±71	+22	93	49				2250kN
		SH4	±71	+22	93	49				2250kN
		SH5	±71	+23	94	48				2250kN
	A2	SH1	±71	-18	53	89	14.60	11.40	OK	2250kN
		SH2	±71	-19	52	90				2250kN
		SH3	±71	-15	56	86				2250kN
		SH4	±71	-15	56	86				2250kN
		SH5	±71	-18	53	89				2250kN
P6	고 정 단									
A2	SH1		±50	+15	65	35	14.60	11.40	OK	4300kN
	SH2		±50	+15	65	35				4300kN
	SH3		±50	+16	66	34				4300kN
	SH4		±50	+14	64	36				4300kN
	SH5		±50	+15	65	35				4300kN

(이동량 ; +:A1측, -:A2측)

<표 2.3.5> 교량받침 가동 여유량 조사결과(영천방향)

위 치			가동량 (㎜)	이동량 (㎜)	실측 받침 가동여유량(㎜)		최대 받침 이동량(㎜)		평가	비 고
					수축 여유량	신장 여유량	최대수축 이동량	최대신장 이동량		
A1	SH1		±50	-13	37	63	14.60	11.40	OK	4300kN
	SH2		±50	-13	37	63				4300kN
	SH3		±50	-16	34	66				4300kN
	SH4		±50	-14	36	64				4300kN
	SH5		±50	-14	36	64				4300kN
P1	고 정 단									
P2	A1	SH1	±71	+11	82	60	14.60	11.40	OK	2250kN
		SH2	±71	+12	83	59				2250kN
		SH3	±71	+11	82	60				2250kN
		SH4	±71	+13	84	58				2250kN
		SH5	±71	+10	81	61				2250kN
	A2	SH1	±71	-18	53	89	11.68	9.12	OK	2250kN
		SH2	±71	-17	54	88				2250kN
		SH3	±71	-18	53	89				2250kN
		SH4	±71	-16	55	87				2250kN
		SH5	±71	-16	55	87				2250kN
P3	고 정 단									
P4	SH1		±50	+4	54	46	23.36	18.24	OK	3500kN
	SH2		±50	+5	55	45				3500kN
	SH3		±50	+4	54	46				3500kN
	SH4		±50	+6	56	44				3500kN
	SH5		±50	+4	54	46				3500kN
P5	A1	SH1	±71	+17	88	54	23.36	18.24	OK	2250kN
		SH2	±71	+26	97	45				2250kN
		SH3	±71	+27	98	44				2250kN
		SH4	±71	+28	99	43				2250kN
		SH5	±71	+28	99	43				2250kN
	A2	SH1	±71	-12	59	83	14.60	11.40	OK	2250kN
		SH2	±71	-18	53	89				2250kN
		SH3	±71	-14	57	85				2250kN
		SH4	±71	-10	61	81				2250kN
		SH5	±71	-11	60	82				2250kN
P6										
A2	SH1		±50	+12	62	38	14.60	11.40	OK	4300kN
	SH2		±50	+13	63	37				4300kN
	SH3		±50	+13	63	37				4300kN
	SH4		±50	+15	65	35				4300kN
	SH5		±50	+13	63	37				4300kN

(이동량 ; +:A1측, -:A2측)

다. 고 찰

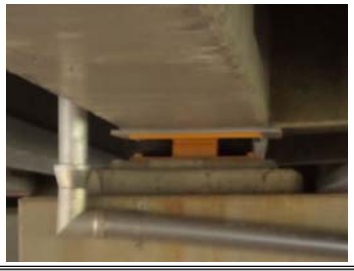
교량 받침 가동 여유량에 대한 분석 결과 수축·신장 여유량이 최대 수축·신장 이동량을 상회하는 것으로 나타나 본 과업대상 교량의 받침장치는 수축·신장에 따른 여유량을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

라. 교량받침 사진

1) 상주방향

A1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.1> 받침장치 사진

P1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

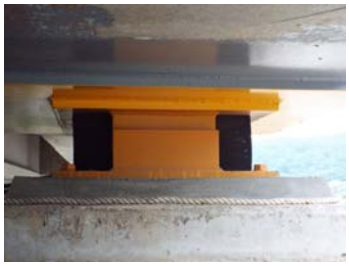
<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)

P2 - A1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A1 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A1 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A1 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

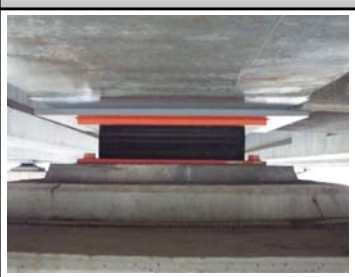
<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)

P2 - A2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A2 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A2 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A2 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)

P3 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)

P4 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P4 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P4 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P4 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P4 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)

P5 - A1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P5 - A1 - SH2			
내 용	정면	측면	받침 콘크리트 재료분리
P5 - A1 - SH3			
내 용	정면	측면	받침 콘크리트 재료분리
P5 - A1 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P5 - A1 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)

P5 - A2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P5 - A2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P5 - A2 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P5 - A2 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P5 - A2 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)

P6 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P6 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P6 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P6 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P6 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)

A2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.1> 받침장치 사진(계속)

2) 영천방향

A1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.2> 받침장치 사진

P1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)

P2 - A1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A1 - SH2			
내 용	정면	측면	받침 콘크리트 재료분리
P2 - A1 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A1 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A1 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)

P2 - A2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A2 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A2 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - A2 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)

P3 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P3 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)

P4 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P4 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P4 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P4 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P4 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)

P5 - A1 - SH1			
내 용	정면	측면	받침 콘크리트 재료분리
P5 - A1 - SH2			
내 용	정면	측면	받침 콘크리트 재료분리
P5 - A1 - SH3			
내 용	정면	측면	받침 콘크리트 재료분리
P5 - A1 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P5 - A1 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)

P5 - A2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P5 - A2 - SH2			
내 용	정면	측면	받침 콘크리트 재료분리
P5 - A2 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P5 - A2 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P5 - A2 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)

P6 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P6 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P6 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P6 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P6 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)

A2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH3			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH4			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH5			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 2.3.2> 받침장치 사진(계속)

2.3.2 교량받침 연단거리조사

가. 교량받침 연단거리 측정

1) 상주방향

<표 2.3.6> 교량 받침 연단거리 측정(상주방향)

구 분		지간길이	최소값	측 정 결 과(cm)					비고
				SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	
A1		50.0m	45.0m	57.0	56.0	56.0	56.0	57.0	
P1	A1측	50.0m	고 정 단						
	A2측	50.0m	고 정 단						
P2	A1측	50.0m	45.0m	57.0	56.0	57.0	56.0	58.0	
	A2측	40.0m	40.0m	56.0	56.5	57.0	57.0	57.0	
P3	A1측	40.0m	고 정 단						
	A2측	40.0m	고 정 단						
P4	A1측	40.0m	40.0m	99.0	101.0	100.0	99.0	100.0	
	A2측	40.0m	40.0m	105.0	105.5	106.0	106.0	105.0	
P5	A1측	40.0m	40.0m	53.0	53.0	56.0	57.0	57.0	
	A2측	50.0m	45.0m	57.0	55.0	56.0	53.5	52.0	
P6	A1측	50.0m	고 정 단						
	A2측	50.0m	고 정 단						
A2		50.0m	45.0m	56.0	56.0	57.0	56.5	57.0	

2) 영천방향

<표 2.3.7> 교량 받침 연단거리 측정(영천방향)

구 분		지간길이	최소값	측 정 결 과(cm)					비고
				SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	
A1		50.0m	45.0m	56.0	57.0	57.0	55.0	55.0	
P1	A1측	50.0m	고 정 단						
	A2측	50.0m	고 정 단						
P2	A1측	50.0m	45.0m	57.0	58.0	58.0	56.0	57.0	
	A2측	40.0m	40.0m	57.0	57.5	57.0	57.0	58.0	
P3	A1측	40.0m	고 정 단						
	A2측	40.0m	고 정 단						
P4	A1측	40.0m	40.0m	102.0	103.0	102.0	103.0	103.0	
	A2측	40.0m	40.0m	105.0	106.0	105.0	105.5	106.0	
P5	A1측	40.0m	40.0m	56.0	56.0	55.0	55.0	56.0	
	A2측	50.0m	45.0m	56.0	56.0	57.0	56.0	57.0	
P6	A1측	50.0m	고 정 단						
	A2측	50.0m	고 정 단						
A2		50.0m	45.0m	62.0	63.0	62.5	62.0	63.0	

나. 교량받침 연단거리 산출근거

교축방향의 받침연단과 하부구조 정부연단 사이의 거리 S(㎜)는 다음의 값 이상으로 한다.(도로교설계기준)

- 거더의 경간길이 100m 이하인 경우

S = 200 + 5L ····· <식 2.1>

- 거더의 경간길이 100m 이상인 경우

S = 300 + 4L ····· <식 2.2>

여기서, S : 받침연단거리(㎜), L : 경간길이(m)

다. 연단거리 평가

교대, 교각 받침장치에 대한 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치(최소값)를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 금매교는 충분한 연단거리를 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

<그림 2.3.3> 연단거리 측정

2.4 신축이음장치 유간 조사

2.4.1 신축이음장치 현황

<표 2.4.1> 신축이음장치 현황

신축이음장치		지간범위	신축거더 길이	비고
위치	종류			
A1	Finger JOINT	A1 ~ P1	50.0m	P1 고정단
P2	Finger JOINT	P1 ~ P3	90.0m	P3 고정단
P5	Finger JOINT	P3 ~ P6	130.0m	P6 고정단
A2	Finger JOINT	P6 ~ A2	50.0m	

2.4.2 설계 신축량

<표 2.4.2> 설계신축량 검토

신축이음장치		계산 신축량 (㎜)	설계 신축량 (㎜)	판 정	비 고
위치	종 류				
A1	Finger JOINT	52.0	200	OK	
P2	Finger JOINT	85.6	200	OK	
P5	Finger JOINT	119.2	200	OK	
A2	Finger JOINT	52.0	200	OK	

2.4.3 신축이음부 유간 분석

본 과업대상 금매교는 슬래브(상주방향:2015년 08월,영천방향:2015년 11월)를 타설한 후 약 1년 이상(12개월) 경과하였기 때문에 건조수축 및 크리프에 의한 변위량은 $0.12l$(건조수축 : $0.04l$, 크리프 : $0.08l$)을 적용하였다. 또한 신축장이 100m 이상인 경우 거더 처짐을 고려하였다.

<표 2.4.3> 신축이음부 유간 분석 - A1

측 정 일	2017년 5월 20일		
온도변화 범위	-5℃ ~ +35℃	조사시 평균기온	24.2℃
선팽창 계수(α)	콘크리트:1.0× 10^{-5}	신축거더 길이(L)	50.0x10^3mm
온도 변화에 의한 이동량 (Δl_t)	$\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ 신장량 : $\Delta l_t = (35-(24.2))\times(1.0\times10^{-5})\times50.0\times10^3 = 5.40\text{mm}$ 수축량 : $\Delta l_t = (-5-(24.2))\times(1.0\times10^{-5})\times50.0\times10^3 = 14.60\text{mm}$		
건조수축, 크리프에 의한 이동량	0.12 × 50.0m = 6.0mm		

<표 2.4.4> 신축이음부 유간 분석 - P2

측 정 일	2017년 5월 20일		
온도변화 범위	-5℃ ~ +35℃	조사시 평균기온	24.2℃
선팽창 계수(α)	콘크리트:1.0× 10^{-5}	신축거더 길이(L)	90.0x10^3mm
온도 변화에 의한 이동량 (Δl_t)	$\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ 신장량 : $\Delta l_t = (35-(24.2))\times(1.0\times10^{-5})\times90.0\times10^3 = 9.72\text{mm}$ 수축량 : $\Delta l_t = (-5-(24.2))\times(1.2\times10^{-5})\times90.0\times10^3 = 26.28\text{mm}$		
건조수축, 크리프에 의한 이동량	0.12 × 90.0m = 10.8mm		

<표 2.4.5> 신축이음부 유간 분석 - P5

측 정 일	2017년 5월 20일		
온도변화 범위	-5℃ ~ +35℃	조사시 평균기온	24.2℃
선팽창 계수(α)	콘크리트:1.0× 10^{-5}	신축거더 길이(L)	130.0x10^3mm
온도 변화에 의한 이동량 (Δl_t)	$\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ 신장량 : $\Delta l_t = (35-(24.2))\times(1.0\times10^{-5})\times130.0\times10^3 = 14.04\text{mm}$ 수축량 : $\Delta l_t = (-5-(24.2))\times(1.0\times10^{-5})\times130.0\times10^3 = 37.96\text{mm}$		
건조수축, 크리프에 의한 이동량	0.12 × 130.0m = 15.6mm		
거더 처짐에 의한 이동량	신장량 △lr = 2 / 3 x 2,500 x 1 / 300 = 5.56mm		

2.4.4 신축이음부 유간 측정 결과

<표 2.4.6> 신축이음부 유간 측정 결과(상주방향)

구 분	계산 신축량 (㎜)	설계 신축량 (㎜)	계산치(㎜)		측정 유간(㎜)			판정	비 고
			신장량	수축량	신축유간 상부	신축유간 하부	거더간격		
A1	52.0	200	11.40	14.60	27	70	159	OK	
P2	85.6	200	20.52	26.28	54	145	302	OK	
P5	119.2	200	35.20	37.96	93	145	355	OK	
A2	52.0	200	11.40	14.60	28	62	222	OK	

<표 2.4.7> 신축이음부 유간 측정 결과(영천방향)

구 분	계산 신축량 (㎜)	설계 신축량 (㎜)	계산치(㎜)		측정 유간(㎜)			판정	비 고
			신장량	수축량	신축유간 상부	신축유간 하부	거더간격		
A1	52.0	200	11.40	14.60	27	73	162	OK	
P2	85.6	200	20.52	26.28	40	145	290	OK	
P5	119.2	200	35.20	37.96	77	147	298	OK	
A2	52.0	200	11.40	14.60	27	70	157	OK	

신축이음장치 유간에 대한 분석결과 설치유간이 설계유간을 상회하고, 신축유간 상·하부에서 측정한 여유량이 계산 신장·수축량을 상회하는 것으로 나타나 본 대상교량은 신장·수축에 따른 충분한 유간을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

<그림 2.4.1> 신축이음 유간 측정

2.5 재료 시험

2.5.1 재료 시험 현황

본 과업에서는 대상 구조물의 구조부재에 대해 콘크리트 품질상태와 압축강도를 파악하기 위하여 반발경도시험, 철근배근탐사 및 탄산화 시험을 수행하여 콘크리트의 품질 및 내구성을 평가하였다.

2.5.2 콘크리트 강도 시험

가. 반발경도법에 의한 압축강도 측정

1) 상주방향

<표 2.5.1> 반발경도법(일반식)에 의한 압축강도 측정(상주방향)

측정위치		평균치	신뢰범위	재평균(R)	타격각도(°)	보정치(ΔR)	보정경도(R0)	압축강도(MPa)		재령계수(α)	보정압축강도(MPa)		비고
								재료학회	건축학회		재료학회	건축학회	
바닥판하면	S1-G1~2	49.4	39.5~59.2	49.4	90.0	-3.18	46.2	40.6	42.8	0.67	27.2	28.7	건전부
	S3-G1~2	50.5	40.4~60.5	50.5	90.0	-3.10	47.4	42.1	43.7	0.67	28.2	29.3	건전부
	S5-G4~5	49.2	39.3~59.0	49.2	90.0	-3.18	46.0	40.4	42.7	0.67	27.1	28.6	건전부
	S7-G1~2	49.5	39.6~59.3	49.5	90.0	-3.18	46.3	40.8	42.9	0.67	27.3	28.7	건전부
평 균											27.5	28.8	
교대	A1 구체전면	43.2	34.6~51.8	43.2	0.0	0.00	43.2	36.9	40.7	0.65	24.0	26.5	건전부
	A2 구체전면	44.1	35.3~52.9	44.1	0.0	0.00	44.1	38.0	41.3	0.66	25.1	27.3	건전부
평 균											24.6	26.9	
교각	P1 코핑(전면)	47.6	38.1~57.1	47.6	0.0	0.00	47.6	42.5	43.9	0.66	28.0	28.9	건전부
	P2 기둥부(배면)	48.9	39.1~58.6	48.9	0.0	0.00	48.9	44.0	44.7	0.65	28.6	29.1	건전부
	P3 기둥부(배면)	48.3	38.6~58.0	48.3	0.0	0.00	48.3	43.3	44.4	0.65	28.2	28.8	건전부
	P4 기둥부(배면)	48.0	38.4~57.6	48.0	0.0	0.00	48.0	43.0	44.1	0.65	27.9	28.7	건전부
	P5 기둥부(배면)	47.0	37.6~56.3	47.0	0.0	0.00	47.0	41.6	43.4	0.65	27.1	28.2	건전부
	P6 코핑(전면)	47.8	38.2~57.4	47.8	0.0	0.00	47.8	42.7	44.0	0.66	28.2	29.0	건전부
평 균											28.0	28.8	

<표 2.5.2> 반발경도법(고강도식)에 의한 콘크리트 강도 측정(상주방향)

측정위치		평균치	신뢰 범위	재평균 (R)	타격 각도 (°)	보정치 (ΔR)	보정 경도 (R_0)	압축강도 (MPa)		재령 계수 (α)	보정압축강도 (MPa)		비고
								권영웅 외	과학 기술부		권영웅 외	과학 기술부	
거더	S2-G2	49.2	39.4~59.0	49.2	0.0	0.00	49.2	74.6	62.3	0.65	48.5	40.5	건전부
	S4-G2	48.8	39.0~58.6	48.8	0.0	0.00	48.8	73.6	61.7	0.65	47.9	40.1	건전부
	S6-G2	49.7	39.7~59.6	49.7	0.0	0.00	49.7	75.6	63.0	0.65	49.1	40.9	건전부
평 균											48.5	40.5	

2) 영천방향

<표 2.5.3> 반발경도법(일반식)에 의한 압축강도 측정(영천방향)

측정위치		평균치	신뢰 범위	재평균 (R)	타격 각도 (°)	보정치 (ΔR)	보정 경도 (R0)	압축강도 (MPa)		재령 계수 (α)	보정압축강도 (MPa)		비고
								재료 학회	건축 학회		재료 학회	건축 학회	
바닥판 하면	S1-G4~5	49.3	39.4~59.2	49.3	90.0	-3.18	46.1	40.6	42.8	0.67	27.2	28.7	건전부
	S4-G1~2	50.0	40.0~60.0	50.0	90.0	-3.10	46.9	41.6	43.4	0.67	27.8	29.0	건전부
	S5-G4~5	50.2	40.2~60.2	50.2	90.0	-3.10	47.1	41.8	43.5	0.67	28.0	29.1	건전부
	S7-G1~2	49.5	39.6~59.4	49.5	90.0	-3.18	46.3	40.8	42.9	0.67	27.4	28.8	건전부
평 균											27.6	28.9	
교대	A1 구체전면	43.5	34.8~52.2	43.5	0.0	0.00	43.5	37.2	40.9	0.65	24.2	26.6	건전부
	A2 구체전면	42.9	34.3~51.5	42.9	0.0	0.00	42.9	36.5	40.5	0.66	24.1	26.7	건전부
평 균											24.2	26.7	
교각	P1 코핑 (전면)	46.6	37.2~55.9	46.6	0.0	0.00	46.6	41.1	43.1	0.66	27.1	28.4	건전부
	P2 기둥부 (배면)	45.9	36.7~55.0	45.9	0.0	0.00	45.9	40.2	42.6	0.67	27.0	28.5	건전부
	P3 기둥부 (배면)	47.7	38.2~57.2	47.7	0.0	0.00	47.7	42.6	43.9	0.65	27.7	28.6	건전부
	P4 기둥부 (배면)	48.6	38.8~58.3	48.6	0.0	0.00	48.6	43.7	44.5	0.65	28.4	28.9	건전부
	P5 기둥부 (배면)	48.3	38.6~58.0	48.3	0.0	0.00	48.3	43.3	44.4	0.65	28.2	28.8	건전부
	P6 코핑 (전면)	47.3	37.8~56.7	47.3	0.0	0.00	47.3	42.0	43.6	0.66	27.7	28.8	건전부
평 균											27.7	28.7	

<표 2.5.4> 반발경도법(고강도식)에 의한 콘크리트 강도 측정(영천방향)

측정위치		평균치	신뢰 범위	재평균 (R)	타격 각도 (°)	보정치 (ΔR)	보정 경도 (R_0)	압축강도 (MPa)		재령 계수 (α)	보정압축강도 (MPa)		비고
								권영웅 외	과학 기술부		권영웅 외	과학 기술부	
거더	S2-G2	49.4	39.5~59.2	49.4	0.0	0.00	49.4	74.9	62.5	0.65	48.7	40.6	건전부
	S4-G2	49.8	39.8~59.7	49.8	0.0	0.00	49.8	75.8	63.1	0.65	49.3	41.0	건전부
	S6-G2	49.9	39.9~59.8	49.9	0.0	0.00	49.9	76.1	63.3	0.65	49.4	41.1	건전부
평 균											49.1	40.9	

나. 반발경도법에 의한 압축강도 평가 및 고찰

1) 압축강도 평가

① 상주방향

<표 2.5.5> 반발경도법에 의한 압축강도 평가(상주방향)

측정위치		측정강도(A)		설계기준강도(B)	A/B*100		비고
		재료학회	건축학회		재료학회	건축학회	
바닥판하면	S1-G1~2	27.2 MPa	28.7 MPa	27 MPa	100.7 %	106.3 %	건전부
	S3-G1~2	28.2 MPa	29.3 MPa		104.4 %	108.5 %	건전부
	S5-G4~5	27.1 MPa	28.6 MPa		100.4 %	105.9 %	건전부
	S7-G1~2	27.3 MPa	28.7 MPa		101.1 %	106.3 %	건전부
교대	A1 구체전면	24.0 MPa	26.5 MPa	24 MPa	100.0 %	110.4 %	건전부
	A2 구체전면	25.1 MPa	27.3 MPa		104.6 %	113.8 %	건전부
교각	P1 코핑 (전면)	28.0 MPa	28.9 MPa	27 MPa	103.7 %	107.0 %	건전부
	P2 기둥부 (배면)	28.6 MPa	29.1 MPa		105.9 %	107.8 %	건전부
	P3 기둥부 (배면)	28.2 MPa	28.8 MPa		104.4 %	106.7 %	건전부
	P4 기둥부 (배면)	27.9 MPa	28.7 MPa		103.3 %	106.3 %	건전부
	P5 기둥부 (배면)	27.1 MPa	28.2 MPa		100.4 %	104.4 %	건전부
	P6 코핑 (전면)	28.2 MPa	29.0 MPa		104.4 %	107.4 %	건전부

<표 2.5.6> 반발경도법(고강도식)에 의한 압축강도 평가(상주방향)

측정위치		측정강도(A)		설계기준강도(B)	A/B*100		비고
		권영웅 외	과학기술부		권영웅 외	과학기술부	
거더	S2-G2	48.5 MPa	40.5 MPa	40 MPa	121.3 %	101.3 %	건전부
	S4-G2	47.9 MPa	40.1 MPa		119.8 %	100.3 %	건전부
	S6-G2	49.1 MPa	40.9 MPa		122.8 %	102.3 %	건전부

② 영천방향

<표 2.5.7> 반발경도법에 의한 압축강도 평가(영천방향)

측정위치		측정강도(A)		설계기준강도(B)	A/B*100		비고
		재료학회	건축학회		재료학회	건축학회	
바닥판하면	S1-G4~5	27.2 MPa	28.7 MPa	27 MPa	100.7 %	106.3 %	건전부
	S4-G1~2	27.8 MPa	29.0 MPa		103.0 %	107.4 %	건전부
	S5-G4~5	28.0 MPa	29.1 MPa		103.7 %	107.8 %	건전부
	S7-G1~2	27.4 MPa	28.8 MPa		101.5 %	106.7 %	건전부
교대	A1 구체전면	24.2 MPa	26.6 MPa	24 MPa	100.8 %	110.8 %	건전부
	A2 구체전면	24.1 MPa	26.7 MPa		100.4 %	111.3 %	건전부
교각	P1 코핑 (전면)	27.1 MPa	28.4 MPa	27 MPa	100.4 %	105.2 %	건전부
	P2 기둥부 (배면)	27.0 MPa	28.5 MPa		100.0 %	105.6 %	건전부
	P3 기둥부 (배면)	27.7 MPa	28.6 MPa		102.6 %	105.9 %	건전부
	P4 기둥부 (배면)	28.4 MPa	28.9 MPa		105.2 %	107.0 %	건전부
	P5 기둥부 (배면)	28.2 MPa	28.8 MPa		104.4 %	106.7 %	건전부
	P6 코핑 (전면)	27.7 MPa	28.8 MPa		102.6 %	106.7 %	건전부

측정위치		측정강도(A)		설계기준강도(B)	A/B*100		비고
		권영웅 외	과학기술부		권영웅 외	과학기술부	
거더	S2-G2	48.7 MPa	40.6 MPa	40 MPa	121.8 %	101.5 %	건전부
	S4-G2	49.3 MPa	41.0 MPa		123.3 %	102.5 %	건전부
	S6-G2	49.4 MPa	41.1 MPa		123.5 %	102.8 %	건전부

2) 고찰

일반식(일본재료학회, 건축학회)과 고강도식(권영웅외, 과학기술부)를 이용하여 콘크리트 비파괴강도 측정을 시행한 결과, 상주방향 바닥판하면은 27.1~29.3MPa, 거더는 40.1~49.1Mpa, 교대는 24.0~27.3MPa, 교각은 27.1~29.1MPa로 측정되었으며, 영천방향 바닥판하면은 27.2~29.1MPa, 거더는 40.6~49.4Mpa, 교대는 24.1~26.7MPa, 하부구조물(교각)은 27.0~28.9MPa로 측정되었다.

반발경도 측정은 표면 건전부에서 시행하였으며, 각각의 측정치가 부재별 설계기준 강도(바닥판하면:27.0MPa, 거더:40.0MPa, 교대:24.0MPa, 교각:27.0MPa)를 대부분 상회하는 것으로 나타나 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

2.5.3 철근배근 탐사

가. 철근배근 측정

1) 상주방향

<표 2.5.8> 철근배근 탐사 시험(상주방향)

측정위치		배근종류	설 계(㎜)		측 정(㎜)		비 고
			간격	피복두께	간격	피복두께	
바닥판하면	S1-G1~2	주철근	100	32	101~105	31~33	
		배력철근	125	48	123~128	49~52	
	S3-G1~2	주철근	100	32	100~102	31~34	
		배력철근	125	48	120~125	49~54	
	S5-G4~5	주철근	100	32	103~108	37~40	
		배력철근	125	48	121~127	48~51	
	S7-G1~2	주철근	100	32	98~105	30~33	
		배력철근	125	48	125~129	51~58	
거더	S2-G2	수직철근	150	43.5	149~156	45~50	
		수평철근	200	56.5	200~203	56~58	
	S4-G2	수직철근	150	43.5	150~156	43~46	
		수평철근	200	56.5	200~210	58~63	
	S6-G2	수직철근	150	43.5	150~154	48~52	
		수평철근	200	56.5	200~210	58~65	
교대	A1 구체 전면	수직철근	250	92	255~259	89~96	
		수평철근	125	108	125~130	108~113	
	A2 구체 전면	수직철근	250	92	254~261	87~93	
		수평철근	125	108	122~127	100~105	
교각	P1 코핑 전면	수직철근	200	78.5	200~205	86~92	
		수평철근	200	100.5	205~213	104~112	
	P2 기둥부 전면	수직철근	125	78.5	119~125	82~84	
		수평철근	300	100.5	298~307	103~106	
	P3 기둥부 전면	수직철근	125	78.5	122~127	78~88	
		수평철근	300	100.5	300~309	101~108	
	P4 기둥부 전면	수직철근	125	78.5	123~128	75~79	
		수평철근	300	100.5	308~311	107~116	
	P5 기둥부 전면	수직철근	125	78.5	127~130	79~85	
		수평철근	300	100.5	304~308	97~104	
	P6 코핑 배면	수직철근	200	78.5	200~204	84~89	
		수평철근	200	100.5	200~210	106~111	

2) 영천방향

<표 2.5.9> 철근배근 탐사 시험(영천방향)

측정위치		배근종류	설 계(㎜)		측 정(㎜)		비 고
			간격	피복두께	간격	피복두께	
바닥판하면	S1-G4~5	주철근	100	32	101~107	31~35	
		배력철근	125	48	120~128	49~53	
	S4-G1~2	주철근	100	32	102~104	30~37	
		배력철근	125	48	124~128	51~57	
	S5-G3~4	주철근	100	32	100~103	33~38	
		배력철근	125	48	124~129	52~57	
	S7-G3~4	주철근	100	32	106~110	37~40	
		배력철근	125	48	121~126	53~55	
거더	S2-G2	수직철근	150	43.5	147~153	41~44	
		수평철근	200	56.5	203~208	55~57	
	S3-G2	수직철근	150	43.5	150~153	39~44	
		수평철근	200	56.5	200~203	56~60	
	S6-G3	수직철근	150	43.5	150~153	46~50	
		수평철근	200	56.5	208~212	55~61	
교대	A1 구체 전면	수직철근	250	92	248~256	98~102	
		수평철근	125	108	125~130	107~112	
	A2 구체 전면	수직철근	250	92	250~258	92~101	
		수평철근	125	108	127~130	108~116	
교각	P1 코핑 전면	수직철근	200	78.5	200~210	92~103	
		수평철근	200	100.5	210~215	111~121	
	P2 기둥부 전면	수직철근	125	78.5	125~128	73~80	
		수평철근	300	100.5	300~307	100~105	
	P3 기둥부 전면	수직철근	125	78.5	124~127	75~80	
		수평철근	300	100.5	306~310	98~101	
	P4 기둥부 전면	수직철근	125	78.5	126~130	80~81	
		수평철근	300	100.5	304~309	101~104	
	P5 기둥부 전면	수직철근	125	78.5	127~131	79~82	
		수평철근	300	100.5	306~311	98~103	
	P6 코핑 배면	수직철근	200	78.5	202~210	85~89	
		수평철근	200	100.5	200~207	107~113	

나. 고찰

RC-Radar를 이용하여 철근배근탐사를 시행하였으며, 측정 결과 상주방향 바닥판하면의 주철근 101~108㎜, 배력철근 120~129㎜, 거더 수직철근 149~156㎜, 수평철근 200~210㎜, 교대 구체 수직철근 254~261㎜, 수평철근 122~130㎜, 교각 기둥부 수직철근 122~130㎜, 수평철근 298~311㎜, 코핑부 수직철근 200~205㎜, 수평철근 200~213㎜로 측정되었고, 영천방향 바닥판 하면의 주철근 100~110㎜, 배력철근 120~129㎜, 거더의 수직철근 147~153㎜, 수평철근 200~212㎜, 교대 구체의 수직철근 248~258㎜, 수평철근 125~135㎜, 교각 기둥부의 수직철근 124~131㎜, 수평철근 300~311㎜, 코핑부의 수직철근 200~210㎜, 수평철근 200~215㎜로 측정되었다.

이는 설계배근간격과 설계피복두께를 대부분 만족하고 있는 것으로 조사되어 시공상의 철근배근 및 피복두께 상태는 적정한 것으로 분석된다.

2.5.4 탄산화 시험

가. 탄산화 시험 결과

1) 상주방향

<표 2.5.10> 탄산화 시험 결과(상주방향)

측정 위치		탄산화 깊이(㎜)	공용년수를 고려한 탄산화 깊이(㎜)	측정피복 두께(㎜)	상태 평가	탄산화 속도계수 (㎜/√년)	잔존수명 예측(년)	비고
바닥판 하면	S1-G1~2	0.4	2.85	33	a	0.283	∞	
	S5-G4~5	0.5	2.85	37	a	0.354	∞	
	S7-G1~2	1.0	2.85	33	a	0.707	∞	
교대	A1 구체전면	0.3	2.85	86	a	0.212	∞	
교각	P1 코핑 (전면)	0.6	2.85	116	a	0.424	∞	

2) 영천방향

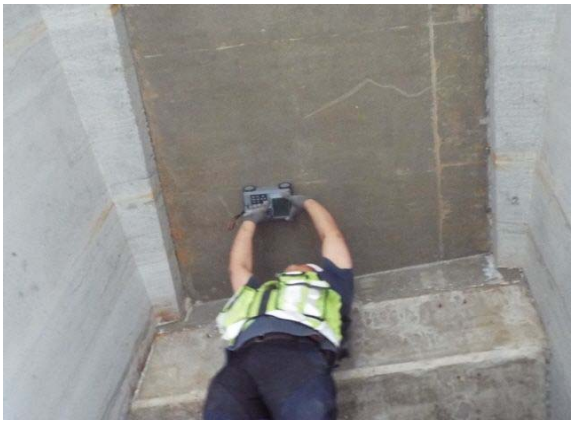
<표 2.5.11> 탄산화 시험 결과(영천방향)

측정 위치		탄산화 깊이(㎜)	공용년수를 고려한 탄산화 깊이(㎜)	측정피복 두께(㎜)	상태 평가	탄산화 속도계수 (㎜/√년)	잔존수명 예측(년)	비고
바닥판 하면	S1-G4~5	0.7	2.85	35	a	0.495	∞	
	S5-G3~4	1.6	2.85	38	a	1.131	∞	
	S7-G3~4	1.0	2.85	37	a	0.707	∞	
교대	A1 구체전면	0.6	2.85	98	a	0.424	∞	
교각	P1 코핑 (전면)	0.4	2.85	92	a	0.283	∞	

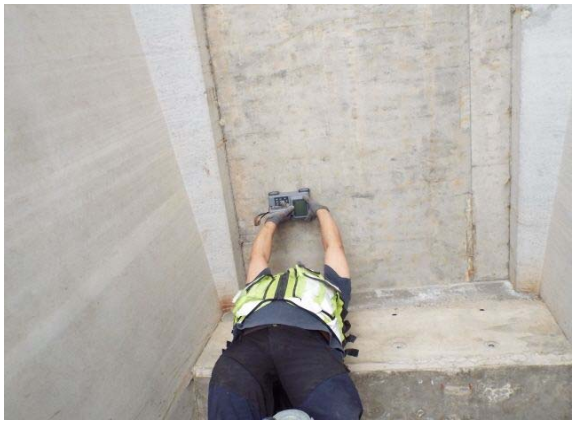
나. 고찰

실측 탄산화깊이는 상주방향 최대 1.0㎜, 영천방향 최대 6.5㎜로 측정되었다. 이는 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 등급이 A등급에 해당되어 탄산화에 의한 부식발생은 없는 것으로 평가 되었다.

2.5.5 재료시험 관련사진

S1-G1~2 반발경도 측정(상주방향)	A1 구체전면 반발경도 측정(상주방향)
S1-G1~2 탄산화 측정(상주방향)	A1 구체전면 탄산화 측정(상주방향)
	
S1-G1~2 철근배근탐사 시험(상주방향)	P1 코핑(전면) 철근배근탐사 시험(상주방향)

<그림 2.5.1> 재료시험 측정(상주방향)

S4 G1~2 반발경도 측정(영천방향)	P1 코핑(전면) 철근배근탐사 시험(영천방향)
S1-G4~5 탄산화 측정(영천방향)	P1 코핑(전면) 탄산화 측정(영천방향)
	
S1-G4~5 철근배근탐사 시험(영천방향)	A1 구체전면 철근배근탐사 시험(영천방향)

<그림 2.5.2> 재료시험 측정(영천방향)

2.5.6 재료시험 결과 요약

<표 2.5.12> 재료시험 결과 요약①(상주방향)

종 류		결 과							검 토
		측정위치		측정강도(A)		설계 기준 강도 (B)	A/B*100		비고	
				재료학회	건축학회		재료학회	건축학회		
콘크리트 강도 시험	반발 경도법	바닥판 하면	S1-G1~2	27.2 MPa	28.7 MPa	27 MPa	100.7 %	106.3 %	건전부	■ 콘크리트 강도 양호한 상태임
			S3-G1~2	28.2 MPa	29.3 MPa		104.4 %	108.5 %	건전부	
			S5-G4~5	27.1 MPa	28.6 MPa		100.4 %	105.9 %	건전부	
			S7-G1~2	27.3 MPa	28.7 MPa		101.1 %	106.3 %	건전부	
		교대	A1 구체전면	24.0 MPa	26.5 MPa	24 MPa	100.0 %	110.4 %	건전부	
			A2 구체전면	25.1 MPa	27.3 MPa		104.6 %	113.8 %	건전부	
		교각	P1 코핑 (전면)	28.0 MPa	28.9 MPa	27 MPa	103.7 %	107.0 %	건전부	
			P2 기둥부 (배면)	28.6 MPa	29.1 MPa		105.9 %	107.8 %	건전부	
			P3 기둥부 (배면)	28.2 MPa	28.8 MPa		104.4 %	106.7 %	건전부	
			P4 기둥부 (배면)	27.9 MPa	28.7 MPa		103.3 %	106.3 %	건전부	
			P5 기둥부 (배면)	27.1 MPa	28.2 MPa		100.4 %	104.4 %	건전부	
			P6 코핑 (전면)	28.2 MPa	29.0 MPa		104.4 %	107.4 %	건전부	

측정위치		측정강도(A)		설계 기준 강도 (B)	A/B*100		비고
		권영웅 외	과학 기술부		권영웅 외	과학 기술부	
거더	S2-G2	48.5 MPa	40.5 MPa	40 MPa	121.3 %	101.3 %	건전부
	S4-G2	47.9 MPa	40.1 MPa		119.8 %	100.3 %	건전부
	S6-G2	49.1 MPa	40.9 MPa		122.8 %	102.3 %	건전부

<표 2.5.13> 재료시험 결과 요약②(상주방향)

<table>
<tr><th>종 류</th><th>결 과</th><th>검 토</th></tr>
<tr><td>철근 배근 탐사 시험</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">측정위치</th><th rowspan="2">배근 종류</th><th colspan="2">설 계(㎜)</th><th colspan="2">측 정(㎜)</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>간격</th><th>피복두께</th><th>간격</th><th>피복두께</th></tr>
<tr><td rowspan="8">바닥판하면</td><td rowspan="2">S1-G1~2</td><td>주철근</td><td>100</td><td>32</td><td>101~105</td><td>31~33</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>125</td><td>48</td><td>123~128</td><td>49~52</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S3-G1~2</td><td>주철근</td><td>100</td><td>32</td><td>100~102</td><td>31~34</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>125</td><td>48</td><td>120~125</td><td>49~54</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S5-G4~5</td><td>주철근</td><td>100</td><td>32</td><td>103~108</td><td>37~40</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>125</td><td>48</td><td>121~127</td><td>48~51</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S7-G1~2</td><td>주철근</td><td>100</td><td>32</td><td>98~105</td><td>30~33</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>125</td><td>48</td><td>125~129</td><td>51~58</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">거더</td><td rowspan="2">S2-G2</td><td>수직철근</td><td>150</td><td>43.5</td><td>149~156</td><td>45~50</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>200</td><td>56.5</td><td>200~203</td><td>56~58</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S4-G2</td><td>수직철근</td><td>150</td><td>43.5</td><td>150~156</td><td>43~46</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>200</td><td>56.5</td><td>200~210</td><td>58~63</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S6-G2</td><td>수직철근</td><td>150</td><td>43.5</td><td>150~154</td><td>48~52</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>200</td><td>56.5</td><td>200~210</td><td>58~65</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">교대</td><td rowspan="2">A1 구체 전면</td><td>수직철근</td><td>250</td><td>92</td><td>250~259</td><td>89~96</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>125</td><td>108</td><td>125~130</td><td>108~113</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">A2 구체 전면</td><td>수직철근</td><td>250</td><td>92</td><td>254~261</td><td>87~93</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>125</td><td>108</td><td>122~127</td><td>100~105</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="12">교각</td><td rowspan="2">P1 코핑 전면</td><td>수직철근</td><td>200</td><td>78.5</td><td>200~205</td><td>86~92</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>200</td><td>100.5</td><td>205~213</td><td>104~112</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">P2 기둥부 전면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>78.5</td><td>119~125</td><td>82~84</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>300</td><td>100.5</td><td>298~307</td><td>103~106</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">P3 기둥부 전면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>78.5</td><td>122~127</td><td>78~88</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>300</td><td>100.5</td><td>300~309</td><td>101~108</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">P4 기둥부 전면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>78.5</td><td>123~128</td><td>75~79</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>300</td><td>100.5</td><td>308~311</td><td>107~116</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">P5 기둥부 전면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>78.5</td><td>127~130</td><td>79~85</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>300</td><td>100.5</td><td>304~308</td><td>97~104</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">P6 코핑 배면</td><td>수직철근</td><td>200</td><td>78.5</td><td>200~204</td><td>84~89</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>200</td><td>100.5</td><td>200~210</td><td>106~111</td><td></td></tr>
</table>
</td><td>■ 철근배근 양호한 상태임</td></tr>
<tr><td>탄산화 시험</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">측정 위치</th><th>탄산화 깊이(㎜)</th><th>공용년수를 고려한 탄산화 깊이(㎜)</th><th>측정 피복 두께(㎜)</th><th>상태 평가</th><th>탄산화 속도계수 (㎜/√년)</th><th>잔존 수명 예측(년)</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="3">바닥판하면</td><td>S1-G1~2</td><td>0.4</td><td>2.85</td><td>33</td><td>a</td><td>0.283</td><td>∞</td><td></td></tr>
<tr><td>S5-G4~5</td><td>0.5</td><td>2.85</td><td>37</td><td>a</td><td>0.354</td><td>∞</td><td></td></tr>
<tr><td>S7-G1~2</td><td>1.0</td><td>2.85</td><td>33</td><td>a</td><td>0.707</td><td>∞</td><td></td></tr>
<tr><td>교대</td><td>A1 구체전면</td><td>0.3</td><td>2.85</td><td>86</td><td>a</td><td>0.212</td><td>∞</td><td></td></tr>
<tr><td>교각</td><td>P1 코핑 (전면)</td><td>0.6</td><td>2.85</td><td>116</td><td>a</td><td>0.424</td><td>∞</td><td></td></tr>
</table>
</td><td>■ 탄산화 진행은 철근 부식에 영향 없음</td></tr>
</table>

<표 2.5.14> 재료시험 결과 요약①(영천방향)

종 류		결 과	검 토
콘크리트 강도 시험	반발 경도법	아래 표 참조	■ 콘크리트 강도 양호한 상태임

측정위치		측정강도(A)		설계 기준 강도 (B)	A/B*100		비고
		재료학회	건축학회		재료학회	건축학회	
바닥판 하면	S1-G4~5	27.2 MPa	28.7 MPa	27 MPa	100.7 %	106.3 %	건전부
	S4-G1~2	27.8 MPa	29.0 MPa		103.0 %	107.4 %	건전부
	S5-G4~5	28.0 MPa	29.1 MPa		103.7 %	107.8 %	건전부
	S7-G1~2	27.4 MPa	28.8 MPa		101.5 %	106.7 %	건전부
교대	A1 구체전면	24.2 MPa	26.6 MPa	24 MPa	100.8 %	110.8 %	건전부
	A2 구체전면	24.1 MPa	26.7 MPa		100.4 %	111.3 %	건전부
교각	P1 코핑 (전면)	27.1 MPa	28.4 MPa	27 MPa	100.4 %	105.2 %	건전부
	P2 기둥부 (배면)	27.0 MPa	28.5 MPa		100.0 %	105.6 %	건전부
	P3 기둥부 (배면)	27.7 MPa	28.6 MPa		102.6 %	105.9 %	건전부
	P4 기둥부 (배면)	28.4 MPa	28.9 MPa		105.2 %	107.0 %	건전부
	P5 기둥부 (배면)	28.2 MPa	28.8 MPa		104.4 %	106.7 %	건전부
	P6 코핑 (전면)	27.7 MPa	28.8 MPa		102.6 %	106.7 %	건전부

측정위치		측정강도(A)		설계 기준 강도 (B)	A/B*100		비고
		권영웅 외	과학 기술부		권영웅 외	과학 기술부	
거더	S2-G2	48.7 MPa	40.6 MPa	40 MPa	121.8 %	101.5 %	건전부
	S4-G2	49.3 MPa	41.0 MPa		123.3 %	102.5 %	건전부
	S6-G2	49.4 MPa	41.1 MPa		123.5 %	102.8 %	건전부

<표 2.5.15> 재료시험 결과 요약②(영천방향)

<table>
<tr><th>종 류</th><th>결 과</th><th>검 토</th></tr>
<tr><td>철근 배근 탐사 시험</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">측정위치</th><th rowspan="2">배근 종류</th><th colspan="2">설 계(㎜)</th><th colspan="2">측 정(㎜)</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>간격</th><th>피복두께</th><th>간격</th><th>피복두께</th></tr>
<tr><td rowspan="8">바닥판하면</td><td rowspan="2">S1-G4~5</td><td>주철근</td><td>100</td><td>32</td><td>101~107</td><td>31~35</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>125</td><td>48</td><td>120~128</td><td>49~53</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S4-G1~2</td><td>주철근</td><td>100</td><td>32</td><td>102~104</td><td>30~37</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>125</td><td>48</td><td>124~128</td><td>51~57</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S5-G3~4</td><td>주철근</td><td>100</td><td>32</td><td>100~103</td><td>33~38</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>125</td><td>48</td><td>124~129</td><td>52~57</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S7-G3~4</td><td>주철근</td><td>100</td><td>32</td><td>106~110</td><td>37~40</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>125</td><td>48</td><td>121~126</td><td>53~55</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">거더</td><td rowspan="2">S2-G2</td><td>수직철근</td><td>150</td><td>43.5</td><td>147~153</td><td>41~44</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>200</td><td>56.5</td><td>203~208</td><td>55~57</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S3-G2</td><td>수직철근</td><td>150</td><td>43.5</td><td>150~153</td><td>39~44</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>200</td><td>56.5</td><td>200~203</td><td>56~60</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S6-G3</td><td>수직철근</td><td>150</td><td>43.5</td><td>150~153</td><td>46~50</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>200</td><td>56.5</td><td>208~212</td><td>55~61</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">교대</td><td rowspan="2">A1 구체 전면</td><td>수직철근</td><td>250</td><td>92</td><td>248~256</td><td>98~102</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>125</td><td>108</td><td>125~130</td><td>107~112</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">A2 구체 전면</td><td>수직철근</td><td>250</td><td>92</td><td>250~258</td><td>92~101</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>125</td><td>108</td><td>127~130</td><td>108~116</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="12">교각</td><td rowspan="2">P1 코핑 전면</td><td>수직철근</td><td>200</td><td>78.5</td><td>200~210</td><td>92~103</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>200</td><td>100.5</td><td>210~215</td><td>111~121</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">P2 기둥부 전면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>78.5</td><td>125~128</td><td>73~80</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>300</td><td>100.5</td><td>300~307</td><td>100~105</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">P3 기둥부 전면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>78.5</td><td>124~127</td><td>75~80</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>300</td><td>100.5</td><td>306~310</td><td>98~101</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">P4 기둥부 전면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>78.5</td><td>126~130</td><td>80~81</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>300</td><td>100.5</td><td>304~309</td><td>101~104</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">P5 기둥부 전면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>78.5</td><td>127~131</td><td>79~82</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>300</td><td>100.5</td><td>306~311</td><td>98~103</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">P6 코핑 배면</td><td>수직철근</td><td>200</td><td>78.5</td><td>202~210</td><td>85~89</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>200</td><td>100.5</td><td>200~207</td><td>107~113</td><td></td></tr>
</table>
</td><td>■ 철근배근 양호한 상태임</td></tr>
<tr><td>탄산화 시험</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">측정 위치</th><th>탄산화 깊이(㎜)</th><th>공용년수를 고려한 탄산화 깊이(㎜)</th><th>측정 피복 두께(㎜)</th><th>상태 평가</th><th>탄산화 속도계수 (㎜/√년)</th><th>잔존 수명 예측(년)</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="3">바닥판하면</td><td>S1-G4~5</td><td>0.7</td><td>2.85</td><td>35</td><td>a</td><td>0.495</td><td>∞</td><td></td></tr>
<tr><td>S5-G3~4</td><td>1.6</td><td>2.85</td><td>38</td><td>a</td><td>1.131</td><td>∞</td><td></td></tr>
<tr><td>S7-G3~4</td><td>1.0</td><td>2.85</td><td>37</td><td>a</td><td>0.707</td><td>∞</td><td></td></tr>
<tr><td>교대</td><td>A1 구체전면</td><td>0.6</td><td>2.85</td><td>98</td><td>a</td><td>0.424</td><td>∞</td><td></td></tr>
<tr><td>교각</td><td>P1 코핑 (전면)</td><td>0.4</td><td>2.85</td><td>92</td><td>a</td><td>0.283</td><td>∞</td><td></td></tr>
</table>
</td><td>■ 탄산화 진행은 철근 부식에 영향 없음</td></tr>
</table>

2.6 시설물의 상태평가

2.6.1 개 요

상태평가 등급산정은 한국시설안전공단에서 제공하는 교량상태평가 프로그램(Bridge Level2)을 이용하여 산정하였으며 결과는 다음과 같다.

2.6.2 상태평가 결과

<표 2.6.1> 상태평가 결과(상주방향)

부재의 분류	상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
PSC[1]	a	a	a	X	a	a	a	a	a	Q	a	a
PSC[2]	a	a	a	X	a	a	X	a	a	Q	a	a
PSC[3]	a	a	a	X	a	a	a	a	a	Q	a	a
PSC[4]	a	a	a	X	a	a	X	a	b	Q	a	a
PSC[5]	a	a	a	X	a	a	X	a	b	Q	a	a
PSC[6]	a	a	a	X	a	a	a	a	b	Q	a	a
PSC[7]	a	a	a	X	a	a	X	a	a	Q	a	a
PSC[8]	X	X	X	X	X	X	a	a	a	Q	X	a
평균	0.100	0.100	0.100	N/A	0.100	0.100	0.100	0.100	0.138	N/A	0.100	0.100
가중치	25	20	5	N/A	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X 가중치)/ 가중치합	0.025	0.020	0.005	N/A	0.003	0.002	0.009	0.009	0.028	N/A	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =												0.108
2. 상태평가 결과 =												a

<표 2.6.2> 상태평가 결과(영천방향)

부재의 분류	상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
PSC[1]	a	a	a	X	a	a	a	a	a	Q	a	a
PSC[2]	a	a	a	X	a	a	X	a	a	Q	a	a
PSC[3]	a	a	a	X	a	a	a	a	b	Q	a	a
PSC[4]	a	a	a	X	a	a	X	a	b	Q	a	a
PSC[5]	a	a	a	X	a	a	X	a	b	Q	a	a
PSC[6]	a	a	a	X	a	a	a	a	c	Q	a	a
PSC[7]	a	a	a	X	a	a	X	a	a	Q	a	a
PSC[8]	X	X	X	X	X	X	a	a	b	Q	X	a
평균	0.100	0.100	0.100	N/A	0.100	0.100	0.100	0.100	0.138	N/A	0.100	0.100
가중치	25	20	5	N/A	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X 가중치)/ 가중치합	0.025	0.020	0.005	N/A	0.003	0.002	0.009	0.009	0.038	N/A	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =												0.118
2. 상태평가 결과 =												a

<표 2.6.3> 전체 상태평가 결과

구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (M)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도 점수 X 연장비
상주방향	0.108	a	320.0	2	640	0.5	0.054
영천방향	0.118	a	320.0	2	640	0.5	0.059
합계(∑)			640		1,280	1	0.113
1. 결함지수 =							0.113
2. 상태평가 결과 =							A 등급

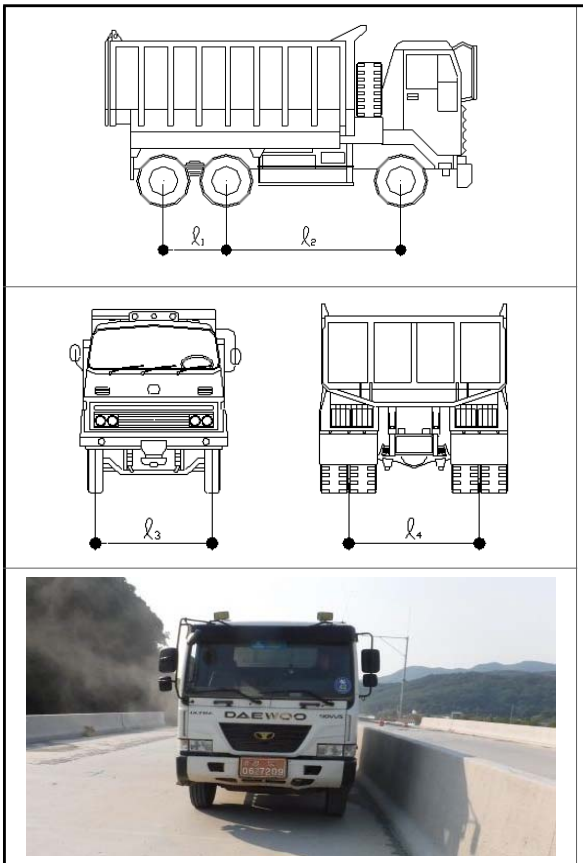
본 교량의 상태등급평가는「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 한국시설 안전공단, 2010.12)」에 의거 각 부재에 대해 각각 실시하였으며, 육안조사에 의한 외관조사 항목과 내구성 요소인 탄산화 측정치 항목을 포함하여 상태평가를 실시하였다. 이에 따른 상태평가 산정결과 결함지수는 0.113로서 상태평가 등급은 “A” 등급(0 < x < 0.13)의 “문제점이 없는 최상의 상태” 인 것으로 평가되었다.

2.7 재하시험

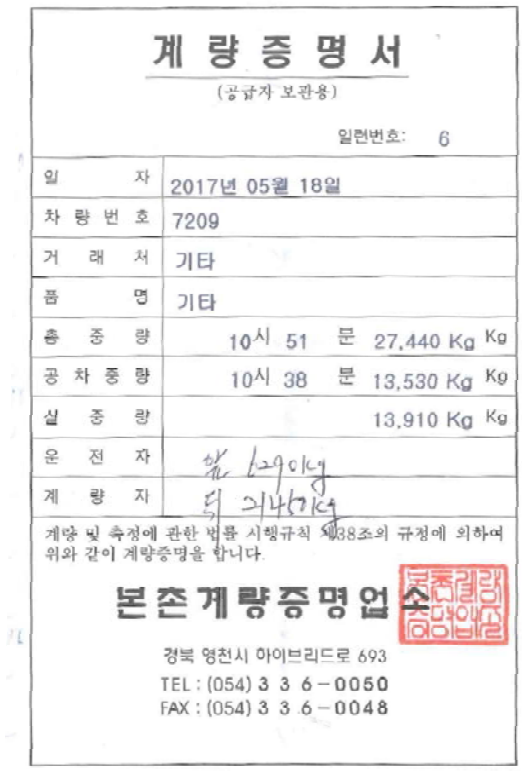
2.7.1 재하차량 및 시험구간 선정

가. 재하차량

현 초기점검에서 재하시험 시행시에는 15t 덤프트럭을 이용하여 교량의 허용하중 60%이상 토사를 상재시켜 재하시험을 하는 것으로 규정하고 있으므로 이에 따라 재하시험을 실시하였다. 또한 만재된 상태의 각 차륜하중을 계량소에서 측정 기록하였으며, 사용된 트럭의 제원 및 차륜하중은 다음과 같다.



재하차량(ID 7209)



계 량 증 명 서

(공급자 보관용)

일련번호: 6

일 자	2017년 05월 18일
차 량 번 호	7209
거 래 처	기타
품 명	기타
총 중 량	10시 51 분 27,440 Kg Kg
공 차 중 량	10시 38 분 13,530 Kg Kg
실 중 량	13,910 Kg Kg
운 전 자	앞 14,910kg
계 량 자	뒤 13,470kg

계량 및 측정에 관한 법률 시행규칙 제38조의 규정에 의하여 위와 같이 계량증명을 합니다.

본존계량증명업소

경북 영천시 하이브리드로 693
TEL : (054) 3 3 6 - 0050
FAX : (054) 3 3 6 - 0048

계량증명서(ID 7209)

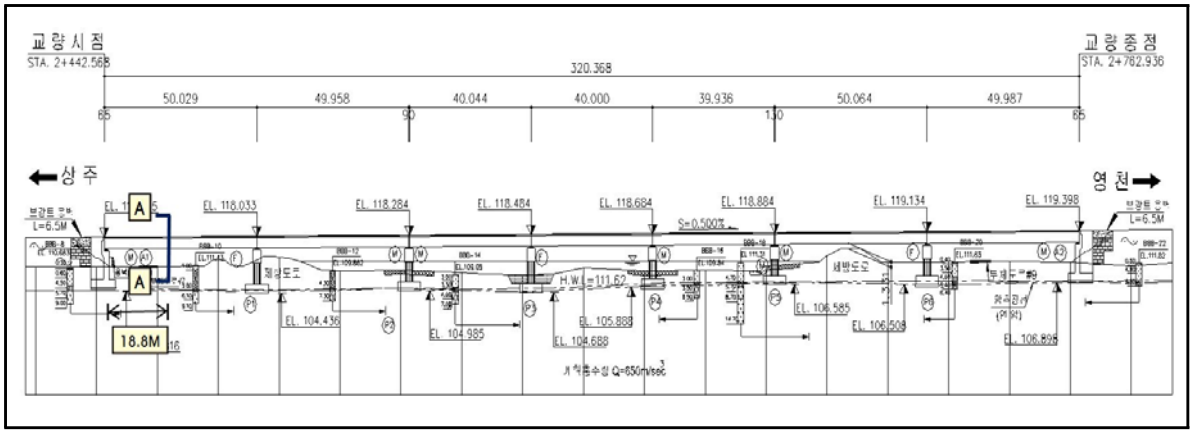
구 분 (차량번호)	차량제원				차 륜 별 축 중 (kN)			
	ℓ1(m)	ℓ2(m)	ℓ3(m)	ℓ4(m)	전 륜	중 륜	후 륜	총중량
재하차량	1.3	3.3	2.07	1.85	62.90	105.75	105.75	274.40

나. 시험구간 선정

본 금매교의 영천방향에 재하시험을 실시하였으며, 교량형식은 PSC E BEAM교로서 시험경간 선정은 대상교량의 구조적 특성 및 차량통제 등을 고려하여 구조적으로 불리하고 Gauge 부착 및 측정장비의 설치, 시험차량의 가속거리 등의 현장여건을 종합적으로 고려하여 다음과 같이 선정하였다.

<표 2.7.1> 시험구간의 선정사유

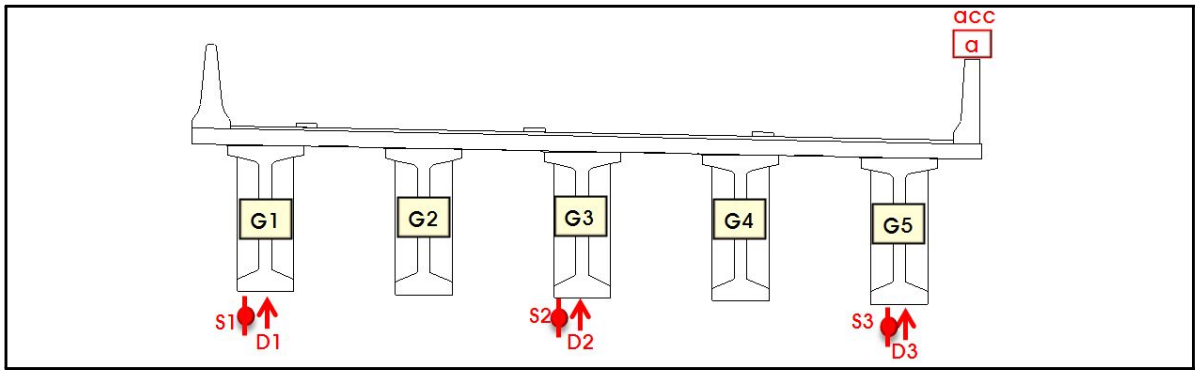
시험경간/지점	지간장(L)	선 정 사 유	비 고
S1 (3/8L부)	50.0m	1경간 최대 정모멘트 작용구간	



<그림 2.7.1> 종단면도 및 시험구간

다. 센서 설치위치 및 수량

본 교량에서는 최대단면력 발생단면을 측정단면으로 선정하고 처짐계, 변형율계 및 진동가속도계를 <그림 2.7.2>, <표 2.7.2>와 같이 설치하였다.



<그림 2.7.2> 게이지 부착위치

<표 2.7.2> 각 단면별 게이지 부착현황

기 호	게이지 종류	용 도	비 고
⊕	Concrete Strain Gauge	변형률 측정	휨
↟	처짐계(Displacement)	변위측정	처짐
@	가속도계(Accelerometer)	가속도 측정	고유진동수

부착경간	구 분		부착위치	측정내용
S1 3/8L지점 (A-A 단면)	변위계	D1	G1 하면	최대변위
		D2	G3 하면	최대변위
		D3	G5 하면	최대변위
	변형율계	S1	G1 하면	최대변형률
		S2	G3 하면	최대변형률
		S3	G5 하면	최대변형률
	가속도계	acc	우측 방호벽 상부	진동가속도

관련사진

처짐계 설치 현황

변형률계 설치 현황(1)

변형률계 설치 현황(2)

가속도계 설치현황

정적재하시험 위치표기

정적재하시험(1)

정적재하시험(2)

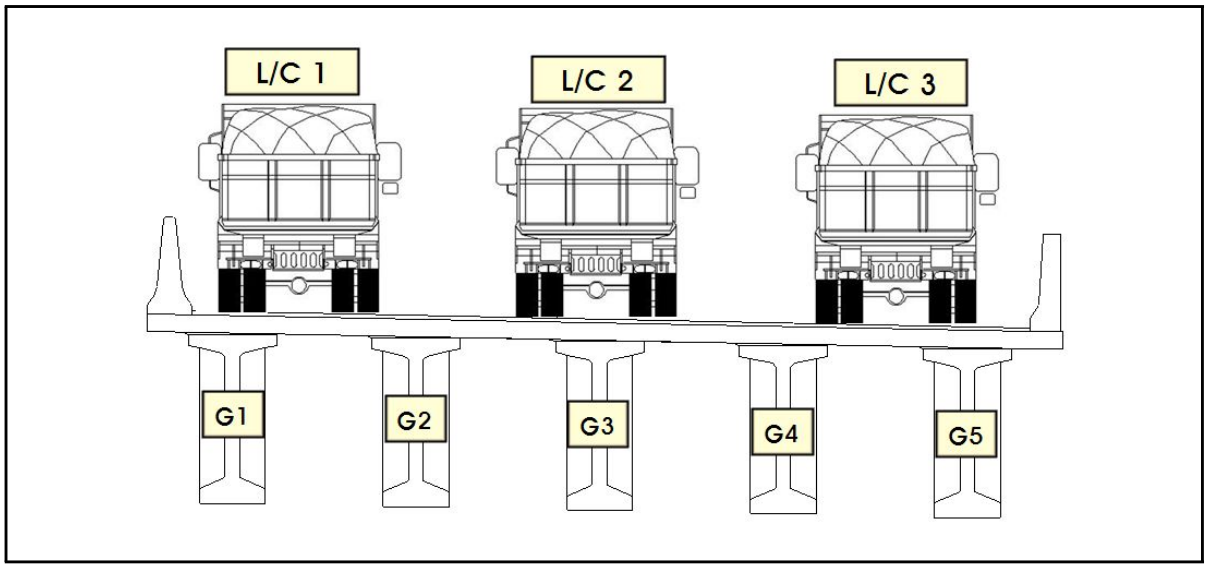
동적재하시험

데이터 수집 현황

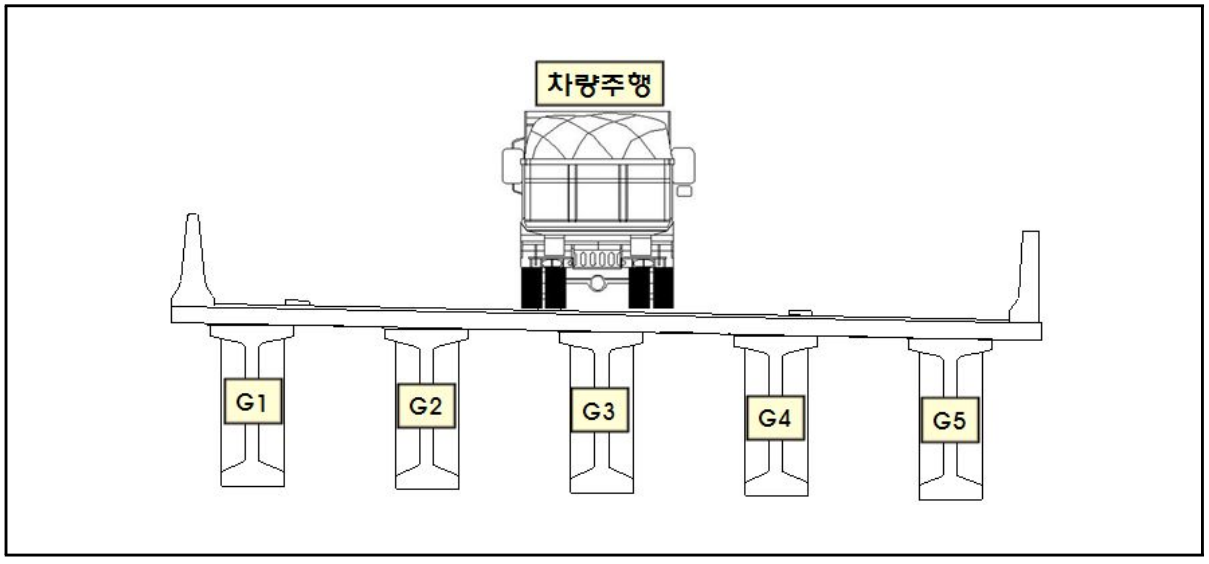
2.7.2 재하시험 결과

가. Load Case별 재하위치

정적 재하시험의 경우 약 27톤의 재하차량을 이용하여 L.C 1 ~ L.C 3까지 대상교량의 각 측점에 대한 최대응답을 얻고 대칭성을 가지도록 상주(A1)에서 영천(A2)방향으로 진행하며 시험차량을 재하하였다.



동적 재하시험의 경우 정적 재하시험과 동일한 차량을 이용하여 시속 10km/hr부터 시작하여 현장의 여건을 고려하여 시험차량의 최대속도까지 주행하도록 하여 동적시험을 실시하였으며, 주행방향은 상주(A1)에서 영천(A2)방향으로 진행하며 시험차량을 주행하였다.

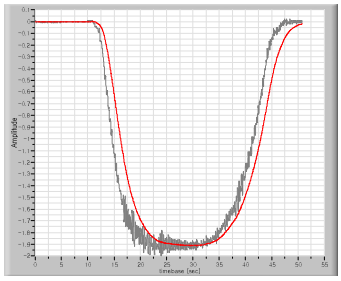
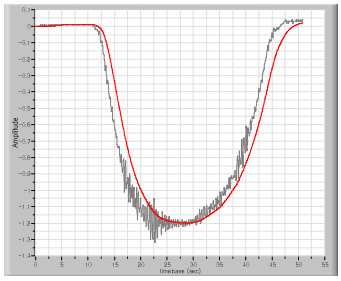
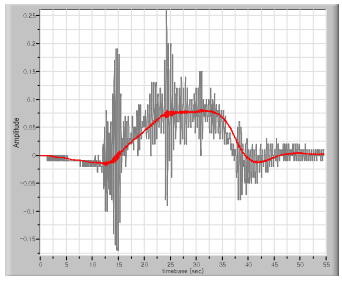
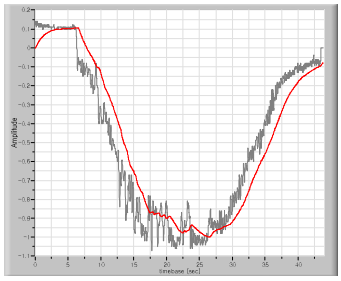
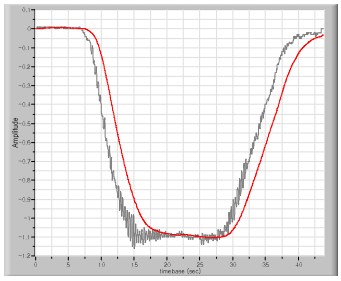
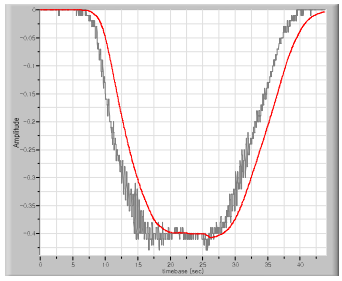
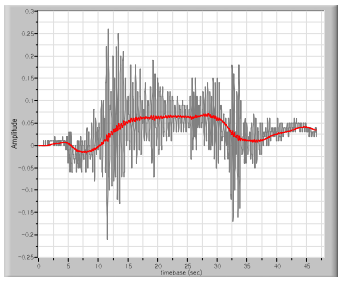
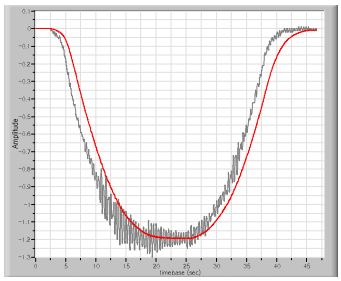
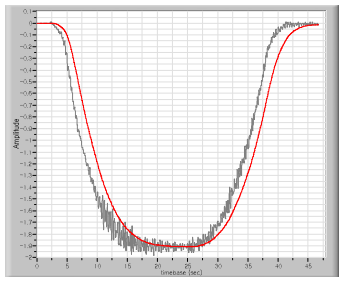


나. 정적 재하시험 결과

1) 처짐 측정결과

시험경간인 S1에 대한 처짐 측정결과, 하향처짐이 최소 -0.407mm, 최대 -1.912mm로 측정되었으며, 각 위치별 측정결과는 다음과 같다.

<표 2.7.3> 정적처짐(㎜) 측정결과

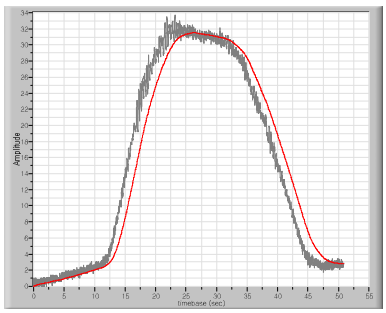
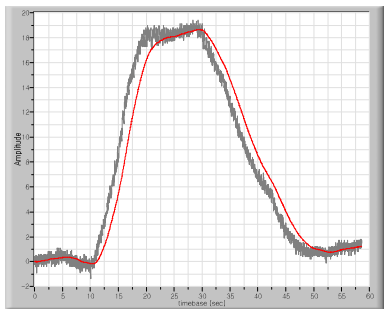
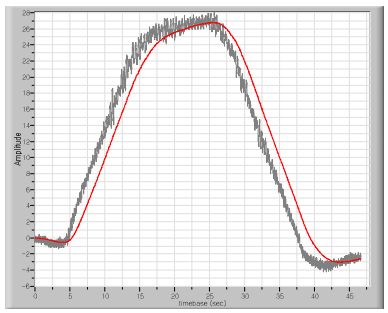
구 분	G1	G3	G5
	DT1	DT2	DT3
L/C1	-1.912mm	-1.200mm	0.082mm
			
L/C2	-0.999mm	-1.104mm	-0.407mm
			
L/C3	0.071mm	-1.195mm	-1.909mm
			

2) 변형률 측정결과

시험경간인 S1에 대한 변형률 측정결과, 최대 31.526μm/m, 최소 1.595μm/m로 측정되었으며, 각 위치별 측정결과는 다음과 같다.

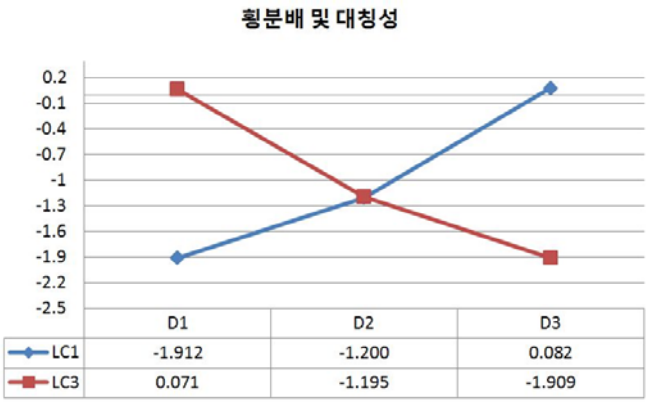
<표 2.7.4> 변형율(μm/m) 측정결과

구 분	ST1(G1)	ST2(G3)	ST3(G5)
L.C 1	31.526	8.958	2.055
L.C 2	10.896	18.661	10.095
L.C 3	1.595	9.528	26.781

G1	G3	G5
ST1	ST2	ST3
31.526μm/m	18.661μm/m	26.781μm/m
		

3) 대칭성 분석

대칭성이란 대칭구조의 교량부재에 하중을 재하하면 측정 결과는 대칭성을 보여주게 된다는 것이다. 즉, 현장에서 측정된 데이터를 이용하여 현 상태의 교량이 시공시 설계도면에 따라 시공이 되었는지의 검증유무 및 현 상태의 거동특성을 데이터의 대칭성의 분석을 통하여 판단할 수가 있다. 분석결과 전반적으로 양호한 거동을 하는 것으로 판단되며 서로 대칭인 재하경우에 대한 비교를 통하여 계측결과의 신빙성을 확인할 수 있었다.

L.C 1 vs L.C 3	

<그림 2.7.3> 처짐 대칭성 분석(단위:㎜)

다. 동적 재하시험 결과

1) 재하차량 주행 방향 및 속도

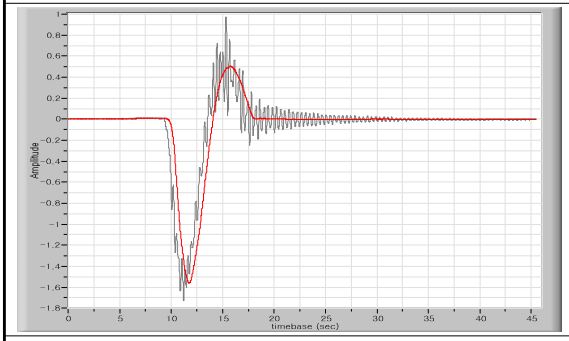
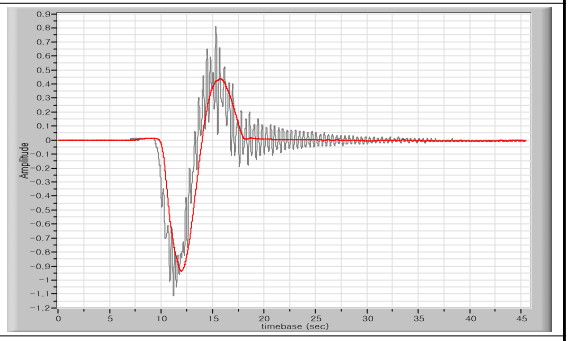
동적 재하시험시 재하차량의 주행 방향은 상주방향(A1)→영천방향(A2) 방향으로 주행토록 하였으며, 10km/hr에서 부터 주행 가능한 최대속도(44km/hr)까지 측정하였다.

2) 충격계수 산정결과 및 분석

<표 2.7.5> 동적 재하시험 주행속도별 처짐 및 충격계수 측정결과(㎜)

구 분	10km/hr	20km/hr	30km/hr	40km/hr	44km/hr
DT1	-1.653	-1.909	-1.606	-1.658	-1.910
DT2	-1.552	-1.544	-1.543	-1.541	-1.560
DT3	-1.054	-0.929	-1.133	-1.075	-0.936

구 분		10km/hr	20km/hr	30km/hr	40km/hr	44km/hr
DT1	D_{dyn}	0.62	0.675	0.656	0.663	0.677
	D_{sta}	0.566	0.602	0.579	0.58	0.591
	$D.L.F$	1.095	1.121	1.133	1.143	1.146
	i	0.095	0.121	0.133	0.143	0.146
DT2	D_{dyn}	0.53	0.61	0.56	0.558	0.593
	D_{sta}	0.479	0.536	0.483	0.493	0.512
	$D.L.F$	1.106	1.138	1.159	1.132	1.158
	i	0.106	0.138	0.159	0.132	0.158
DT3	D_{dyn}	0.54	0.561	0.613	0.515	0.512
	D_{sta}	0.49	0.495	0.525	0.455	0.44
	$D.L.F$	1.102	1.133	1.168	1.132	1.164
	i	0.102	0.133	0.168	0.132	0.164

최대충격계수 분석그래프(44km/kr주행 시)	
	
DT2	DT3
최대 충격계수 산정 결과	◦주행시험에 의한 실측 최대 충격계수는 최대속도인 44km/hr 주행시 DT3에서 0.164으로 측정됨

교량의 노면상태 및 차량의 주행속도, 지간장, 고정하중과 활하중의 비, 구조적 특성 등 다양한 인자들에 의하여 정적하중보다 교량에 더 큰 영향을 줄 수 있는 활하중에 의한 충격영향 정도를 파악하기 위해 동적주행시험 시 측정된 처짐값을 이용하여 충격계수를 구하였다. 처짐값의 측정치가 작을 때는 노이즈의 영향이 크므로 차량 주행위치에 인접해 있는 처짐게이지를 사용해 충격계수를 산정하였으며, 실측 최대충격계수는 이론 충격계수 산정값 이내로 확인되었다.

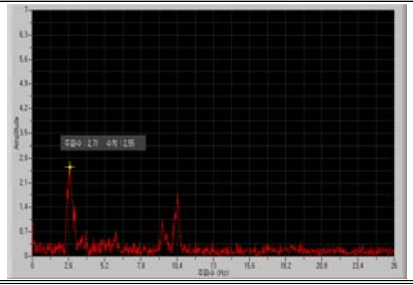
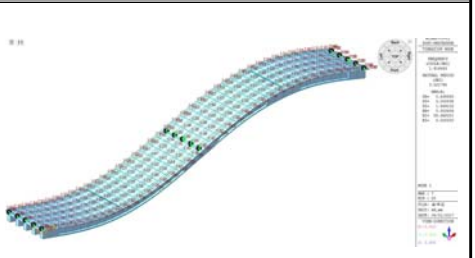
<표 2.7.6> 이론 충격계수(i)와의 비교

이론 충격계수 산정값	실측 충격계수 산정값	비 고
$i = \frac{15}{40 + L} = \frac{15}{40 + 50} = 0.167$	0.164	$i_{이론} > i_{실측}$ (0.167>0.164)

3) 고유진동수 분석

진동데이터의 스팩트럼 해석이란 불규칙한 진동파형을 Fourier 변환하여 시간영역의 데이터를 진동수 영역의 데이터로 바꾸고, 진동파형에 포함되어있는 진동수 성분의 강도(F.F.T)를 구하는 것을 말한다. 교량에 설치한 가속도계로부터 재하차량이 측정경간을 벗어나 영향을 주지않는 자유진동상태의 가속도 응답곡선을 F.F.T분석을 실시한 후 고유진동수를 구하였다. 구조물의 진동특성은 구조물의 질량과 강성에 관계되나 해석시 이상화된 해석모델과 달리 실제 구조물은 기하학적 형상이나 지지조건 및 부부재 등에 따라 매우 복잡한 진동을 하게 된다. 측정고유진동수 및 해석고유진동수를 비교한 결과 실측치가 이론치를 상회하여 본 교량은 강성이 충분히 확보되고 있는 것으로 판단된다.

<표 2.7.7> 고유진동수 해석치와 실측치 비교

측정 고유진동수(Hz)			해석 고유진동수(Hz)
10km/hr	2.71		
20km/hr	2.71		
30km/hr	2.71		
40km/hr	2.71		
44km/hr	2.71		
2.710 Hz			1.916 Hz

2.7.3 재하시험 결과고찰

금매교는 영천방향에 재하시험을 실시하였으며, 교량형식은 PSC E BEAM교로서 시험경간 선정은 대상교량의 구조적 특성 및 차량통제 등을 고려하여 구조적으로 불리하고 Gauge 부착 및 측정장비의 설치, 시험차량의 가속거리 등의 현장여건을 종합적으로 고려하여 S1구간을 선정하였다.

정적재하시험 결과, 하향처짐이 최소 -0.407㎜, 최대 -1.912㎜로 측정되었으며, 변형률 측정결과, 최대 31.526㎛/m, 최소 1.595㎛/m로 측정되었다.

또한, 대칭성분석결과 전반적으로 양호한 거동을 하는 것으로 판단되며 서로 대칭인 재하경우에 대한 비교를 통하여 계측결과의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

동적 재하시험시 재하차량의 주행 방향은 상주방향(A1)→영천방향(A2)방향으로 주행토록 하였으며, 10㎞/hr에서 부터 주행 가능한 최대속도(44㎞/hr)까지 측정하였다. 동적재하시험 결과, 실측 최대충격계수는 이론 충격계수 산정값 이내로 확인되었으며, 측정고유진동수 및 해석고유진동수를 비교한 결과 실측치가 이론치를 상회하여 본 교량은 강성이 충분히 확보되고 있는 것으로 판단된다.

2.8 구조해석 및 내하력 평가

2.8.1 상주방향

상주방향은 영천방향과 형식 및 길이 등이 동일하여 재하시험을 수행하지 않은 관계로 구조해석 및 내하력평가는 영천방향만 실시함.

2.8.2 영천방향

가. 개 요

1) 교량제원

① 교량형식 : PSC e-Beam 교 - 포스트텐션방식(Post-tensioning)

② 교량등급 : 도로교 1등급 (DB & DL-24)

③ 교량연장 : 50 + 50 + 0 = 100.000 m

④ 교량폭원 : B = 24.470 m

⑤ 활하중

㉠ 차륜하중 DB-24(Pf = 24.0 kN, Pr = 96.0 kN)

㉡ 차선하중 DL-24(Wl = 12.7 kN/m, Pm = 108.0 kN, Ps = 156.0 kN)

㉢ 충격계수 : i = 15/(40 + L) ≤ 0.3

2) 단위중량

① 철근 콘크리트 : Wc1 = 25.0 kN/㎥

② 무근 콘크리트 : Wc2 = 23.5 kN/㎥

③ 강재 : Ws = 78.50 kN/㎥

④ 아스콘포장 : Wa = 23.0 kN/㎥

3) 재료의 물리상수

① 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 27 MPa
(바닥판) 탄성계수 Ec = 25,000 MPa

② 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 40 MPa
(PSC BEAM) 탄성계수 Ec = 29,000 MPa

③ 철 근 : 항복강도 fy = 400 MPa, 탄성계수 Ec = 20,000 MPa

④ PS강재 : SWPC 7B 15.2 mm x 7STRAND (저릴랙세이션 강재 사용)
인장강도 fpu = 1,900 MPa, 항복강도 fpy = 1,600 MP,
탄성계수 Ep = 200,000 MPa

4) 허용응력

구 분		항 목	산 식
바닥판 콘크리트		허용응력	·fck = 27.0 MPa
프리스트레스 콘크리트	크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전	허용압축응력	·0.55 fci = 17.6 MPa
		허용인장응력	·-0.25 √fci = -1.4 MPa
	사용하중 상태	허용압축응력	·0.4 fck = 16 MPa
		허용인장응력	·0.5 √fci = -3.2 MPa
		허용 균열응력	·fcr = 2.0 x √fck = 12.65 MPa
PS 강재		인장강도	·fpu = 1900 MPa
		항복강도	·fpy = 1600 MPa
		Jack에 의한 최대긴장력	·0.90 fpy = 1440 MPa
		정착구에서의 응력	·0.7 fpu = 1330 MPa
		손실발생후 사용 하중 상태에서의 응력	·0.8 fpy = 1280 MPa
		정착후 활동에 의한 손실구역 끝부분에서의 응력	·0.83 fpy = 1328 MPa

5) 검토방법

① 바닥판 : 강도 설계법

② PSC BEAM : 허용응력 설계법

6) 참고문헌

① 도로교 표준시방서 - 건설교통부(1996)

② 도로교 설계기준 - 건설교통부(2000)

③ 콘크리트 표준시방서 - 건설교통부(1996)

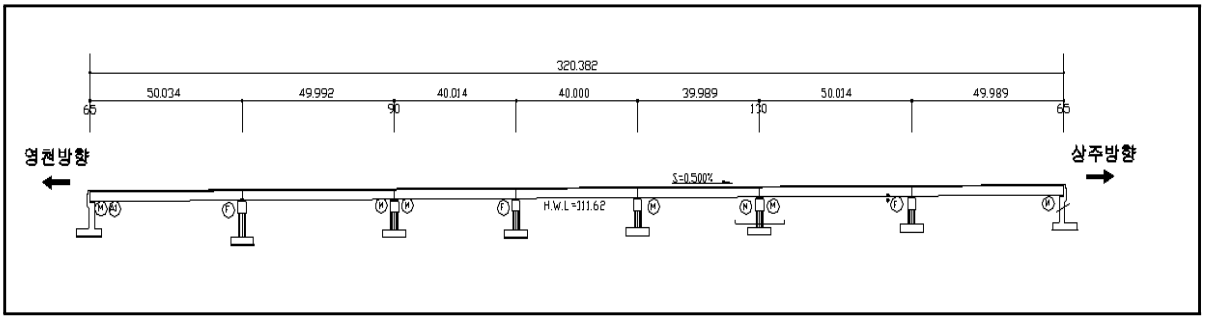
④ 콘크리트 구조 설계기준 - 건설교통부(1999)

⑤ 도로 설계요령 - 한국도로공사

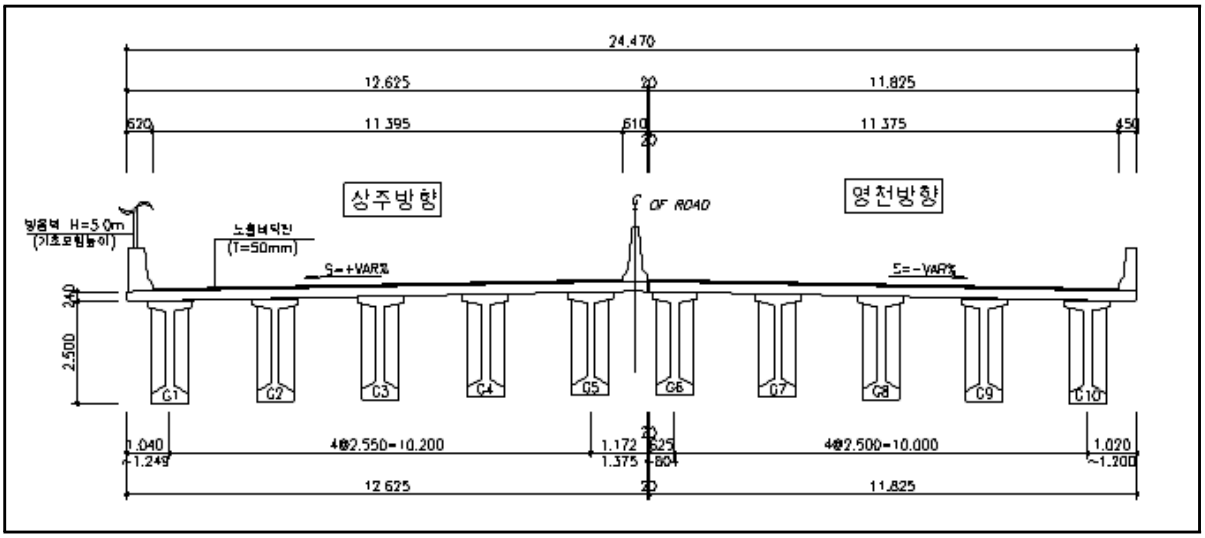
나. 구조해석

1) 검토단면

① 종단면도



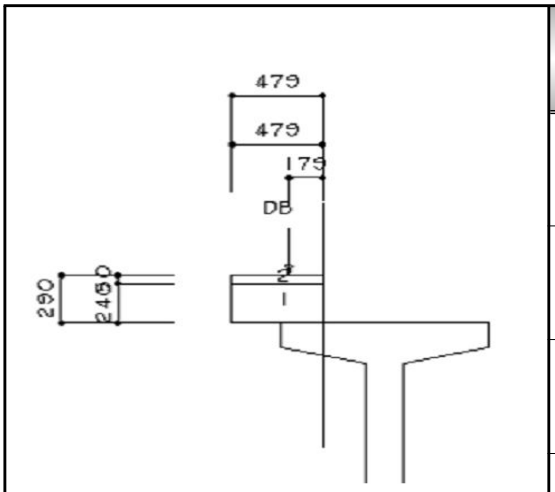
② 횡단면도



2) 바닥판 검토

① 캔틸레버부(좌측)

㉠ 고정하중



No	중량 (kN)	거리 (m)	모멘트 (kN·m)
①	0.479 x 0.24 x 25 = 2.87	0.24	0.69
②	0.479 x 0.05 x 23.5 = 0.56	0.24	0.14
계	3.44		0.82

∴ M_d= 0.82 kN·m

㉡ 활하중(DB-24 : Pr = 96 kN)

- 차륜 하중 분포폭(E)

E = 0.8 · L + 1.14 = 0.8 x 0.179 + 1.14 = 1.283 m

- 충격계수(i)

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.179) = 0.373 > 0.3

∴ i = 0.300

M1+i = Pr · L · (1+i) / E

= 96.0 x 0.179 x (1 + 0.300) / 1.283 = 17.41 kN · m

㉢ 차량 충돌 하중 - 수평력 H가 상단부에 작용

설계속도(V) = 100.0 km/hr, 회전반경(R) = 1100.0 m,

높이(H) = 0.000 m

(직선구간 : 10 kN/m, 곡선구간 : 20 kN/m)

- 92' 도로교표준시방서

Pco = $(v/60)^2$ x 750 + 250 = (100/60)2 x 750 + 250 = 23.30 kN

Mco = 23.30 x (0.000 + 0.050) = 1.17 kN · m

- 도로안전시설 설치 및 관리지침

Pco = 20.0 kN (직선구간 : 10 kN/m, 곡선구간 : 20 kN/m)

Mco = 20.0 x (0.000 + 0.050) = 1.00 kN·m

∴ Mco = 1.17 kN·m

㉣ 풍하중

Pw = 3.00 kN/m (활화중 비재하시)

Mw = 3.00 kN/m x 0.00 m x 0.00/2 = 0.00 kN·m

㉤ 원심하중

- 교면상 1.8m 높이에 작용

- Beam 수 = 5 EA, 경간 = 2경간, 교량연장 = 99.900 m

- 교량중심각(°) = 5.20 ≥ 5.00 °

∴ 곡선교로 결정하여 원심하중을 적용

CF = 0.79 x V2 / R = 7.2%

Pcf = (Pr / E) x CF = (96.0 / 1.283) x 0.072 = 5.40 kN

Mcf = 5.40 x (1.800 + 0.050 / 2) = 9.81 kN·m

㉥ 하중조합(MAX)- 좌측 켄틸레버부

조합번호	고정하중	활하중	충돌하중	풍하중	원심하중	계수하중 (kN·m)	사용하중 (kN·m)
	0.82	17.41	1.17	0.00	9.81		
①	1.300	2.150	-	-	1.300	51.25	28.04
②	1.300	1.300	1.300	-	1.300	37.97	28.04
③	1.300	1.300	-	0.650	1.300	36.45	28.04
④	1.200	-	1.200	1.200	-	2.39	0.82
⑤	1.300	-	-	1.300	-	1.07	0.82

㉲ 하중집계

강도설계부	Mu	Mo	M ℓ
검토하중 (kN · m)	51.25	28.04	17.41

㉮ 강도설계검토

강도 설계법 적용구간				판정
강도검토 (kN · m)	Mu	51.2		0.K
	Md	91.7		
주철근량	필요	874.4		
	사용철근량(㎟)	H16@200	993.0	
		H13@200	633.5	
배력철근량	필요	585.8		
	사용철근량(㎟)	H16@250	794.4	
단부 주철근량	필요	1748.8		
	사용철근량(㎟)	H19@100	2865.0	

㉳ 설계모멘트강도(Md)검토

· fck = 27.0 MP · fy = 400.0 MPa

· UseAs = 1626.5 ㎟ · B = 1000.0 mm

· H = 240 mm · Dc = 60 mm (D = H - Dc = 240 - 60 = 180 mm)

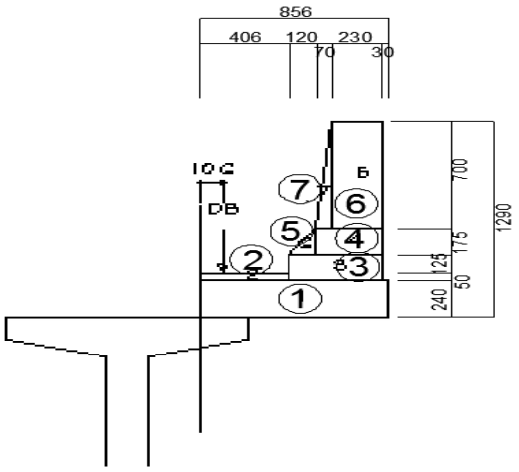
- a = (fy x UseAs)/(0.85 x fck x B) = 28.349

Md = ϕMn = ϕ · UseAs · fy(D - a/2) / 10^6 = 91.70 kN · m

∴ Md = 91.70 kN · m > Mu = 51.25 kN · m --- 0.K !!!

② 캔틸레버부(우측)

㉠ 고정하중



No	중량 (kN)	거리 (m)	모멘트 (kN·m)
①	0.856 x 0.24 x 25 = 5.14	0.428	2.20
②	0.406 x 0.5 x 23.5 = 0.48	0.203	0.10
③	0.42 x 0.175 x 25 = 1.84	0.616	1.13
④	0.3 x 0.175 x 25 = 1.31	0.676	0.89
⑤	0.5 x 0.12x0.175 x 25 = 0.26	0.486	0.13
⑥	0.23 x 0.7 x 25 = 4.03	0.711	2.86
⑦	0.5 x 0.07 x 0.7x 25 = 0.61	0.573	0.35
계	13.66		7.66

∴ M_d= 7.66 kN·m

㉡ 활하중(DB-24 : Pr = 96 kN)

- 차륜 하중 분포폭(E)

E = 0.8 · L + 1.14 = 0.8 x 0.106 + 1.14 = 1.225 m

- 충격계수(i)

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.106) = 0.374 > 0.3

∴ i = 0.300

M1+i = Pr · L · (1+i) / E = 96.0 x 0.106 x (1 + 0.300) / 1.225

= 10.80 kN · m

ⓒ 차량 충돌 하중 - 수평력 H가 상단부에 작용

설계속도(V) = 100.0 km/hr, 회전반경(R) = 1100.0 m,

높이(H) = 1.000 m

(직선구간 : 10 kN/m, 곡선구간 : 20 kN/m)

- 92' 도로교표준시방서

Pco = $(v/60)^2$ x 750 + 250 = (100/60)2 x 750 + 250 = 23.33 kN

Mco = 23.33 x (1.000 + 0.050) = 24.50 kN · m

- 도로안전시설 설치 및 관리지침

Pco = 20.0 kN (직선구간 : 10 kN/m, 곡선구간 : 20 kN/m)

Mco = 20.0 x (1.000 + 0.050) = 21.00 kN · m

∴ Mco = 24.50 kN · m

ⓔ 풍하중

Pw = 3.00 kN/m (활화중 비재하시)

Mw = 3.00 kN/m x 1.050 m x 1.050/2 = 1.650 kN · m

ⓜ 원심하중

- 교면상 1.8m 높이에 작용

- Beam 수 = 5 EA, 경간 = 2경간, 교량연장 = 99.900 m

- 교량중심각(°) = 5.20 ≥ 5.00 °

∴ 곡선교로 결정하여 원심하중을 적용

CF = 0.79 x V2 / R = 7.2%

Pcf = (Pr / E) x CF = (96.0 / 1.225) x 0.072 = 5.63 kN

Mcf = 5.63 x (1.800 + 0.050 / 2) = 10.27 kN · m

ⓑ 하중조합(MAX)-우측 켄틸레버부

조합번호	고정하중	활하중	충돌하중	풍하중	원심하중	계수하중 (kN · m)	사용하중 (kN · m)
	7.66	10.80	24.50	1.65	10.27		
①	1.300	2.150	-	-	1.300	46.53	28.73
②	1.300	1.300	1.300	-	1.300	69.20	28.73
③	1.300	1.300	-	0.650	1.300	38.42	29.23
④	1.200	-	1.200	1.200	-	40.57	8.15
⑤	1.300	-	-	1.300	-	12.10	8.15

㉲ 하중집계

강도설계부	Mu	Mo	M ℓ
검토하중 (kN · m)	69.20	29.23	10.80

ⓞ 강도설계 및 사용성검토

강도 설계법 적용구간				판정
강도검토 (kN · m)	Mu	69.2		0.K
	Md	91.7		
주철근량	필요	1200.4		
	사용철근량(㎟)	H16@200	993.0	
		H13@200	633.5	
배력철근량	필요	804.3		
	사용철근량(㎟)	H19@250	1146.0	
단부 주철근량	필요	2400.9		
	사용철근량(㎟)	H19@100	2865.0	

㉳ 설계모멘트강도(Md)검토

• fck = 27.0 MP • fy = 400.0 MPa

• UseAs = 1626.5 ㎟ • B = 1000.0 mm

• H = 240 mm • Dc = 60 mm (D = H - Dc = 240 - 60 = 180 mm)

- a = (fy x UseAs)/(0.85 x fck x B) = 28.349

Md = ϕMn = ϕ · UseAs · fy(D - a/2) / 10^6 = 91.70 kN · m

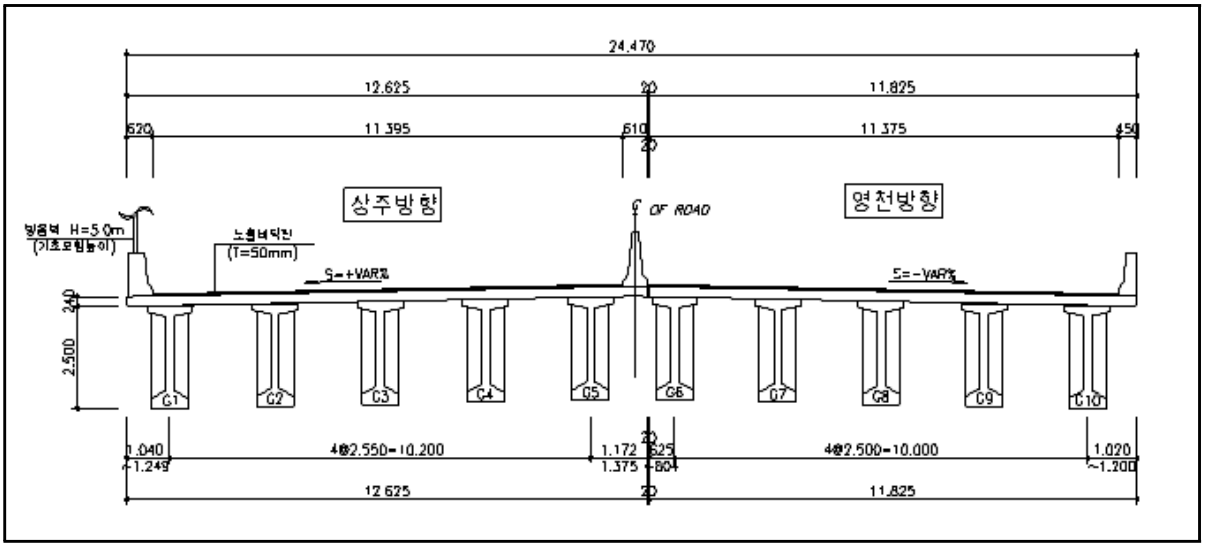
∴ Md = 91.70 kN · m > Mu = 69.2 kN · m --- 0.K !!!

③ 구조검토 결과

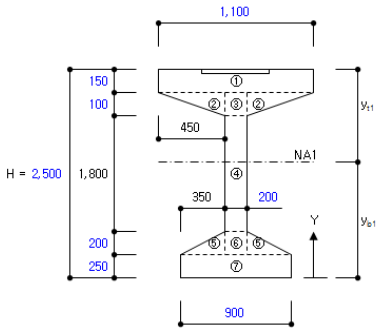
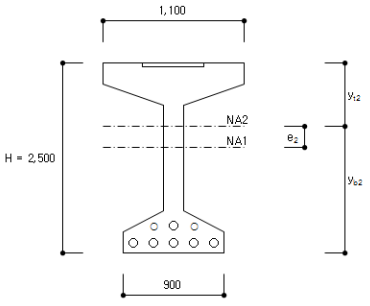
금매교(영천방향) 바닥판에 대하여 구조검토를 실시한 결과, 설계 휨강도가 소요 휨강도보다 크게 산출되어 바닥판은 구조적으로 안전성이 확보되어 있는 것으로 평가되었다.

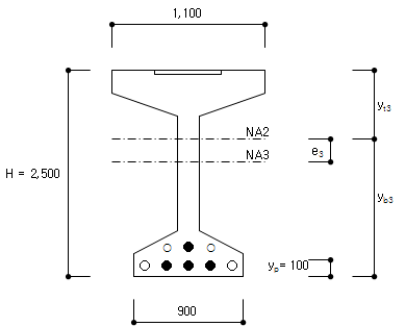
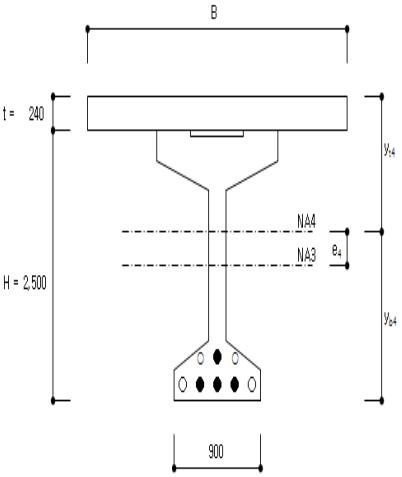
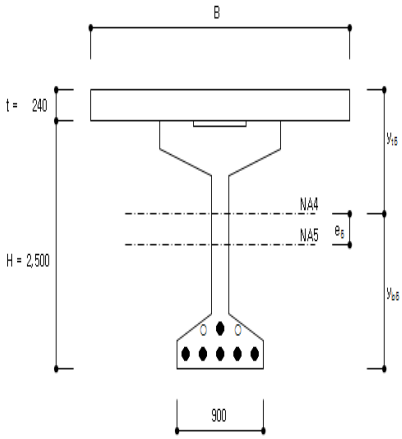
3) 주형 검토

본 검토 대상구조물인 금매교(영천방향)는 PSC Beam교로서, 5개의 Beam으로 구성되어 있고, 실시설계 시 검토한 구조계산서에 근거하여 단면력 산출 및 응력검토 결과를 반영하였다.



① 단면특성

구분	단면	A (mm^2)	A.Y (mm^3)	A.Y^2 (mm^4)	Io (mm^4)
전단면		925,000	1,100,705,000	1,989,234,985,000	99,011,805,556
순단면		889,538	1,062,444,020	1,947,919,191,000	778,354,289,159

구분		단면	A (mm^2)	A.Y (mm^3)	A.Y^2 (mm^4)	Io (mm^4)
PS강선	환산단면		943,137	60,727,894	68,804,703,449	735,393,739,298
슬래브환산단면	외측		1,420,953	693,502,142	1,006,549,009,479	802,580,430,049
	내측		1,469,457	763,900,848	1,108,725,690,787	802,813,249,249

② 하중 단계별 응력집계

㉠ 외측거더 (+)압축/(-)인장

구 분			모멘트 (kN·m)	콘크리트 응력(MPa)				PS강재(MPa)
				바닥판		PSC beam		
				상연	하연	상연	하연	
외측 거더	① beam 자중		-	-	-	12.52	-12.18	0.00
	② PS 1차 긴장	초기	-	-	-	-6.95	25.38	0.00
		유효	-	-	-	-5.39	19.70	0.00
	③ 바닥판		-	-	-	3.53	-3.10	0.00
	④ 연속부 강선 긴장		-	-0.31	-0.24	-0.28	0.55	0.00
	⑤ PS 2차 긴장	초기	-	0.87	1.14	1.33	4.63	0.00
		유효	-	0.76	1.01	1.17	4.08	
	⑥ 포장, 방호벽		-	0.48	0.37	0.43	-0.82	0.00
	⑦ 활하중		-	2.06	1.62	1.88	-3.53	0.00
	⑧ 구속모멘트		-	0.24	0.19	0.21	-0.43	0.00

㉡ 내측거더 (+)압축/(-)인장

구 분			모멘트 (kN·m)	콘크리트 응력(MPa)				PS강재(MPa)
				바닥판		PSC beam		
				상연	하연	상연	하연	
내측 거더	① beam 자중		-	-	-	12.52	-12.18	0.00
	② PS 1차 긴장	초기	-	-	-	-6.95	25.38	0.00
		유효	-	-	-	-5.47	19.99	0.00
	③ 바닥판		-	-	-	3.88	-3.41	0.00
	④ 연속부 강선 긴장		-	-0.29	-0.22	-0.26	0.54	0.00
	⑤ PS 2차 긴장	초기	-	0.85	1.12	1.30	4.58	0.00
		유효	-	0.76	1.00	1.16	4.09	
	⑥ 포장, 방호벽		-	1.29	1.00	1.16	-2.31	0.00
	⑦ 활하중		-	1.58	1.23	1.43	-2.84	0.00
	⑧ 구속모멘트		-	0.24	0.19	0.21	-0.43	0.00

③ 하중 단계별 합성표

㉠ 외측거더 (+)압축/(-)인장

하중단계		콘크리트 응력(㎫)				PS강재(㎫)
		바닥판		PSC beam		
		상연	하연	상연	하연	
외측 거더	①+② 초기	-	-	5.57	13.20	0.00
		-	-	O.K	O.K	O.K
	①+②+③	-	-	10.66	4.42	0.00
		-	-	O.K	O.K	O.K
	①+②+③+④+⑤ 초기	0.56	0.90	11.71	9.60	0.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
	①+②+③+④+⑤+⑥	0.93	1.14	11.98	8.23	0.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
	①+②+③+④+⑤+⑥+⑦	2.99	2.76	13.86	4.70	0.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
	①+②+③+④+⑤+⑥+⑦+⑧	3.23	2.95	14.07	4.27	0.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
	허용응력	10.80	10.80	16.00	-3.20	140.00

㉡ 내측거더 (+)압축/(-)인장

하중단계		콘크리트 응력(㎫)				PS강재(㎫)
		바닥판		PSC beam		
		상연	하연	상연	하연	
내측 거더	①+② 초기	-	-	5.57	13.20	0.00
		-	-	O.K	O.K	O.K
	①+②+③	-	-	10.93	4.40	0.00
		-	-	O.K	O.K	O.K
	①+②+③+④+⑤ 초기	0.56	0.90	11.97	9.52	0.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
	①+②+③+④+⑤+⑥	1.76	1.78	12.99	6.72	0.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
	①+②+③+④+⑤+⑥+⑦	3.34	3.01	14.42	3.88	0.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
	①+②+③+④+⑤+⑥+⑦+⑧	3.58	3.20	14.63	3.45	0.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
	허용응력	10.80	10.80	16.00	-3.20	140.00

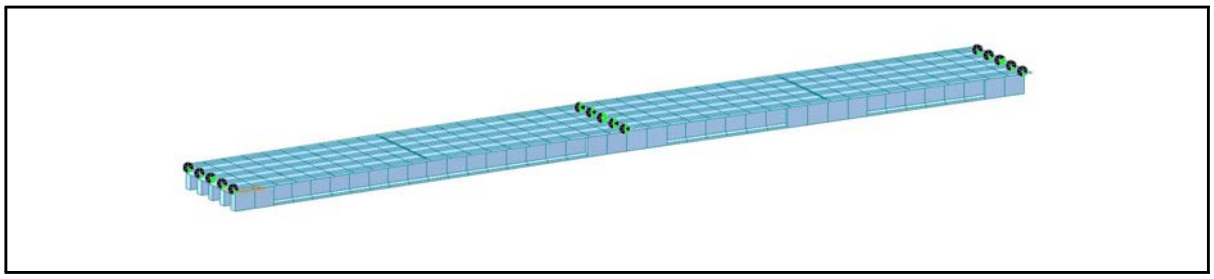
④ 합성응력의 검토

본 과업 대상교량의 구조해석은 프리스트레스 도입직후와 모든 손실이 발생된 고정하중 및 활하중, 그리고 프리스트레스 하중에 의해 발생되는 응력을 단계별로 도출하였다.

이와 같이 도출된 응력을 프리스트레스 도입직후와 설계하중 작용시로 구분하여 각각의 허용치와 비교하여 다음의 표에 나태내었고, 그 결과 본 교량은 내·외측빔 모두 설계하중에 대한 안전성을 확보하는 것으로 검토되었다.

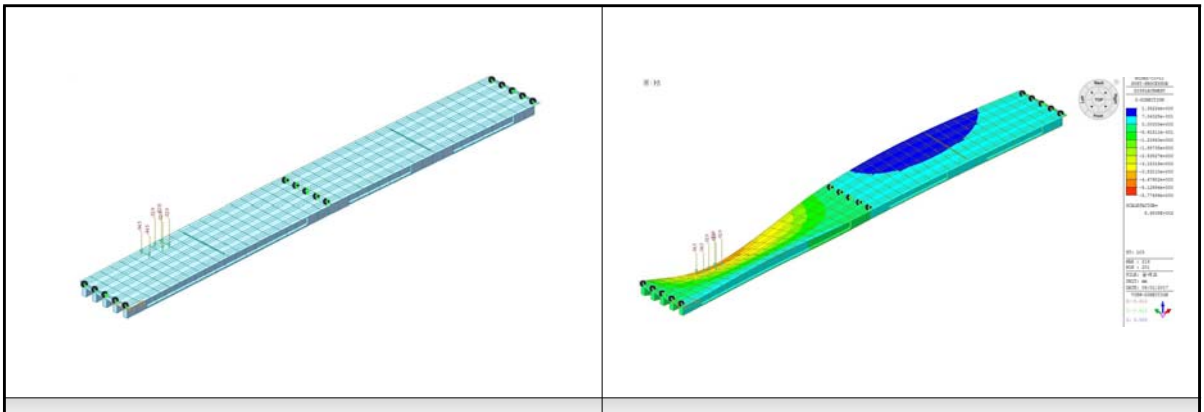
4) 시험차량에 의한 처짐해석

시험차량에 의한 구조해석은 이론적인 계산 처짐값과 현장 재하시험에서 측정된 실측 처짐값을 비교하여 응답비를 산출하기 위해 범용 프로그램인 MIDAS/Civil을 이용하여 모델링을 하였으며, 각각의 LOAD CASE별 처짐치와 실측치를 비교하였다.



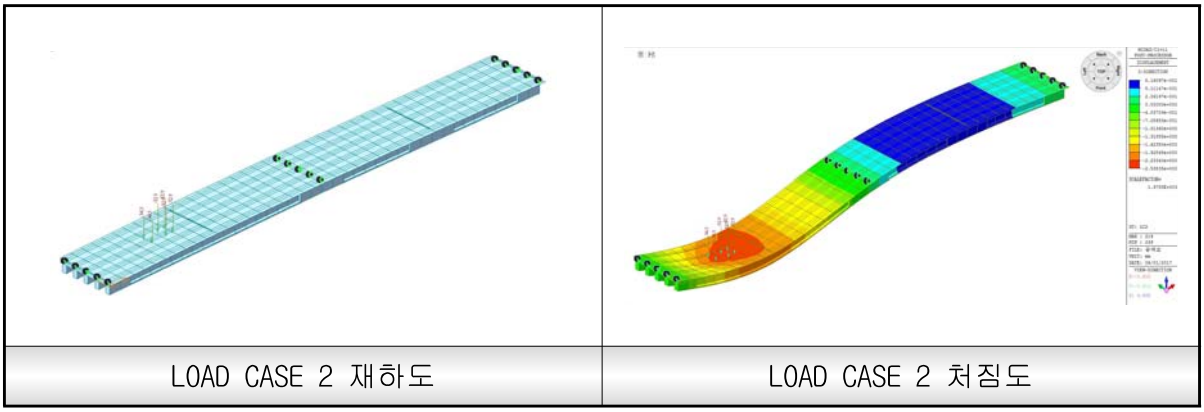
① CASE별 하중 재하도 및 처짐도

㉠ LOAD CASE 1



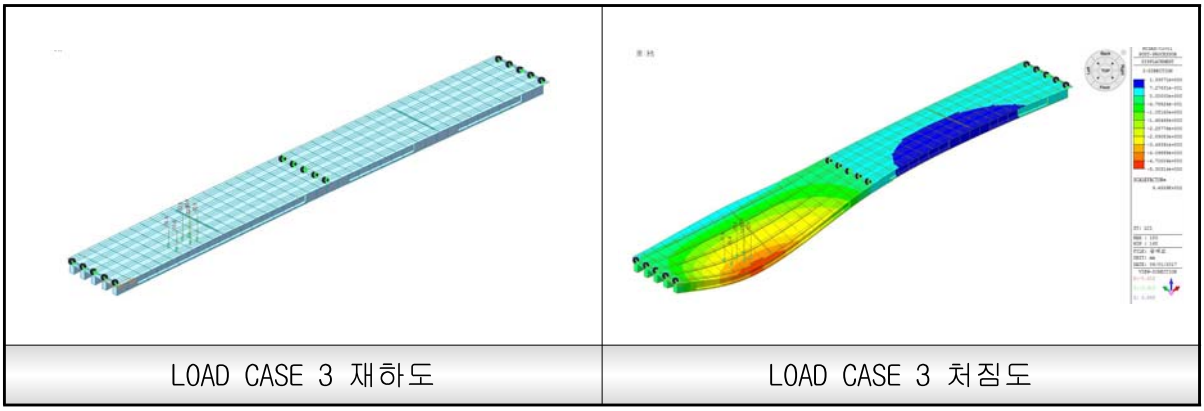
LOAD CASE 1 재하도 | LOAD CASE 1 처짐도

㉡ LOAD CASE 2



LOAD CASE 2 재하도 | LOAD CASE 2 처짐도

㉢ LOAD CASE 3



LOAD CASE 3 재하도 | LOAD CASE 3 처짐도

② Load Case별 응력보정계수 산정

재하시험 결과로부터 산출한 실측 및 이론적인 응력 값의 관계 및 실측 처짐과 재하 경우별 구조해석에 의한 이론적인 처짐의 관계를 비교하여 응답비를 산출하였다.

구 분 (mm)			DT1	DT2	DT3
S1	Load Case 1	실측치	-1.912	-1.200	0.082
		이론치	-4.883	-2.069	0.153
		응답비	2.554	1.724	1.865
	Load Case 2	실측치	-0.999	-1.104	-0.407
		이론치	-2.082	-2.49	-0.821
		응답비	2.084	2.255	2.017
	Load Case 3	실측치	0.071	-1.195	-1.909
		이론치	0.126	-2.074	-4.570
		응답비	1.774	1.735	2.394

㉡ 응력보정계수

내하력 평가시 응력보정계수 적용은 재하시험 차량의 후륜축과 동일한 위치에서의 이론적인 처짐 값과 실측된 처짐 값이 실제 거동과 유사한 지점에서의 응답비를 적용하였으며, 응답비 및 충격계수를 고려한 처짐 보정계수(Ks)를 적용하였다. 응력보정계수는 변형률의 실측치와 계산치로 구하는 것이 일반적이지만, 처짐에 비해 변형률의 측정값에 포함된 오차가 크며, 여러 가지 요인에 의하여 국부적인 응력의 변동이 크게 발행하는 경우가 있으므로 교량의 전반적인 거동을 나타내는 처짐으로 구할 수도 있다.

본 과업에 해당되는 교량의 경우 변형률 측정결과에 비해 처짐의 측정결과가 신뢰성이 높은 것으로 판단되어 처짐으로 응답보정계수(KS)를 구하였으며, 하중 CASE에 따른 응답비중 최소값을 적용하였다.

○ K_s : 응력보정계수 $= \frac{\delta_{계산}(\epsilon_{계산})}{\delta_{실측}(\epsilon_{실측})} \cdot \frac{1+i(계산)}{1+i(실측)}$

$$= 1.724 \times \frac{1+0.167}{1+0.164} = 1.728$$

다. 내하력 평가

1) 허용응력법에 의한 내하력 평가

① 내하율 평가

허용 응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정시에 하중조합으로는 D+L(1+i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.0이 된다. 사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따라 항복응력, 콘크리트의 경우 실제 압축강도를 사용하여 도로교 표준시방서 규정에 의거 부재종류에 따라 결정한다.

허용 응력법에 의한 교량부재의 내하율은 다음 식으로 계산한다.

$$\cdot\ RF = \frac{f_a - (f_d + f_{pe})}{f_l(1+i)}$$

여기서, f_a = 재료의 허용응력

f_d = 설계 사하중 응력(활하중 이외의 응력)

f_{pe} = 유효 프리스트레스 응력

f_l = 설계 활하중 응력

i = 실측 충격계수

구 분		f_a	f_{pe}	f_d	$f_l(1+i)$	$R.F$
외측 주형	상연	16.0	-4.22	16.05	1.88	2.218
	하연	-3.2	23.78	-15.28	-3.53	3.337
내측 주형	상연	16.0	-4.31	16.40	1.431	2.734
	하연	-3.2	24.08	-15.59	-2.84	4.116

② 기본 내하력 산정

$P_o = R.F \times P_r$

여기서, Pr : 설계하중

구 분		내하율	설계하중	기본내하력
외측 주형	상연	2.218	DB-24	설계하중 이상
	하연	3.337	DB-24	설계하중 이상
내측 주형	상연	2.734	DB-24	설계하중 이상
	하연	4.116	DB-24	설계하중 이상

③ 공용 내하력 산정

$P = P_o \times K_s$

여기서, $K_s = \frac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \times \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

구 분		내하율	응력보정계수(K_s)	기본내하력 (=24 x RF)	공용내하력
외측 주형	상연	2.218	1.728	53.232	DB-24이상
	하연	3.337		80.088	
내측 주형	상연	2.734		65.616	
	하연	4.116		98.784	

2) 강도설계법에 의한 내하력 평가

① 내하율 평가

강도 설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시 하중조합으로는 1.3D + 2.15L (1.0 + i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15가 된다. 단면강도는 단면의 현재 상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교 표준시방서의 공칭강도와 강도감소계수에 따라 계산한다. 사하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 적용하고 있는 사하중과 현행 도로교 표준시방서의 설계 활하중(DB 또는 DL 하중)을 사용하여 구조해석을 수행한 후 구한다.

강도 설계법에 의한 내하율은 다음과 같다.

- $P = P_r \times R.F \times K_s$, P_r = 설계하중
- $R.F = \dfrac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l}$

여기서, ϕ = 강도 감소계수(= 0.85)

γ_d = 사하중 계수(= 1.3)

γ_l = 활하중 계수(= 2.15)

M_n = 공칭 모멘트

M_d = 사하중 모멘트

M_l = 활하중 모멘트(실측 충격계수 고려)

구 분	ϕM_n	M_d	$M_l(1+i)$	$R.F$
좌측 캔틸레버부	91.70	0.82	17.41	2.421
우측 캔틸레버부	91.70	7.66	10.80	3.520

② 기본 내하력 산정

구 분	내하율	설계하중	기본내하력
좌측 캔틸레버부	2.421	DB-24	설계하중 이상
우측 캔틸레버부	3.520	DB-24	설계하중 이상

3) 내하력 평가결과

구 분			내하율	응답보정계수	기본내하력	공용내하력
주형	외측 주형	상연	2.218	1.728	DB-24이상	DB-24이상
		하연	3.337			
	내측 주형	상연	2.734			
		하연	4.116			
바닥판	캔틸레버부(방호벽측)		2.421	-	DB-24이상	-
	슬래브 단부		3.520			

내하력 평가 결 과	금매교(영천방향)에 대한 허용응력 설계법에 의한 주형 부재의 공용 내하력을 산정한 결과, 주형 모두 DB-24 이상으로 통과하중에 대한 여유를 확보하고 있는 것으로 산출되었으며, 강도 설계법에 의한 바닥판의 내하력 평가도 설계하중인 DB-24 이상으로 통과하중에 대한 여유를 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

4) 안전성 평가

구조물의 안전성 평가는 주요 구조부재의 정밀육안검사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력설계법, 콘크리트교는 강도설계법으로 설계되고 있다. 안전성검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 한다.

① 안전성평가 기준

등급	안전성평가 기준	비 고
A	SF > 1.0	· 허용응력 설계법 SF(안전율) = 허용응력 / 발생응력 = $\frac{fa}{f_{d+l}}$ · 강도설계법 SF(안전율) = 설계강도 / 소요강도 = $\frac{\Phi Mn}{Mu}$
B	0.9 ≤ SF < 1 이나, 공용내하력이 설계하중보다 크게 평가된 경우	
C	0.9 ≤ SF <1	
D	0.75 ≤ SF < 0.9	
E	SF < 0.75	

※ 안전성평가등급은 통합시설물까지는 소문자(a, b, c, d)로 표기하고 전체 시설물에 대해서만 (A, B, C, D, E)로 표기함.

② 안전성평가 결과

㉠ 주형

구 분		fa(허용응력) (MPa)	fs(발생응력) (MPa)	최소 안전율(SF)	안전성 평가등급
외측 주형	상연	16.000	14.07	1.137	A
	하연	16.000	4.27	3.747	A
내측 주형	상연	16.000	14.63	1.093	A
	하연	16.000	3.45	4.637	A
평 가 결 과					
·금매교(영천방향)에 대한 안전성평가 결과 주형의 안전율(SF)이 1.0이상으로서 구조적으로 안전한 것으로 평가되었다.					

㉡ 바닥판

구 분	ΦMn(설계강도) (kN·m)	Mu(소요강도) (kN·m)	최소 안전율(SF)	안전성 평가등급
좌측 캔틸레버	91.70	51.25	1.789	A
우측 캔텔레버	91.70	69.20	1.325	A
평 가 결 과				
·금매교(영천방향)에 대한 안전성평가 결과 바닥판의 안전율(SF)이 1.0이상으로서 구조적으로 안전한 것으로 평가되었다.				

2.9 종합평가 및 안전등급 지정

2.9.1 종합평가

종합평가 등급은 외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정 한다.

종합평가등급 = Min(상태평가등급, 안전성평가등급)

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.113	A	
안전성 평가	1.137	A	최소 안전율
종합평가	-	A	
종합평가 결과	교량의 종합평가 결과 “A"		

2.9.2 안전등급

금매교에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

안전등급	시설물의 상태
A(우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B(양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C(보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D(미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E(불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

2.10 보수·보강 및 유지관리 방안

2.10.1 보수 방안

가. 상주방향

<표 2.10.1> 보수 방안(상주방향)

구 분	손상내용	단위	손상수량 (개소/수량)	보수수량 (개소/수량)	미보수수량 (개소/수량)	보수공법
방호벽 및 중분대	균열(0.3㎜ 미만)	m	3 / 6.3	3 / 6.3	0 / 0	주입보수
교량 받침	받침콘크리트 재료분리	m	2 / 0.1	0 / 0	2 / 0.1	단면복구
교각	균열(0.3㎜ 미만)	m	3 / 8.5	0 / 0	3 / 8.5	표면처리
	망상균열	㎡	1 / 23.8	0 / 0	1 / 23.8	표면처리

나. 영천방향

<표 2.10.2> 보수 방안(영천방향)

구 분	손상내용	단위	손상수량 (개소/수량)	보수수량 (개소/수량)	미보수수량 (개소/수량)	보수공법
교량 받침	받침콘크리트 재료분리	m	6 / 0.42	0 / 0	6 / 0.42	단면복구
교대	균열(0.3㎜ 미만)	m	1 / 0.8	0 / 0	1 / 0.8	표면처리
교각	균열(0.3㎜ 미만)	m	10 / 14.9	0 / 0	10 / 14.9	표면처리
	균열(0.3㎜ 이상)	m	2 / 1.0	0 / 0	2 / 1.0	주입보수
	파손	㎡	5 / 0.08	0 / 0	5 / 0.08	단면복구
	표면박리	㎡	2 / 0.87	0 / 0	2 / 0.87	표면처리
	재료분리	㎡	1 / 0.7	0 / 0	1 / 0.7	단면복구
	망상균열	㎡	2 / 49.0	0 / 0	2 / 49.0	표면처리

2.10.2 유지관리 방안

이 장에서 언급하는 내용은 본 교량에서 외관조사 결과 조사된 결함에 대해 보수·보강을 실시한 부재나 결함의 진전여부와 발생유무를 주기적으로 관찰함으로 후에 더 크게 발전할 가능성이 있는 결함부위에 대한 원인을 분석하여 사전에 예방하자는 유지관리차원에서 중점적으로 점검하여야 할 사항들이다.

가. 부재별 점검 사항

<표 2.10.1> 각 부재별 점검 사항

구 분	주 요 점 검 사 항
교면포장	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
	·주요 점검항목 - 공통 : 균열, 함몰, 단차 및 요철, 블리딩, 마모 - 신축이음 전후, 구조물 경계부 : 단차, 파손
배수시설	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
	·주요 점검항목 - 배수구 : 그레이팅 파손, 오물퇴적, 막힘 - 배수관 : 부식 및 파손, 연결부 상태불량, 탈락
난간 및 연석	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
	·주요 점검항목 - 외부충격에 의한 변형· 파손 발생 여부, 균열 및 망상균열의 발생 여부
바닥판	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
	·주요 점검항목 - 균열, 박리, 박락 및 철근노출, 재료분리, 누수 및 백태 등 발생 여부
거더 및 가로보	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
	·주요 점검항목 - 박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출 및 백태, 복부 사인장 균열, 휨균열 등

<표 2.10.1> 각 부재별 점검사항(계속)

구 분		주 요 점 검 사 항
교량받침		·전반적으로 양호한 상태이나, 받침콘크리트 일부구간에 재료분리가 조사되었다. 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
		·주요 점검항목 - 분리형 고무받침의 특성상 교량의 거동에 따라 발생할 수 있는 고무재의 들뜸, 밀림등의 손상발생 여부 확인 - 가동받침의 편기사항, 가동받침 전·후방의 가동장애 요소, 받침과 거더의 밀착상태. - 받침몰탈 : 앵커볼트 파손, 절단, 받침몰탈 파손 여부 등
신축이음		·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
		·주요 점검항목 - 본체 : 본체유동 및 파손 발생 여부, 유간부족 및 유간과다, 유간 오물퇴적, 방수재(Seal재) 손상으로 인한 누수 - 후타재 : 경계부 단차 발생 여부, 충격에 의한 후타재 균열·파손 발생 여부
하부구조	교 대	·전반적으로 양호한 상태이나, 일부구간 미세균열이 조사되었다. 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
		·주요 점검항목 - 공통 : 교대 회전(기울음), 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태 - 두부 : 두부 물고임, 두부와 흉벽 경계부 균열, 거더와 흉벽 신축유간 부족 - 벽체 : 수직균열 및 침하, 구체와 날개벽 분리
	교 각	·전반적으로 양호한 상태이나 일부구간에 균열, 재료분리, 파손, 표면박리, 망상균열 등이 조사되어 내구성 확보차원에서 보수가 필요하며 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
		·주요 점검항목 - 공통 : 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태 - 두부 : 받침부 하부 균열 및 파손, 체수 발생 영부 - 구체 : 시공이음부 균열, 이동 또는 기울음, 수면접촉부 침식
	기 초	`·기초부는 지반에 묻혀있어 확인 불가능하며, 일부 구간이 하천구간으로 기초지반에 대해서는 정기점검시 지반의 변화여부에 대한 지속적인 관찰 실시.

2.11 종합결론

1) 본 대상구조물은 경상북도 군위군 효령면 금매리 1447-1에 위치한 총 폭원 24.47m (상주방향:12.62m, 영천방향:11.85m), 총연장 320.0m(2@50.0m+3@40.0m+2@50.0m)의 PSC I Beam 형식으로 시설물 안전관리에 관한 특별법상 1종 시설물에 해당되며, 각 부재에 대한 정밀 외관조사 및 재료시험, 재하시험, 구조해석 등을 실시하였다.

2) 외관 조사 결과, 콘크리트의 상태는 전반적으로 양호한 상태이나. 중분대 및 방호벽 균열, 받침콘크리트 재료분리, 교대 균열, 교각 일부구간에 균열, 파손, 재료분리, 표면박리, 망상균열 등이 조사되었다. 이 구간에 대하여 내구성 확보차원에서 보수가 필요할 것으로 판단된다.

- 중분대 및 방호벽은 점검후 지적된 사항에 대한 보수를 완료하였다.

3) 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안정성은 양호한 것으로 판단된다.

4) 점검대상 교량인 금매교에 대하여 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침”에 의거 현재 교량의 상태를 판단한 결과, 교량의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태이며, 재하시험 결과를 반영하여 내하력을 평가한 결과 설계하중인 DB-24 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

5) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 금매교는 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다

6) 향후 교량의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

제 3 장 가 호 교

3.1 시설물 현황

3.2 외관조사

3.3 교량받침 조사

3.4 신축이음장치 유간 조사

3.5 재료시험

3.6 시설물의 상태평가

3.7 재하시험

3.8 구조해석 및 내하력 평가

3.9 종합평가 및 안전등급 지정

3.10 보수·보강 및 유지관리 방안

3.11 종합결론

제 3 장 가 호 교

3.1 시설물 현황

3.1.1 개요

본 시설물은 경상북도 군위군 효령면 가호리 973-1에 위치한 교량으로서 3경간의 PUS Girder 형식으로 구성되어 있으며, 총연장 132.5m(40.0m+52.5m+40.0m), 총 폭 24.47m(상주방향:12.15m, 영천방향:12.32m)로 구성되어 있다.

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 교량부재 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다.

본 시설물의 교량하부는 교고가 약 11.0~12.5m이며, 교량하부로 도로(국지도 79호선)가 횡단하고 있어 교량 점검차를 이용하여 외관조사를 수행하였다.

<상부 전경>

<측면 전경>

<하부 전경>

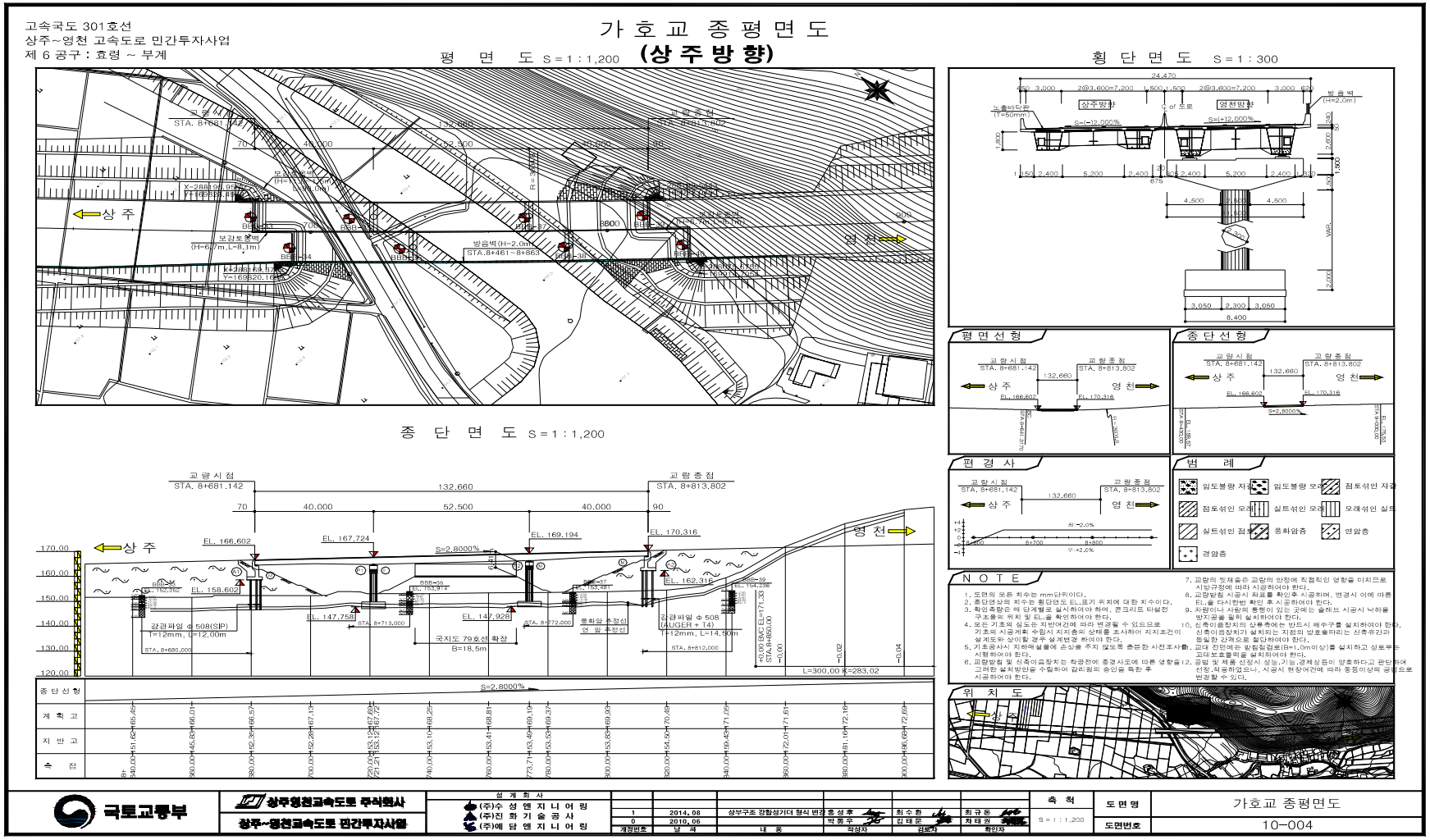
<점검차를 이용한 외관조사 현황>

<표 3.1.1> 대상구조물 현황표

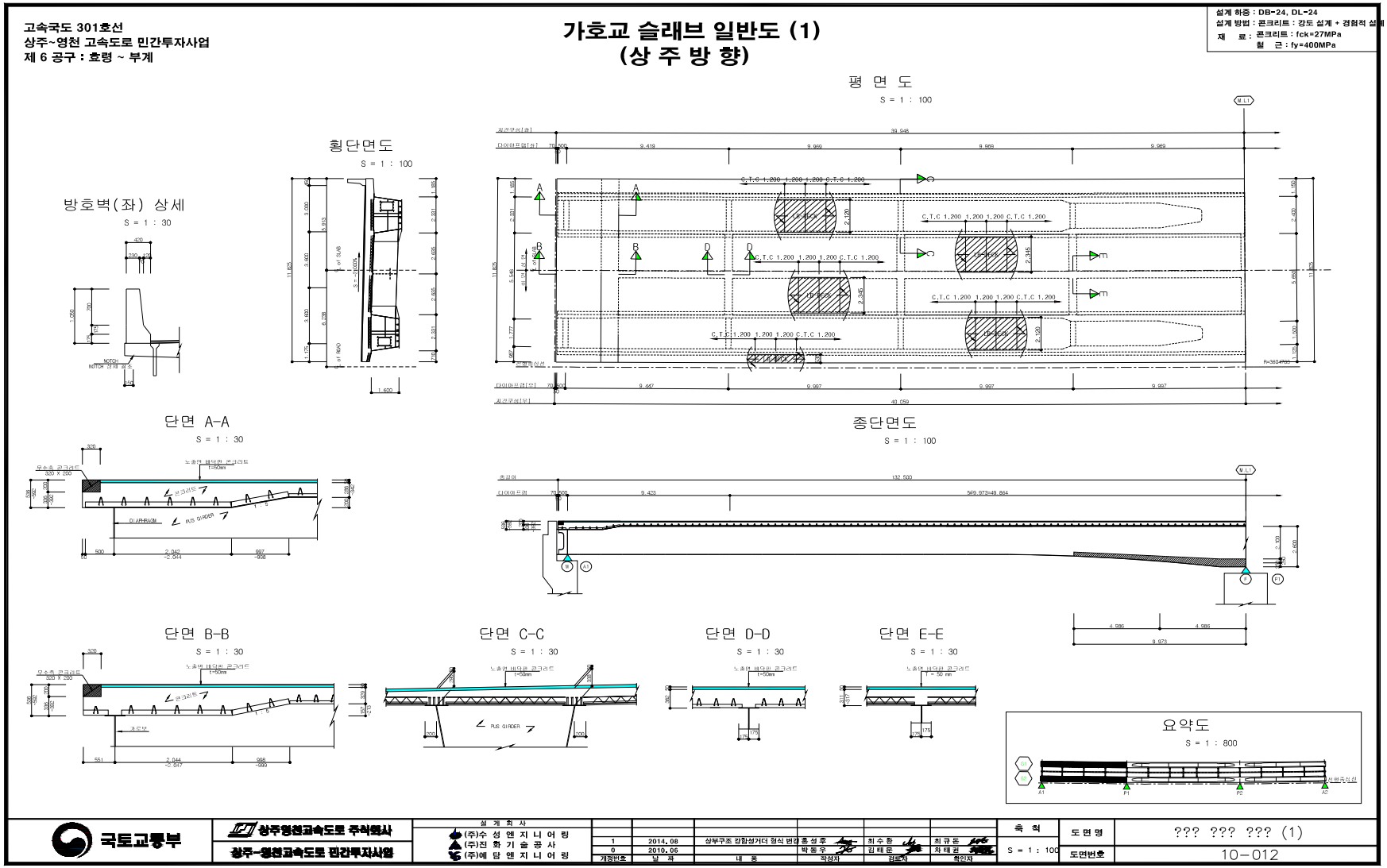
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>가호교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년도</td><td>2017년</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">경상북도 군위군 호령면 가호리 973-1</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24, DL-24</td><td>노선명(이정)</td><td colspan="2">상주~영천 고속도로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L = 132.5m(40.0 + 52.5 + 40.0)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B = 24.47m(상주방향:12.15m, 영천방향:12.32m)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조 형식</td><td>상부</td><td>PUS Girder</td><td rowspan="2">기초 형식</td><td>교대</td><td>말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교각:T형, 교대:역T형</td><td>교각</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>New Monocell + Finger Joint</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물 (도로, 철도, 하천)</td><td>국지도79호선</td><td colspan="2">통과 높이</td><td>약 11.0~12.5m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">내진적용(1등급, A=0.154), 곡선교(R=3604.8)
종단경사 : S=(+)2.800%</td></tr>
</table>

3.1.2 관련도면

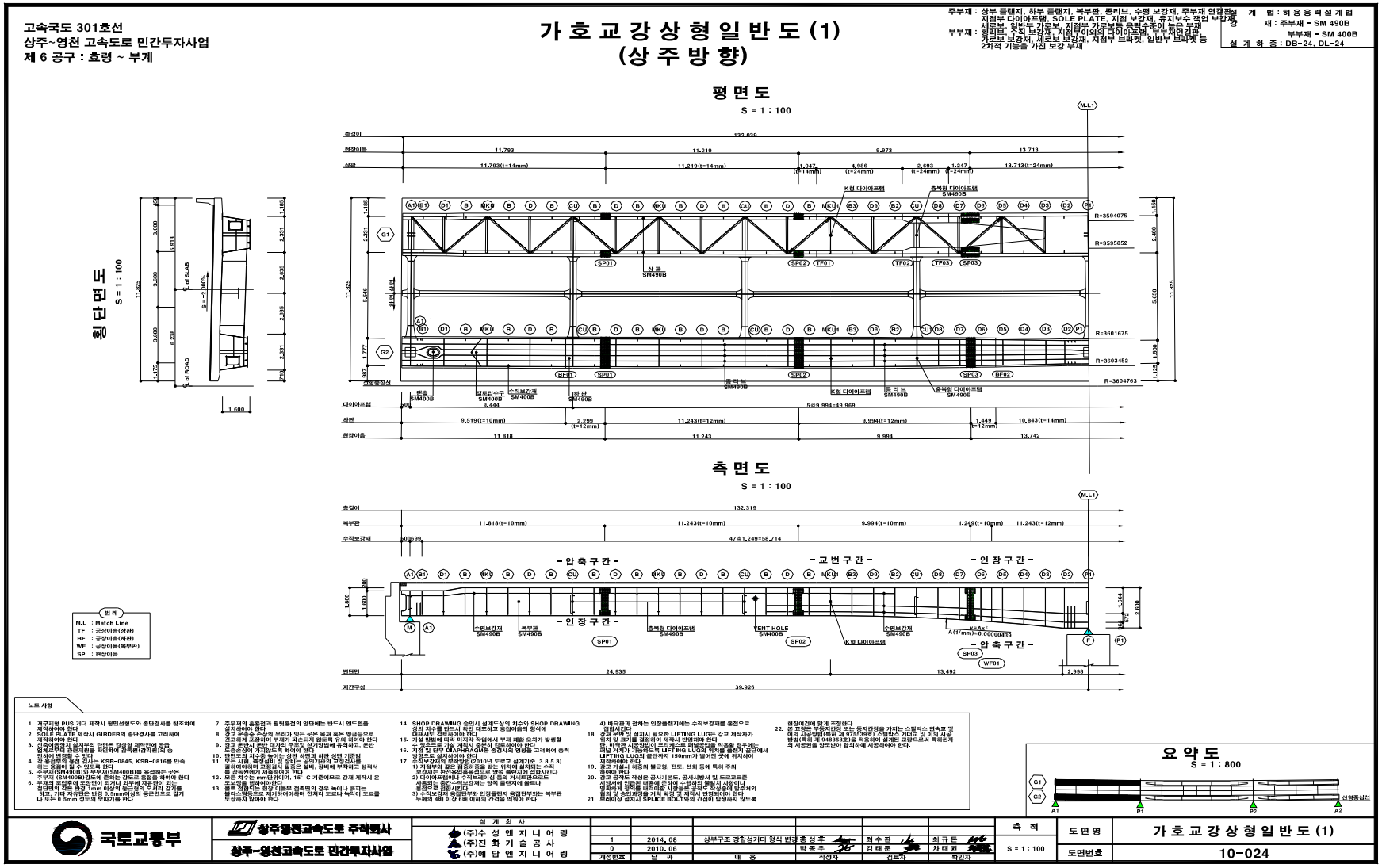
가. 상주방향



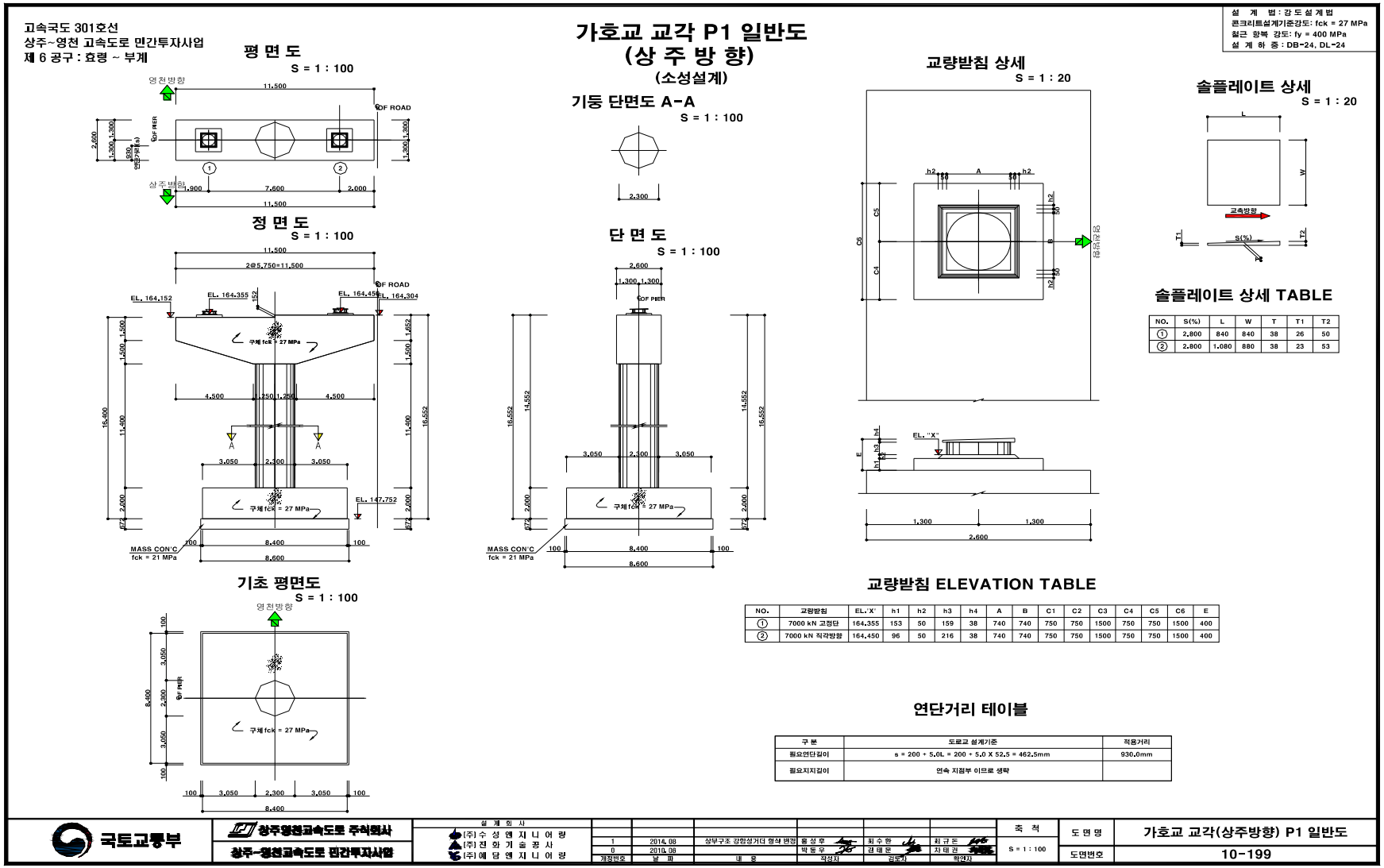
<그림 3.1.1> 가호교 상주방향 종평면도



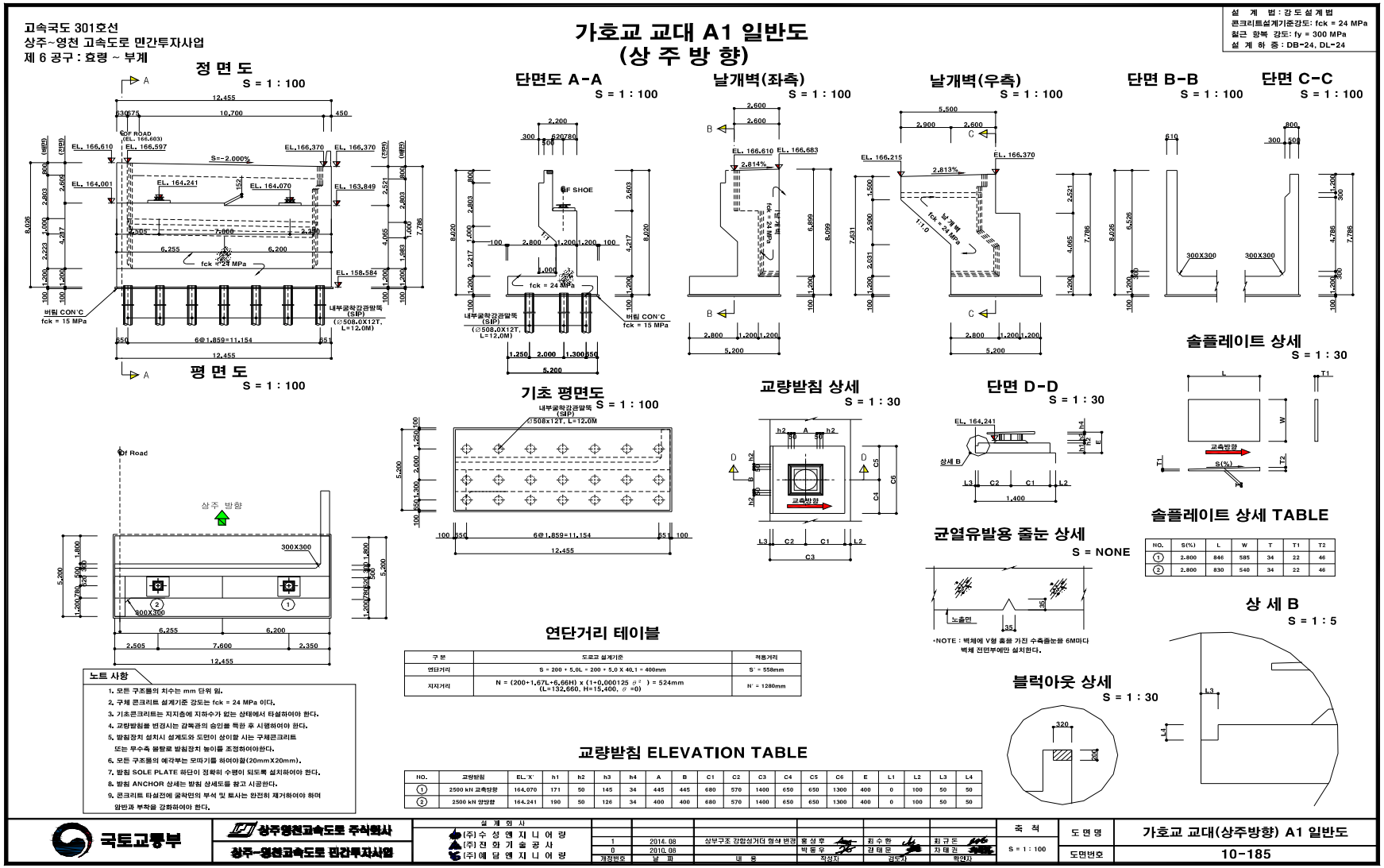
<그림 3.1.2> 가호교 상주방향 슬래브 일반도



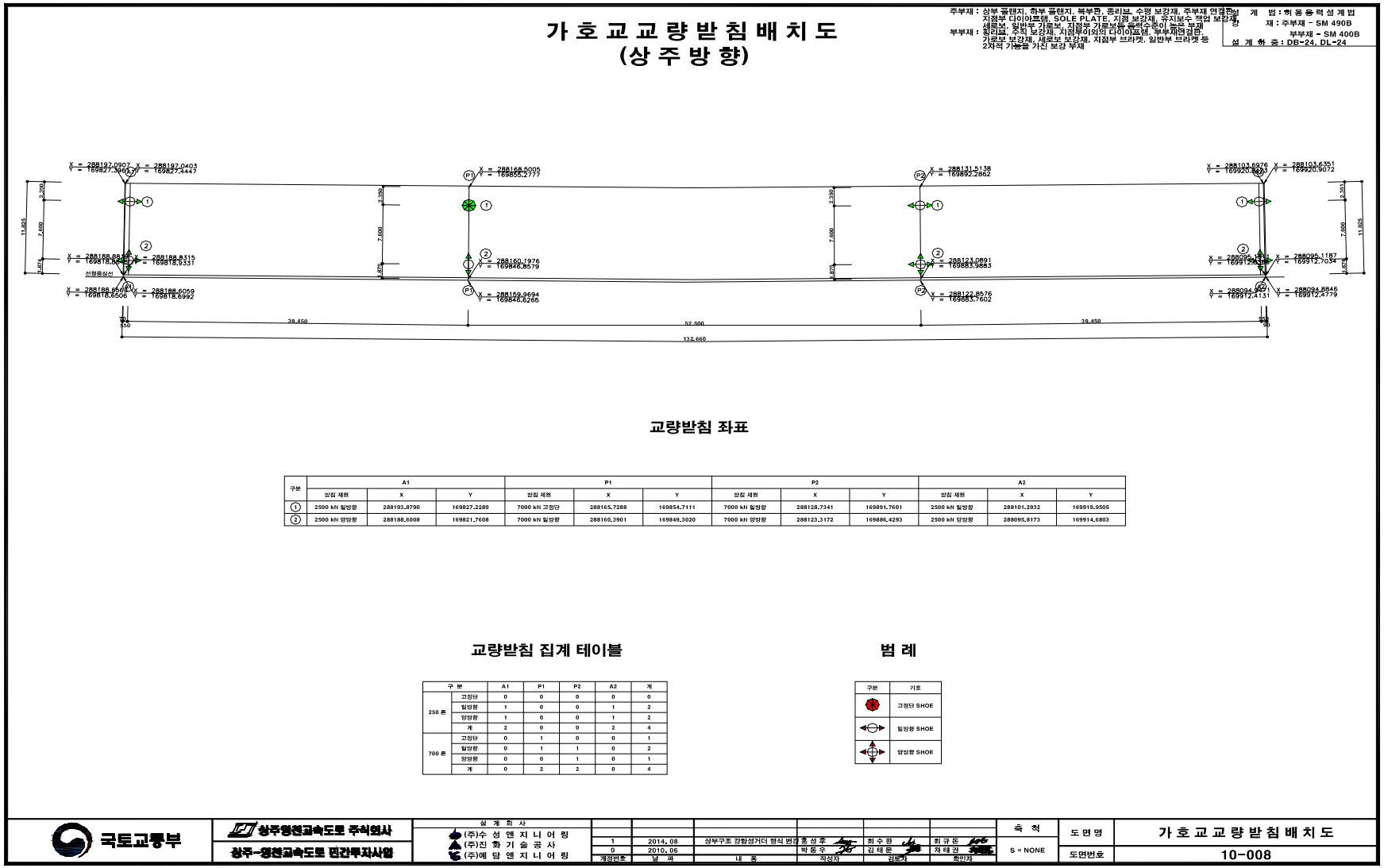
<그림 3.1.3> 가호교 상주방향 강상형 거더 일반도



<그림 3.1.4> 가호교 상주방향 교각 일반도



<그림 3.1.5> 가호교 상주방향 교대 일반도

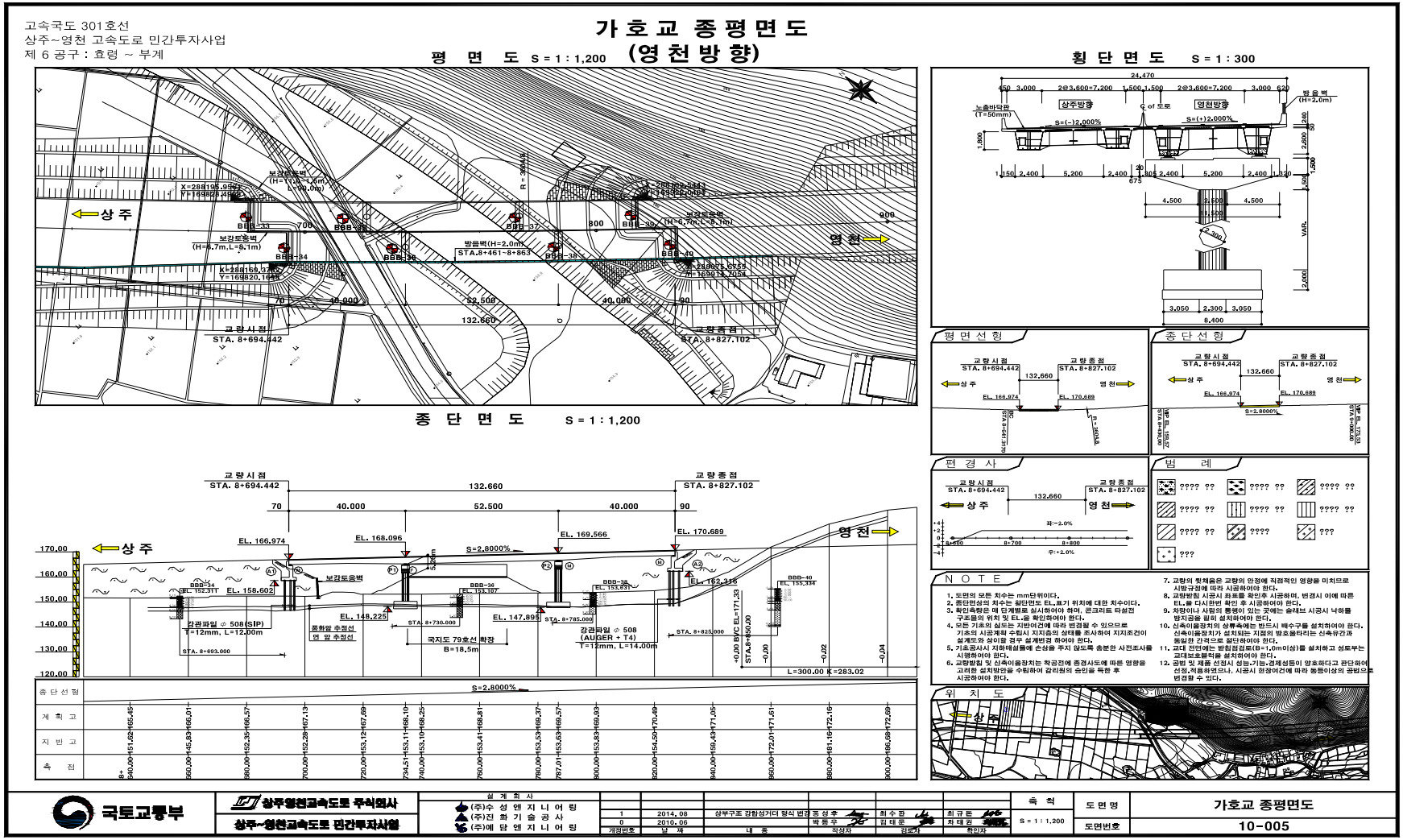


구분	A1			P1			P2			A2		
	받침 제원	X	Y	받침 제원	X	Y	받침 제원	X	Y	받침 제원	X	Y
①	2500 kN 일방향	288193.8790	169827.2289	7000 kN 고정단	288165.7288	169854.7111	7000 kN 일방향	288128.7341	169891.7601	2500 kN 일방향	288101.2932	169919.9505
②	2500 kN 양방향	288188.6008	169821.7608	7000 kN 일방향	288160.3901	169849.3020	7000 kN 양방향	288123.3172	169886.4293	2500 kN 양방향	288095.8173	169914.6803

구 분		A1	P1	P2	A2	계
250 톤	고정단	0	0	0	0	0
	일방향	1	0	0	1	2
	양방향	1	0	0	1	2
	계	2	0	0	2	4
700 톤	고정단	0	1	0	0	1
	일방향	0	1	1	0	2
	양방향	0	0	1	0	1
	계	0	2	2	0	4

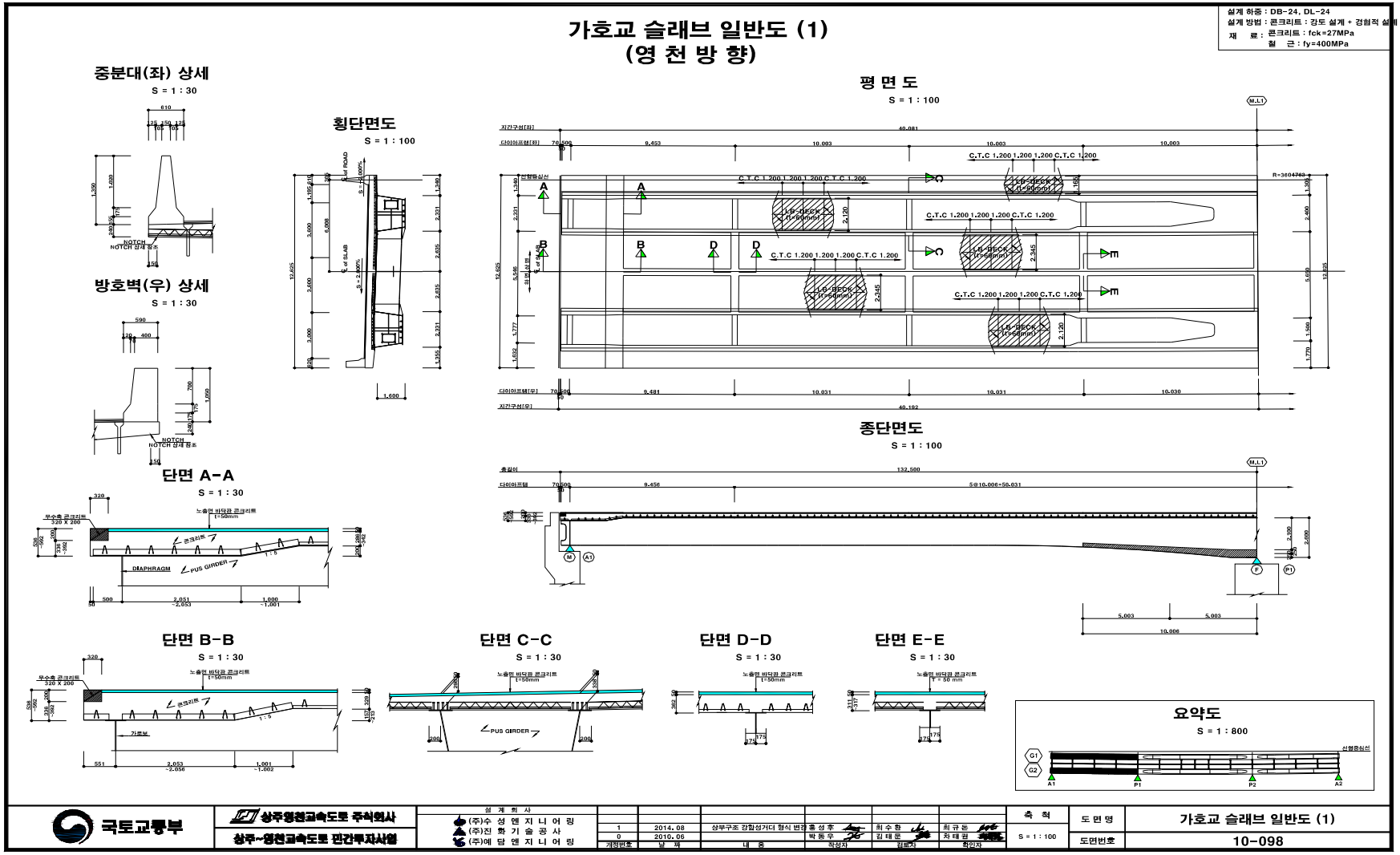
개정번호	날 짜	내 용	작성자	검토자	확인자
1	2014. 08		최 수 관	최 규 돈	
0	2010. 06		박 동 우	김 태 문	차 태 걸

<그림 3.1.6> 가호교 상주방향 교량받침 배치도

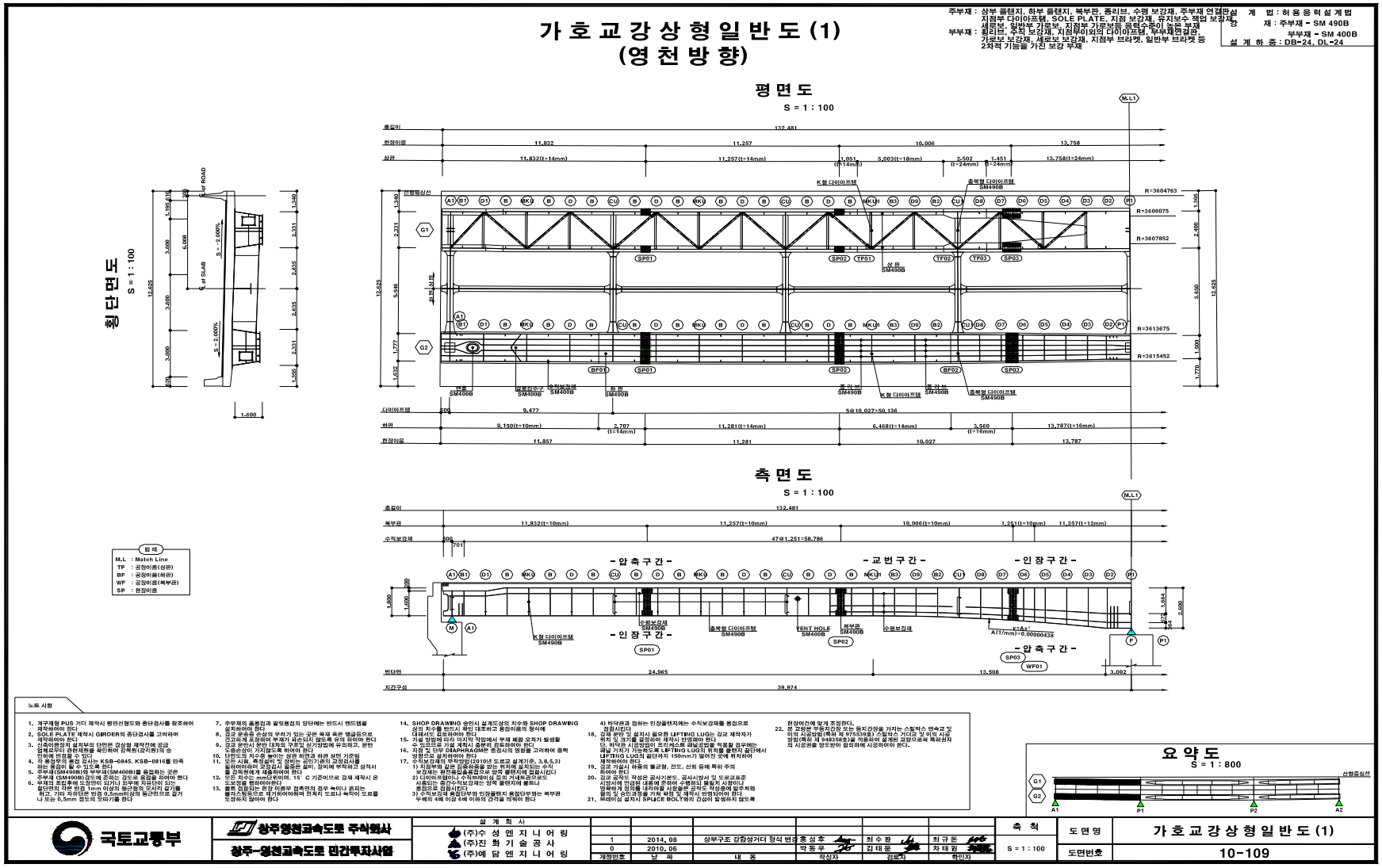


<그림 6.1.1> 가호교 영천방향 종평면도

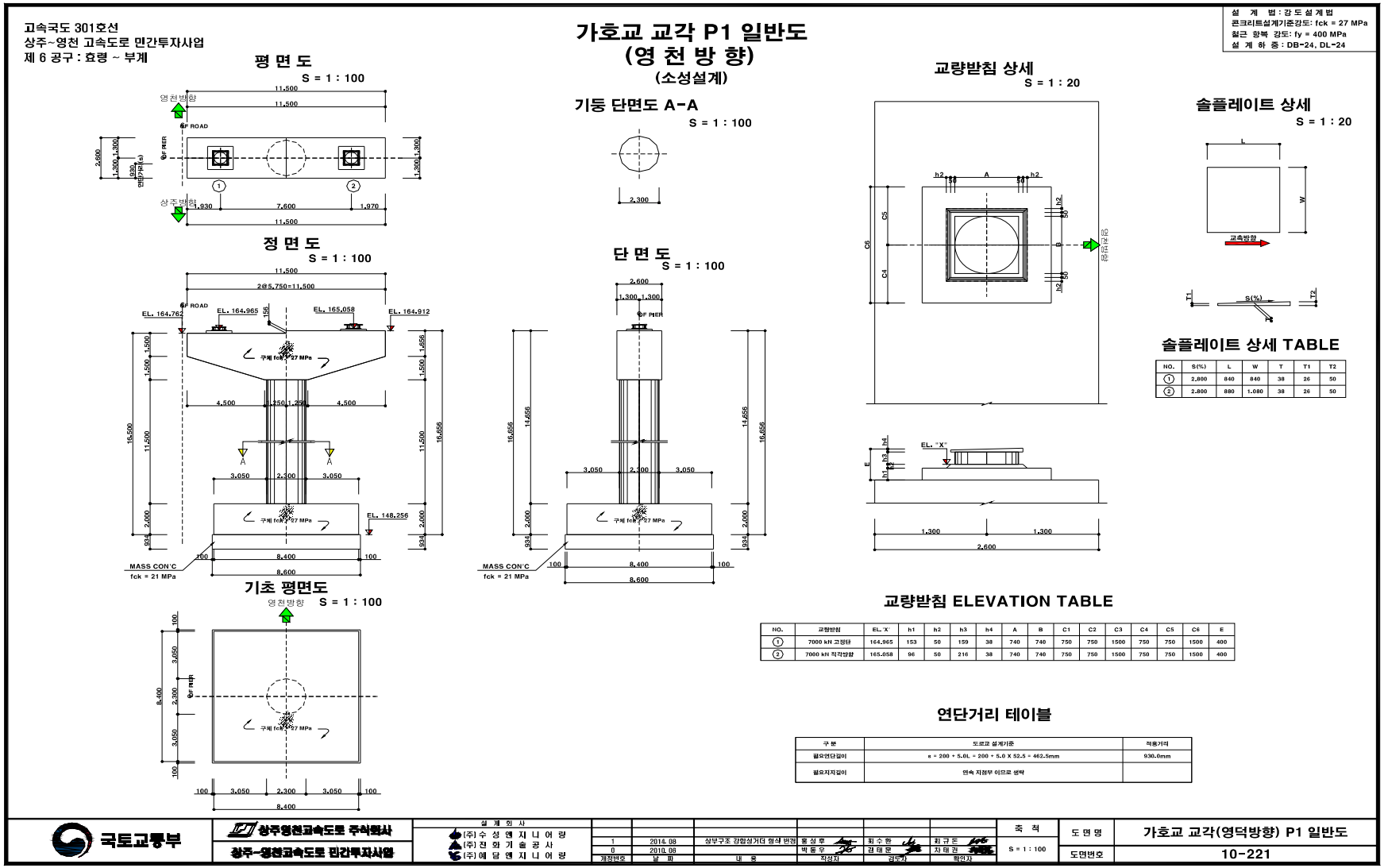
나. 영천방향



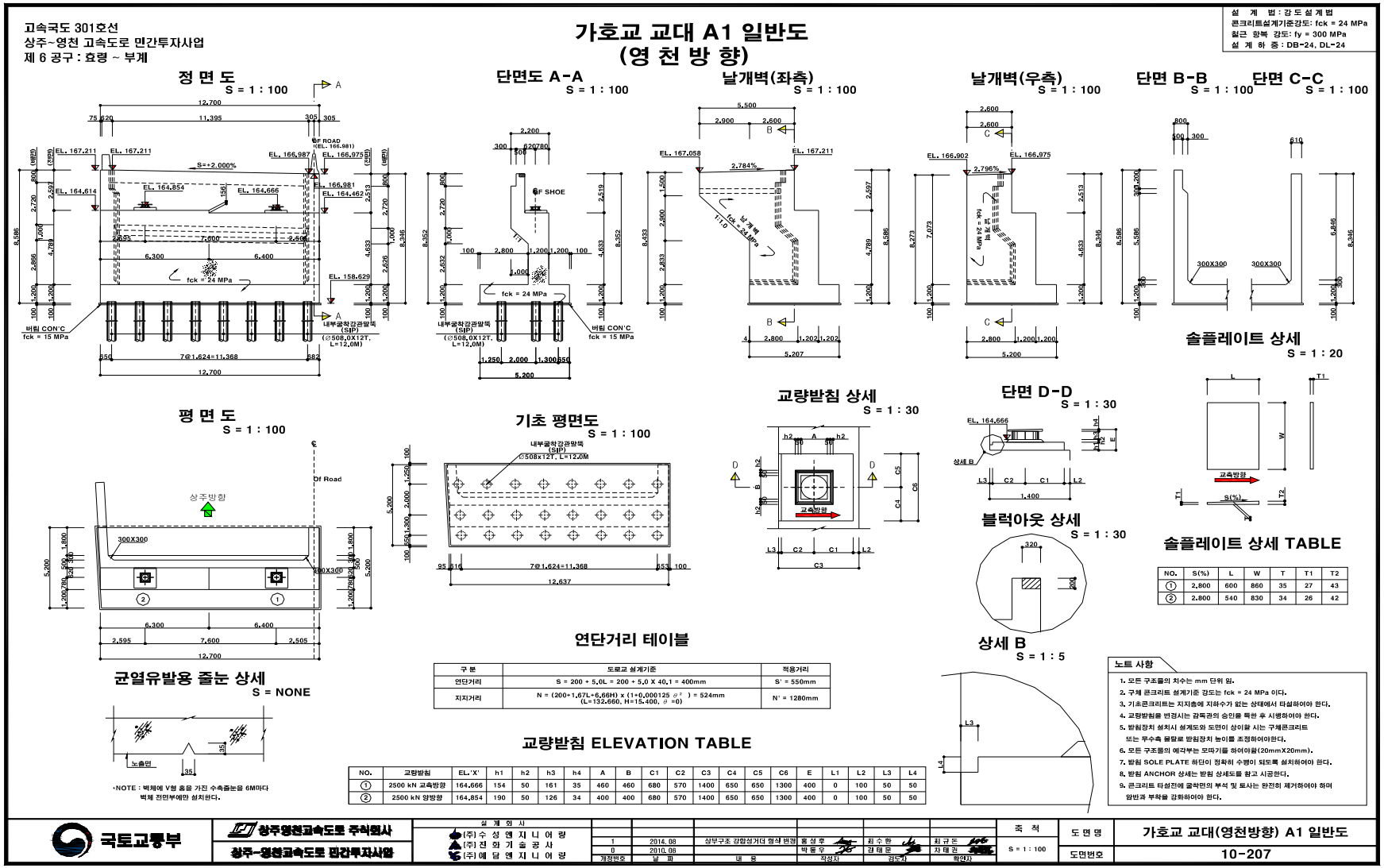
<그림 3.1.7> 가호교 영천방향 슬래브 일반도



<그림 3.1.8> 가호교 영천방향 강상형 거더 일반도



<그림 3.1.9> 가호교 영천방향 교각 일반도

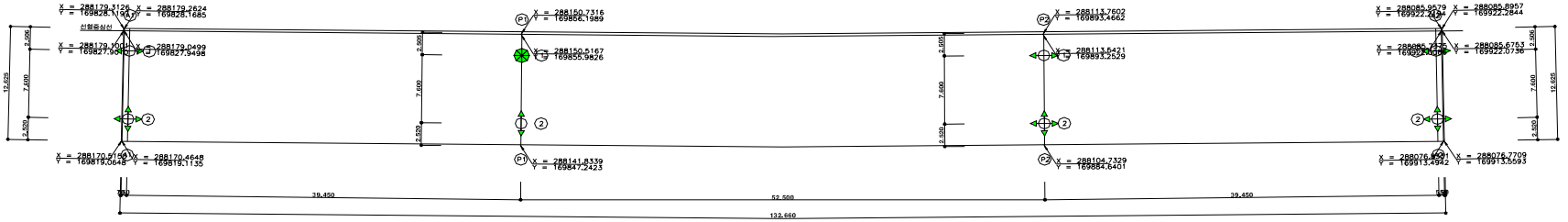


<그림 3.1.10> 가호교 영천방향 교대 일반도

가 호 교 교 량 받 침 배 치 도
(영 천 방 향)

주부재 : 상부 플랜지, 하부 플랜지, 복부판, 종리브, 수평 보강재, 주부재 연결판, 지점부 다이아프램, SOLE PLATE, 지점 보강재, 유지보수 작업 보강재, 세로보, 일반부 가로보, 지점부 가로보등 주된수평이 되는 부재
부부재 : 횡리브, 수직 보강재, 지점부이외의 다이아프램, 부부재연결판, 가로보 보강재, 세로보 보강재, 지점부 브라켓, 일반부 브라켓 등 2차적 기능을 가진 보강 부재

설 계 법 : 허 용 응 력 설 계 법
강 재 : 주부재 - SM 490B
부부재 - SM 400B
설 계 하 중 : DB-24, DL-24



교량받침 좌표

구분	A1			P1			P2			A2		
	받침 제원	X	Y	받침 제원	X	Y	받침 제원	X	Y	받침 제원	X	Y
①	2500 kN 일방향	288175.9886	169827.8569	7000 kN 고정단	288147.8449	169855.5363	7000 kN 일방향	288110.8640	169892.8456	2500 kN 일방향	288083.4346	169921.2331
②	2500 kN 양방향	288170.6902	169822.4083	7000 kN 일방향	288142.4862	169850.1469	7000 kN 양방향	288105.4275	169887.5349	2500 kN 양방향	288077.9394	169915.9831

교량받침 집계 테이블

구 분		A1	P1	P2	A2	계
250 톤	고정단	0	0	0	0	0
	일방향	1	0	0	1	2
	양방향	1	0	0	1	2
	계	2	0	0	2	4
700 톤	고정단	0	1	0	0	1
	일방향	0	1	1	0	2
	양방향	0	0	1	0	1
	계	0	2	2	0	4

범 례

구분	기호
	고정단 SHOE
	일방향 SHOE
	양방향 SHOE

국토교통부	상주영천고속도로 주식회사 / 상주-영천고속도로 민간투자사업	설 계 회 사 : (주)수 성 엔 지 니 어 링 / (주)진 화 기 술 공 사 / (주)에 담 엔 지 니 어 링	개정번호	날 짜	내 용	작성자	검토자	확인자	축 척 : S = NONE	도면명	가 호 교 교 량 받 침 배 치 도
			1	2014. 08	상부구조 강합성거더 형식 변경	홍 성 호	최 수 관	최 규 돈		도면번호	10-009
			0	2010. 06		박 동 우	김 태 문	차 태 권			

<그림 3.1.12> 가호교 영천방향 교량받침 배치도

3.2 외관조사

3.2.1 상주방향 상세외관조사

가. 교면 포장

본 교량의 교폭은 12.150m로 방호벽(0.45m)을 고려한 유효폭은 11.700m이며, 편도 2차선으로 구성되어있다. 교면포장은 콘크리트 바닥판위에 두께 50㎜의 노출콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 외관조사결과 건조수축이 원인으로 판단되는 포장부 망상균열 손상이 조사 되었고, 시공 중 외부 충격이 원인으로 판단되는 포장부 파손이 국부적으로 조사 되었다.

- 점검 후 관찰된 손상부에 대한 보수를 완료한 것으로 확인되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	합계	단위	비고
교면 포장	포장부 망상균열	-	6.01/3	-	6.01/3	㎡/ea	보수완료
	콘크리트 파손	-	0.57/3	-	0.57/3	㎡/ea	보수완료

<S2 교면포장 파손>

<S2 교면포장 파손 보수완료>

<S2 교면포장 망상균열>

<S2 교면포장 망상균열 보수완료>

나. 차량방호벽

본 교량은 콘크리트 방호벽으로 시공되어 있고, 국지도79호선 횡단구간에는 콘크리트 방호벽 위로 투척 방지망이 설치되어있는 것으로 조사되었으며, 방호벽에 대한 외관조사 결과 건조수축에 의한 균열 및 균열부 우수유입으로 인한 균열부 백태, 콘크리트 경화과정에서 외부에 수분을 빼앗기면서 발생하는 초기재령균열을 의미하는 소성수축균열 등의 손상이 조사 되었다.

- 점검 후 관찰된 손상부에 대한 보수를 완료한 것으로 확인되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	합계	단위	비고
차량 방호벽	균열(0.3㎜미만)	10.0/8	13.5/10	4.5/3	28.0/21	m/ea	보수완료
	균열(0.3㎜이상)	0.5/1	-	-	0.5/1	m/ea	보수완료
	균열부 백태	-	2.0/1	-	2.0/1	m/ea	보수완료
	소성수축균열	-	4.1/1	40.0/1	44.1/2	m/ea	보수완료

<S1 방호벽 균열>

<S1 방호벽 균열 보수완료>

다. 배수시설

본 교량은 횡구배(-2.0%)에 의해 우측면으로 우수가 유입되도록 하였으며, 총 7개소의 배수구가 설치되어 있다. 배수구 상면에는 쓰레기 등의 이물질 혼입을 방지하기 위한 그레이팅(Grating)이 설치되어 있으며, 포장면보다 낮게 설치되어 배수시설의 시공 상태는 양호한 것으로 조사 되었다.

배수관은 알루미늄 형식의 육교형으로 시공되어 배수관내 이물질 퇴적시 이물질제거가 용이할 것으로 판단되고, 시공 또한 기존도로의 통행차량에 영향이 미치지 않도록 집수 형식으로 시공하였으며, 관의 변형 및 파손, 이음부의 연결 상태 등 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	합계	단위	비고
배수 시설	상태양호	-	-	-	-	-	

<배수구 시공 상태>

<배수관 시공 상태>

라. 바닥판하면

본 교량의 바닥판하면은 LB-Deck로 시공되어있는 것으로 조사되었으며, LB-Deck는 래티스 바(Lattice Bar)가 부착된 프리캐스트 패널로서, 공장에서 제작하여 건설현장에서 콘크리트와 일체화해서 시공하는 공법이다.

바닥판 하면에 대한 외관조사결과 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로서 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	합계	단위	비고
바닥판 하면	상태양호	-	-	-	-	-	

<바닥판하면 LB-Deck 전경>

<바닥판하면 LB-Deck 전경>

마. PUS GIRDER

본 교량의 상부구조 형식은 PUS GIRDER 2기로 구성되어 있으며 3경간 연속 132.5m이다. 외관조사는 교량점검차를 이용하여 최대한 근접하여 외관조사를 실시하였으며 구조물의 특성을 고려하여 강재 거더의 용접부, 강재 변형, 도장상태 등에 대하여 외관조사를 실시한 결과 구조적으로 문제를 유발할 수 있는 결함 및 기타 손상은 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	합계	단위	비고
PUS Girder	상태양호	-	-	-	-	-	

<PUS Girder 및 가로보 전경>

<PUS Girder 내부 전경>

바. 신축이음 장치

신축이음장치는 A1(New Monocell Joint), A2(Finger Joint)에 시공되었으며, 신축이음장치에 대한 외관조사 결과 본체 및 후타재는 변형이나 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

구 분	손상 내용	A1	A2	합계	단위	비고
신축 이음	상태양호	-	-	-	-	

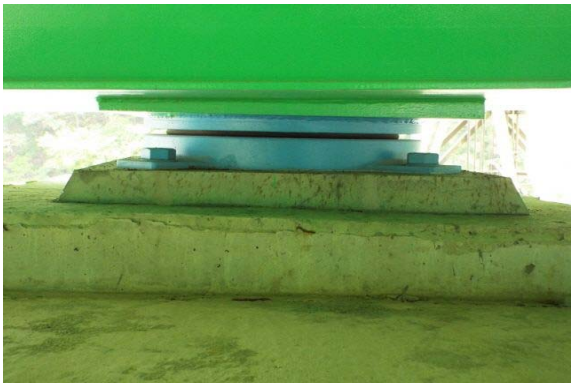
<A1 신축이음장치 전경>

<A2 신축이음장치 전경>

사. 교량받침

본 교량의 받침장치는 포트받침으로 총 8개소가 설치되어 있으며, 받침 본체에 대한 외관조사 결과 받침과 거더의 밀착상태, 편기, 편심 상태 등 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 받침 콘크리트, 무수축 몰탈은 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

구 분	손상 내용	A1	P1	P2	A2	합계	단위	비고
받침 장치	상태양호	-	-	-	-	-	-	



<받침 장치 전경>

<받침 장치 전경>

아. 교대

교대 형식은 역T형으로 A1, A2:말뚝기초로 시공되어 있으며, 교대 외관조사결과 구체에는 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었으나, A2 흉벽에서 건조수축이 원인으로 판단되는 균열 손상이 조사 되었다. 조사된 균열 손상은 구조물의 안전에 영향을 주지 않는 비 구조적인 손상으로 판단되며, 추가 손상방지 및 콘크리트 내구성 확보를 위해 균열(0.3㎜이상)은 주입보수가 필요할 것으로 판단된다.

구 분	손상 내용	A1	A2	합계	단위	비고
교대	균열(0.3㎜미만)	-	2.0/1	2.0/1	m/ea	
	균열(0.3㎜이상)	-	4.1/2	4.1/2	m/ea	

<교대 A1 전경>

<교대 A2 전경>

자. 교각

교각은 T형, 기초 형식은 말뚝기초로 시공되었으며, 외관조사결과 균열, 재료분리, 파손 등의 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사 되었다.

구 분	손상 내용	P1	P2	합계	단위	비고
교각	상태양호	-	-	-	-	

<교각 P1 전경>

<교각 P2 전경>

3.2.2 영천방향 상세외관조사

가. 교면 포장

본 교량의 교폭은 12.32m로 방호벽(0.62m) 및 중앙분리대(0.61m)을 고려한 유효폭은 11.090m이며, 편도 2차선으로 구성되어있다. 교면포장은 콘크리트 바닥판위에 두께 50㎜의 노출콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 외관조사결과 건조수축이 원인으로 판단되는 포장부 망상균열 손상이 조사되었다.

- 점검 후 관찰된 손상부에 대한 보수를 완료한 것으로 확인되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	합계	단위	비고
교면 포장	망상균열	1.6/1	-	-	1.6/1	㎡/ea	보수완료

<교면포장 전경>

<S1 교면포장 망상균열>

<S1 교면포장 망상균열>

<S1 교면포장 망상균열>

나. 차량방호벽

본 교량은 콘크리트 방호벽 및 방호벽위로 방음벽 및 투척방지망이 시공되어 있으며 교량 내측으로 콘크리트 중앙분리대가 설치되어 있는 것으로 조사 되었다.

방호벽 및 중앙분리대에 대한 외관조사 결과 건조수축에 의한 균열, 콘크리트 경화과정에서 외부에 수분을 빼앗기면서 발생하는 초기재령균열을 의미하는 소성수축균열, 시공미흡에 의한 마감불량 등의 손상이 조사 되었다.

- 점검 후 관찰된 손상부에 대한 보수를 완료한 것으로 확인되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	합계	단위	비고
방호벽	균열(0.3㎜미만)	-	1.5/1	4.8/4	6.3/5	㎜/ea	보수완료
	균열(0.3㎜이상)	-	-	1.1/1	1.1/1	㎜/ea	보수완료
	소성수축균열	0.8/2	-	-	0.8/2	㎜/ea	보수완료
	마감불량(철근)	0.04/4	0.3/27	0.57/27	0.91/58	㎡/ea	보수완료

<S2 방호벽상면 마감불량(철근)>

<S2 방호벽상면 마감불량(철근) 보수완료>

다. 배수시설

본 교량은 횡구배(+2.0%)에 의해 좌측면으로 우수가 유입되도록 하였으며, 총 17개소의 배수구가 설치되어 있다. 배수구 상면에는 쓰레기 등의 이물질 혼입을 방지하기 위한 그레이팅(Grating)이 설치되어 있으며, 포장면보다 낮게 설치되어 배수시설의 시공 상태는 양호한 것으로 조사 되었다.

배수관은 알루미늄 형식의 육교형으로 시공되어 배수관내 이물질 퇴적시 이물질제거가 용이할 것으로 판단되고, 시공 또한 기존도로의 통행차량에 영향이 미치지 않도록 집수 형식으로 시공하였으며, 관의 변형 및 파손, 이음부의 연결 상태 등 문제가 없는 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	합계	단위	비고
배수 시설	상태양호	-	-	-	-	-	

<배수구 시공 상태>

<배수관 시공 상태>

라. 바닥판하면

본 교량의 바닥판하면은 LB-Deck로 시공되어있는 것으로 조사되었으며, LB-Deck는 래티스 바(Lattice Bar)가 부착된 프리캐스트 패널로서, 공장에서 제작하여 건설현장에서 콘크리트와 일체화해서 시공하는 공법이다.

바닥판 하면에 대한 외관조사결과 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로서 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	합계	단위	비고
바닥판 하면	상태양호	-	-	-	-	-	

<바닥판하면 LB-Deck 전경>

<바닥판하면 외측 캔틸레버 전경>

마. PUS GIRDER

본 교량의 상부구조 형식은 PUS GIRDER 2기로 구성되어 있으며 3경간 연속 132.5m이다. 외관조사는 교량점검차를 이용하여 최대한 근접하여 외관조사를 실시하였으며 구조물의 특성을 고려하여 강재 거더의 용접부, 강재 변형, 도장상태 등에 대하여 외관조사를 실시한 결과 구조적으로 문제를 유발할 수 있는 결함 및 기타 손상은 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	손상 내용	S1	S2	S3	합계	단위	비고
PUS Girder	상태양호	-	-	-	-	-	

<PUS Girder 및 가로보 전경>

<PUS Girder 내부 전경>

바. 신축이음 장치

신축이음장치는 A1(New Monocell Joint), A2(Finger Joint)에 시공되었으며, 신축이음장치에 대한 외관조사 결과 본체 및 후타재는 변형이나 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

구 분	손상 내용	A1	A2	합계	단위	비고
신축 이음	상태양호	-	-	-	-	

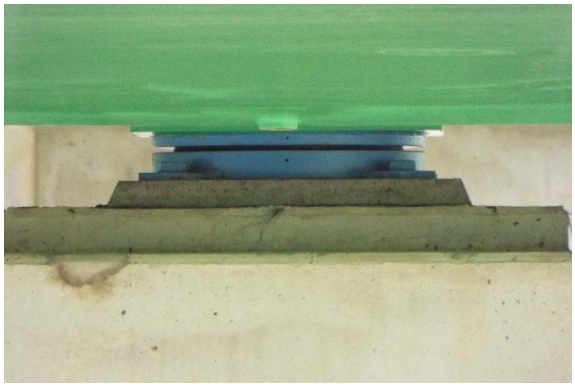
<A1 신축이음장치 전경>

<A2 신축이음장치 전경>

사. 교량받침

본 교량의 받침장치는 포트받침으로 총 8개소가 설치되어 있으며, 받침 본체에 대한 외관조사 결과 받침과 거더의 밀착상태, 편기, 편심 상태 등 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 받침 콘크리트, 무수축 몰탈은 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었다.

구 분	손상 내용	A1	P1	P2	A2	합계	단위	비고
받침 장치	상태양호	-	-	-	-	-	-	



<받침 장치 전경>

<받침 장치 전경>

아. 교대

교대 형식은 역T형으로 A1, A2:말뚝기초로 시공되어 있으며, 교대 외관조사결과 구체에는 손상이 없는 양호한 상태로 조사 되었으나, A2 흉벽에서 건조수축이 원인으로 판단되는 균열 손상이 조사 되었다. 조사된 균열 손상은 구조물의 안전에 영향을 주지 않는 비 구조적인 손상으로 판단되며, 추가 손상방지 및 콘크리트 내구성 확보를 위해 균열(0.3㎜이상)은 주입보수가 필요할 것으로 판단된다.

구 분	손상 내용	A1	A2	합계	단위	비고
교대	균열(0.3㎜미만)	-	4.0/2	4.0/2	m/ea	
	균열(0.3㎜이상)	-	2.0/1	2.0/1	m/ea	

<교대 A1 전경>

<교대 A2 전경>

자. 교각

교각은 T형, 기초 형식은 말뚝기초로 시공되었으며, 외관조사결과 균열, 재료분리, 파손 등의 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사 되었다.

구 분	손상 내용	P1	P2	합계	단위	비고
교각	상태양호	-	-	-	-	

<교각 P1 전경>

<교각 P2 전경>

3.3 교량받침 조사

3.3.1 교량받침 이동량조사

가. 교량받침 이동량 실측조사

1) 상주방향

<표 3.3.1> 교량받침 이동량 실측조사 (상주방향)

(단위:cm)

(단위 : cm)

위치		SH1		SH2		비고
		이동 방향	이동량	이동 방향	이동량	
A1	전면	↕		↕		↑: A1측 ↓: A2측 ←: 좌측 →: 우측
	배면	↓	3.0	↓	5.0	
P1	전면	↔		●		
	배면	-	-	-	-	
P2	전면	↕		↕		
	배면	-	-	↓	0.2	
A2	전면	↕		↕		
	배면	↑	7.0	↑	6.4	

2) 영천방향

<표 3.3.2> 교량받침 이동량 실측조사 (영천방향)

(단위:cm)

(단위 : cm)

위치		SH1		SH2		비고
		이동 방향	이동량	이동 방향	이동량	
A1	전면	↕		↕		↑: A1측 ↓: A2측 ←: 좌측 →: 우측
	배면	↓	5.8	↓	6.0	
P1	전면	●		↔		
	배면	-	-	-	-	
P2	전면	↕		↕		
	배면	↓	0.2	↓	0.4	
A2	전면	↕		↕		
	배면	↑	5.8	↑	6.0	

나. 교량받침 이동량 산출 근거

구 분	신축장 100m 미만의 교량	신축장 100m 이상 초과 교량
기본 신축량	·온도신축+건조수축+크리프 단) 상로교,하로,강상판교는 건조수축, 크리프 제외	·온도신축+건조수축+크리프+빔의 회전
- 본 과업대상 교량은 강교량으로서 건조수축 및 크리프에 의한 변위량은 고려하지 않았으며, 신축장이 100m 이상인 경우 거더 처짐을 고려하였다.		

※ 출처 : 도로교 설계 기준

1) A1

위 치	A1, A2	측정일	2017년 5월 10일
조사시 평균기온	16.2℃	온도변화 범위	-10 ~ +40
선팽창계수(a)	1.2 x 10^{-5}	신축거더 길이(L)	40,000㎜
온도변화에 의한 이동량	△lt = △T * a * L 신장량: $\Delta l_t = (40-(16.2))\times(1.2\times10^{-5})\times40.0\times10^3 = 11.42\mathrm{mm}$ 수축량: $\Delta l_t = (-10-(16.2))\times(1.2\times10^{-5})\times40.0\times10^3 = 12.58\mathrm{mm}$		

2) A2,P2

위 치	P1, P3	측정일	2017년 5월 10일
조사시 평균기온	16.2℃	온도변화 범위	-10 ~ +40
선팽창계수(a)	1.2 x 10^{-5}	신축거더 길이(L)	132,500㎜
온도변화에 의한 이동량	△lt = △T * a * L 신장량: $\Delta l_t = (40-(16.2))\times(1.2\times10^{-5})\times132.5\times10^3 = 37.84\mathrm{mm}$ 수축량: $\Delta l_t = (-10-(16.2))\times(1.2\times10^{-5})\times132.5\times10^3 = 41.66\mathrm{mm}$		
거더 처짐에 의한 이동량	신장량 △lr = 2 / 3 x 1,800 x 1 / 150 = 8.0㎜		

<표 3.3.3> 교량받침 이동량 산정(상주방향)

위치	온도변화(ΔT)		선팽창계수	온도에 의한 이동량(㎜)		건조수축, 크리프에 의한 이동량	거더처짐에 의한 이동량	최대받침이동량(㎜)	
	동절기(℃)	하절기(℃)		동절기	하절기			동절기(최대수축시)	하절기(최대신장시)
A1	26.2	23.8	1.0×10^{-5}	12.58	11.42	-	-	12.58	11.42
P1	고 정 단								
P2	26.2	23.8	1.0×10^{-5}	41.66	37.84	-	8.0	41.66	45.84
A2	26.2	23.8	1.0×10^{-5}	41.66	37.84	-	8.0	41.66	45.84

<표 3.3.4> 교량받침 가동 여유량 조사결과(상주방향)

위 치		가동량(㎜)	이동량(㎜)	실측 받침 가동여유량(㎜)		최대 받침 이동량(㎜)		평가	비 고
				수축 여유량	신장 여유량	최대수축 이동량	최대신장 이동량		
A1	SH1	±150	-30	120	180	12.58	11.42	OK	2500kN
	SH2	±150	-50	100	200			OK	2500kN
P1	고 정 단								
P2	SH1	±120	0	120	120	41.66	45.84	OK	7000kN
	SH2	±120	-2	118	122			OK	7000kN
A2	SH1	±150	70	220	80	41.66	45.84	OK	2500kN
	SH2	±150	64	214	86			OK	2500kN

(이동량 ; +:A1측, -:A2측)

<표 3.3.5> 교량받침 이동량 산정(영천방향)

위치	온도변화(ΔT)		선팽창계수	온도에 의한 이동량(㎜)		건조수축, 크리프에 의한 이동량	거더처짐에 의한 이동량	최대받침이동량(㎜)	
	동절기(℃)	하절기(℃)		동절기	하절기			동절기(최대수축시)	하절기(최대신장시)
A1	26.2	23.8	1.0×10^{-5}	12.58	11.42	-	-	12.58	11.42
P1	고 정 단								
P2	26.2	23.8	1.0×10^{-5}	41.66	37.84	-	11.56	41.66	49.4
A2	26.2	23.8	1.0×10^{-5}	41.66	37.84	-	11.56	41.66	49.4

<표 3.3.6> 교량받침 가동 여유량 조사결과(영천방향)

위 치		가동량 (㎜)	이동량 (㎜)	실측 받침 가동여유량(㎜)		최대 받침 이동량(㎜)		평가	비 고
				수축 여유량	신장 여유량	최대수축 이동량	최대신장 이동량		
A1	SH1	±150	-58	92	208	12.58	11.42	OK	2500kN
	SH2	±150	-60	90	210			OK	2500kN
P1	고 정 단								
P2	SH1	±120	-2	118	122	41.66	49.4	OK	7000kN
	SH2	±120	-4	116	124			OK	7000kN
A2	SH1	±150	+58	208	92	41.66	49.4	OK	2500kN
	SH2	±150	+60	210	90			OK	2500kN

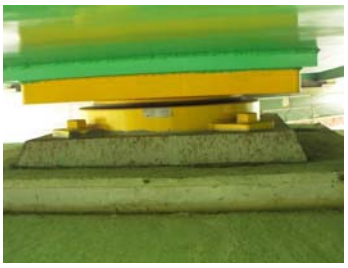
(이동량 ; +:A1측, -:A2측)

다. 고 찰

교량 받침 가동 여유량에 대한 분석 결과 수축·신장 여유량이 최대 수축·신장 이동량을 상회하는 것으로 나타나 본 과업대상 교량의 받침장치는 수축·신장에 따른 여유량을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

라. 교량받침 사진

1) 상주방향

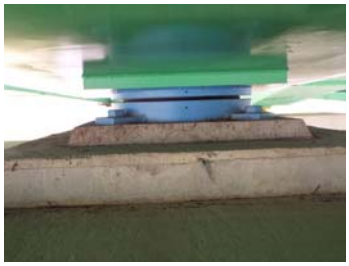
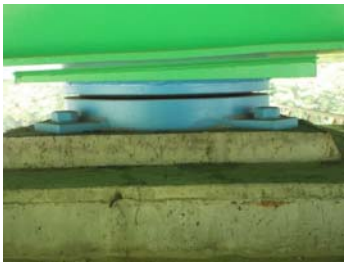
A1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 3.3.1> 받침장치 사진

P2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 3.3.1> 받침장치 사진(계속)

2) 영천방향

A1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P1 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 3.3.2> 받침장치 사진

P2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
P2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH1			
내 용	정면	측면	외관 상태양호
A2 - SH2			
내 용	정면	측면	외관 상태양호

<그림 3.3.2> 받침장치 사진(계속)

3.3.2 교량받침 연단거리조사

가. 교량받침 연단거리 측정

1) 상주방향

<표 3.3.7> 교량 받침 연단거리 측정(상주방향)

구 분		지간길이	최소값	측 정 결 과(cm)		비고
				SH1	SH2	
A1		40.0m	40.0m	58.0	60.0	
P1	전면	40.0m	고 정 단			
	배면	52.5m	고 정 단			
P2	전면	52.5m	46.3m	97.0	103.0	
	배면	40.0m	40.0m	102.0	100.0	
A2		40.0m	40.0m	53.5	59.0	

2) 영천방향

<표 3.3.8> 교량 받침 연단거리 측정(영천방향)

구 분		지간길이	최소값	측 정 결 과(cm)		비고
				SH1	SH2	
A1		40.0m	40.0m	63.0	59.5	
P1	전면	40.0m	고 정 단			
	배면	52.5m	고 정 단			
P2	전면	52.5m	46.3m	101.0	101.0	
	배면	40.0m	40.0m	98.0	99.0	
A2		40.0m	40.0m	56.0	57.0	

나. 교량받침 연단거리 산출근거

교축방향의 받침연단과 하부구조 정부연단 사이의 거리 S(mm)는 다음의 값 이상으로 한다.(도로교설계기준)

- 거더의 경간길이 100m 이하인 경우

$S = 200 + 5L$ ····· <식 2.1>

- 거더의 경간길이 100m 이상인 경우

$S = 300 + 4L$ ····· <식 2.2>

여기서, S : 받침연단거리(mm), L : 경간길이(m)

다. 연단거리 평가

교대, 교각 받침장치에 대한 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치(최소값)를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 가호교는 충분한 연단거리를 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

<그림 3.3.1> 연단거리 측정

3.4 신축이음장치 유간 조사

3.4.1 신축이음장치 현황

<표 3.4.1> 신축이음장치 현황

신축이음장치		지간범위	신축거더 길이	비고
위치	종류			
A1	New Monocell Joint	A1 ~ P1	40.0m	P1 고정단
A2	Finger Joint	P1 ~ A2	132.5m	

3.4.2 설계 신축량

<표 3.4.2> 설계신축량 검토

신축이음장치		계산 신축량 (㎜)	설계 신축량 (㎜)	판 정	비 고
위치	종 류				
A1	New Monocell Joint	38.8	80	OK	
A2	Finger Joint	105.4	120	OK	

3.4.3 신축이음부 유간 분석

본 과업대상 교량은 강교량으로서 건조수축 및 크리프에 의한 변위량은 고려하지 않았으며, 신축장이 100m 이상인 경우 거더 처짐을 고려하였다.

<표 3.4.3> 신축이음부 유간 분석 - A1

측 정 일	2017년 5월 10일		
온도변화 범위	-10℃ ~ +40℃	조사시 평균기온	16.2℃
선팽창 계수(α)	강재:1.2× 10^{-5}	신축거더 길이(L)	40.0x10^3㎜
온도 변화에 의한 이동량 (Δl_t)	$\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ 신장량 : $\Delta l_t = (40-(16.2))\times(1.2\times10^{-5})\times40.0\times10^3 = 11.42\text{mm}$ 수축량 : $\Delta l_t = (-10-(16.2))\times(1.2\times10^{-5})\times40.0\times10^3 = 12.58\text{m}$		

<표 3.4.4> 신축이음부 유간 분석 - A2

측 정 일	2017년 5월 10일		
온도변화 범위	-10℃ ~ +40℃	조사시 평균기온	16.2℃
선팽창 계수(α)	강재:1.2× 10^{-5}	신축거더 길이(L)	132.5x10^3mm
온도 변화에 의한 이동량 (Δl_t)	$\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ 신장량 : $\Delta l_t = (40-(16.2))\times(1.2\times10^{-5})\times132.5\times10^3 = 37.84$mm 수축량 : $\Delta l_t = (-10-(16.2))\times(1.2\times10^{-5})\times132.5\times10^3 = 41.66$m		
거더 처짐에 의한 이동량	신장량 △lr = 2 / 3 x 1,800 x 1 / 150 = 8.0mm		

3.4.4 신축이음부 유간 측정 결과

<표 3.4.5> 신축이음부 유간 측정 결과(상주방향)

구 분	계산 신축량 (mm)	설계 신축량 (mm)	계산치(mm)		측정 유간(mm)			판정	비 고
			신장량	수축량	신축유간 상부	신축유간 하부	거더간격		
A1	38.8	80	11.42	12.58	35	40	70	OK	
A2	105.4	120	45.84	41.66	55	70	143	OK	

<표 3.4.6> 신축이음부 유간 측정 결과(영천방향)

구 분	계산 신축량 (mm)	설계 신축량 (mm)	계산치(mm)		측정 유간(mm)			판정	비 고
			신장량	수축량	신축유간 상부	신축유간 하부	거더간격		
A1	38.8	80	11.42	12.58	60	45	87	OK	
A2	105.4	120	49.4	41.66	60	70	125	OK	

신축이음장치 유간에 대한 분석결과 설치유간이 설계유간을 상회하고, 신축유간 상·하부에서 측정한 여유량이 계산 신장·수축량을 상회하는 것으로 나타나 본 대상교량은 신장·수축에 따른 충분한 유간을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

<그림 3.4.1> 신축이음 유간 측정

3.5 재료 시험

3.5.1 재료 시험 현황

본 과업에서는 대상 구조물의 구조부재에 대해 콘크리트 품질상태와 압축강도를 파악하기 위하여 반발경도시험, 철근배근탐사 및 탄산화 시험을 수행하여 콘크리트의 품질 및 내구성을 평가하였다.

3.5.2 콘크리트 강도 시험

가. 반발경도법에 의한 압축강도 측정

1) 상주방향

<표 3.5.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정(상주방향)

측정위치		평균치	신뢰 범위	재평균 (R)	타격 각도 (°)	보정치 (ΔR)	보정 경도 (R0)	압축강도 (MPa)		재령 계수 (α)	보정압축강도 (MPa)		비고
								재료 학회	건축 학회		재료 학회	건축 학회	
바닥판 하면	S1 좌측 캔틸레버	49.1	39.2~58.9	49.1	90.0	-3.18	45.9	40.3	42.6	0.67	27.0	28.6	건전부
	S2 좌측 캔틸레버	49.1	39.3~58.9	49.1	90.0	-3.18	45.9	40.3	42.7	0.67	27.0	28.6	건전부
	S3 좌측 캔틸레버	50.1	40.0~60.1	50.1	90.0	-3.10	47.0	41.6	43.4	0.67	27.9	29.1	건전부
평 균											27.3	28.8	
교대	A1 구체전면	43.3	34.6~52.0	43.3	0.0	0.00	43.3	37.0	40.8	0.65	24.0	26.5	건전부
	A2 구체전면	43.6	34.8~52.3	43.6	0.0	0.00	43.6	37.3	41.0	0.65	24.3	26.6	건전부
평 균											24.2	26.6	
교각	P1 기둥부 (배면)	48.0	38.4~57.6	48.0	0.0	0.00	48.0	43.0	44.1	0.65	27.9	28.7	건전부
	P2 기둥부 (전면)	47.7	38.1~57.2	47.7	0.0	0.00	47.7	42.5	43.9	0.65	27.6	28.5	건전부
평 균											27.8	28.6	

2) 영천방향

<표 3.5.2> 반발경도법에 의한 압축강도 측정(영천방향)

측정위치		평균치	신뢰 범위	재평균 (R)	타격 각도 (°)	보정치 (ΔR)	보정 경도 (R0)	압축강도 (MPa)		재령 계수 (α)	보정압축강도 (MPa)		비고
								재료 학회	건축 학회		재료 학회	건축 학회	
바닥판 하면	S1 우측 캔틸레버	50.2	40.1~60.2	50.2	90.0	-3.10	47.1	41.8	43.5	0.67	28.0	29.1	건전부
	S2 우측 캔틸레버	49.7	39.8~59.6	49.7	90.0	-3.18	46.5	41.1	43.1	0.67	27.5	28.9	건전부
	S3 우측 캔틸레버	49.5	39.6~59.4	49.5	90.0	-3.18	46.3	40.8	42.9	0.67	27.4	28.8	건전부
평 균											27.6	28.9	
교대	A1 구체전면	43.9	35.1~52.7	43.9	0.0	0.00	43.9	37.8	41.2	0.65	24.5	26.8	건전부
	A2 구체전면	44.6	35.7~53.5	44.6	0.0	0.00	44.6	38.6	41.7	0.65	25.1	27.1	건전부
평 균											24.8	27.0	
교각	P1 기둥부 (배면)	48.8	39.0~58.6	48.8	0.0	0.00	48.8	44.0	44.7	0.65	28.6	29.1	건전부
	P2 기둥부 (전면)	49.4	39.5~59.2	49.4	0.0	0.00	49.4	44.7	45.1	0.65	29.0	29.3	건전부
평 균											28.8	29.2	

나. 반발경도법에 의한 압축강도 평가 및 고찰

1) 압축강도 평가

① 상주방향

<표 3.5.3> 반발경도법에 의한 압축강도 평가(상주방향)

측정위치		측정강도(A)		설계기준강도(B)	A/B*100		비고
		재료학회	건축학회		재료학회	건축학회	
바닥판하면	S1 좌측 캔틸레버	27.0 MPa	28.6 MPa	27 MPa	100.0 %	105.9 %	건전부
	S2 좌측 캔틸레버	27.0 MPa	28.6 MPa		100.0 %	105.9 %	건전부
	S3 좌측 캔틸레버	27.9 MPa	29.1 MPa		103.3 %	107.8 %	건전부
교대	A1 구체전면	24.0 MPa	26.5 MPa	24 MPa	100.0 %	110.4 %	건전부
	A2 구체전면	24.3 MPa	26.6 MPa		101.3 %	110.8 %	건전부
교각	P1 기둥부 (배면)	27.9 MPa	28.7 MPa	27 MPa	103.3 %	106.3 %	건전부
	P2 기둥부 (전면)	27.6 MPa	28.5 MPa		102.2 %	105.6 %	건전부

② 영천방향

<표 3.5.4> 반발경도법에 의한 압축강도 평가(진천방향)

측정위치		측정강도(A)		설계기준강도(B)	A/B*100		비고
		재료학회	건축학회		재료학회	건축학회	
바닥판하면	S1 우측 캔틸레버	28.0 MPa	29.1 MPa	27 MPa	103.7 %	107.8 %	건전부
	S2 우측 캔틸레버	27.5 MPa	28.9 MPa		101.9 %	107.0 %	건전부
	S3 우측 캔틸레버	27.4 MPa	28.8 MPa		101.5 %	106.7 %	건전부
교대	A1 구체전면	24.5 MPa	26.8 MPa	24 MPa	102.1 %	111.7 %	건전부
	A2 구체전면	25.1 MPa	27.1 MPa		104.6 %	112.9 %	건전부
교각	P1 기둥부 (배면)	28.6 MPa	29.1 MPa	27 MPa	105.9 %	107.8 %	건전부
	P2 기둥부 (전면)	29.0 MPa	29.3 MPa		107.4 %	108.5 %	건전부

2) 고찰

일반식(일본재료학회, 건축학회)을 이용하여 콘크리트 비파괴강도 측정을 분석한 결과, 상주방향의 상부구조물(바닥판하면)은 27.0~29.1MPa, 하부구조물(교대)은 24.0~26.6MPa, 하부구조물(교각)은 27.6~28.7MPa측정되었으며, 영천방향의 상부구조물(바닥판하면)은 27.4~29.1MPa, 하부구조물(교대)은 24.5~27.1MPa, 하부구조물(교각)은 28.6~29.3MPa측정되었다.

반발경도 측정은 표면 건전부에서 시행하였으며, 각각의 측정치가 부재별 설계기준 강도(바닥판하면:27.0MPa, 교대:24.0MPa 교각:27.0MPa)를 대부분 상회하는 것으로 나타나 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

3.5.3 철근배근 탐사

가. 철근배근 측정

1) 상주방향

<표 3.5.5> 철근배근 탐사 시험(용인방향)

측정위치		배근종류	설 계(㎜)		측 정(㎜)		비 고
			간격	피복두께	간격	피복두께	
바닥판하면	S1-좌측캔틸레버	주철근	100	30.5	101~110	30~32	
		배력철근	100	49.5	100~104	46~49	
	S2-좌측캔틸레버	주철근	100	30.5	101~110	39~43	
		배력철근	100	49.5	102~106	44~50	
	S3-좌측캔틸레버	주철근	100	30.5	105~109	31~34	
		배력철근	100	49.5	100~108	49~53	
교대	A1 구체 전면	수직철근	250	89	248~250	88~92	
		수평철근	125	111	125~130	111~116	
	A2 구체 전면	수직철근	250	89	248~253	78~85	
		수평철근	125	111	118~124	109~116	
교각	P1 기둥부 배면	수직철근	125	111	125~130	111~115	
		수평철근	300	89	300~308	88~96	
	P2 기둥부 배면	수직철근	125	111	124~133	110~114	
		수평철근	300	89	299~306	89~95	

2) 영천방향

<표 3.5.6> 철근배근 탐사 시험(영천방향)

측정위치		배근종류	설 계(㎜)		측 정(㎜)		비 고
			간격	피복두께	간격	피복두께	
바닥판하면	S1-우측캔틸레버	주철근	100	30.5	101~110	34~38	
		배력철근	100	49.5	104~110	49~53	
	S2-우측캔틸레버	주철근	100	30.5	104~112	39~43	
		배력철근	100	49.5	108~110	50~54	
	S3-우측캔틸레버	주철근	100	30.5	102~107	34~41	
		배력철근	100	49.5	104~107	52~54	
교대	A1 구체 전면	수직철근	250	89	250~260	87~90	
		수평철근	125	111	126~131	109~111	
	A2 구체 전면	수직철근	250	89	248~256	86~91	
		수평철근	125	111	119~126	108~114	
교각	P1 기둥부 배면	수직철근	125	111	125~130	112~115	
		수평철근	300	89	300~306	90~93	
	P2 기둥부 전면	수직철근	125	111	126~129	116~120	
		수평철근	300	89	296~301	90~94	

나. 고찰

RC-Radar를 이용하여 철근배근탐사를 시행하였으며, 측정 결과 상주방향은 바닥판하면의 주철근 101~110㎜, 배력철근 100~108㎜, 교대 구체의 수직철근 248~253㎜, 수평철근 118~130㎜, 교각 기둥부의 수직철근 124~133㎜, 수평철근 299~308㎜로 측정되었고, 영천방향은 바닥판하면의 주철근 101~110㎜, 배력철근 104~110㎜, 교대 구체의 수직철근 248~256㎜, 수평철근 119~131㎜, 교각 기둥부의 수직철근 125~130㎜, 수평철근 296~306㎜로 측정되었다.

이는 설계배근간격과 설계피복두께를 대부분 만족하고 있는 것으로 조사되어 시공상의 철근배근 및 피복두께 상태는 적정한 것으로 분석된다.

3.5.4 탄산화 시험

가. 탄산화 시험 결과

1) 상주방향

<표 3.5.7> 탄산화 시험 결과(상주방향)

측정 위치		탄산화 깊이 (㎜)	공용년수를 고려한 탄산화 깊이(㎜)	측정피복 두께 (㎜)	상태 평가	탄산화 속도계수 (㎜/√년)	잔존수명 예측(년) 비고
바닥판 하면	S1 좌측 캔틸레버	0.4	2.85	32	a	0.283	∞
교대	A1 구체전면	0.9	2.85	88	a	0.636	∞
교각	P1기둥부 (배면)	1.1	2.85	115	a	0.778	∞

2) 영천방향

<표 3.5.8> 탄산화 시험 결과(영천방향)

측정 위치		탄산화 깊이(㎜)	공용년수를 고려한 탄산화 깊이(㎜)	측정피복 두께(㎜)	상태 평가	탄산화 속도계수 (㎜/√년)	잔존수명 예측(년)
바닥판 하면	S1 우측 캔틸레버	0.8	2.85	34	a	0.566	∞
교대	A1 구체전면	0.7	2.85	87	a	0.495	∞
교각	P1기둥부 (배면)	0.4	2.85	80	a	0.283	∞

나. 고찰

가호교의 실측 탄산화깊이는 상주방향 최대 1.1㎜, 영천방향 최대 0.8㎜로 측정되었다. 이는 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 등급이 “a” 등급에 해당되어 탄산화에 의한 부식발생은 없는 것으로 평가 되었다.

3.5.5 강재 도막두께 조사

가. 강재 도막두께 측정

1) 상주방향

<표 3.5.9> 강재 도막두께 측정 결과(상주방향)

<단위 : ㎛>

측 정 위 치			측 정 값					평균	기준치
			1회	2회	3회	4회	5회		
G1	내부	좌측면	1023	1060	1080	1013	1045	1,044	625
		바닥면	1013	983	1020	990	1110	1,023	
	외부	바닥면	1022	997	1020	1021	1005	1,013	625
		우측면	1040	1032	1006	980	954	1,002	
G2	내부	좌측면	952	984	1019	1040	1023	1,004	625
		우측면	976	1020	1011	1046	1032	1,017	
	외부	좌측면	980	976	1040	1021	970	997	625
		우닥면	984	1014	1031	1045	1037	1,022	

2) 영천방향

<표 3.5.10> 강재 도막두께 측정 결과(영천방향)

<단위 : ㎛>

측 정 위 치			측 정 값					평균	기준치
			1회	2회	3회	4회	5회		
G1	내부	좌측면	956	1024	1010	986	989	993	625
		바닥면	1036	1049	1026	1009	1029	1,030	
	외부	바닥면	987	946	993	1011	1023	992	625
		우측면	976	989	1026	967	1003	992	
G2	내부	좌측면	1084	1064	1074	1061	1054	1,067	625
		우측면	979	1069	1046	973	913	996	
	외부	좌측면	1013	1064	1082	1048	1034	1,048	625
		바닥면	1041	1046	1032	1049	997	1,033	

나. 고찰

가호교 PUS Girder에 대한 도막두께를 각 위치당 5개소에서 랜덤하게 측정한 결과 도막두께 표준기준치 이상을 상회하는 것으로 측정되어 도막에 대한 피복상태는 양호한 것으로 판단된다.

3.5.6 재료시험 관련사진

S1 좌측 캔틸레버 반발경도 측정	A1 구체전면 반발경도 측정
A1 구체전면 탄산화 측정	P2 기둥부(전면) 철근배근탐사 시험
S1-G2 외부 좌측면 도막 두께 측정	S1-G1 내부 좌측면 도막 두께 측정

<그림 3.5.1> 재료시험 측정(상주방향)

S2 우측 캔틸레버 반발경도 측정	A1 구체전면 반발경도 측정
S1 우측 캔틸레버 탄산화 측정	P2 기둥부(전면) 철근배근탐사 시험
S1-G2 외부 좌측면 도막 두께 측정	S1-G1 내부 좌측면 도막 두께 측정

<그림 3.5.2> 재료시험 측정(영천방향)

3.5.7 재료시험 결과 요약

<표 3.5.11> 재료시험 결과 요약①(상주방향)

<table>
<tr><th colspan="2">종 류</th><th colspan="9">결 과</th><th>검 토</th></tr>
<tr><td rowspan="8">콘크리트 강도 시험</td><td rowspan="8">반발 경도법</td><td colspan="2" rowspan="2">측정위치</td><td colspan="2">측정강도(A)</td><td rowspan="2">설계 기준 강도 (B)</td><td colspan="2">A/B*100</td><td rowspan="2">비고</td><td rowspan="8">■ 콘크리트 강도 양호한 상태임</td></tr>
<tr><td>재료학회</td><td>건축학회</td><td>재료학회</td><td>건축학회</td></tr>
<tr><td rowspan="3">바닥판하면</td><td>S1 좌측 캔틸레버</td><td>27.0 MPa</td><td>28.6 MPa</td><td rowspan="3">27 MPa</td><td>100.0 %</td><td>105.9 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>S2 좌측 캔틸레버</td><td>27.0 MPa</td><td>28.6 MPa</td><td>100.0 %</td><td>105.9 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>S3 좌측 캔틸레버</td><td>27.9 MPa</td><td>29.1 MPa</td><td>103.3 %</td><td>107.8 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교대</td><td>A1 구체전면</td><td>24.0 MPa</td><td>26.5 MPa</td><td rowspan="2">24 MPa</td><td>100.0 %</td><td>110.4 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>A2 구체전면</td><td>24.3 MPa</td><td>26.6 MPa</td><td>101.3 %</td><td>110.8 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td>P1 기둥부 (배면)</td><td>27.9 MPa</td><td>28.7 MPa</td><td rowspan="2">27 MPa</td><td>103.3 %</td><td>106.3 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>P2 기둥부 (전면)</td><td>27.6 MPa</td><td>28.5 MPa</td><td>102.2 %</td><td>105.6 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="17">철근 배근 탐사 시험</td><td colspan="2" rowspan="2">측정위치</td><td rowspan="2">배근종류</td><td colspan="2">설 계(mm)</td><td colspan="2">측 정(mm)</td><td rowspan="2">비고</td><td rowspan="17">■ 철근배근 양호한 상태임</td></tr>
<tr><td>간격</td><td>피복두께</td><td>간격</td><td>피복두께</td></tr>
<tr><td rowspan="6">바닥판하면</td><td rowspan="2">S1-좌측 캔틸레버</td><td>주철근</td><td>100</td><td>30.5</td><td>101~110</td><td>30~32</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>100</td><td>49.5</td><td>100~104</td><td>46~49</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S2-좌측 캔틸레버</td><td>주철근</td><td>100</td><td>30.5</td><td>101~110</td><td>39~43</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>100</td><td>49.5</td><td>102~106</td><td>44~50</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S3-좌측 캔틸레버</td><td>주철근</td><td>100</td><td>30.5</td><td>105~109</td><td>31~34</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>100</td><td>49.5</td><td>100~108</td><td>49~53</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">교대</td><td rowspan="2">A1 구체 전면</td><td>수직철근</td><td>250</td><td>89</td><td>248~250</td><td>88~92</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>125</td><td>111</td><td>125~130</td><td>111~116</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">A2 구체 전면</td><td>수직철근</td><td>250</td><td>89</td><td>248~253</td><td>78~85</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>125</td><td>111</td><td>118~124</td><td>109~116</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">교각</td><td rowspan="2">P1 기둥부 배면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>111</td><td>125~130</td><td>111~115</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>300</td><td>89</td><td>300~308</td><td>88~96</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">P2 기둥부 배면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>111</td><td>124~133</td><td>110~114</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>300</td><td>89</td><td>299~306</td><td>89~95</td><td></td></tr>
</table>

<표 3.5.12> 재료시험 결과 요약②(상주방향)

<table>
<tr><th>종 류</th><th>결 과</th><th>검 토</th></tr>
<tr><td>탄산화 시험</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">측정 위치</th><th>탄산화 깊이 (㎜)</th><th>공용년수를 고려한 탄산화 깊이(㎜)</th><th>측정 피복 두께 (㎜)</th><th>상태 평가</th><th>탄산화 속도계수 (㎜/√년)</th><th>잔존 수명 예측 (년)</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>바닥판 하면</td><td>S1 좌측 캔틸레버</td><td>0.4</td><td>2.85</td><td>32</td><td>a</td><td>0.283</td><td>∞</td><td></td></tr>
<tr><td>교대</td><td>A1 구체전면</td><td>0.9</td><td>2.85</td><td>88</td><td>a</td><td>0.636</td><td>∞</td><td></td></tr>
<tr><td>교각</td><td>P1기둥부 (배면)</td><td>1.1</td><td>2.85</td><td>115</td><td>a</td><td>0.778</td><td>∞</td><td></td></tr>
</table>
</td><td>■ 탄산화 진행은 철근 부식에 영향 없음</td></tr>
<tr><td>강재 도막두께 조사</td><td>
<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">측 정 위 치</th><th colspan="5">측 정 값</th><th rowspan="2">평균</th><th rowspan="2">기준치</th></tr>
<tr><th>1회</th><th>2회</th><th>3회</th><th>4회</th><th>5회</th></tr>
<tr><td rowspan="4">G1</td><td rowspan="2">내부</td><td>좌측면</td><td>1023</td><td>1060</td><td>1080</td><td>1013</td><td>1045</td><td>1,044</td><td rowspan="2">625</td></tr>
<tr><td>바닥면</td><td>1013</td><td>983</td><td>1020</td><td>990</td><td>1110</td><td>1,023</td></tr>
<tr><td rowspan="2">외부</td><td>바닥면</td><td>1022</td><td>997</td><td>1020</td><td>1021</td><td>1005</td><td>1,013</td><td rowspan="2">625</td></tr>
<tr><td>우측면</td><td>1040</td><td>1032</td><td>1006</td><td>980</td><td>954</td><td>1,002</td></tr>
<tr><td rowspan="4">G2</td><td rowspan="2">내부</td><td>좌측면</td><td>952</td><td>984</td><td>1019</td><td>1040</td><td>1023</td><td>1,004</td><td rowspan="2">625</td></tr>
<tr><td>우측면</td><td>976</td><td>1020</td><td>1011</td><td>1046</td><td>1032</td><td>1,017</td></tr>
<tr><td rowspan="2">외부</td><td>좌측면</td><td>980</td><td>976</td><td>1040</td><td>1021</td><td>970</td><td>997</td><td rowspan="2">625</td></tr>
<tr><td>우닥면</td><td>984</td><td>1014</td><td>1031</td><td>1045</td><td>1037</td><td>1,022</td></tr>
</table>
</td><td>■ 피복상태 양호한 상태임</td></tr>
</table>

<표 3.5.13> 재료시험 결과 요약④(영천방향)

<table>
<tr><th colspan="2">종 류</th><th colspan="8">결 과</th><th>검 토</th></tr>
<tr><td rowspan="8">콘크리트 강도 시험</td><td rowspan="8">반발 경도법</td><td colspan="2" rowspan="2">측정위치</td><td colspan="2">측정강도(A)</td><td rowspan="2">설계 기준 강도 (B)</td><td colspan="2">A/B*100</td><td rowspan="2">비고</td><td rowspan="8">■ 콘크리트 강도 양호한 상태임</td></tr>
<tr><td>재료학회</td><td>건축학회</td><td>재료학회</td><td>건축학회</td></tr>
<tr><td rowspan="3">바닥판하면</td><td>S1 우측 캔틸레버</td><td>28.0 MPa</td><td>29.1 MPa</td><td rowspan="3">27 MPa</td><td>103.7 %</td><td>107.8 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>S2 우측 캔틸레버</td><td>27.5 MPa</td><td>28.9 MPa</td><td>101.9 %</td><td>107.0 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>S3 우측 캔틸레버</td><td>27.4 MPa</td><td>28.8 MPa</td><td>101.5 %</td><td>106.7 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교대</td><td>A1 구체전면</td><td>24.5 MPa</td><td>26.8 MPa</td><td rowspan="4">24 MPa</td><td>102.1 %</td><td>111.7 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>A2 구체전면</td><td>25.1 MPa</td><td>27.1 MPa</td><td>104.6 %</td><td>112.9 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td>P1 기둥부 (배면)</td><td>28.6 MPa</td><td>29.1 MPa</td><td>105.9 %</td><td>107.8 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td>P2 기둥부 (전면)</td><td>29.0 MPa</td><td>29.3 MPa</td><td>107.4 %</td><td>108.5 %</td><td>건전부</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="19">철근 배근 탐사 시험</td><td colspan="2" rowspan="2">측정위치</td><td rowspan="2">배근 종류</td><td colspan="2">설 계(㎜)</td><td colspan="2">측 정(㎜)</td><td rowspan="2">비 고</td><td rowspan="19">■ 철근배근 양호한 상태임</td></tr>
<tr><td>간격</td><td>피복두께</td><td>간격</td><td>피복두께</td></tr>
<tr><td rowspan="6">바닥판하면</td><td rowspan="2">S1-우측 캔틸레버</td><td>주철근</td><td>100</td><td>30.5</td><td>101~110</td><td>34~38</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>100</td><td>49.5</td><td>104~110</td><td>49~53</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S2-우측 캔틸레버</td><td>주철근</td><td>100</td><td>30.5</td><td>104~112</td><td>39~43</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>100</td><td>49.5</td><td>108~110</td><td>50~54</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">S3-우측 캔틸레버</td><td>주철근</td><td>100</td><td>30.5</td><td>102~107</td><td>34~41</td><td></td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>100</td><td>49.5</td><td>104~107</td><td>52~54</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">교대</td><td rowspan="2">A1 구체 전면</td><td>수직철근</td><td>250</td><td>89</td><td>250~260</td><td>87~90</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>125</td><td>111</td><td>126~131</td><td>109~111</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">A2 구체 전면</td><td>수직철근</td><td>250</td><td>89</td><td>248~256</td><td>86~91</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>125</td><td>111</td><td>119~126</td><td>108~114</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">교각</td><td rowspan="2">P1 기둥부 배면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>111</td><td>125~130</td><td>112~115</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>300</td><td>89</td><td>300~306</td><td>90~93</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">P2 기둥부 전면</td><td>수직철근</td><td>125</td><td>111</td><td>126~129</td><td>116~120</td><td></td></tr>
<tr><td>수평철근</td><td>300</td><td>89</td><td>296~301</td><td>90~94</td><td></td></tr>
</table>

<표 3.5.14> 재료시험 결과 요약⑤(영천방향)

<table>
<tr><th>종 류</th><th>결 과</th><th>검 토</th></tr>
<tr><td>탄산화 시험</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">측정 위치</th><th>탄산화 깊이 (㎜)</th><th>공용년수를 고려한 탄산화 깊이(㎜)</th><th>측정 피복 두께 (㎜)</th><th>상태 평가</th><th>탄산화 속도계수 (㎜/√년)</th><th>잔존 수명 예측 (년)</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>바닥판 하면</td><td>S1 우측 캔틸레버</td><td>0.8</td><td>2.85</td><td>34</td><td>a</td><td>0.566</td><td>∞</td><td></td></tr>
<tr><td>교대</td><td>A1 구체전면</td><td>0.7</td><td>2.85</td><td>87</td><td>a</td><td>0.495</td><td>∞</td><td></td></tr>
<tr><td>교각</td><td>P1기둥부 (배면)</td><td>0.4</td><td>2.85</td><td>80</td><td>a</td><td>0.283</td><td>∞</td><td></td></tr>
</table>
</td><td>■ 탄산화 진행은 철근 부식에 영향 없음</td></tr>
<tr><td>강재 도막두께 조사</td><td>
<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">측 정 위 치</th><th colspan="5">측 정 값</th><th rowspan="2">평균</th><th rowspan="2">기준치</th></tr>
<tr><th>1회</th><th>2회</th><th>3회</th><th>4회</th><th>5회</th></tr>
<tr><td rowspan="4">G1</td><td rowspan="2">내부</td><td>좌측면</td><td>956</td><td>1024</td><td>1010</td><td>986</td><td>989</td><td>993</td><td rowspan="2">625</td></tr>
<tr><td>바닥면</td><td>1036</td><td>1049</td><td>1026</td><td>1009</td><td>1029</td><td>1,030</td></tr>
<tr><td rowspan="2">외부</td><td>바닥면</td><td>987</td><td>946</td><td>993</td><td>1011</td><td>1023</td><td>992</td><td rowspan="2">625</td></tr>
<tr><td>우측면</td><td>976</td><td>989</td><td>1026</td><td>967</td><td>1003</td><td>992</td></tr>
<tr><td rowspan="4">G2</td><td rowspan="2">내부</td><td>좌측면</td><td>1084</td><td>1064</td><td>1074</td><td>1061</td><td>1054</td><td>1,067</td><td rowspan="2">625</td></tr>
<tr><td>우측면</td><td>979</td><td>1069</td><td>1046</td><td>973</td><td>913</td><td>996</td></tr>
<tr><td rowspan="2">외부</td><td>좌측면</td><td>1013</td><td>1064</td><td>1082</td><td>1048</td><td>1034</td><td>1,048</td><td rowspan="2">625</td></tr>
<tr><td>바닥면</td><td>1041</td><td>1046</td><td>1032</td><td>1049</td><td>997</td><td>1,033</td></tr>
</table>
</td><td>■ 피복상태 양호한 상태임</td></tr>
</table>

3.6 시설물의 상태평가

3.6.1 개 요

상태평가 등급산정은 한국시설안전공단에서 제공하는 교량상태평가 프로그램(Bridge Level2)을 이용하여 산정하였으며 결과는 다음과 같다.

3.6.2 상태평가 결과

<표 3.6.1> 상태평가 결과(상주방향)

부재의 분류	상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
STB[1]	a	a	a	x	a	a	a	a	a	Q	a	a
STB[2]	a	a	a	x	a	a	X	a	a	Q	a	a
STB[3]	a	a	a	x	a	a	X	a	a	Q	a	a
STB[4]	X	X	X	X	X	X	a	a	c	Q	X	a
평균	0.100	0.100	0.100	N/A	0.100	0.100	0.100	0.100	0.175	N/A	0.100	0.100
가중치	25	20	5	N/A	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X 가중치)/ 가중치합	0.025	0.020	0.005	N/A	0.003	0.002	0.009	0.009	0.035	N/A	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =												0.115
2. 상태평가 결과 =												a

<표 3.6.2> 상태평가 결과(영천방향)

부재의 분류	상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
STB[1]	a	a	a	x	a	a	a	a	a	Q	a	a
STB[2]	a	a	a	x	a	a	X	a	a	Q	a	a
STB[3]	a	a	a	x	a	a	X	a	a	Q	a	a
STB[4]	X	X	X	X	X	X	a	a	c	Q	X	a
평균	0.100	0.100	0.100	N/A	0.100	0.100	0.100	0.100	0.175	N/A	0.100	0.100
가중치	25	20	5	N/A	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X 가중치)/ 가중치합	0.025	0.020	0.005	N/A	0.003	0.002	0.009	0.009	0.035	N/A	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =												0.115
2. 상태평가 결과 =												a

<표 3.6.3> 전체 상태평가 결과

구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (M)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도 점수 X 연장비
상주방향	0.115	a	133.0	2	266	0.5	0.0575
영천방향	0.115	a	133.0	2	266	0.5	0.0575
합계(∑)			266		532	1	0.115
1. 결함지수 =							0.115
2. 상태평가 결과 =							A 등급

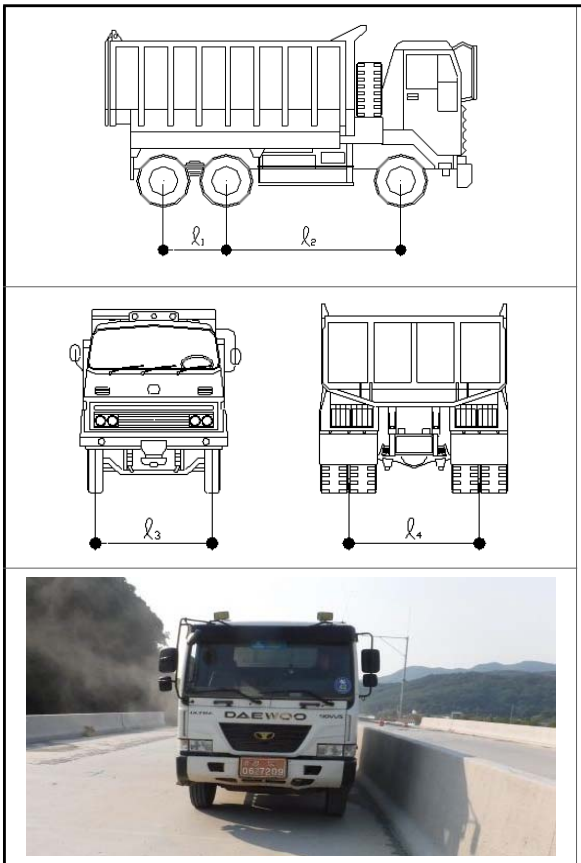
본 교량의 상태등급평가는「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 한국시설 안전공단, 2010.12)」에 의거 각 부재에 대해 각각 실시하였으며, 육안조사에 의한 외관조사 항목과 내구성 요소인 탄산화 측정치 항목을 포함하여 상태평가를 실시하였다. 이에 따른 상태평가 산정결과 결함지수는 0.115로서 상태평가 등급은 “A” 등급(0 < x < 0.13)의 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다.

3.7 재하시험

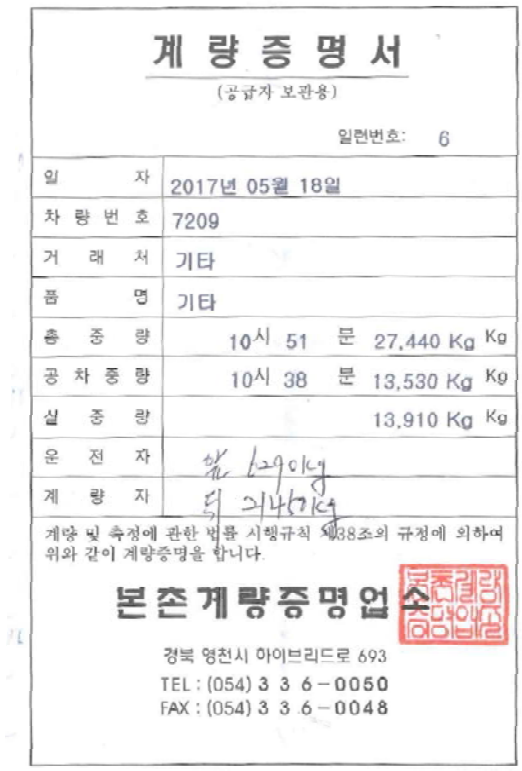
3.7.1 재하차량 및 시험구간 선정

가. 재하차량

현 초기점검에서 재하시험 시행시에는 15t 덤프트럭을 이용하여 교량의 허용하중 60%이상 토사를 상재시켜 재하시험을 하는 것으로 규정하고 있으므로 이에 따라 재하시험을 실시하였다. 또한 만재된 상태의 각 차륜하중을 계량소에서 측정 기록하였으며, 사용된 트럭의 제원 및 차륜하중은 다음과 같다.



재하차량(ID 7209)



계 량 증 명 서

(공급자 보관용)

일련번호: 6

일 자	2017년 05월 18일
차 량 번 호	7209
거 래 처	기타
품 명	기타
총 중 량	10시 51 분 27,440 Kg Kg
공 차 중 량	10시 38 분 13,530 Kg Kg
실 중 량	13,910 Kg Kg
운 전 자	앞 12,910kg
계 량 자	뒤 14,530kg

계량 및 측정에 관한 법률 시행규칙 제38조의 규정에 의하여 위와 같이 계량증명을 합니다.

본존계량증명업소

경북 영천시 하이브리드로 693
TEL : (054) 336-0050
FAX : (054) 336-0048

계량증명서(ID 7209)

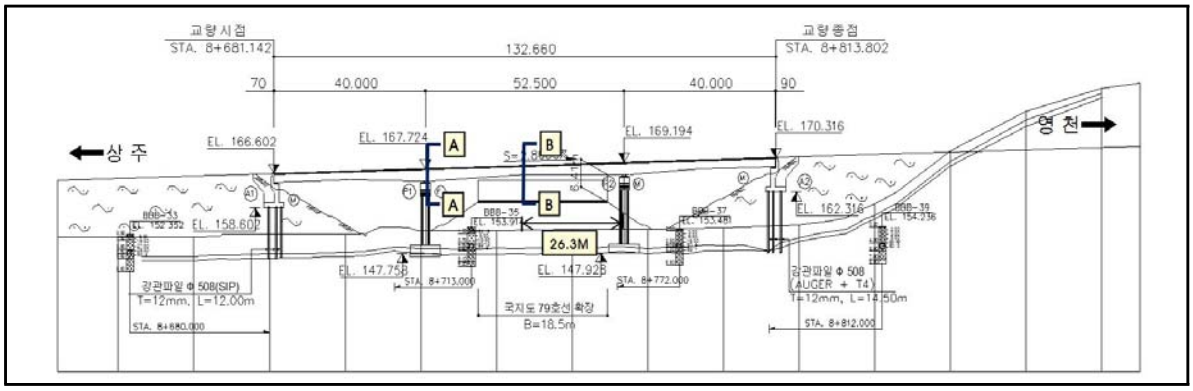
구 분 (차량번호)	차량제원				차 륜 별 축 중 (kN)			
	ℓ1(m)	ℓ2(m)	ℓ3(m)	ℓ4(m)	전 륜	중 륜	후 륜	총중량
재하차량	1.3	3.3	2.07	1.85	62.90	105.75	105.75	274.40

나. 시험구간 선정

본 가호교의 상주방향에 재하시험을 실시하였으며, 교량형식은 강합성 PUS GIRDER교로서 시험경간 선정은 대상교량의 구조적 특성 및 차량통제 등을 고려하여 구조적으로 불리하고 Gauge 부착 및 측정장비의 설치, 시험차량의 가속거리 등의 현장여건을 종합적으로 고려하여 다음과 같이 선정하였다.

<표 3.7.1> 시험구간의 선정사유

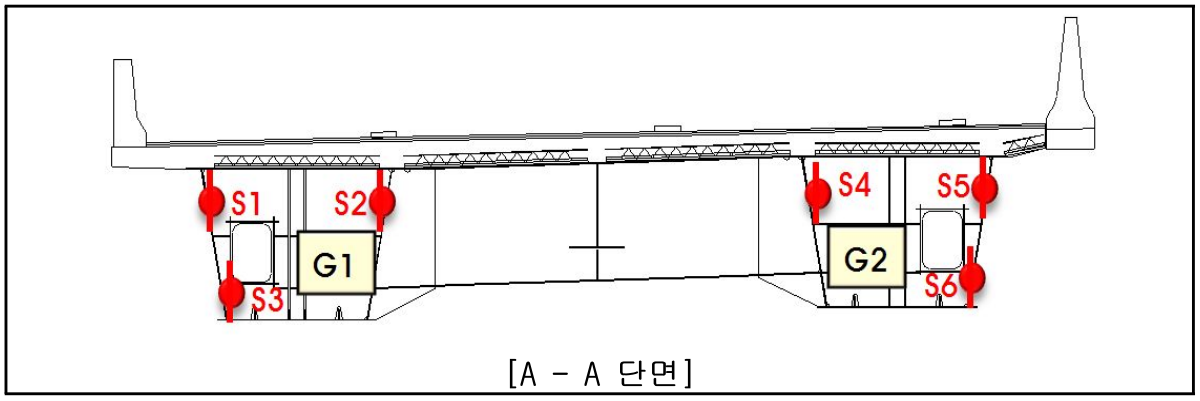
시험경간/지점	지간장(L)	선 정 사 유	비 고
S2 (지점부) S2 (1/2L부)	52.5m	2경간 최대 부모멘트 작용구간 2경간 최대 정모멘트 작용구간	



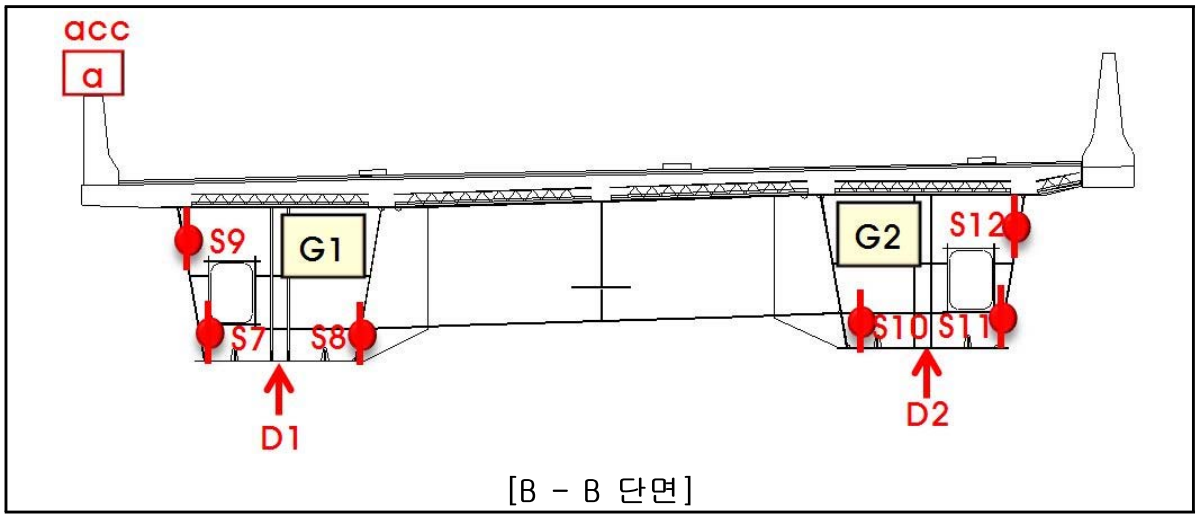
<그림 3.7.1> 종단면도 및 시험구간

다. 센서 설치위치 및 수량

본 교량에서는 최대단면력 발생단면을 측정단면으로 선정하고 처짐계, 변형율계 및 진동가속도계를 <그림 3.7.2>, <그림 3.7.3>, <표 3.7.2>와 같이 설치하였다.



<그림 3.7.2> 게이지 부착위치(A-A 단면)



<그림 3.7.3> 게이지 부착위치(B-B 단면)

<표 3.7.2> 각 단면별 게이지 부착현황

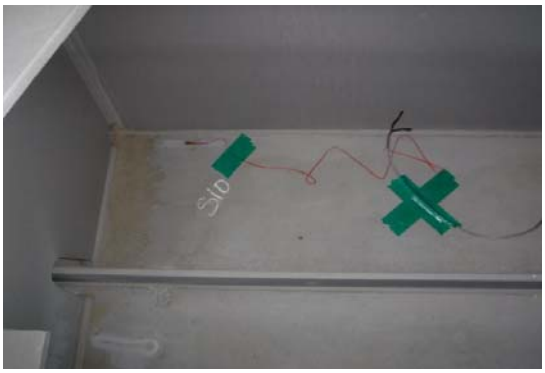
기 호	게이지 종류	용 도	비 고
⊕	Steel Strain Gauge	변형률 측정	휨
▲	처짐계(Displacement)	변위측정	처짐
@	가속도계(Accelerometer)	가속도 측정	고유진동수

부착경간	구 분		부착위치	측정내용
S2 지점부 (A-A 단면)	변형율계	S1	G1 상면	최대변형률
		S2	G1 상면	최대변형률
		S3	G1 하면	최대변형률
		S4	G2 상면	최대변형률
		S5	G2 상면	최대변형률
		S6	G2 하면	최대변형률
S2 1/2L지점 (B-B 단면)	변위계	D1	G1 하면	최대변위
		D2	G2 하면	최대변위
	변형율계	S7	G1 하면	최대변형률
		S8	G1 하면	최대변형률
		S9	G1 상면	최대변형률
		S10	G2 하면	최대변형률
		S11	G2 하면	최대변형률
		S12	G2 상면	최대변형률
	가속도계	acc	좌측 방호벽 상부	진동가속도

관련사진

처짐계 설치 현황

변형률계 설치 현황(1)



변형률계 설치 현황(2)

가속도계 설치현황

정적재하시험 위치표기

정적재하시험

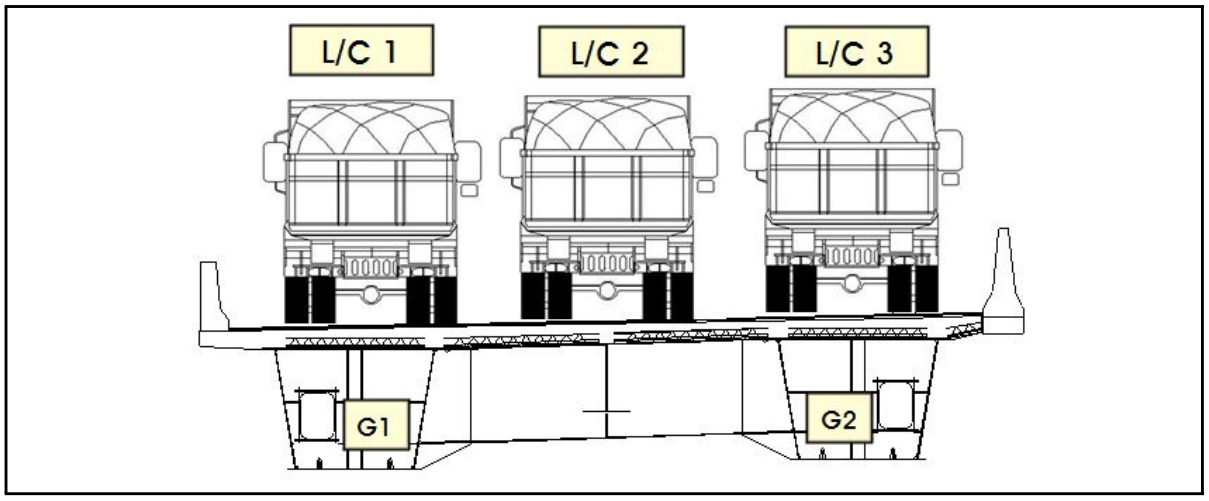
동적재하시험

데이터 수집 현황

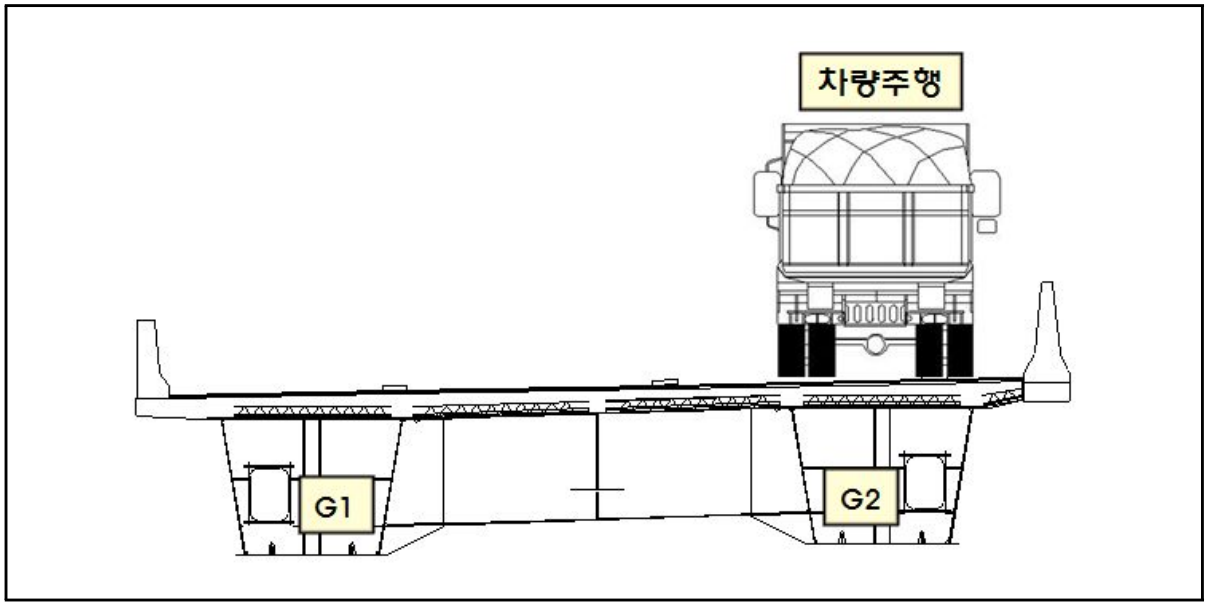
3.7.2 재하시험 결과

가. Load Case별 재하위치

정적 재하시험의 경우 약 27톤의 재하차량을 이용하여 L.C 1 ~ L.C 3까지 대상교량의 각 측점에 대한 최대응답을 얻고 대칭성을 가지도록 상주(A1)에서 영천(A2)방향으로 진행하며 시험차량을 재하하였다.



동적 재하시험의 경우 정적 재하시험과 동일한 차량을 이용하여 시속 10km/hr부터 시작하여 현장의 여건을 고려하여 시험차량의 최대속도까지 주행하도록 하여 동적시험을 실시하였으며, 주행방향은 상주(A1)에서 영천(A2)방향으로 진행하며 시험차량을 주행하였다.

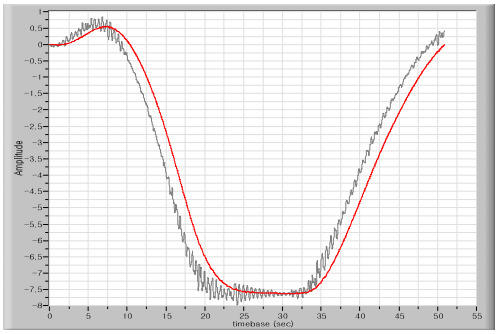
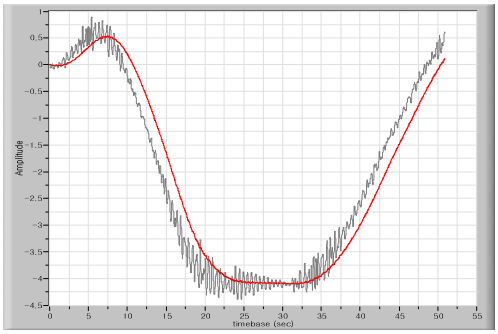
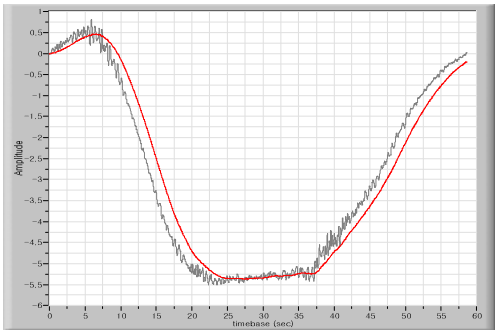
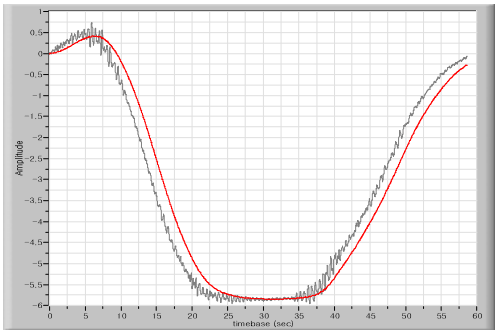
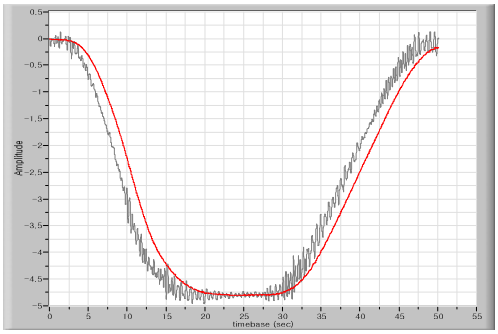
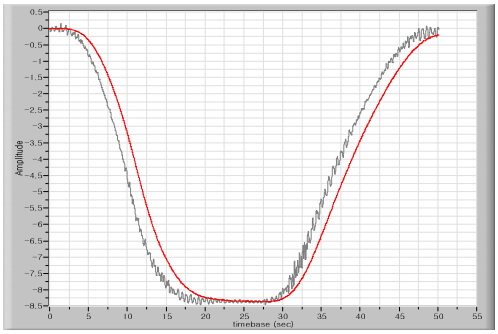


나. 정적 재하시험 결과

1) 처짐 측정결과

시험경간인 S2 중앙부에 대한 처짐 측정결과, 하향처짐이 최소 -4.299mm, 최대 -8.362mm로 측정되었으며, 각 위치별 측정결과는 다음과 같다.

<표 3.7.3> 정적처짐(㎜) 측정결과

구 분	G1	G2
	DT1	DT2
L/C1	-7.833mm	-4.299mm
		
L/C2	-5.370mm	-5.847mm
		
L/C3	-4.805mm	-8.362mm
		

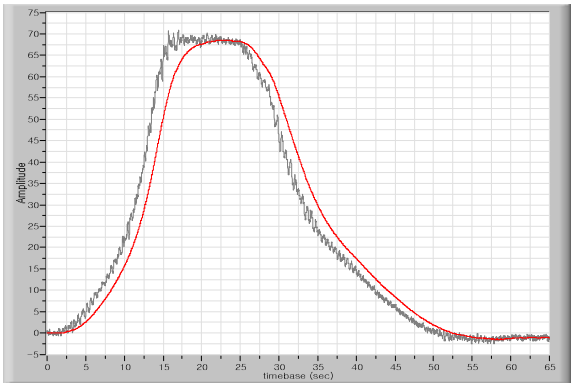
2) 변형률 측정결과

시험경간인 S2에 대한 변형률 측정결과, 지점부 최대 -3.631μm/m, 최소 +3.082μm/m로 측정되었으며, 중앙부는 최대 +68.543μm/m, 최소 -8.150μm/m로 측정되었다. 각 위치별 측정결과는 다음과 같다.

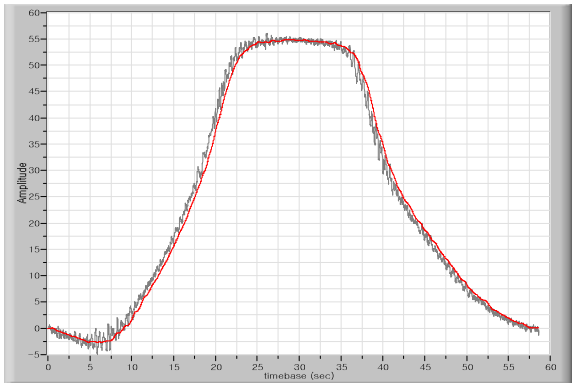
<표 3.7.4> 변형율(μm/m) 측정결과

구 분		ST1(G1)	ST2(G1)	ST3(G1)	ST4(G2)	ST5(G2)	ST5(G2)
S2 지점부	L.C 1	0.814	1.408	-3.631	1.216	0.888	-0.985
	L.C 2	0.874	2.108	-3.562	2.764	2.442	-1.614
	L.C 3	-0.669	0.772	-2.426	1.654	3.082	-2.347

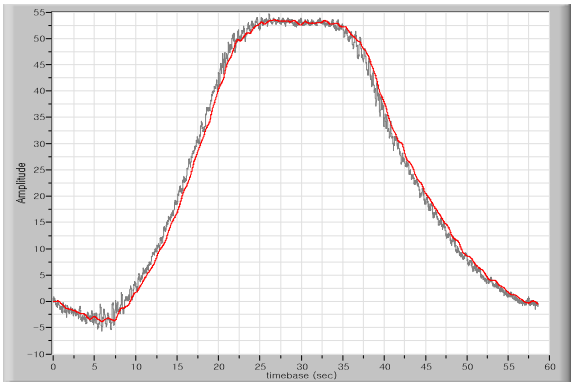
구 분		ST7(G1)	ST8(G1)	ST9(G1)	ST10(G2)	ST11(G2)	ST12(G2)
S2 중앙부	L.C 1	68.543	75.737	-2.688	28.961	35.405	-6.693
	L.C 2	54.665	53.088	-5.699	43.019	47.709	-7.112
	L.C 3	37.299	29.487	-2.355	63.381	62.026	-8.150



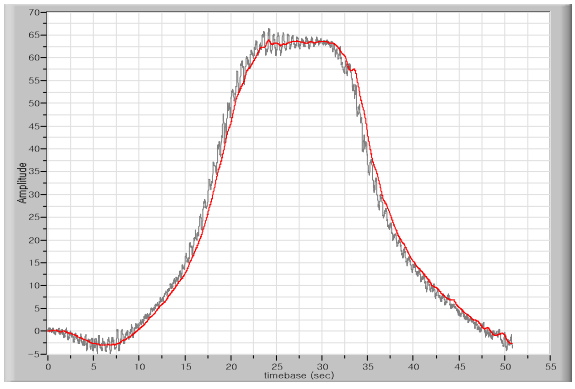
L/C1 St7



L/C2 St8



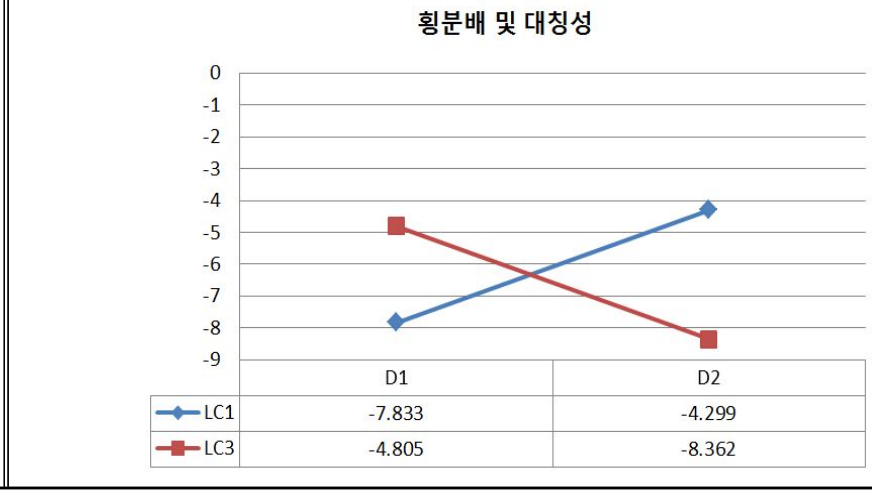
L/C2 St8



L/C3 St10

3) 대칭성 분석

대칭성이란 대칭구조의 교량부재에 하중을 재하하면 측정 결과는 대칭성을 보여주게 된다는 것이다. 즉, 현장에서 측정된 데이터를 이용하여 현 상태의 교량이 시공시 설계도면에 따라 시공이 되었는지의 검증유무 및 현 상태의 거동특성을 데이터의 대칭성의 분석을 통하여 판단할 수가 있다. 분석결과 전반적으로 양호한 거동을 하는 것으로 판단되며 서로 대칭인 재하경우에 대한 비교를 통하여 계측결과의 신빙성을 확인할 수 있었다.

L.C 1 vs L.C 3	

<그림 3.7.4> 처짐 대칭성 분석(단위:㎜)

다. 동적 재하시험 결과

1) 재하차량 주행 방향 및 속도

동적 재하시험시 재하차량의 주행 방향은 상주방향(A1)→영천방향(A2) 방향으로 주행토록 하였으며, 10km/hr에서 부터 주행 가능한 최대속도(46km/hr)까지 측정하였다.

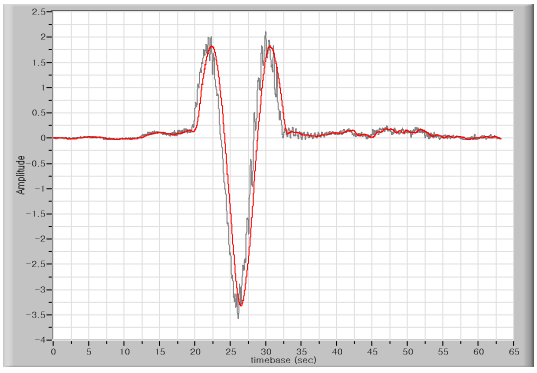
2) 충격계수 산정결과 및 분석

<표 3.7.5> 동적 재하시험 주행속도별 처짐 및 충격계수 측정결과(㎜)

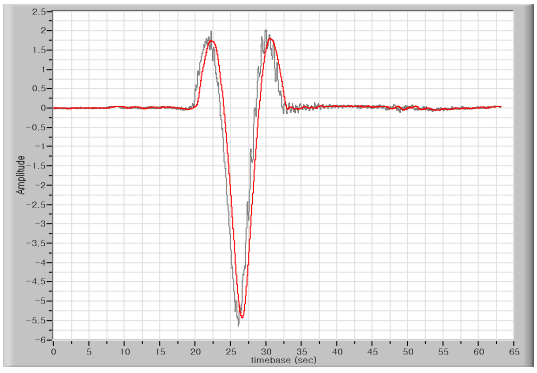
구 분	10km/hr	20km/hr	30km/hr	40km/hr	46km/hr
DT1	-3.878	-3.809	-3.508	-3.322	-3.615
DT2	-5.244	-5.283	-5.548	-5.436	-5.562

구 분		10km/hr	20km/hr	30km/hr	40km/hr	46km/hr
DT1	D_{dyn}	2.001	2.131	2.110	2.100	2.06
	D_{sta}	1.776	1.858	1.854	1.824	1.814
	$D.L.F$	1.127	1.147	1.138	1.151	1.136
	i	0.127	0.147	0.138	0.151	0.136
DT2	D_{dyn}	2.006	2.100	2.120	2.030	2.06
	D_{sta}	1.775	1.827	1.843	1.808	1.857
	$D.L.F$	1.130	1.149	1.150	1.123	1.109
	i	0.130	0.149	0.150	0.123	0.109

최대충격계수 분석그래프(40km/kr주행 시)



DT1



DT2

최대 충격계수 산정 결과	◦주행시험에 의한 실측 최대 충격계수는 최대속도인 40km/hr 주행시 DT1에서 0.151으로 측정됨

교량의 노면상태 및 차량의 주행속도, 지간장, 고정하중과 활하중의 비, 구조적 특성 등 다양한 인자들에 의하여 정적하중보다 교량에 더 큰 영향을 줄 수 있는 활하중에 의한 충격영향 정도를 파악하기 위해 동적주행시험 시 측정된 처짐값을 이용하여 충격계수를 구하였다. 처짐값의 측정치가 작을 때는 노이즈의 영향이 크므로 차량 주행위치에 인접해 있는 처짐게이지를 사용해 충격계수를 산정하였으며, 실측 최대충격계수는 이론 충격계수 산정값 이내로 확인되었다.

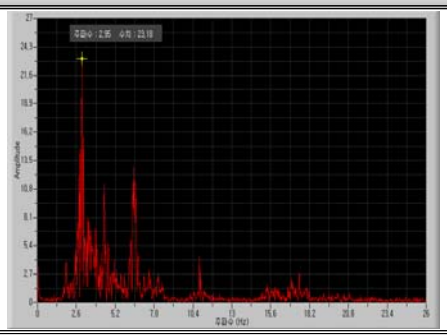
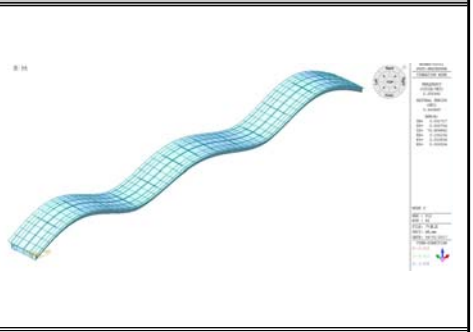
<표 3.7.6> 이론 충격계수(i)와의 비교

이론 충격계수 산정값	실측 충격계수 산정값	비 고
$i = \frac{15}{40 + L} = \frac{15}{40 + 52.5} = 0.162$	0.151	$i_{이론} > i_{실측}$ (0.162>0.151)

3) 고유진동수 분석

진동데이터의 스팩트럼 해석이란 불규칙한 진동파형을 Fourier 변환하여 시간영역의 데이터를 진동수 영역의 데이터로 바꾸고, 진동파형에 포함되어있는 진동수 성분의 강도(F.F.T)를 구하는 것을 말한다. 교량에 설치한 가속도계로부터 재하차량이 측정경간을 벗어나 영향을 주지않는 자유진동상태의 가속도 응답곡선을 F.F.T분석을 실시한 후 고유진동수를 구하였다. 구조물의 진동특성은 구조물의 질량과 강성에 관계되나 해석시 이상화된 해석모델과 달리 실제 구조물은 기하학적 형상이나 지지조건 및 부부재 등에 따라 매우 복잡한 진동을 하게 된다. 측정고유진동수 및 해석고유진동수를 비교한 결과 실측치가 이론치를 상회하여 본 교량은 강성이 충분히 확보되고 있는 것으로 판단된다.

<표 3.7.7> 고유진동수 해석치와 실측치 비교

측정 고유진동수(Hz)			해석 고유진동수(Hz)
10km/hr	2.95		
20km/hr	2.95		
30km/hr	2.95		
40km/hr	2.95		
46km/hr	2.95		
2.950 Hz			2.252 Hz

3.7.3 재하시험 결과고찰

가호교는 상주방향에 재하시험을 실시하였으며, 교량형식은 강합성 PUS GIRDER교로서 시험경간 선정은 대상교량의 구조적 특성 및 차량통제 등을 고려하여 구조적으로 불리하고 Gauge 부착 및 측정장비의 설치, 시험차량의 가속거리 등의 현장여건을 종합적으로 고려하여 S2구간을 선정하였다.

정적재하시험 결과, S2 중앙부에 처짐값은 하향처짐이 최소 -4.299mm, 최대 -8.362mm로 측정되었다. 또한, 변형률 측정결과, 지점부 최대 -3.631μm/m, 최소 +3.082μm/m로 측정되었으며, 중앙부는 최대 +68.543μm/m, 최소 -8.150μm/m로 측정되었다.

대칭성분석결과 전반적으로 양호한 거동을 하는 것으로 판단되며 서로 대칭인 재하경우에 대한 비교를 통하여 계측결과의 신빙성을 확인할 수 있었다.

동적 재하시험시 재하차량의 주행 방향은 상주방향(A1)→영천방향(A2)방향으로 주행토록 하였으며, 10km/hr에서 부터 주행 가능한 최대속도(46km/hr)까지 측정하였다. 동적재하시험 결과, 실측 최대충격계수는 이론 충격계수 산정값 이내로 확인되었으며, 측정고유진동수 및 해석고유진동수를 비교한 결과, 실측치가 이론치를 상회하여 본 교량은 강성이 충분히 확보되고 있는 것으로 판단된다.

3.8 구조해석 및 내하력 평가

3.8.1 상주방향

가. 개 요

1) 검토조건

① 교량형식 : U형 강합성교

② 교량등급 : 도로교 1등급

③ 교량연장 : 40.070 + 52.5 + 40.090 = 132.660 m

④ 교량폭원 : B = 11.825 m

⑤ 설계하중 : DB-24, DL-24

⑥ 곡률반경 : R = 3605 m

2) 바닥판

① 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 27 MPa
탄성계수 Ec = 27,804 MPa

② 철 근 : 항복강도 fy = 400 MPa
탄성계수 Ec = 200,000 MPa

3) 강판주형

① 콘 크 리 트 : 설계기준강도 fck = 40 MPa
탄성계수 Ec = 30,890 MPa

② 철 근 : 항복강도 fy = 400 MPa
탄성계수 Ec = 200,000 MPa

③ 강 재 : 주부재 SM490B , 부부재 400B
탄성계수 Ec = 205,000 MPa

4) 검토방법

① 바닥판 : 강도 설계법

② 강 재 : 허용응력 설계법

5) 참고문헌

① 도로교 설계기준(2010)

② 도로교 설계기준 해설(2008)

③ 콘크리트 구조 설계기준해설(2007)

④ 도로설계 편람(2008)

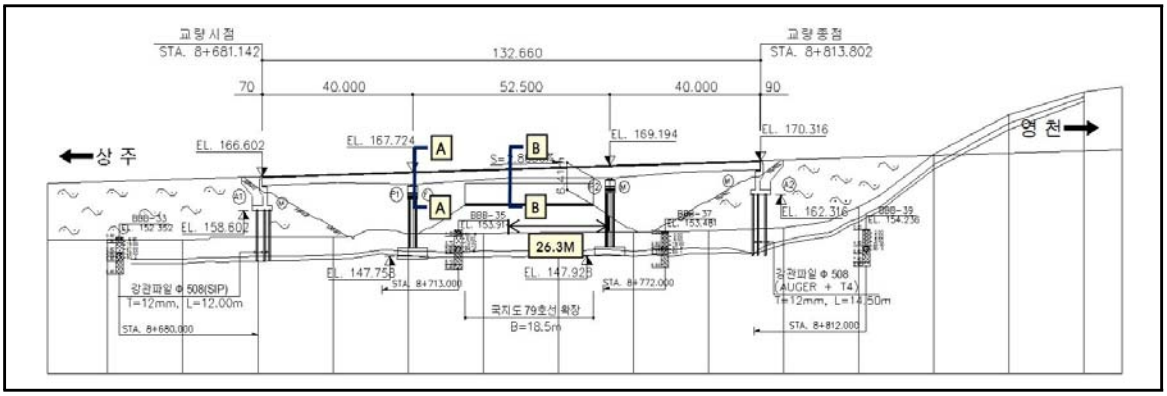
⑤ 도로설계 요령(2009)

⑥ 강도로교 상세부 설계지침(2006)

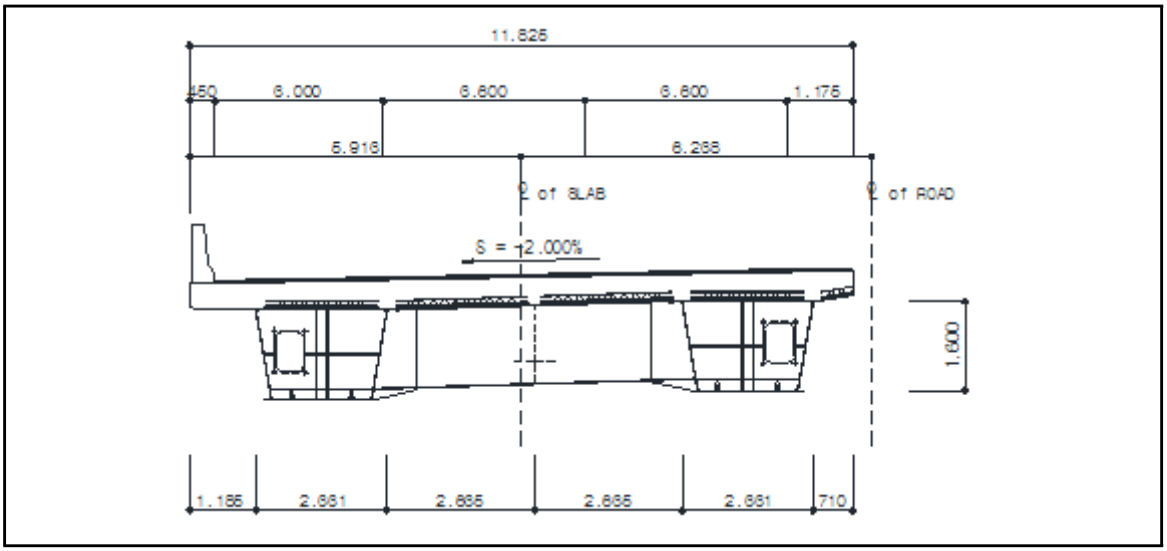
나. 구조해석

1) 검토단면

① 종단면도



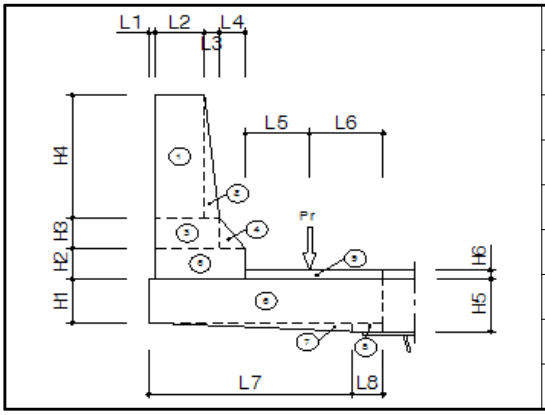
② 횡단면도



2) 바닥판 검토

① 캔틸레버부(방호벽측)

㉠ 고정하중



H1	0.240 m	L1	0.030 m
H2	0.175 m	L2	0.230 m
H3	0.175 m	L3	0.070 m
H4	0.700 m	L4	0.120 m
H5	0.285 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.300 m
H7	0.000 m	L7	0.900 m
R	3,605 m	L8	0.150 m
V	100 km/h	L9	0.000 m

No	작 용 하 중 (kN)		거리(m)	모멘트(kN·m)
1	0.230 x 0.700 x 25	4.025	0.905	3.643
2	1/2 x 0.070 x 0.700 x 25	0.613	0.767	0.470
3	0.300 x 0.175 x 25	1.313	0.870	1.142
4	1/2 x 0.120 x 0.175 x 25	0.263	0.680	0.179
5	0.420 x 0.175 x 25	1.838	0.810	1.488
6	1.050 x 0.240 x 25	6.300	0.525	3.308
7	1/2 x 0.900 x 0.045 x 25	0.506	0.450	0.228
8	0.150 x 0.045 x 25	0.169	0.075	0.013
9	0.600 x 0.050 x 23.5	0.705	0.300	0.212
Total		15.730		10.680

∴ M_d=10.680 kN·m

㉡ 활하중(DB-24 : Pr = 96 kN)

- 윤하중 분포폭

E = 0.8 · X + 1.14 = 0.8 x 0.300 + 1.14 = 1.380 m 여기서, X = 0.300 m

- 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.300) = 0.372 > 0.3 ∴ i = 0.3

M1+i = Pr / E · X · (1+i) = (96 / 1.380) x 0.300 x (1 + 0.30) = 27.13 kN·m/m

㉢ 차량 충돌 하중

- H = 1.193 m

- Mco = 23.333 x 1.193 m = 27.825 kN · m/m

㉣ 풍하중

Pw = 13.195 kN/m

Mw = 9.138 kN/m

㉤ 작용 모멘트

구 분	고정하중 (MD)	활하중 (ML+i)	군중하중 (ML+i)	충돌하중 (MCO)	난간충돌하중 (MCO)	풍하중 (MW)	원심하중 (MCF)
모 멘 트	10.680	27.130	0.000	27.825	0.000	9.138	0.000

㉥ 하중조합(MAX)

Mu = 1.3 Md + 1.3 M1+i + 1.3 Mco + 1.3 Mcf

= 1.3 x 10.680 + 1.3 x 27.13 + 1.3 x 27.825 + 1.3 x 9.138

= 85.327 kN·m/m

㉦ 바닥판의 최소두께(X > 0.25인 경우)

hmin = (80 x L + 230) = 254 mm > 220 m => 25.4 cm 사용

㉧ 단면검토

- fck = 27.0 MPa
- fy = 400.0 MPa
- 부재폭 : b = 1000.0 mm
- 부재높이 : h = 285.0 mm
- 유효높이 : d = 225.0 mm
- 인장피복두께 : d' = 60.0 mm
- Φ = 0.85
- Mu = 85.3 kN·m
- 사용철근량 : As = 1168.241 mm^2

∴ ΦMn = Φfy x As x (d-a/2) = 116.59 kN·m > Mu = 85.327 kN·m ---O.K

② 중앙부(경험적 설계법)

㉠ 설계조건

- 지지부재 : 강재주거더
- 콘크리트가 현장타설되고 습윤양생되어야 함
- 거더 플랜지부의 헌치와 같이 국부적으로 두껍게 한 곳을 제외한 상태에서 전체적으로 바닥판의 두께가 일정해야함
- 바닥판의 두께에 대한 유효지간의 비가 6이상 15이하인 경우

6 ≤ 2412.5 mm / 261.0 mm = 9.24 ≤ 15

- 바닥판의 상부와 하부에 배근된 철근의 외측면 사이의 두께가 150mm 이상인 경우

8.0 mm + 161.0 mm + 6.4 mm = 175.30 ≥ 150.0 --------0.K

- 유효 지간이 표준차선폭 3.6m 이하인 경우

2.413 m ≤ 3.600 m --------0.K

- 바닥판의 흠집, 마모면, 그리고 보호피복 두께층을 제외한 바닥판의 최소두께가 240mm 이상인 경우

261.0 mm ≥ 240.0 --------0.K

- 캔틸레버부의 길이가 내측 바닥판 두께의 5배 이상이거나 캔틸레버부의 길이가 내측 바닥판 두께에 3배 이상이고 연속인 콘크리트 방호책과 구조적으로 합성이 된 경우

좌측 캔틸레버(방호책있음) : 1.050 m ≥ 0.261 m x 3 = 0.7833 ----0.K

- 콘크리트의 28일 압축강도가 27MPa 이상인 경우

27.0 MPa ≥ 27.0 MPa -----0.K

- 철근 콘크리트 바닥판은 바닥판을 지지하는 구조부재들과 완전합성거동을 하여야함

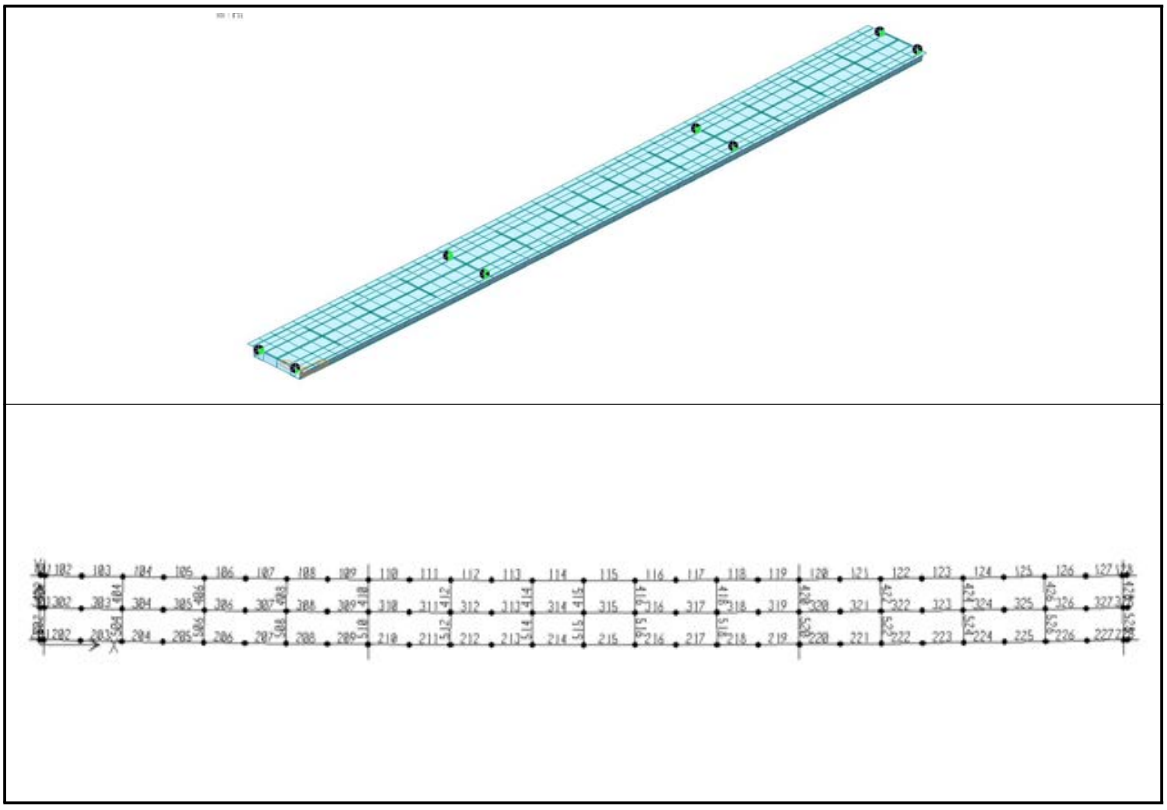
㉡ 철근 배근량

위 치			산 정 식			검 토
주철근	하면철근	필요철근량	261,000.0 ×0.4% =	1,044.0	mm^2	0.K
		현장배근철근	H13@400.0 =	316.8	mm^2	
		DECK철근	H13@150.0 =	844.7	mm^2	
	상면철근	필요철근량	261,000.0 ×0.3% =	783.0	mm	0.K
		1 Cycle	H16@400.0 =	496.5	mm^2	
		2 Cycle	H16@400.0 =	496.5	mm^2	
배력철근	하면철근	필요철근량	261,000.0 ×0.3% =	783.0	mm^2	0.K
		사용철근량	H16@230.0 =	863.5	mm^2	
	상면철근	필요철근량	261,000.0 ×0.3% =	783.0	mm^2	0.K
		사용철근량	H16@230.0 =	863.5	mm^2	

3) 주형 검토

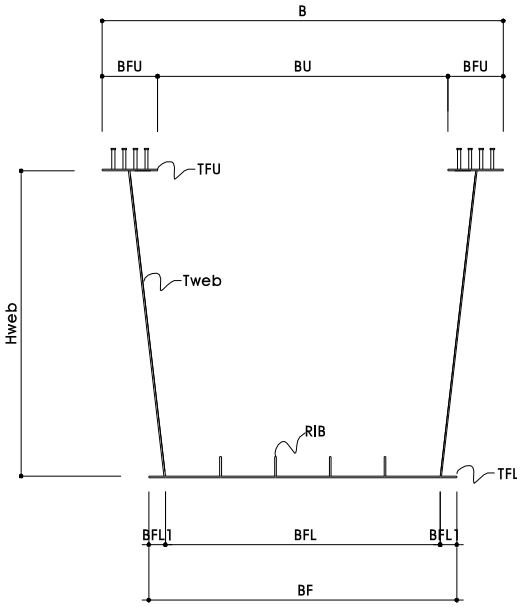
① 검토단면

본 검토 대상구조물인 가호교(상주방향)는 U형 강합성교로서, 2개의 거더로 구성되어 있고, 실시설계 시 검토한 구조계산서에 근거하여 단면력 산출 및 응력검토 결과를 반영하였다.



③ 최대 정모멘트부 응력검토(2경간)

㉠ GIRDER 중앙부 단면제원 및 특성



※거더단면제원

BFU : CAISSON PLATE 폭
TFU : CAISSON PLATE 두께
BFL : 하연 플랜지의 폭
TFL : 바닥판 플랜지의 두께
Hweb : 웹의 수직높이
Tweb : 웹의 두께
BFL1 : 바닥판 켄틸레버폭
Hrib : 바닥판 리브 높이/두께
Nrib : 바닥판 리브의 수
BS1 : 슬래브 왼쪽 길이
BS2 : 슬래브 중앙부 길이
BS3 : 슬래브 오른쪽 길이
TS : 슬래브 두께
Bhun1 : 헌치 폭
Bhun2 : SLOP 헌치 폭
Thun : 헌치두께
Tbot : 바닥판 콘크리트의 두께
Teq : 연결앵글

SEC.	BFU	TFU	BFL	TFL	Hweb	Tweb	BFL1	Hrib	Trib	Nrib
1	400	14	1777	10	1800	10	120	130	12	4
2	400	14	1777	10	1800	10	120	130	12	4
3	400	14	1777	14	1800	10	120	130	12	4
4	400	24	1739	12	1910	10	120	130	12	4
5	870	24	1625	12	2239	10	120	130	12	4
6	2800	24	1500	14	2600	12	120	130	12	4
7	400	14	1777	10	1800	10	120	130	12	4
8	400	14	1777	10	1800	10	120	130	12	4
9	400	14	1777	10	1800	10	120	130	12	4
10	400	14	1777	12	1800	10	120	130	12	4
11	400	20	1739	12	1910	10	120	130	12	4
12	870	20	1625	12	2239	10	120	130	12	4
13	2800	20	1500	14	2600	12	120	130	12	4
14	400	14	1777	10	1800	10	120	130	12	4

SEC.	Teq	BS1	BS2	BS3	TS	Bhun1	Bhun2	Thun	Tbot	θ (WebSlop)
1	0.7	1150	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9724
2	0.7	1150	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9724
3	0.7	1150	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9724
4	0.7	1150	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9732
5	0.7	1150	2400	2600	240	600	50	50	250	0.9752
6	0.7	1150	2400	2600	240	2900	50	50	500	0.9768
7	0.7	1150	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9724
8	0.7	675	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9724
9	0.7	675	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9724
10	0.7	675	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9724
11	0.7	675	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9732
12	0.7	675	2400	2600	240	600	50	50	250	0.9752
13	0.7	675	2400	2600	240	2900	50	50	500	0.9768
14	0.7	675	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9724

㉡ 부재력 집계

DEAD 1 : STEEL LOAD
DEAD 2 : BOTTOM CONCRETE LOAD
DEAD 3 : DECK & HUNCH CONCRETE LOAD
DEAD 4 : PAVEMENT & E.T.C LOAD
LIVE 1 : MAXIMUM LIVE LOAD
LIVE 2 : MINIMUM LIVE LOAD
SETTLE : SUPPORT SETTLEMENT (0.01 M) AFTER LONG PRIOD
CASE1: DEAD1+DEAD2+DEAD3+DEAD4+LIVE1+SETTLE
CASE2: DEAD1+DEAD2+DEAD3+DEAD4+LIVE2+SETTLE

- 모멘트

MEMBER	NODE	DEAD 1	DEAD 2	DEAD 3	DEAD 4	LIVE 1	LIVE 2	SETTLE	COMBINATION	
									CASE1	CASE2
115	115	716.94	42.17	2780.53	496.31	4582.82	-1743.76	0.03	8618.80	2292.22
	116	516.10	42.12	1848.47	365.76	4223.90	-1907.69	269.09	7265.44	1133.85
215	215	732.87	42.78	2671.84	13.76	4552.77	-1714.63	0.02	8014.04	1746.64
	216	533.33	42.82	1804.54	-5.44	4202.97	-1895.84	262.70	6840.92	742.11

- 전단력

MEMBER	NODE	DEAD 1	DEAD 2	DEAD 3	DEAD 4	LIVE 1	LIVE 2	SETTLE	COMBINATION	
									CASE1	CASE2
115	115	-6.83	-0.01	-23.19	3.20	321.12	-352.71	43.17	337.46	-336.37
	116	-57.62	-0.01	-275.91	-45.10	259.18	-420.22	43.17	-76.29	-755.69
215	215	-6.50	0.01	-22.20	-3.08	342.05	-263.70	42.06	352.34	-253.41
	216	-57.39	0.01	-255.53	-3.08	283.09	-388.11	42.06	9.16	-662.04

- 축력

MEMBER	NODE	DEAD 1	DEAD 2	DEAD 3	DEAD 4	LIVE 1	LIVE 2	SETTLE	COMBINATION	
									CASE1	CASE2
115	115	0.06	-0.08	16.40	-18.48	254.28	-265.93	-0.64	251.54	-268.67
	116	0.06	-0.08	26.75	84.42	254.28	-297.20	-0.64	364.79	-186.69
215	215	-2.60	-0.05	-24.97	41.89	263.02	-253.59	-0.22	277.07	-239.54
	216	-2.60	-0.05	-3.61	41.89	298.88	-253.59	-0.22	334.29	-218.18

㉡ 단계별 응력검토

시공단계별 하중조건에 대한 발생응력을 집계한 결과, 최대 정모멘트 구간은 휨 응력에 대한 안전율을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

[STEEL]
Np : PRE-STREESS AXIAL FORCE (kN)
Mp1 : PRE-STREESS PRIMARY MOMENT (kN.M)
Mp2 : PRE-STREESS RESTRAINED MOMENT (kN.M)
fsu : STRESS OF STEEL TOP FIBER (MPa)
fsl : STRESS OF STEEL BOTTOM FIBER (MPa)
Taw : SHEAR STRESS OF STEEL WEB (MPa)
fsa : BOTTOM FLANGE ALLOWABLE COMPRESSIVE STRESS (MPa)
fsat : BOTTOM FLANGE ALLOWABLE TENSILE STRESS (MPa)
(fsau): TOP FLANGE ALLOWABLE COMPRESSIVE STRESS (MPa)
(fsatu): TOP FLANGE ALLOWABLE TENSILE STRESS (MPa)
Tawa : ALLOWABLE SHEAR STRESS (MPa)

[CONCRETE]
fcu : STRESS OF DECK SLAB TOP FIBER (MPa)
fch : STRESS OF CAISSON TOP FIBER (MPa)
fcl : STRESS OF BOTTOM SLAB BOTTOM FIBER (MPa)
fcua: ALLOWABLE COMPRESSIVE STRESS (MPa)
fcha: ALLOWABLE COMPRESSIVE STRESS (MPa)
fcla: ALLOWABLE COMPRESSIVE STRESS (MPa)
fclta: ALLOWABLE TENSILE STRESS (MPa)
fsra : ALLOWABLE REINFORCEMENT STRESS (MPa)
fsht : STRESS OF CAISSON REINFORCEMENT (MPa)
fslt : STRESS OF BOTTOM SLAB REINFORCEMENT (MPa)

- 강재

하중재하	NODE	Np	Mp1	Mp2	fsu	fsl	Taw	fsa (fsau)	fsat (fsatu)	Tawa
자중	115	0.00	0.00	0.00	20.87	-13.94	-0.19	181.24	237.50	137.50
								185.56	-237.50	OK
	215	0.00	0.00	0.00	21.33	-14.25	-0.21	181.24	237.50	137.50
								185.56	-237.50	OK
거더내 콘크리트	115	0.00	0.00	0.00	22.09	-14.76	-0.19	181.24	237.50	137.50
								185.56	-237.50	OK
	215	0.00	0.00	0.00	22.58	-15.08	-0.21	181.24	237.50	137.50
								185.56	-237.50	OK
슬래브	115	0.00	0.00	0.00	103.02	68.83	-1.05	181.24	237.50	137.50
								185.56	-237.50	OK
	215	0.00	0.00	0.00	100.34	-67.04	1.16	181.24	237.50	137.50
								185.56	-237.50	OK
포장 및 방호벽	115	0.00	0.00	0.00	103.77	-75.47	-0.74	181.24	237.50	137.50
								237.50	-237.50	OK
	215	0.00	0.00	0.00	100.36	-67.22	-1.75	181.24	237.50	137.50
								237.50	-237.50	OK

하중재하	NODE	fsu	fsl	Taw	fsu	fsl	Taw2	fsa	fsat	Tawa	fl/fa
활하중	115	110.71	-136.77	11.69	101.13	-52.14	-13.90	190.00	-190.00	110.00	0.524
	215	108.14	-128.35	11.23	97.43	-44.20	-12.55	190.00	-190.00	110.00	0.460
지점침하 후	115	110.71	-136.77	12.90	101.13	-52.14	-15.11	190.00	-190.00	110.00	0.527
	215	108.14	-128.35	12.40	97.43	-44.20	-13.72	190.00	-190.00	110.00	0.463

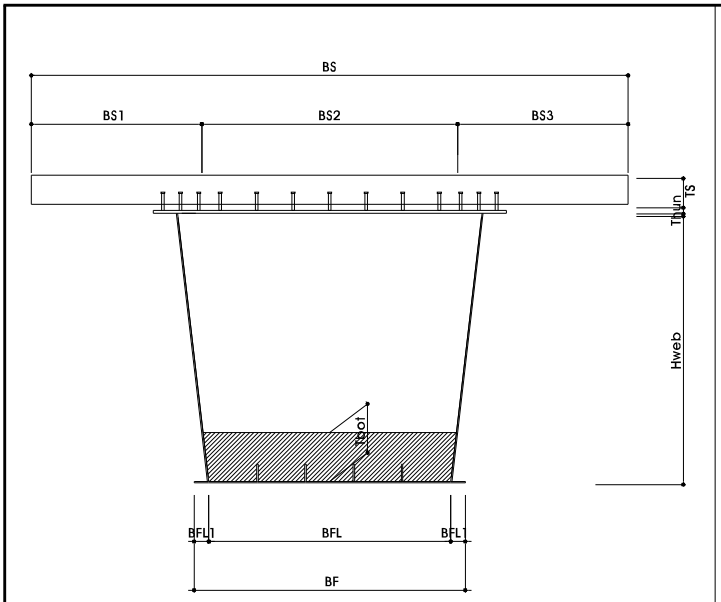
- 콘크리트

하중재하	NODE	fcu fsut	fch fsht	fcl fslt	fcua	fcha	fcla	fsra	fclta
슬래브	115	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	13.80 -	13.80 -	20.40 -	- -225.0	-3.67
	215	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	13.80 -	13.80 -	20.40 -	- -225.0	-3.67

하중재하	NODE	fcu fsut	fch fsht	fcl fslt	fcu fsut	fch fsht	fcl fslt	fcua	fcha sgra	fcla REMARK
활하중	115	2.59 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	-0.64 4.58	0.00 0.00	0.00 0.00	10.80 -	10.80 -180.0	16.00 OK
	215	2.48 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	-0.92 6.63	0.00 0.00	0.00 0.00	10.80 -	10.80 -180.0	16.00 OK
지점침하 후	115	2.59 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	-0.64 -4.58	0.00 0.00	0.00 0.00	10.80 -	10.80 -180.0	16.00 OK
	215	2.48 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	-0.92 -6.63	0.00 0.00	0.00 0.00	10.80 -	10.80 -180.0	16.00 OK

④ 최대 부모멘트부 응력검토

㉠ GIRDER 중앙부 단면제원 및 특성



※거더단면제원

BFU : CAISSON PLATE 폭
TFU : CAISSON PLATE 두께
BFL : 하연 플랜지의 폭
TFL : 바닥판 플랜지의 두께
Hweb : 웹의 수직높이
Tweb : 웹의 두께
BFL1 : 바닥판 켄틸레버폭
Hrib : 바닥판 리브 높이/두께
Nrib : 바닥판 리브의 수
BS1 : 슬래브 왼쪽 길이
BS2 : 슬래브 중앙부 길이
BS3 : 슬래브 오른쪽 길이
TS : 슬래브 두께
Bhun1 : 헌치 폭
Bhun2 : SLOP 헌치 폭
Thun : 헌치두께
Tbot : 바닥판 콘크리트의 두께
Teq : 연결앵글

SEC.	BFU	TFU	BFL	TFL	Hweb	Tweb	BFL1	Hrib	Trib	Nrib
1	400	14	1777	10	1800	10	120	130	12	4
2	400	14	1777	10	1800	10	120	130	12	4
3	400	14	1777	14	1800	10	120	130	12	4
4	400	24	1739	12	1910	10	120	130	12	4
5	870	24	1625	12	2239	10	120	130	12	4
6	2800	24	1500	14	2600	12	120	130	12	4
7	400	14	1777	10	1800	10	120	130	12	4
8	400	14	1777	10	1800	10	120	130	12	4
9	400	14	1777	10	1800	10	120	130	12	4
10	400	14	1777	12	1800	10	120	130	12	4
11	400	20	1739	12	1910	10	120	130	12	4
12	870	20	1625	12	2239	10	120	130	12	4
13	2800	20	1500	14	2600	12	120	130	12	4
14	400	14	1777	10	1800	10	120	130	12	4

SEC.	Teq	BS1	BS2	BS3	TS	Bhun1	Bhun2	Thun	Tbot	θ (WebSlop)
1	0.7	1150	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9724
2	0.7	1150	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9724
3	0.7	1150	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9724
4	0.7	1150	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9732
5	0.7	1150	2400	2600	240	600	50	50	250	0.9752
6	0.7	1150	2400	2600	240	2900	50	50	500	0.9768
7	0.7	1150	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9724
8	0.7	675	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9724
9	0.7	675	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9724
10	0.7	675	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9724
11	0.7	675	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9732
12	0.7	675	2400	2600	240	600	50	50	250	0.9752
13	0.7	675	2400	2600	240	2900	50	50	500	0.9768
14	0.7	675	2400	2600	240	400	50	50	-	0.9724

㉡ 부재력 집계

DEAD 1 : STEEL LOAD
DEAD 2 : BOTTOM CONCRETE LOAD
DEAD 3 : DECK & HUNCH CONCRETE LOAD
DEAD 4 : PAVEMENT & E.T.C LOAD
LIVE 1 : MAXIMUM LIVE LOAD
LIVE 2 : MINIMUM LIVE LOAD
SETTLE : SUPPORT SETTLEMENT (0.01 M) AFTER LONG PRIOD
CASE1: DEAD1+DEAD2+DEAD3+DEAD4+LIVE1+SETTLE
CASE2: DEAD1+DEAD2+DEAD3+DEAD4+LIVE2+SETTLE

- 모멘트

NODE	DEAD 1	DEAD 2	DEAD 3	DEAD 4	LIVE 1	LIVE 2	SETTLE	COMBINATION	
								CASE1	CASE2
110	-3187.21	-718.31	-14815.09	-2292.61	1543.42	-10436.11	-1148.83	-20618.66	-32598.18
210	-3066.58	-715.48	-13512.35	152.11	1513.91	-10364.96	-1094.55	-16722.94	-28601.81

- 전단력

NODE	DEAD 1	DEAD 2	DEAD 3	DEAD 4	LIVE 1	LIVE 2	SETTLE	COMBINATION	
								CASE1	CASE2
110	-342.67	-165.61	-1342.89	-225.49	351.95	-918.53	-29.47	-1754.18	-3024.66
210	321.29	166.62	1192.24	-18.95	1008.01	-106.86	41.37	2710.58	1595.71

- 축력

NODE	DEAD 1	DEAD 2	DEAD 3	DEAD 4	LIVE 1	LIVE 2	SETTLE	COMBINATION	
								CASE1	CASE2
110	10.40	0.70	21.31	-208.26	607.83	-457.76	0.47	432.45	-633.14
210	0.03	1.08	-73.80	-81.11	471.66	-573.21	-0.10	317.76	-727.11

㉢ 단계별 응력검토

시공단계별 하중조건에 대한 발생응력을 집계한 결과, 최대 부모멘트 구간은 휨 응력에 대한 안전율을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

[STEEL]
Np : PRE-STREESS AXIAL FORCE (kN)
Mp1 : PRE-STREESS PRIMARY MOMENT (kN.M)
Mp2 : PRE-STREESS RESTRAINED MOMENT (kN.M)
fsu : STRESS OF STEEL TOP FIBER (MPa)
fsl : STRESS OF STEEL BOTTOM FIBER (MPa)
Taw : SHEAR STRESS OF STEEL WEB (MPa)
fsa : BOTTOM FLANGE ALLOWABLE COMPRESSIVE STRESS (MPa)
fsat : BOTTOM FLANGE ALLOWABLE TENSILE STRESS (MPa)
(fsau): TOP FLANGE ALLOWABLE COMPRESSIVE STRESS (MPa)
(fsatu): TOP FLANGE ALLOWABLE TENSILE STRESS (MPa)
Tawa : ALLOWABLE SHEAR STRESS (MPa)

[CONCRETE]
fcu : STRESS OF DECK SLAB TOP FIBER (MPa)
fch : STRESS OF CAISSON TOP FIBER (MPa)
fcl : STRESS OF BOTTOM SLAB BOTTOM FIBER (MPa)
fcua: ALLOWABLE COMPRESSIVE STRESS (MPa)
fcha: ALLOWABLE COMPRESSIVE STRESS (MPa)
fcla: ALLOWABLE COMPRESSIVE STRESS (MPa)
fclta: ALLOWABLE TENSILE STRESS (MPa)
fsra : ALLOWABLE REINFORCEMENT STRESS (MPa)
fsht : STRESS OF CAISSON REINFORCEMENT (MPa)
fslt : STRESS OF BOTTOM SLAB REINFORCEMENT (MPa)

- 강재

하중재하	NODE	Np	Mp1	Mp2	fsu	fsl	Taw	fsa (fsau)	fsat (fsatu)	Tawa
자중	110	0.00	0.00	0.00	-19.10	28.53	5.47	237.50	237.50	137.50
								10.67	-237.50	OK
	210	0.00	0.00	0.00	-20.99	28.05	5.15	237.50	237.50	137.50
								7.41	-237.50	OK
거더내 콘크리트	110	0.00	0.00	0.00	-23.40	34.96	8.15	237.50	237.50	137.50
								10.67	-237.50	OK
	210	0.00	0.00	0.00	-25.89	34.59	7.83	237.50	237.50	137.50
								7.41	-237.50	OK
슬래브	110	0.00	0.00	0.00	-105.8	87.22	29.18	237.50	237.50	137.50
								10.67	-237.50	OK
	210	0.00	0.00	0.00	-111.8	83.89	27.54	237.50	237.50	137.50
								7.41	-237.50	OK
포장 및 방호벽	110	0.00	0.00	0.00	-115.3	94.72	34.31	237.50	237.50	137.50
								237.50	-237.50	OK
	210	0.00	0.00	0.00	-111.5	83.46	26.62	237.50	237.50	137.50
								237.50	-237.50	OK

하중재하	NODE	fsu	fsl	Taw	fsu	fsl	Taw2	fsa	fsat	Tawa	fl/fa
활하중	110	-108.9	89.67	55.55	-158.2	128.83	27.61	190.00	-190.00	110.0	0.93
	210	-104.5	78.39	47.45	-159.6	118.13	20.87	190.00	-190.00	110.0	0.87
지점침하 후	110	-113.7	92.43	56.27	-163.0	132.58	28.32	190.00	-190.00	110.0	0.98
	210	-106.2	81.48	48.12	-161.33	121.22	21.53	190.00	-190.00	110.0	0.9

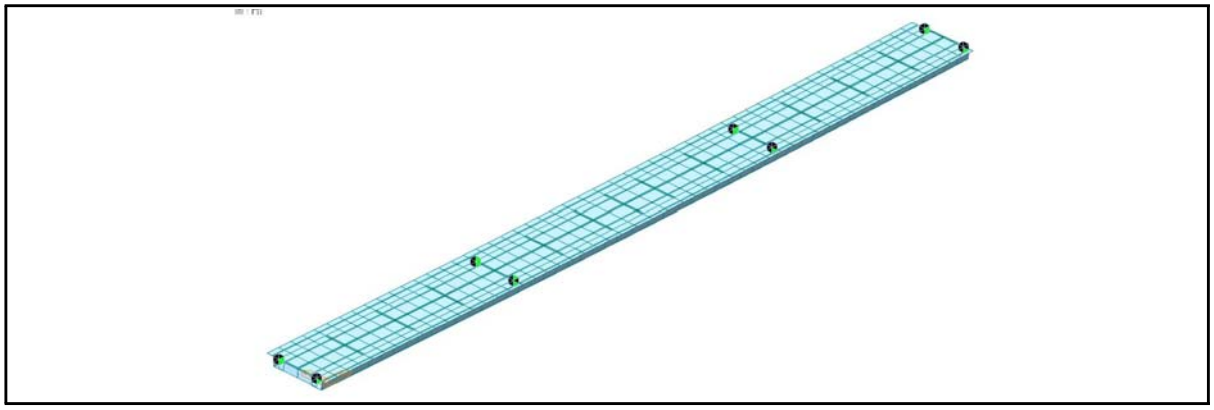
- 콘크리트

하중재하	NODE	fcu fsut	fch fsht	fcl fslt	fcua	fcha	fcla	fsra	fclta
슬래브	110	-1.51 -10.88	0.00 0.00	8.88 0.00	13.80 -	13.80 -	20.40 -	- -225.0	-3.67 OK
	210	0.04 0.00	0.00 0.00	7.26 0.00	13.80	13.80	20.40	- -225.0	-3.67 OK

하중재하	NODE	fcu fsut	fch fsht	fcl fslt	fcu fsut	fch fsht	fcl fslt	fcua	fcha sgra	fcla REMARK
활하중	110	-0.49 -3.55	0.00 0.00	8.13 0.00	-8.39 -60.39	0.00 0.00	13.96 0.00	10.80 -	10.80 -180.0	16.00 OK
	210	1.16 0.00	0.00 0.00	6.50 0.00	-7.62 -54.84	0.00 0.00	12.41 0.00	10.80 -	10.80 -180.0	16.00 OK
지점침하 후	110	-1.25 -9.00	0.00 0.00	8.69 0.00	-9.15 -65.84	0.00 0.00	14.52 0.00	10.80 -	10.80 -180.0	16.00 OK
	210	1.46 0.00	0.00 0.00	6.96 0.00	-7.92 -57.01	0.00 0.00	12.88 0.00	10.80 -	10.80 -180.0	16.00 OK

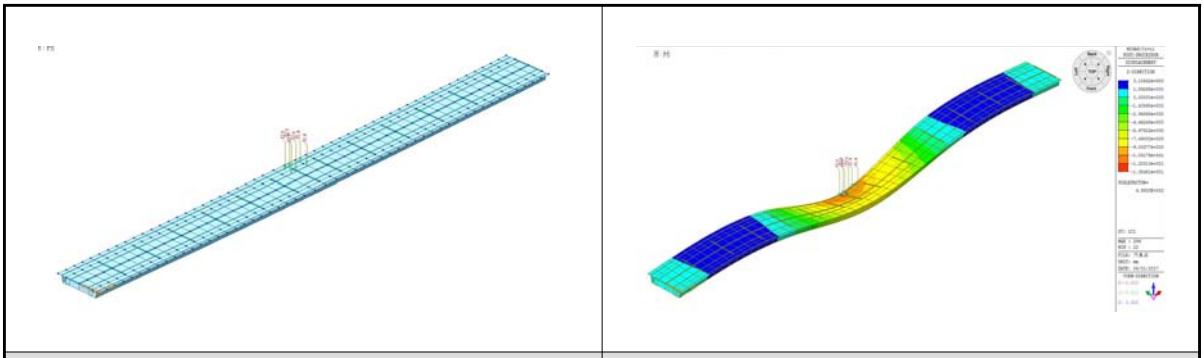
4) 시험차량에 의한 처짐해석

시험차량에 의한 구조해석은 이론적인 계산 처짐값과 현장 재하시험에서 측정된 실측 처짐값을 비교하여 응답비를 산출하기 위해 범용 프로그램인 MIDAS/Civil을 이용하여 모델링을 하였으며, 각각의 LOAD CASE별 처짐치와 실측치를 비교하였다.



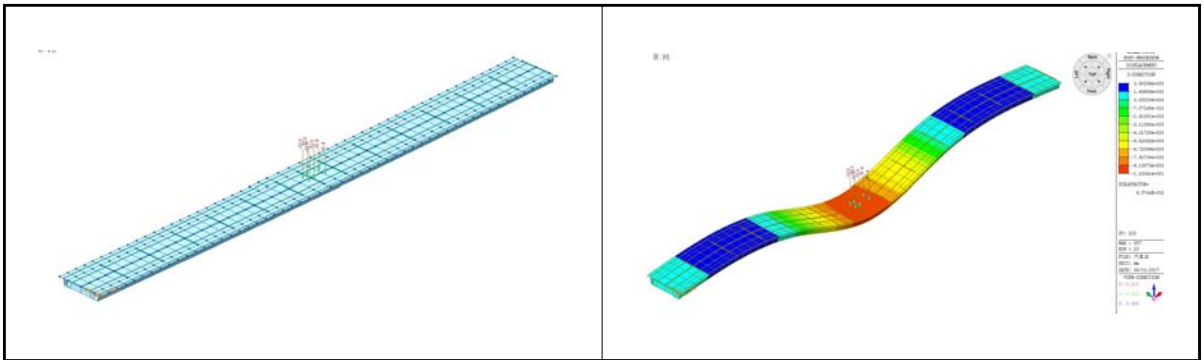
① CASE별 하중 재하도 및 처짐도

㉠ LOAD CASE 1



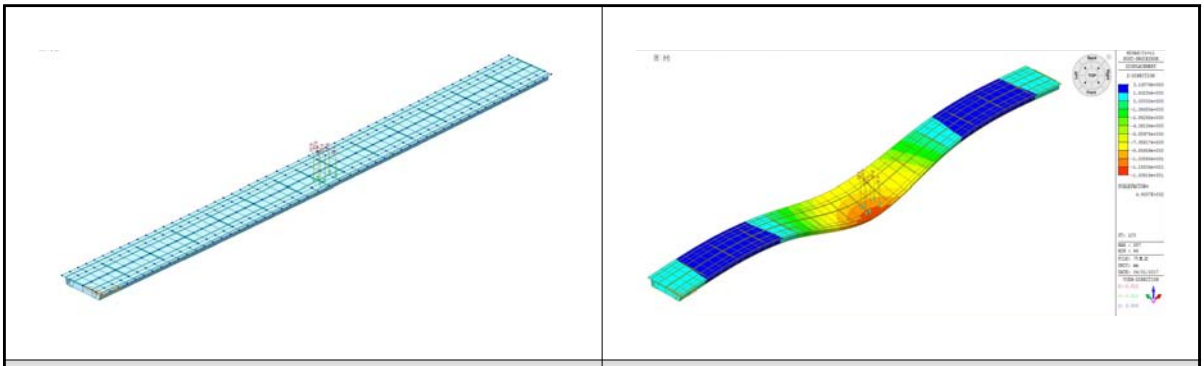
LOAD CASE 1 재하도	LOAD CASE 1 처짐도

㉡ LOAD CASE 2



LOAD CASE 2 재하도	LOAD CASE 2 처짐도

㉢ LOAD CASE 3

	
LOAD CASE 3 재하도	LOAD CASE 3 처짐도

② Load Case별 응력보정계수 산정

재하시험 결과로부터 산출한 실측 및 이론적인 응력 값의 관계 및 실측 처짐과 재하 경우별 구조해석에 의한 이론적인 처짐의 관계를 비교하여 응력보정계수를 산출하였다.

㉠ 응력비 산정

구 분 (mm)			DT1	DT2
2경간	Load Case 1	실측치	-7.833	-4.299
		이론치	-12.174	-7.988
		응답비	1.554	1.851
	Load Case 2	실측치	-5.37	-5.847
		이론치	-10.04	-10.174
		응답비	1.869	1.740
	Load Case 3	실측치	-4.805	-8.362
		이론치	-8.127	-12.297
		응답비	1.691	1.470

㉡ 응력보정계수

내하력 평가시 응력보정계수 적용은 재하시험 차량의 후륜축과 동일한 위치에서의 이론적인 처짐 값과 실측된 처짐 값이 실제 거동과 유사한 지점에서의 응답비를 적용하였으며, 응답비 및 충격계수를 고려한 처짐 보정계수(Ks)를 적용하였다. 응력보정계수는 변형률의 실측치와 계산치로 구하는 것이 일반적이지만, 처짐에 비해 변형률의 측정값에 포함된 오차가 크며, 여러 가지 요인에 의하여 국부적인 응력의 변동이 크게 발행하는 경우가 있으므로 교량의 전반적인 거동을 나타내는 처짐으로 구할 수도 있다.

본 과업에 해당되는 교량의 경우 변형률 측정결과에 비해 처짐의 측정결과가 신뢰성이 높은 것으로 판단되어 처짐으로 응답보정계수(KS)를 구하였으며, 하중 CASE에 따른 응답비중 최소값을 적용하였다.

○ K_s : 응력보정계수 $= \frac{\delta_{계산}(\epsilon_{계산})}{\delta_{실측}(\epsilon_{실측})} \cdot \frac{1+i(계산)}{1+i(실측)}$

$$= 1.470 \times \frac{1+0.162}{1+0.151} = 1.484$$

다. 내하력 평가

1) 허용응력법에 의한 내하력 평가

① 내하율 평가

허용 응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정시에 하중조합으로는 D+L(1+i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.0이 된다. 사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따라 항복응력, 콘크리트의 경우 실제 압축강도를 사용하여 도로교 표준시방서 규정에 의거 부재종류에 따라 결정한다.

허용 응력법에 의한 교량부재의 내하율은 다음 식으로 계산한다.

$$\cdot\ RF = \frac{f_a - f_d}{f_l(1+i)}$$

여기서, f_a = 재료의 허용응력

f_d = 설계 사하중 응력

f_l = 설계 활하중 응력

i = 실측 충격계수

구 분		f_a	f_d	$f_l(1+i)$	$R.F$	최소 내하율
중앙부	상연	190.000	101.130	9.580	9.276	1.628
	하연	-190.000	-52.140	-4.640	1.628	
중간지점부	상연	-190.000	158.200	-49.300	7.062	1.562
	하연	190.000	128.830	39.1600	1.562	

② 기본 내하력 산정

$P_o = R.F \times P_r$

여기서, Pr : 설계하중

구 분	내하율	설계하중	기본내하력
중앙부	1.628	DB-24	설계하중 이상
중간지점부	1.562	DB-24	설계하중 이상

③ 공용 내하력 산정

$P = P_o \times K_s$

여기서, $K_s = \frac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \times \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

구 분	내하율	응력보정계수(K_s)	기본내하력 (=24 x RF)	공용내하력
중앙부	1.628	1.484	39.072	DB-24이상
중간지점부	1.562		37.488	

2) 강도설계법에 의한 내하력 평가

① 내하율 평가

강도 설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시 하중조합으로는 1.3D + 2.15L (1.0 + i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15가 된다. 단면강도는 단면의 현재 상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교 표준시방서의 공칭강도와 강도감소계수에 따라 계산한다. 사하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 적용하고 있는 사하중과 현행 도로교 표준시방서의 설계 활하중(DB 또는 DL 하중)을 사용하여 구조해석을 수행한 후 구한다.

강도 설계법에 의한 내하율은 다음과 같다.

- $P = P_r \times R.F \times K_s$, P_r = 설계하중
- $R.F = \dfrac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l}$

여기서, ϕ = 강도 감소계수(= 0.85)

γ_d = 사하중 계수(= 1.3)

γ_l = 활하중 계수(= 2.15)

M_n = 공칭 모멘트

M_d = 사하중 모멘트

M_l = 활하중 모멘트(실측 충격계수 고려)

구 분	ϕM_n	M_d	$M_l(1+i)$	$R.F$
캔틸레버부(방호벽측)	116.590	10.680	27.130	1.760

② 기본 내하력 산정

구 분	내하율	설계하중	기본내하력
캔틸레버부(방호벽측)	1.760	DB-24	설계하중 이상

3) 내하력 평가결과

구 분		내하율	응답보정계수	기본내하력	공용내하력
주형	측경간 중앙부	1.628	1.484	DB-24이상	DB-24이상
	내측경간 중간지점부	1.562		DB-24이상	
바닥판	캔틸레버부	1.760	-	DB-24이상	-

내하력 평가 결 과	가호교(상주방향)에 대한 허용응력 설계법에 의한 주형 부재의 공용 내하력을 산정한 결과, 주형 모두 DB-24 이상으로 통과하중에 대한 여유를 확보하고 있는 것으로 산출되었으며, 강도 설계법에 의한 바닥판의 내하력 평가도 설계하중인 DB-24 이상으로 통과하중에 대한 여유를 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

4) 안전성 평가

구조물의 안전성 평가는 주요 구조부재의 정밀육안검사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력설계법, 콘크리트교는 강도설계법으로 설계되고 있다. 안전성검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 한다.

① 안전성평가 기준

등급	안전성평가 기준	비 고
A	SF > 1.0	· 허용응력 설계법 SF(안전율) = 허용응력 / 발생응력 = $\frac{fa}{f_{d+l}}$ · 강도설계법 SF(안전율) = 설계강도 / 소요강도 = $\frac{\Phi Mn}{Mu}$
B	0.9 ≤ SF < 1 이나, 공용내하력이 설계하중보다 크게 평가된 경우	
C	0.9 ≤ SF <1	
D	0.75 ≤ SF < 0.9	
E	SF < 0.75	

※ 안전성평가등급은 통합시설물까지는 소문자(a, b, c, d)로 표기하고 전체 시설물에 대해서만 (A, B, C, D, E)로 표기함.

② 안전성평가 결과

㉠ 주형

구 분		fa(허용응력) (MPa)	fs(발생응력) (MPa)	최소 안전율(SF)	안전성 평가등급
중앙부	상연	190.000	110.710	1.716	A
	하연	-190.000	136.770	1.389	A
중간지점부	상연	-190.000	-108.900	1.744	A
	하연	190.000	89.670	2.118	A
평 가 결 과					
·가호교(상주방향)에 대한 안전성평가 결과 주형의 안전율(SF)이 1.0이상으로서 구조적으로 안전한 것으로 평가되었다.					

㉡ 바닥판

구 분	ΦMn(설계강도) (kN·m)	Mu(소요강도) (kN·m)	최소 안전율(SF)	안전성 평가등급
좌측캔틸레버	116.589	85.300	1.366	A
평 가 결 과				
·가호교(상주방향)에 대한 안전성평가 결과 바닥판의 안전율(SF)이 1.0이상으로서 구조적으로 안전한 것으로 평가되었다.				

3.8.2 영천방향

영천방향은 상주방향과 형식 및 길이 등이 동일하여 재하시험을 수행하지 않은 관계로 구조해석 및 내하력평가는 상주방향만 실시함

3.9 종합평가 및 안전등급 지정

3.9.1 종합평가

종합평가 등급은 외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정 한다.

종합평가등급 = Min(상태평가등급, 안전성평가등급)

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.115	A	
안전성 평가	1.366	A	
종합평가	-	A	
종합평가 결과	교량의 종합평가 결과 “A"		

3.9.2 안전등급

가호교에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

안전등급	시설물의 상태
A(우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B(양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C(보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D(미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E(불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

3.10 보수·보강 및 유지관리 방안

3.10.1 보수 방안

가. 상주방향

<표 3.10.1> 보수 방안(상주방향)

구 분	손상내용	단위	손상수량 (개소/수량)	보수수량 (개소/수량)	미보수수량 (개소/수량)	보수공법
교면 포장	포장부 망상균열	㎡	3 / 6.01	3 / 6.01	0 / 0	표면처리
	콘크리트 파손	㎡	3 / 0.57	3 / 0.57	0 / 0	단면복구
차량 방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	21 / 28.0	21 / 28.0	0 / 0	표면처리
	균열(0.3㎜이상)	m	1 / 0.5	1 / 0.5	0 / 0	주입보수
	균열부 백태	m	1 / 2.0	1 / 2.0	0 / 0	표면처리
	소성수축균열	m	2 / 44.1	2 / 44.1	0 / 0	표면처리
교대	균열(0.3㎜ 미만)	m	1 / 2.0	0 / 0	1 / 2.0	표면처리
	균열(0.3㎜이상)	m	2 / 4.1	0 / 0	2 / 4.1	주입보수

나. 영천방향

<표 3.10.2> 보수 방안(영천방향)

구 분	손상내용	단위	손상수량 (개소/수량)	보수수량 (개소/수량)	미보수수량 (개소/수량)	보수공법
교면 포장	포장부 망상균열	㎡	1 / 1.6	1 / 1.6	0 / 0	표면처리
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	5 / 6.3	5 / 6.3	0 / 0	표면처리
	균열(0.3㎜이상)	m	1 / 1.1	1 / 1.1	0 / 0	주입보수
	소성수축균열	m	2 / 0.8	2 / 0.8	0 / 0	표면처리
	마감불량(철근)	m	58 / 0.91	58 / 0.91	0 / 0	단면복구
교대	균열(0.3㎜ 미만)	m	2 / 4.0	0 / 0	2 / 4.0	표면처리
	균열(0.3㎜이상)	m	1 / 2.0	0 / 0	1 / 2.0	주입보수

3.10.2 유지관리 방안

이 장에서 언급하는 내용은 본 교량에서 외관조사 결과 조사된 결함에 대해 보수·보강을 실시한 부재나 결함의 진전여부와 발생유무를 주기적으로 관찰함으로 후에 더 크게 발전할 가능성이 있는 결함부위에 대한 원인을 분석하여 사전에 예방하자는 유지관리차원에서 중점적으로 점검하여야 할 사항들이다.

가. 부재별 점검 사항

<표 3.10.1> 각 부재별 점검 사항

구 분	주 요 점 검 사 항
교면포장	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
	·주요 점검항목 - 공통 : 균열, 함몰, 단차 및 요철, 블리딩, 마모 - 신축이음 전후, 구조물 경계부 : 단차, 파손
배수시설	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
	·주요 점검항목 - 배수구 : 그레이팅 파손, 오물퇴적, 막힘 - 배수관 : 부식 및 파손, 연결부 상태불량, 탈락
난간 및 연석	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
	·주요 점검항목 - 외부충격에 의한 변형· 파손 발생 여부, 균열 및 망상균열의 발생 여부
바닥판	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
	·주요 점검항목 - 균열, 박리, 박락 및 철근노출, 재료분리, 누수 및 백태 등 발생 여부
거더 및 가로보	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
	·주요 점검항목 - 박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출 및 백태, 복부 사인장 균열, 휨균열 등

<표 3.10.1> 각 부재별 점검사항(계속)

구 분		주 요 점 검 사 항
교량받침		·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
		·주요 점검항목 - 분리형 고무받침의 특성상 교량의 거동에 따라 발생할 수 있는 고무재의 들뜸, 밀림등의 손상발생 여부 확인 - 가동받침의 편기사항, 가동받침 전·후방의 가동장애 요소, 받침과 거더의 밀착상태. - 받침몰탈 : 앵커볼트 파손, 절단, 받침몰탈 파손 여부 등
신축이음		·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
		·주요 점검항목 - 본체 : 본체유동 및 파손 발생 여부, 유간부족 및 유간과다, 유간 오물퇴적, 방수재(Seal재) 손상으로 인한 누수 - 후타재 : 경계부 단차 발생 여부, 충격에 의한 후타재 균열·파손 발생 여부
하부구조	교 대	·전반적으로 양호한 상태이나, 일부구간 미세균열이 조사되었다. 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
		·주요 점검항목 - 공통 : 교대 회전(기울음), 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태 - 두부 : 두부 물고임, 두부와 흉벽 경계부 균열, 거더와 흉벽 신축유간 부족 - 벽체 : 수직균열 및 침하, 구체와 날개벽 분리
	교 각	·전반적으로 양호한 상태이며, 추후 공용기간 증대에 따라 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요.
		·주요 점검항목 - 공통 : 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태 - 두부 : 받침부 하부 균열 및 파손, 체수 발생 영부 - 구체 : 시공이음부 균열, 이동 또는 기울음, 수면접촉부 침식
	기 초	`·기초부는 지반에 묻혀있어 확인 불가능하며, 일부 구간이 하천구간으로 기초지반에 대해서는 정기점검시 지반의 변화여부에 대한 지속적인 관찰 실시.

3.11 종합결론

1) 본 대상구조물은 경상북도 군위군 부계면 창평리 1562-4에 위치한 총 폭원 24.47m(상주방향:12.15m, 영천방향:12.32m), 총연장 132.5m(40.0m+52.5m+40.0m)의 PUS Girder 형식으로 시설물 안전관리에 관한 특별법상 1종 시설물에 해당되며, 각 부재에 대한 정밀 외관조사 및 재료시험, 재하시험, 구조해석 등을 실시하였다.

2) 외관 조사 결과, 콘크리트의 상태는 전반적으로 양호한 상태이나. 중분대 및 방호벽 균열, 마감불량(철근), 교대 균열 등이 조사되었다. 이 구간에 대하여 내구성 확보차원에서 보수가 필요할 것으로 판단된다.

- 교면포장(노출콘크리트), 중분대 및 방호벽은 점검후 지적된 사항에 대한 보수를 완료하였다.

3) 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안정성은 양호한 것으로 판단된다.

4) 점검대상 교량인 가호교에 대하여 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침”에 의거 현재 교량의 상태를 판단한 결과, 교량의 외관상태는 안전성을 저해할 만한 손상이 없는 양호한 상태이며, 재하시험 결과를 반영하여 내하력을 평가한 결과 설계하중인 DB-24 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

5) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 가호교는 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다

6) 향후 교량의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

제 4 장 옹벽(STA.4+941~5+933)

4.1 시설물 현황

4.2 외관조사

4.3 재료시험

4.4 시설물의 상태평가

4.5 안전성 평가

4.6 종합평가 및 안전등급 지정

4.7 종합결론

제 4 장 옹벽(STA.4+941~5+933)

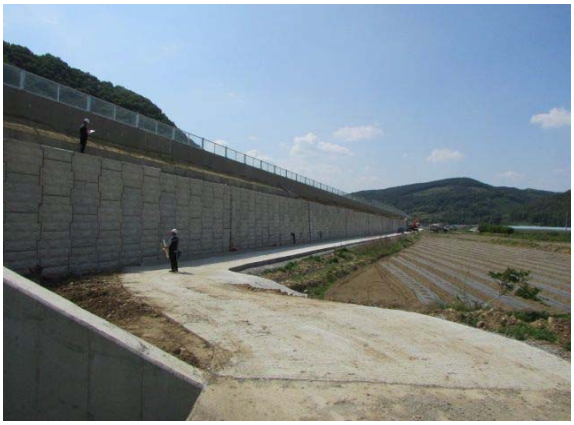
4.1 시설물 현황

4.1.1 개요

본 시설물은 경상북도 군위군 효령면 화계리 ~ 부계리 일원에 위치한 패널식 보강토 옹벽으로서 연장은 상주방향 L=977.0m, 노출높이 H=2.0~9.1m 로 구성되어 있다.

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 옹벽부재 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다.

본 시설물의 최고 노출높이는 약 9.1m이며, 옹벽 전면과 상단을 각각 보행하여 조사를 실시하였다.



<옹벽 전면 전경>

<옹벽 전면 전경>

<옹벽 상면 전경>

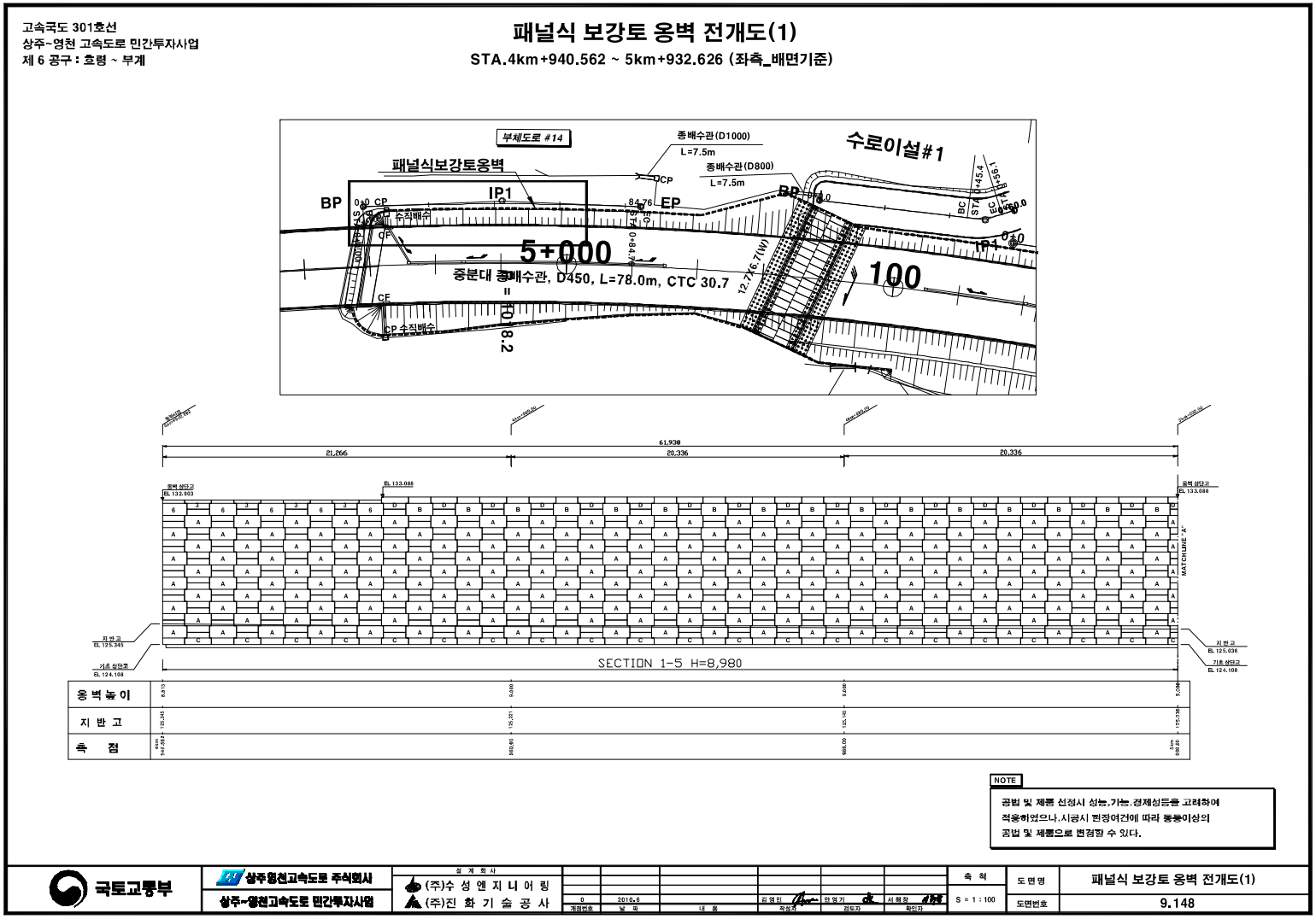
<옹벽 상면 전경>

<표 4.1.1> 대상구조물 현황표

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="3">-</td><td>관리번호</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="3">STA.4+941~5+933, 상주
(패널식 보강토옹벽)</td><td>시설물 구분</td><td colspan="2">옹벽</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td colspan="2">행정구역</td><td colspan="4">경상북도 군위군 효령면 화계리 715-5 외
~ 부계면 신화리 148-30 외</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위 치</td><td>구 분</td><td colspan="4">상주방향</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="4">4+941.000</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="4">5+933.000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td colspan="2">옹벽형식</td><td colspan="4">패널식 보강토 옹벽</td></tr>
<tr><td colspan="2">연 장</td><td>977.0m</td><td>지면노출높이(m)</td><td colspan="2">2.0~9.1m</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="3">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>주변환경</td><td colspan="6">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td colspan="2">2017년 06월</td><td>시공자</td><td colspan="2">(주)GS건설</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="5">통로암거</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="6">-</td></tr>
</table>

4.1.2 관련도면

가. 패널식 보강토 옹벽(상주방향)

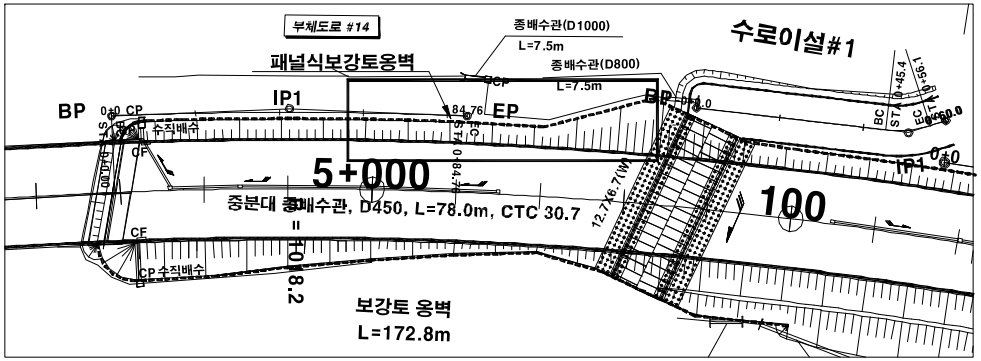


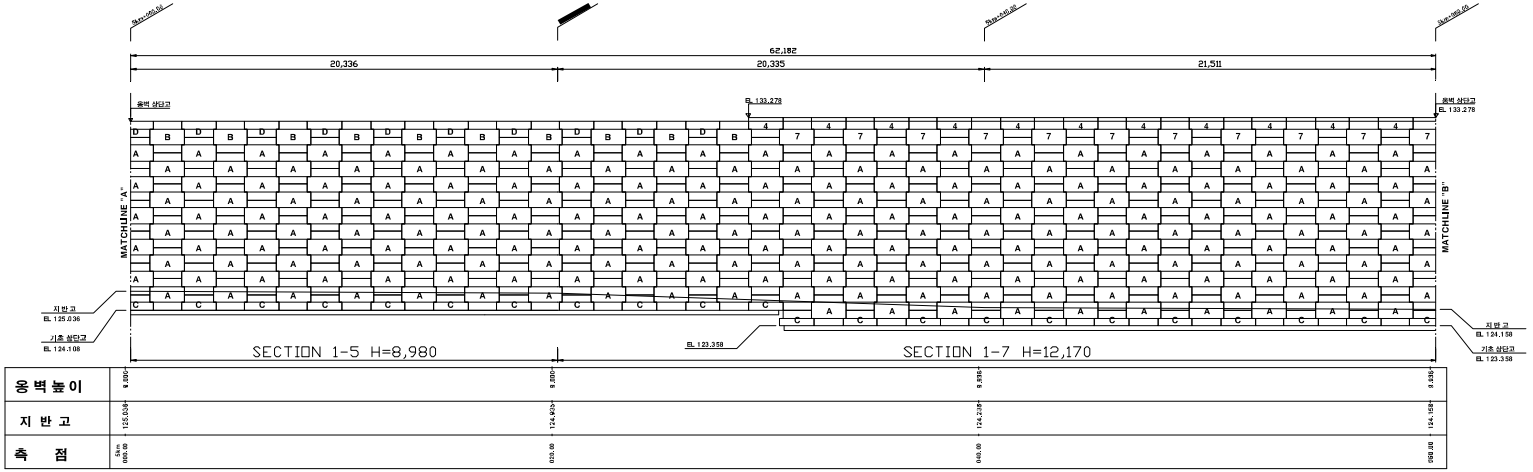
<그림 4.1.1> 패널식 보강토 옹벽 전개도1

고속국도 301호선
상주~영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계

패널식 보강토 옹벽 전개도(2)

STA.4km+940.562 ~ 5km+932.626 (좌측_배면기준)

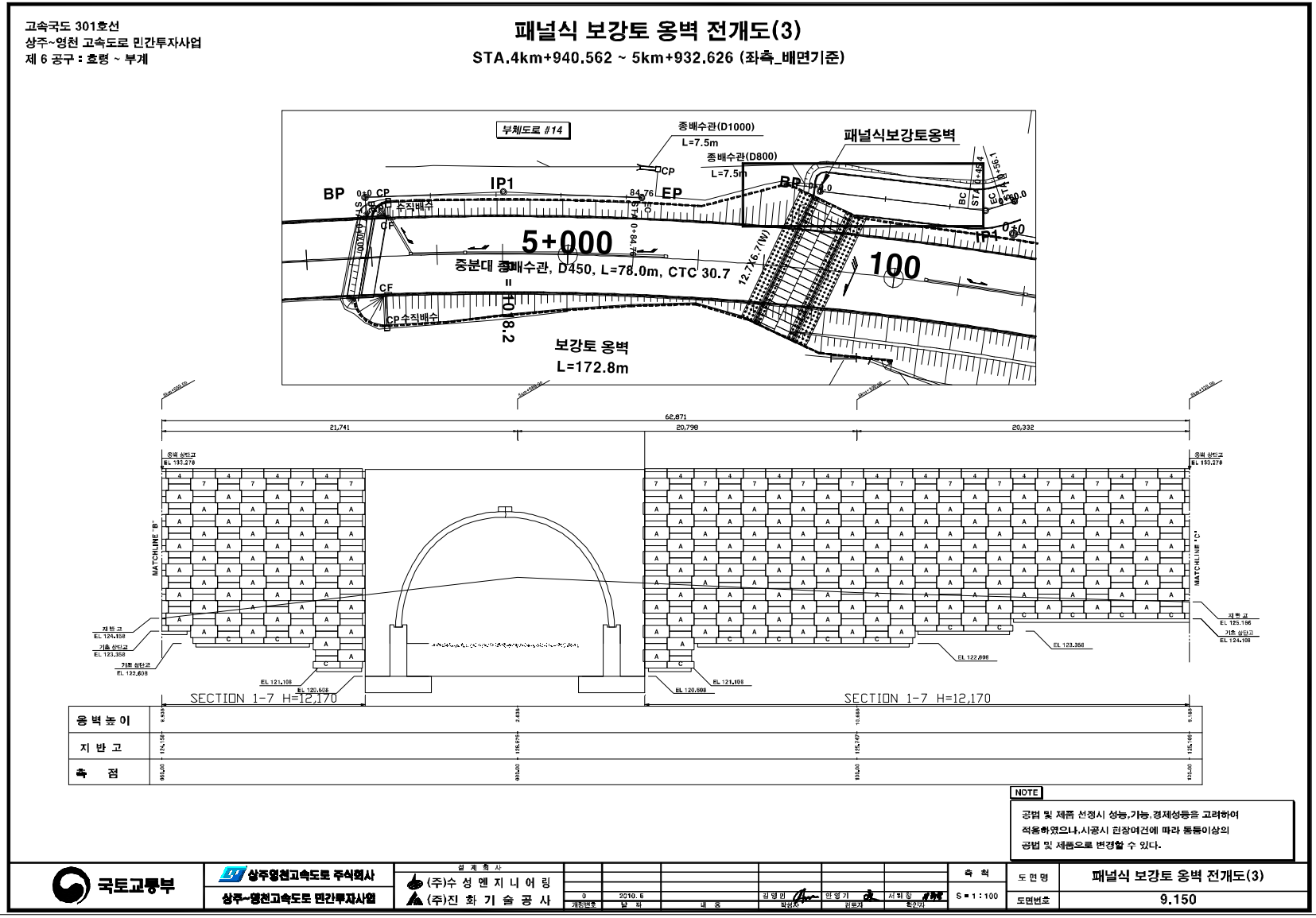




NOTE
공법 및 제품 선정시 성능,기능,경제성등을 고려하여 적용하였으나,시공시 현장여건에 따라 등등이상의 공법 및 제품으로 변경할 수 있다.

국토교통부	상주영천고속도로 주식회사 상주~영천고속도로 민간투자사업	설계회사 (주)수 성 엔 지 니 어 링 (주)진 화 기 술 공 사	0 개정번호	2010.6 날 짜	내 용	김영민 작성자	안영기 검토자	서해창 확인자	축 척 S = 1 : 100	도면명	패널식 보강토 옹벽 전개도(2)
										도면번호	9.149

<그림 4.1.2> 패널식 보강토 옹벽 전개도2

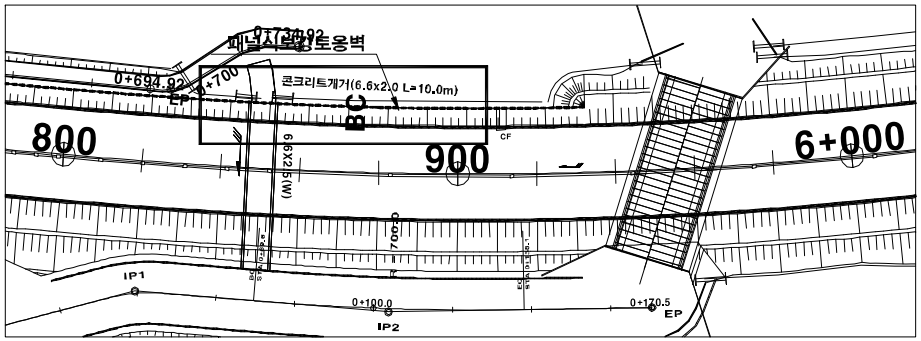


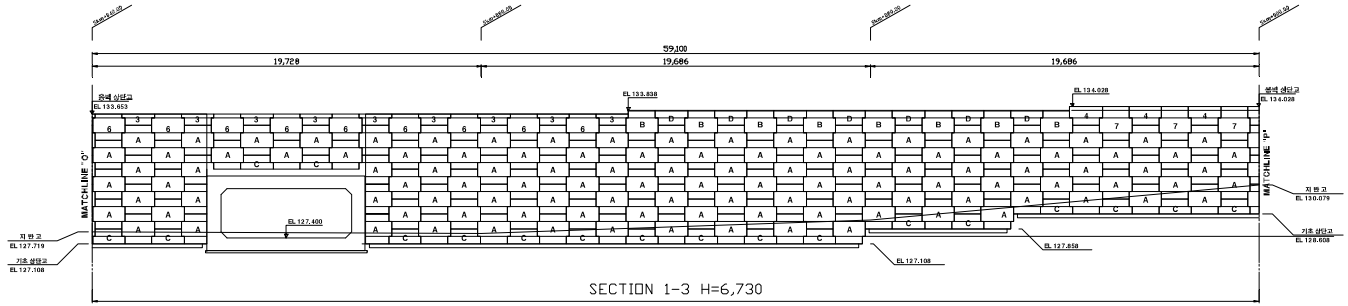
<그림 4.1.3> 패널식 보강토 옹벽 전개도3

고속국도 301호선
상주~영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계

패널식 보강토 옹벽 전개도(16)

STA.4km+940.562 ~ 5km+932.626 (좌측_배면기준)





옹벽높이	6.413	6.813	6.800	6.419
지 반 고	127.719	127.858	130.316	130.979
측 점	940.20	880.20	880.20	900.20

NOTE
공법 및 제품 선정시 성능,기능,경제성등을 고려하여 적용하였으나,시공시 현장여건에 따라 동등이상의 공법 및 제품으로 변경할 수 있다.

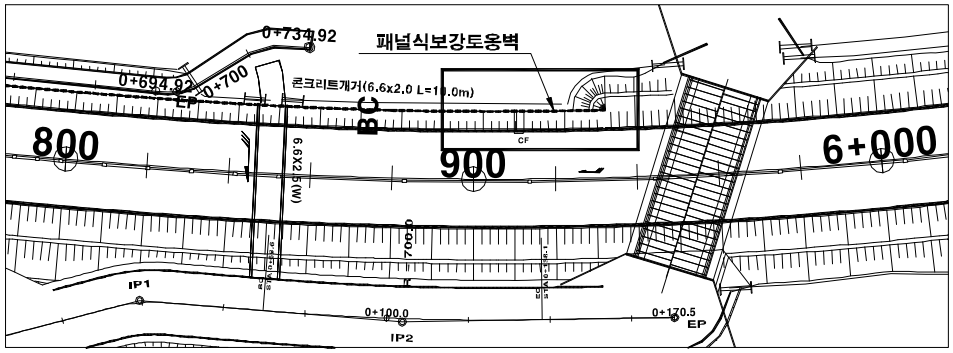
국토교통부	상주영천고속도로 주식회사 상주~영천고속도로 민간투자사업	설계회사 (주)수 성 엔 지 니 어 링 (주)진 화 기 술 공 사	0 계정번호	2010.6 날 짜	내 용	김영민 작성자	안영기 검토자	서해창 확인자	축 척 S = 1 : 100	도면명 도면번호	패널식 보강토 옹벽 전개도(16) 9.163

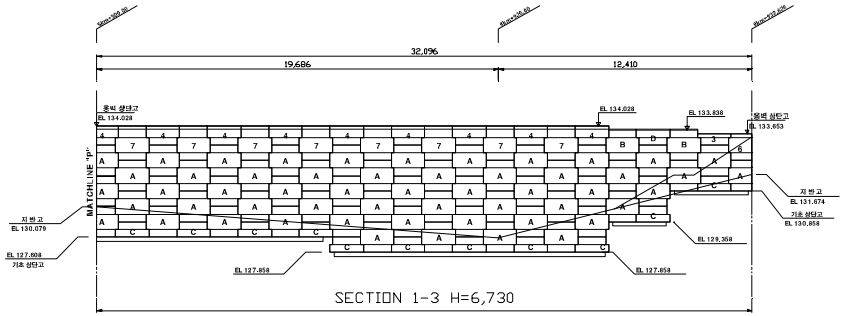
<그림 4.1.4> 패널식 보강토 옹벽 전개도4

고속국도 301호선
상주~영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 호령 ~ 부계

패널식 보강토 옹벽 전개도(17)

STA.4km+940.562 ~ 5km+932.626 (좌측_배면기준)





옹벽높이	5.488	6.189	2.813
지 반 고	130.079	129.379	131.674
측 점	100.00	100.00	933.626

NOTE

공법 및 제품 선정시 성능,기능,경제성등을 고려하여 적용하였으나,시공시 현장여건에 따라 동등이상의 공법 및 제품으로 변경할 수 있다.

국토교통부	상주영천고속도로 주식회사 / 상주~영천고속도로 민간투자사업	설계회사: (주)수 성 엔 지 니 어 링 / (주)진 화 기 술 공 사	0	2010.6		김영민	안영기	서해창	축 척	도면명	패널식 보강토 옹벽 전개도(17)
			개정번호	날 짜	내 용	작성자	검토자	확인자	S = 1 : 100	도면번호	9.164

<그림 4.1.5> 패널식 보강토 옹벽 전개도5

4.2 외관조사

4.2.1 패널식 보강토 옹벽 상세외관조사

가. 옹벽

1) 시공 현황

옹벽은 패널식 보강토 옹벽으로 이루어져 있으며, 연장 L = 977.000m, 노출높이 H = 2.0~9.1m로 시공된 것으로 조사되었다.

2) 외관조사 결과

① 옹벽은 전반적으로 양호한 상태로서, 일부 구간에 균열(0.3㎜미만 : 2ea), 박리(1ea), 식생(17ea)이 발생한 것으로 조사되었다.

② 관찰된 손상은 건조수축 및 패널 제작중 기계 협착 등에 의한 비 구조적인 손상으로서 구조물의 안정성에 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 판단된다.

③ 패널의 규격은 A형 B1.5m×H1.5m로 측정되어 설계도면과 유사하게 시공된 것으로 확인되었다.

구분	손상내용	손상규모 (규모/개소)	단위	비고
패널식 보강토 옹벽 전면	균열(0.3㎜미만)	2.0/2	m/ea	
	박 리	0.065/3	㎡/ea	
	식 생	17	ea	

나. 배수시설

1) 시공 현황

패널식 보강토 옹벽내 배수시설은 상단부 종배수로가 설치되어있는 것으로 조사되었다.

2) 외관조사 결과

패널식 보강토 옹벽 상단은 종배수로가 시공되어있으며, 시공상태는 체수, 이물질 및 토사 퇴적 등 배수의 흐름에 영향을 미칠만한 손상은 발생하지 않았으나, 일부구간에 균열{0.3mm이상 : 4ea, 0.3mm이상(관통) : 27ea}, 파손(2ea)이 조사되었으며, 배수로 주변 일부구간에는 성토가 미흡한 구간이 확인되었다.

구분	손상내용	손상규모 (규모/개소)	단위	비고
패널식 보강토 옹벽 상부	배수로 균열(0.3㎜이상)	1.8/4	m/ea	
	배수로 균열 (0.3㎜이상)관통	14.1/27	m/ea	
	파 손	0.63/4	㎡/ea	

옹벽 시점 전경

옹벽 종점 전경

패널 시공 전경

STA. 5+070 통로암거 시공 전경

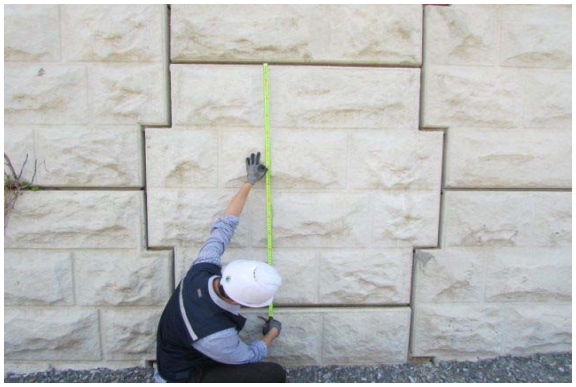
STA. 4+945 A형 패널
박리(B×L=0.2m×0.3m)상태

STA. 5+135 A형 패널
균열(CW=0.2㎜,L=1.0m, 2개소)상태

STA. 5+475 A형 패널 식생(1ea)상태

STA. 5+805 A형 패널 식생(1ea)상태

STA. 5+000 옹벽 전면 높이 측정(H=9.1m)



옹벽 A형 패널 규격 측정

옹벽 상부 시점 전경

STA. 5+365 상부 종배수로
균열(CW=0.5㎜,L=0.5m,2ea 관통)상태

STA. 5+400 상부 종배수로
파손(B×L=0.3m×2.0m)상태

STA. 5+445 상부 종배수로
균열(CW=0.5㎜,L=0.5m,2ea 관통)상태

STA. 5+515 배수로 주변 성토 미흡 상태

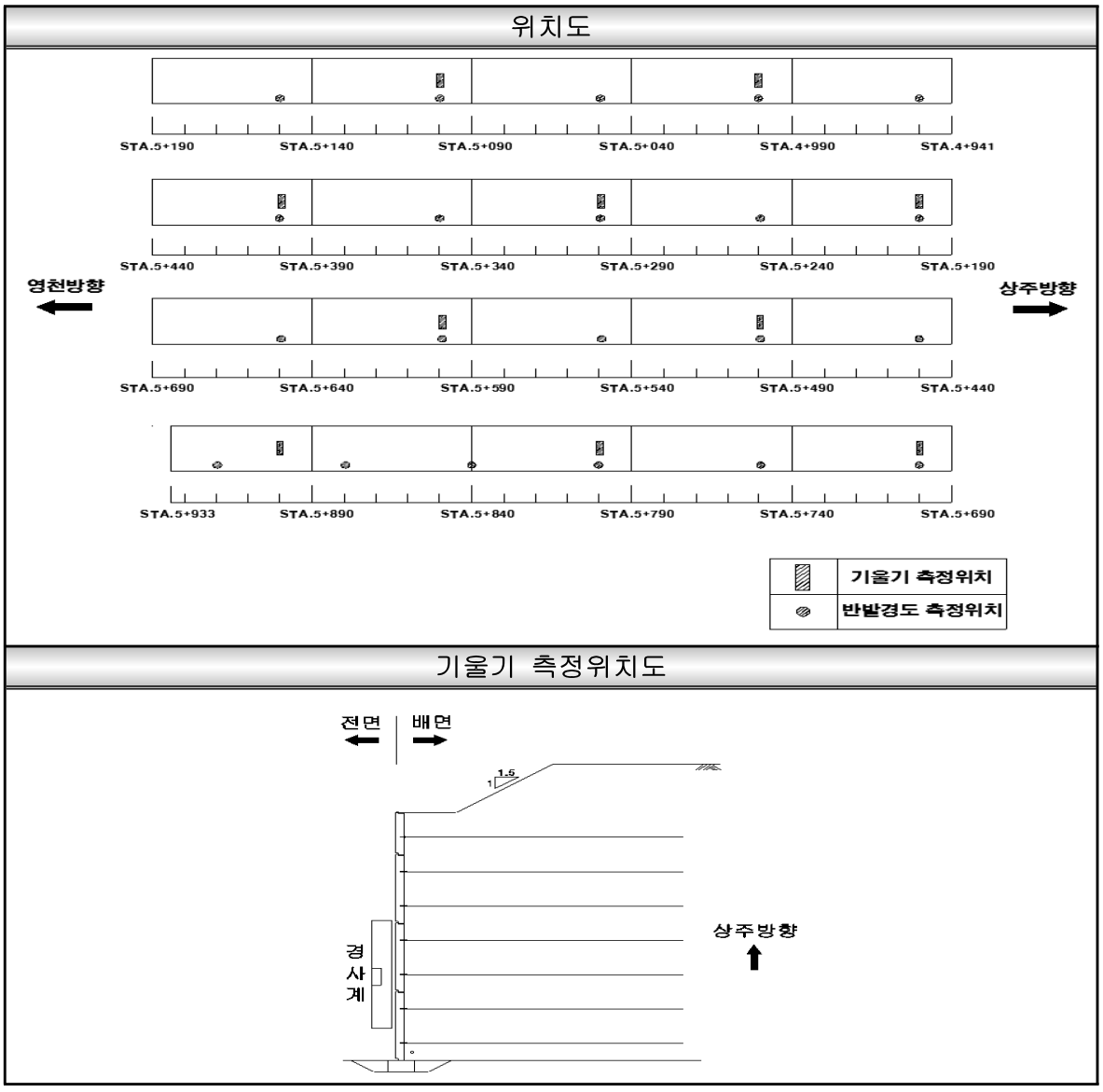
STA. 5+855 상부 종배수로
균열(CW=0.7㎜,L=0.5m,2ea 관통)상태

4.3 재료 시험

4.3.1 재료 시험 현황

본 과업에서는 대상 구조물의 구조부재에 대해 콘크리트 품질상태와 압축강도를 파악하기 위하여 반발경도시험을 수행하여 콘크리트의 품질 및 내구성을 평가하였고, 구조물의 수평 변위 여부를 측정하기 위하여 패널식 보강토 옹벽 전면부에 대하여 기울기를 측정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

4.3.2 위치도



<그림 4.3.1> 기울기 및 반발경도 측정 위치

4.3.3 콘크리트 강도 시험

가. 반발경도법에 의한 압축강도 측정

<표 4.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정

측정위치		평균치	신뢰 범위	재평균 (R)	타격 각도 (°)	보정치 (ΔR)	보정 경도 (R_0)	압축강도 (MPa)		재령 계수 (α)	보정 압축강도 (MPa)		비고
								권영웅 외	과학기술부		권영웅 외	과학기술부	
패널식 옹벽 (상주 방향)	STA.4+950	49.8	39.8~59.7	49.8	0.0	0.0	49.8	45.2	45.4	0.67	30.3	30.4	
	STA.5+000	43.6	34.9~52.3	43.6	0.0	0.0	43.6	46.2	47.0	0.67	31.0	31.5	
	STA.5+050	45.1	36.1~54.1	45.5	0.0	0.0	45.5	45.6	47.5	0.68	31.0	32.3	
	STA.5+100	37.3	29.8~44.7	37.3	0.0	0.0	37.3	49.2	47.6	0.68	33.5	32.4	
	STA.5+150	37.0	29.6~44.4	35.9	0.0	0.0	35.9	45.1	44.8	0.67	30.2	30.0	
	STA.5+200	36.1	28.9~43.3	36.1	0.0	0.0	36.1	46.2	45.9	0.67	31.0	30.8	
	STA.5+250	36.2	28.9~43.4	36.2	0.0	0.0	36.2	47.3	45.6	0.67	31.7	30.6	
	STA.5+300	40.2	32.2~48.2	40.2	0.0	0.0	40.2	44.3	43.8	0.70	31.0	30.7	
	STA.5+350	40.8	32.6~48.9	40.3	0.0	0.0	40.3	42.8	43.5	0.70	30.0	30.5	
	STA.5+400	42.2	33.7~50.6	42.2	0.0	0.0	42.2	48.2	46.3	0.70	33.7	32.4	
	STA.5+450	38.6	30.8~46.3	39.1	0.0	0.0	39.1	44.8	45.2	0.67	30.0	30.3	
	STA.5+500	40.3	32.3~48.4	40.3	0.0	0.0	40.3	46.2	47.3	0.67	31.0	31.7	
	STA.5+550	37.9	30.3~45.4	37.8	0.0	0.0	37.8	45.3	47.2	0.67	30.4	31.6	
	STA.5+600	41.2	33.0~49.5	41.8	0.0	0.0	41.8	47.3	47.6	0.67	31.7	31.9	
	STA.5+650	45.8	36.6~54.9	45.8	0.0	0.0	45.8	46.2	47.3	0.67	31.0	31.7	
	STA.5+700	46.8	37.5~56.2	46.8	0.0	0.0	46.8	46.5	45.8	0.67	31.2	30.7	
	STA.5+750	42.4	33.9~50.9	42.5	0.0	0.0	42.5	46.6	46.8	0.67	31.2	31.4	
	STA.5+800	40.8	32.7~49.0	40.8	0.0	0.0	40.8	44.9	47.2	0.67	30.1	31.6	
	STA.5+840	37.0	29.6~44.3	36.1	0.0	0.0	36.1	46.9	46.5	0.67	31.4	31.2	
	STA.5+880	40.7	32.5~48.8	41.8	0.0	0.0	41.8	47.3	47.8	0.67	31.7	32.0	
	STA.5+920	38.1	30.4~45.7	37.7	0.0	0.0	37.7	45.8	45.3	0.67	30.7	30.4	
평 균											31.1	31.2	

나. 반발경도법에 의한 압축강도 평가 및 고찰

1) 압축강도 평가

<표 4.3.2> 반발경도법에 의한 압축강도 평가

측정위치		측정강도(A)		설계기준강도(B)	A/B*100(%)		비 고
		권영웅외	과학기술부		권영웅외	과학기술부	
패널식 옹벽 (상주 방향)	STA.4+950	30.3	30.4	30.0	101.0	101.3	
	STA.5+000	31.0	31.5		103.3	105.0	
	STA.5+050	31.0	32.3		103.3	107.7	
	STA.5+100	33.5	32.4		11.7	108.0	
	STA.5+150	30.2	30.0		100.7	100.0	
	STA.5+200	31.0	30.8		103.3	102.7	
	STA.5+250	31.7	30.6		105.7	102.0	
	STA.5+300	31.0	30.7		103.3	102.3	
	STA.5+350	30.0	30.5		100.0	101.7	
	STA.5+400	33.7	32.4		112.3	108.0	
	STA.5+450	30.0	30.3		100.0	101.0	
	STA.5+500	31.0	31.7		103.3	105.7	
	STA.5+550	30.4	31.6		101.3	105.3	
	STA.5+600	31.7	31.9		105.7	106.3	
	STA.5+650	31.0	31.7		103.3	105.7	
	STA.5+700	31.2	30.7		104.0	102.3	
	STA.5+750	31.2	31.4		104.0	104.7	
	STA.5+800	30.1	31.6		100.3	105.3	
	STA.5+840	31.4	31.2		104.7	104.0	
	STA.5+880	31.7	32.0		105.7	106.7	
	STA.5+920	30.7	30.4		102.3	101.3	

2) 고찰

반발경도 측정은 표면에서 시행하였으며, 고강도식(권영웅외식, 과학기술부식)을 이용하여 반발경도법에 의한 압축강도 측정치를 분석한 결과, 상주방향 30.0 ~ 33.7 MPa로 측정되었다.

이는 측정치가 설계기준 강도(30.0MPa)를 대부분 상회하는 것으로 나타나 패널식 보강토 옹벽 블록의 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

다. 측정 사진

STA.5+100 전면부 반발경도 측정

STA.5+200 전면부 반발경도 측정

<그림 4.3.2> 반발경도 측정

4.3.4 기울기 측정 결과

가. 측정결과

<표 4.3.3> 기울기 측정 결과

단위(㎜)

측정지점		측정치	설계기준	비 고
STA.5+000	전면	(-) 87.3°	90.0°	
STA.5+100		(-) 88.7°		
STA.5+200		(-) 88.2°		
STA.5+300		(-) 84.6°		
STA.5+400		(-) 88.6°		
STA.5+500		(-) 87.7°		
STA.5+600		(-) 87.8°		
STA.5+700		(-) 88.9°		
STA.5+800		(-) 82.5°		
STA.5+900		(-) 87.7°		

※ [주] 기울기 방향 : (+) 전면측, (-) 배면측

나. 고찰

패널식 보강토 옹벽 전면에서 실시한 기울기 측정결과, 측점 STA.4+941~5+933은 배면방향으로 80~90° 의 기울기가 발생한 것으로 분석되었다. 이는 상태평가 등급 ”a"등급에 해당하는 것으로서, 설계기준(90.0°)에 전반적으로 근접함에 따라 양호한 상태인 것으로 판단된다.

STA.5+100 기울기 측정

STA.5+200 기울기 측정

<그림 4.3.3> 기울기 측정

4.3.4 재료시험 결과 요약

<표 4.3.4> 재료시험 결과 요약

<table>
<tr><th>종 류</th><th colspan="8">결 과</th><th>검 토</th></tr>
<tr><td rowspan="23">콘크리트 강도 시험</td><td colspan="2" rowspan="2">측정위치</td><td colspan="2">측정강도(A)</td><td rowspan="2">설계기준 강도(B)</td><td colspan="2">A/B*100(%)</td><td rowspan="2">비고</td><td rowspan="23">■ 양호함</td></tr>
<tr><td>권영웅외</td><td>과학기술부</td><td>권영웅외</td><td>과학기술부</td></tr>
<tr><td rowspan="21">패널식옹벽 (상주 방향)</td><td>STA.4+950</td><td>30.3</td><td>30.4</td><td rowspan="21">30.0</td><td>101.0</td><td>101.3</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+000</td><td>31.0</td><td>31.5</td><td>103.3</td><td>105.0</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+050</td><td>31.0</td><td>32.3</td><td>103.3</td><td>107.7</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+100</td><td>33.5</td><td>32.4</td><td>11.7</td><td>108.0</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+150</td><td>30.2</td><td>30.0</td><td>100.7</td><td>100.0</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+200</td><td>31.0</td><td>30.8</td><td>103.3</td><td>102.7</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+250</td><td>31.7</td><td>30.6</td><td>105.7</td><td>102.0</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+300</td><td>31.0</td><td>30.7</td><td>103.3</td><td>102.3</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+350</td><td>30.0</td><td>30.5</td><td>100.0</td><td>101.7</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+400</td><td>33.7</td><td>32.4</td><td>112.3</td><td>108.0</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+450</td><td>30.0</td><td>30.3</td><td>100.0</td><td>101.0</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+500</td><td>31.0</td><td>31.7</td><td>103.3</td><td>105.7</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+550</td><td>30.4</td><td>31.6</td><td>101.3</td><td>105.3</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+600</td><td>31.7</td><td>31.9</td><td>105.7</td><td>106.3</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+650</td><td>31.0</td><td>31.7</td><td>103.3</td><td>105.7</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+700</td><td>31.2</td><td>30.7</td><td>104.0</td><td>102.3</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+750</td><td>31.2</td><td>31.4</td><td>104.0</td><td>104.7</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+800</td><td>30.1</td><td>31.6</td><td>100.3</td><td>105.3</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+840</td><td>31.4</td><td>31.2</td><td>104.7</td><td>104.0</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+880</td><td>31.7</td><td>32.0</td><td>105.7</td><td>106.7</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+920</td><td>30.7</td><td>30.4</td><td>102.3</td><td>101.3</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="12">기울기</td><td colspan="2">측정지점</td><td colspan="2">측정치</td><td colspan="2">설계기준</td><td colspan="2">비 고</td><td rowspan="12">■ 양호함</td></tr>
<tr><td>STA.5+000</td><td rowspan="11">전면</td><td colspan="2">(-) 87.3°</td><td colspan="2" rowspan="11">90.0°</td><td colspan="2" rowspan="11"></td></tr>
<tr><td>STA.5+100</td><td colspan="2">(-) 88.7°</td></tr>
<tr><td>STA.5+200</td><td colspan="2">(-) 88.2°</td></tr>
<tr><td>STA.5+300</td><td colspan="2">(-) 84.6°</td></tr>
<tr><td>STA.5+400</td><td colspan="2">(-) 88.6°</td></tr>
<tr><td>STA.5+500</td><td colspan="2">(-) 87.7°</td></tr>
<tr><td>STA.5+600</td><td colspan="2">(-) 87.8°</td></tr>
<tr><td>STA.5+700</td><td colspan="2">(-) 88.9°</td></tr>
<tr><td>STA.5+800</td><td colspan="2">(-) 82.5°</td></tr>
<tr><td>STA.5+900</td><td colspan="2">(-) 87.7°</td></tr>
</table>

4.4 시설물의 상태평가

4.4.1 개 요

상태평가는 객관적인 손상정도의 판단기준 제공 및 효율적인 유지관리를 위해 한국시설안전공단에서 제정한 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침-옹벽(2012.12)”을 기준으로 하였다.

4.4.2 상태평가 결과

<표 4.4.1> 상태평가 결과

Sta. No	침하	계획선형오차	활동	세굴	파손, 손상 및 균열	이격	유실	진행성변형	주변영향인자				결함점수합계	평가단위결함지수	평가단위평가결과
									배수시설	사면상태					
										사면구배	낙석흔적	침출수			
4+940~4+990	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03	a
4+990~5+040	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
5+040~5+090	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	a
5+090~5+140	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03	a
5+140~5+190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	a
5+190~5+240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	a
5+240~5+290	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
5+290~5+340	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
5+340~5+390	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
5+390~5+440	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0.06	a
5+440~5+490	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
5+490~5+540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	a
5+540~5+590	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
5+590~5+640	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
5+640~5+690	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	a
5+690~5+740	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	a
5+740~5+790	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	a
5+790~5+840	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
5+840~5+890	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
5+890~5+932	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	a
평 균	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0.5	0	0	0	13	0.02	a
										상태평가 결과					A

본 과업대상 구조물인 옹벽에 대한 상태평가 결과, 결함지수는 0.02로서 상태평가 등급은 “A”등급(0 < x < 0.15)의 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다.

4.5 안전성 검토

설계기준 안전율과 설계방법은「건설공사 보강토 옹벽 설계, 시공 및 유지관리 잠정지침 (2010.10)_국토해양부」을 기본으로 하며, 도로 등 시설물별로 보다 엄격한 기준을 적용해야 할 경우에는「도로설계편람」등 해당 분야 하위기준에 명시된 기준을 적용한다.

본 과업대상 구간인 STA.4+941.000 ~ 5+933.000 패널식 보강토 옹벽에 대한 구조계산서를 검토한 결과는 다음과 같다.

4.5.1 설계조건

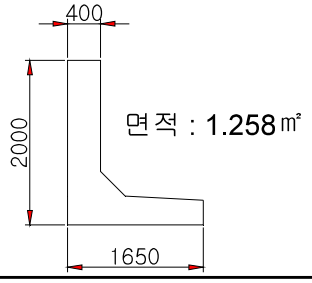
가. 토질정수

구 분	단위중량 γ_t (kN/m3)	내부마찰각 ϕ (deg)	점착력 c (kPa)	비 고
보강토 구간	19	30	-	
일 반 구 간	19	30	-	
기 초 지 반	19	28	0	

나. 하중조건

1) 차량하중(활하중) : 1.30 ton/㎡ (13.0 kPa)

차도에 적용 됨으로 인접하중 13kPa을 활하중으로 적용 하였음.

상부 옹벽 (파라펫 옹벽)	
	· 단위길이(1m)당 하중 값 산정, 가장 큰 하중이 걸리는 옹벽 전면부부터 1m를 적용함.

2) 1.258× 2.5 = 3.145t/㎡

* 3.145t/㎡ × 9.8 = 30.8kpa

파라펫 고정하중 적용값 : 30.8kpa

다. 설계 내구 년수

1) 영구 구조물 : 100년

라. 사용재료 규격

구 분	규 격	비 고
전면(Panel) 보강재	1.5m × 1.5m × 0.14m	압축강도(σck = 300kg/㎠)
	OMAGA A: 20.0kN	인장강도 20.0kN(폭 50mm)
	OMAGA B: 37.5kN	인장강도 37.5kN(폭 50mm)
	OMAGA C: 50.0kN	인장강도 50.0kN(폭 50mm)
	OMAGA D: 75.0kN	인장강도 75.0kN(폭 50mm)

마. 기준안전율

구 분		외 적 안 정			내 적 안 정	
		지 지 력	활 동	전 도	파단	인발파괴
기 준 안전율	평상시	2.5	1.5	2.0	1.5	1.5
	지진시	2.0	1.1	1.5	1.1	1.1

바. 내진해석

1) 구역계수(경상남도) : 0.11

2) 위험도계수 : 1.40(재현주기 1000년)

3) 설계 지반가속도 = 0.11 * 1.40 =0.154

4.5.2 설계조건

가. 토질특성

구 분	점착력	내부 마찰력	단위 중량
보강토체	N/A	30.0	19.0
배면흙	N/A	30.0	19.0
기초지반	0.0	30.0	19.0

나. 보강재의 특성 ; 섬유보강재

이름	극한인장력 (kN/ea)	감소계수			허용인장력 (kN/ea)	보강재 폭 (m)
		RFd	$RFid$	$RFcr$		
50kN	50.0	1.0	1.0	2.0	25.0	0.09
100kN	100.0	1.0	1.0	2.0	50.0	0.09

※ 허용인장력 = 극한인장력 / ($RFd \times RFid \times RFcr$)

다. 전면판의 특성

가로 x 세로 1.5 x 15 m, 두께 18 cm의 콘크리트 전면판

4.5.3 보강재 설계기준

가. 파단에 대한 안정성 평가

1) 설계안전율(FS): 1.50(평상시)

2) 섬유보강재의 Creep에대한 감소계수(RFc) : 1.6

3) 시공시 손상에 대한 감소계수(RFid) : 1.1

4) 내구성에 대한 감소계수 (RFd) : 1.1

따라서 총 감소계수 = 1.6* 1.1 * 1.1 = 1.936

5) 보강재별 설계인장강도(구조계산서 상에 Fy로 명기됨)

사용보강재가 Strip형태로 왕복 2가닥 소요됨

20.0kN : 20kN * 2ea /1.936 = 20.7kN

보강재 단면적을 편의상 1㎠로 하였을시 20.7kN/1㎠ =207MPa

37.5kN : 37.5kN * 2ea /1.936= 38.7kN

보강재 단면적을 편의상 1㎠로 하였을시 38.7kN/1㎠ =387MPa

50.0kN : 50.0kN * 2ea /1.936= 51.7kN

보강재 단면적을 편의상 1㎠로 하였을시 51.7kN/1㎠ =517MPa

75.0kN : 75.0kN * 2ea /1.936= 77.5kN

보강재 단면적을 편의상 1㎠로 하였을시 77.5kN/1㎠ =775MPa

나. 보강재길이

1) 직사각형 형태 배치시 : L = 0.7H(옹벽고)

2) 사다리꼴 형태 배치시 : 옹벽 상단부 L = 0.7H

옹벽 하단부 L = 0.4H(3.0m이상)

※ 토목섬유보강재의 장기인장강도 및 감소계수 산정 근거

건설공사 보강토 옹벽 설계.시공 및 유지관리 잠정 지침 (2010.10.)

RF_{CR}: 크리프 감소계수. 일반적인 값은 다음과 같음

폴리머 종류	크리프 감소계수
폴리에스테르(PET)	2.5 ~ 1.6
폴리프로필렌(PP)	5.0 ~ 4.0
폴리에틸렌 (PE)	5.0 ~ 2.5

RF_D : 내구성 감소계수, 일반적으로 1.1 ~ 2.0의 값이 사용됨

RF_{ID} : 시공성 감소계수, 일반적으로 1.1 ~ 3.0의 값이 사용됨

4.5.4 구조계산결과

해석결과에 따른 안전율의 최소값을 요약하면 다음과 같다.

가. 상시

단 면	옹벽고 (m)	상재 성토 높이 (m)	보강재길이 (m)		외 적 안 정			내 적 안 정		원호 활동 >1.50
			0.7H 이상	설계 L	지지력 >2.50	활동 >1.50	전도 >2.00	파 단 >1.50	인발 >1.50	
H=5.420	5.420	2.13	3.794	4.60	3.03	1.601	2.92	1.516	2.968	1.681
H=6.730	6.730	2.23	4.711	5.80	3.32	1.729	3.26	1.544	2.934	1.678
H=6.920	6.920	2.11	4.844	5.90	3.35	1.762	3.32	1.515	2.977	1.686
H=8.980	8.980	2.30	6.286	7.40	3.33	1.844	3.45	1.500	2.965	1.651
H=12.170	12.170	2.15	8.519	9.40	3.14	1.921	3.52	1.541	3.020	1.627
H=8.420	8.420	2.50	5.894	7.00	3.22	1.772	3.28	1.618	3.161	1.638
H=11.605	11.605	2.40	8.124	9.10	3.23	1.866	3.46	1.534	2.984	1.613
H=5.980	5.980	2.50	4.186	5.20	3.08	1.599	2.91	1.565	2.955	1.648
H=12.670	12.670	2.50	8.869	9.90	3.20	1.900	3.51	1.545	3.163	1.611
H=5.795	5.795	2.50	4.057	4.90	3.06	1.604	2.95	1.621	2.897	1.637

나. 지진시

단 면	옹벽고 (m)	상재 성토 높이 (m)	보강재길이 (m)		외 적 안 정			내 적 안 정		원호 활동 >1.10
			0.7H 이상	설계 L	지지력 >2.00	활동 >1.10	전도 >1.50	파 단 >1.00	인발 >1.10	
H=5.420	5.420	2.13	3.794	4.60	2.05	1.263	2.19	1.306	2.032	1.462
H=6.730	6.730	2.23	4.711	5.80	2.28	1.341	2.37	1.321	2.005	1.458
H=6.920	6.920	2.11	4.844	5.90	2.31	1.361	2.40	1.291	2.023	1.464
H=8.980	8.980	2.30	6.286	7.40	2.18	1.381	2.33	1.139	2.019	1.433
H=12.170	12.170	2.15	8.519	9.40	2.02	1.421	2.32	1.251	2.033	1.416
H=8.420	8.420	2.50	5.894	7.00	2.11	1.337	2.27	1.361	2.127	1.427
H=11.605	11.605	2.40	8.124	9.10	2.08	1.387	2.30	1.296	2.013	1.405
H=5.980	5.980	2.50	4.186	5.20	2.09	1.262	2.20	1.306	2.022	1.436
H=12.670	12.670	2.50	8.869	9.90	2.05	1.406	2.31	1.312	2.131	1.403
H=5.795	5.795	2.50	4.057	4.90	2.05	1.260	2.19	1.399	1.993	1.426

※ 내적안정에 대한 결과는 보강재 Layer별로 최소값을 적용

4.5.5 고찰

패널식 보강토 옹벽에 대한 구조계산 결과를 검토한 결과, 각각의 계산치가 기준치를 상회하는 것으로 분석됨에 따라, 본 과업 대상 구조물은 안전성을 확보하고 있는 것으로 사료되어 안전성평가 결과는 “A등급”으로 산정 되었다

4.6 종합평가 및 안전등급 지정

4.6.1 종합평가

종합평가 등급은 외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정 한다.

종합평가등급 = Min(상태평가등급, 안전성평가등급)

평가구분	옹벽 결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.02	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.02	A	
종합평가 결과	옹벽의 종합평가 결과 “A"		

4.6.2 안전등급

패널식 보강토 옹벽에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

안전등급	시설물의 상태
A(우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B(양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C(보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D(미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E(불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

4.7 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 효령면 화계리 ~ 부계리 일원에 위치한 패널식 보강토 옹벽으로서 연장은 상주방향 L=977.0m, 노출높이 H=2.0~9.1m 로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.
2) 외관 조사 결과 패널식 보강토 옹벽의 전면 블록과 상부의 종배수로 시공상태는 전반적으로 양호한 상태로서, 일부 구간에 균열 및 박리가 발생한 것으로 관찰되었으며, 관찰된 손상은 시공중 기계협착 및 편하중·편토압 등에 의한 비 구조적인 손상으로 확인되었다.
3) 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안전성은 양호한 것으로 판단된다.
4) 상태평가와 안정성평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 패널식 보강토 옹벽은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다
5) 향후 옹벽의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

제 5 장 옹벽(STA.4+934~5+103)

5.1 시설물 현황

5.2 외관조사

5.3 재료시험

5.4 시설물의 상태평가

5.5 안전성검토

5.6 종합평가 및 안전등급 지정

5.7 종합결론

제 5 장 옹벽(STA.4+934~5+103)

5.1 시설물 현황

5.1.1 개요

본 시설물은 경상북도 군위군 효령면 일원에 위치한 패널식 보강토 옹벽으로서 연장은 상주방향 L=155.0m, 노출높이 H=4.0~12.0m 로 구성되어 있다.

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 옹벽부재 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다.

본 시설물의 최고 노출높이는 약 12.0m이며, 옹벽 전면과 상단을 각각 보행하여 조사를 실시하였다.

<옹벽 시점부 전경>

<옹벽 종점부 전경>

<옹벽 상면 전경>

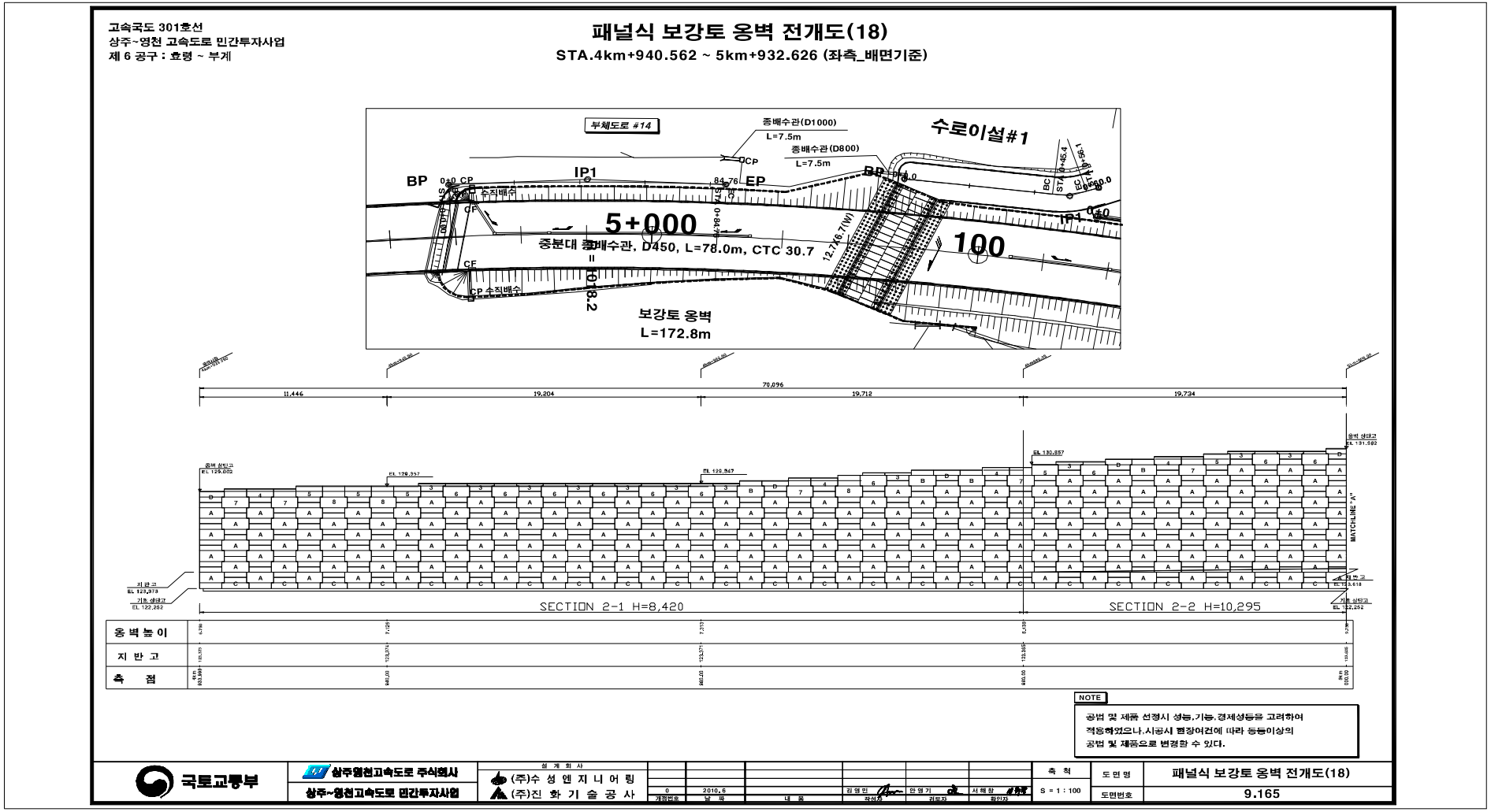
<옹벽 상면 전경>

<표 5.1.1> 대상구조물 현황표

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="2">-</td><td>관리번호</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="2">STA.4+934~5+103, 영천
(패널식 보강토옹벽)</td><td>시설물 구분</td><td colspan="2">옹벽</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="4">경상북도 군위군 효령면 화계리 1096-3 외</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위 치</td><td>구 분</td><td colspan="3">영천방향</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="3">4+934.000</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="3">5+103.000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>옹벽형식</td><td colspan="4">패널식 보강토 옹벽</td></tr>
<tr><td>연 장</td><td>155.0m</td><td>지면노출높이(m)</td><td colspan="2">4.0~12.0m</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="2">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>주변환경</td><td colspan="5">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td>2017년 06월</td><td>시공자</td><td colspan="2">(주)GS건설</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="4">수로암거</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="5">-</td></tr>
</table>

5.1.2 관련도면

가. 패널식 보강토 옹벽(영천방향)



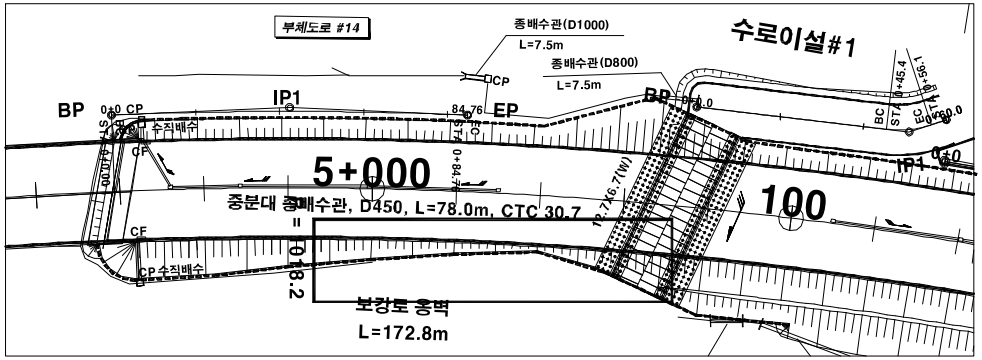
<그림 5.1.1> 패널식 보강토 옹벽 전개도1

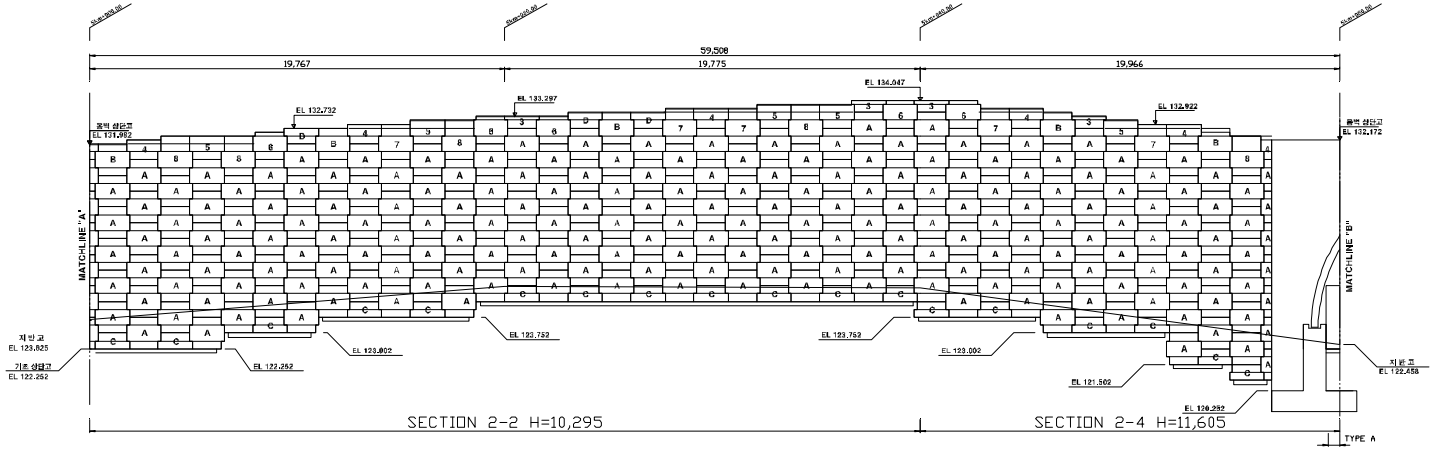
고속국도 301호선
상주~영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 호령 ~ 부계

패널식 보강토 옹벽 전개도(19)

STA.4km+940.562 ~ 5km+932.626 (좌측_배면기준)

NOTE
공법 및 제품 선정시 성능,기능,경제성등을 고려하여 적용하였으나,시공시 현장여건에 따라 동등이상의 공법 및 제품으로 변경할 수 있다.





옹벽높이	9.730	8.810	10.310	4.335
지반고	125.035	125.309	125.154	122.458
측점	940.00	960.00	980.00	980.00

국토교통부	상주영천고속도로 주식회사 / 상주~영천고속도로 민간투자사업	설계회사: (주)수성엔지니어링, (주)진화기술공사	0	2010.6		김영민	안영기	서해창	축척 S = 1 : 100	도면명: 패널식 보강토 옹벽 전개도(19)
			개정번호	날짜	내용	작성자	검토자	확인자		도면번호: 9.166

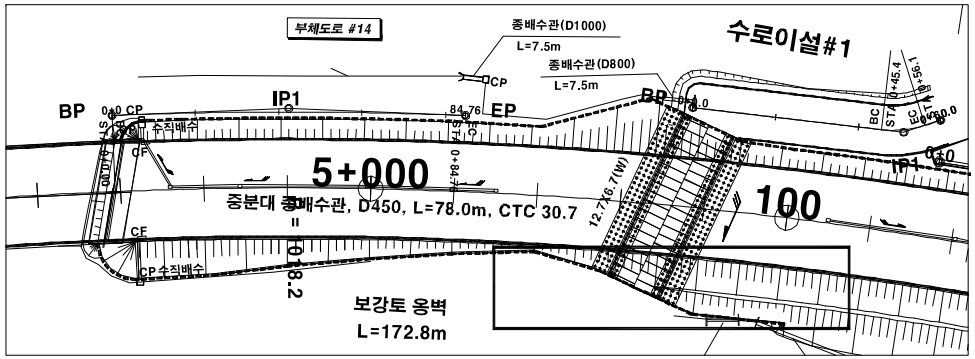
<그림 5.1.2> 패널식 보강토 옹벽 전개도2

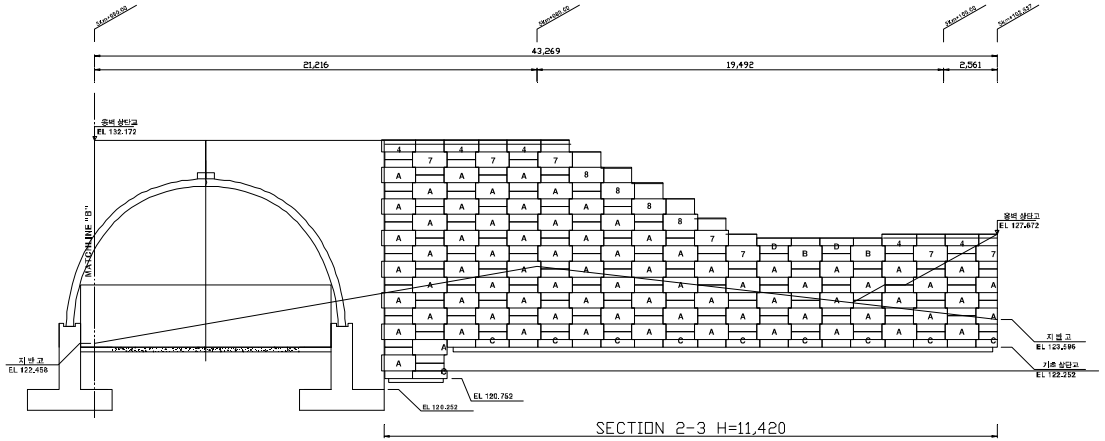
고속국도 301호선
상주~영천 고속도로 민간투자사업
제 6 공구 : 효령 ~ 부계

패널식 보강토 옹벽 전개도(20)

STA.4km+940.562 ~ 5km+932.626 (좌측_배면기준)

NOTE
공법 및 제품 선정시 성능,기능,경제성등을 고려하여 적용하였으나,시공시 현상여건에 따라 동등이상의 공법 및 제품으로 변경할 수 있다.





옹벽높이	4.353	9.938	5.128
지 반 고	122.458	123.196	123.398
측 점	940.00	960.00	982.877

국토교통부	상주영천고속도로 주식회사	설계회사							축 척	도면명	패널식 보강토 옹벽 전개도(20)
	상주~영천고속도로 민간투자사업	(주)수 성 엔 지 니 어 링									
		(주)진 화 기 술 공 사	0	2010.6		김영민	안영기	서해창	S = 1 : 100	도면번호	9.167
			개정번호	날 짜	내 용	작성자	검토자	확인자			

<그림 5.1.3> 패널식 보강토 옹벽 전개도3

5.2 외관조사

5.2.1 패널식 보강토 옹벽 상세외관조사

가. 옹벽

1) 시공 현황

옹벽은 패널식 보강토 옹벽으로 이루어져 있으며, 연장 L = 155.0m, 노출높이 H = 4.0~12.0m로 시공된 것으로 조사되었다.

2) 외관조사 결과

① 옹벽 블록 시공상태는 균열이나 파손, 박리 등이 없는 전반적으로 양호한 상태였으나, 노출된 기초 일부 구간에 균열(0.3㎜이상 : 1ea)과 식생(2ea)이 발생한 것으로 조사되었다.

② 관찰된 기초 균열은 건조수축 및 온도변화 등에 의한 비 구조적인 손상으로서 구조물의 안정성에 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 판단된다.

③ 패널의 규격은 A형 B1.5m×H1.5m로 측정되어 설계도면과 유사하게 시공된 것으로 확인되었다.

구분	손상내용	손상규모 (규모/개소)	단위	비고
패널식 보강토 옹벽 전면	기초부 균열(0.3㎜이상)	0.3/1	m/ea	
	식 생	2	ea	

나. 배수시설

1) 시공 현황

패널식 보강토 옹벽내 배수시설은 자연배수식인 것으로 조사되었다.

2) 외관조사 결과

옹벽 상단의 시공상태는 경사, 소단폭 등이 설계도면과 유사한 상태였으나, 블록 배면 일부구간에 다짐이 부족한 구간이 확인되었으며, 우기시 옹벽 하단부로 낙석이 떨어지지 않도록 정비가 필요할 것으로 판단된다.

옹벽 전경

옹벽 전면 전경

옹벽 패널 시공 상태(양호)

STA. 5+070 통로암거 시공 전경

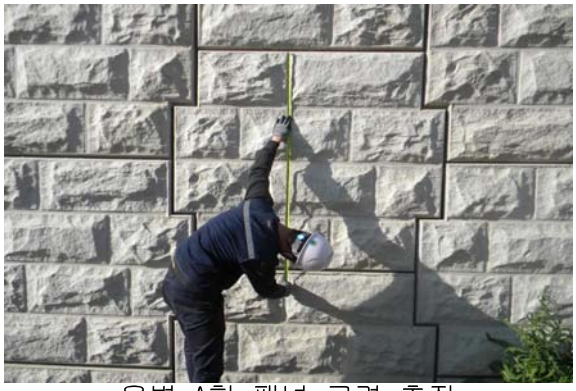
STA. 5+020 기초
균열(CW=0.3㎜,L=0.3m상태

STA. 5+092 A형 패널 식생(2ea)상태

STA. 4+934 옹벽 전면 높이 측정(H=4.6m)

STA. 5+034 옹벽 전면 높이 측정(H=10.0m)

옹벽 A형 패널 규격 측정



옹벽 A형 패널 규격 측정

옹벽 상부 전경

옹벽 상부 전경

상부 다짐 부족구간 상태

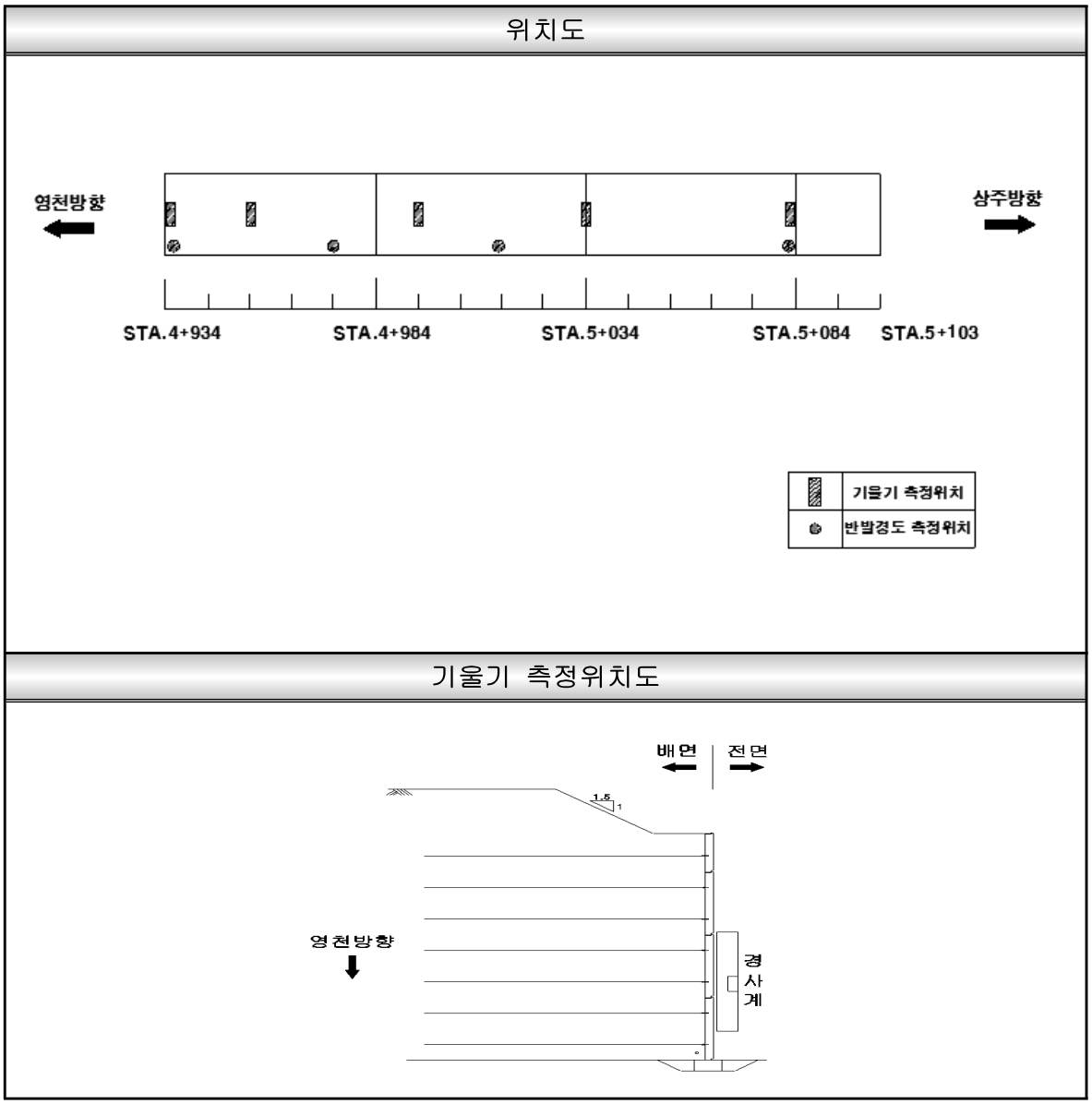
상부 낙석 우려 구간 상태

5.3 재료 시험

5.3.1 재료 시험 현황

본 과업에서는 대상 구조물의 구조부재에 대해 콘크리트 품질상태와 압축강도를 파악하기 위하여 반발경도시험을 수행하여 콘크리트의 품질 및 내구성을 평가하였고, 구조물의 수평 변위 여부를 측정하기 위하여 패널식 보강토 옹벽 전면부에 대하여 기울기를 측정하였으며, 그결과는 다음과 같다.

5.3.2 위치도



<그림 5.3.1> 기울기 및 반발경도 측정 위치

5.3.3 콘크리트 강도 시험

가. 반발경도법에 의한 압축강도 측정

<표 5.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정

측정위치		평균치	신뢰 범위	재평균 (R)	타격 각도 (°)	보정치 (ΔR)	보정 경도 (R_0)	압축강도 (MPa)		재령 계수 (α)	보정 압축강도 (MPa)		비고
								권영웅 외	과학기술부		권영웅 외	과학기술부	
패널식 옹벽 (영천 방향)	STA.4+935	33.2	26.5~39.8	33.2	0.0	0.0	33.2	46.3	45.9	0.67	31.0	30.8	
	STA.4+975	41.0	32.8~49.2	42.0	0.0	0.0	42.0	46.4	45.7	0.67	31.1	30.6	
	STA.5+014	38.2	30.5~45.8	39.7	0.0	0.0	39.7	47.2	46.8	0.67	31.6	31.4	
	STA.5+080	37.2	29.7~44.6	37.7	0.0	0.0	37.7	45.1	46.8	0.70	31.6	32.8	
평 균											31.3	31.4	

나. 반발경도법에 의한 압축강도 평가 및 고찰

1) 압축강도 평가

<표 5.3.2> 반발경도법에 의한 압축강도 평가

측정위치		측정강도(A)		설계기준강도(B)	A/B*100(%)		비 고
		권영웅외	과학기술부		권영웅외	과학기술부	
패널식 옹벽 (영천 방향)	STA.4+950	31.0	30.8	30.0	103.3	102.7	
	STA.5+000	31.1	30.6		103.7	102.0	
	STA.5+050	31.6	31.4		105.3	104.7	
	STA.5+100	31.6	32.8		105.3	109.3	

2) 고찰

반발경도 측정은 표면에서 시행하였으며, 고강도식(권영웅외식, 과학기술부식)을 이용하여 반발경도법에 의한 압축강도 측정치를 분석한 결과, 영천방향 30.6 ~ 32.8 MPa로 측정되었다.

이는 측정치가 설계기준 강도(30.0MPa)를 대부분 상회하는 것으로 나타나 패널식 보강토 옹벽 블록의 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

다. 측정 사진

STA.4+935 전면부 반발경도 측정	STA.5+014 전면부 반발경도 측정

<그림 5.3.2> 반발경도 측정

라. 기울기 측정 결과

<표 5.3.3> 기울기 측정 결과

단위(㎜)

측정지점		측정치	설계기준	비 고
STA.4+934	전면	(-) 89.0°	90.0°	
STA.4+955		(-) 88.0°		
STA.4+994		(-) 88.0°		
STA.5+034		(-) 86.0°		
STA.5+080		(-) 88.0°		

※ [주] 기울기 방향 : (+) 전면측, (-) 배면측

마. 고찰

패널식 보강토 옹벽 전면에서 실시한 기울기 측정결과, 측점 STA.4+934~5+103은 배면방향으로 86~89° 의 기울기가 발생한 것으로 분석되었다. 이는 상태평가 등급 ” a"등급에 해당하는 것으로서, 설계기준(90.0°)에 전반적으로 근접함에 따라 양호한 상태인 것으로 판단된다.

STA.4+934 기울기 측정

STA.4+994 기울기 측정

<그림 5.3.3> 기울기 측정

5.3.4 재료시험 결과 요약

<표 5.3.4> 재료시험 결과 요약

<table>
<tr><th>종 류</th><th colspan="9">결 과</th><th>검 토</th></tr>
<tr><td rowspan="5">콘크리트 강도 시험</td><td colspan="2" rowspan="2">측정위치</td><td colspan="2">측정강도(A)</td><td rowspan="2">설계기준강도(B)</td><td colspan="2">A/B*100(%)</td><td rowspan="2">비 고</td><td rowspan="5">■ 패널식 보강토 옹벽 블록의 콘크리트 강도는 양호한 상태임</td></tr>
<tr><td>권영웅외</td><td>과학기술부</td><td>권영웅외</td><td>과학기술부</td></tr>
<tr><td rowspan="4">패널식옹벽 (영천방향)</td><td>STA.4+950</td><td>31.0</td><td>30.8</td><td rowspan="4">30.0</td><td>103.3</td><td>102.7</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+000</td><td>31.1</td><td>30.6</td><td>103.7</td><td>102.0</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+050</td><td>31.6</td><td>31.4</td><td>105.3</td><td>104.7</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.5+100</td><td>31.6</td><td>32.8</td><td>105.3</td><td>109.3</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">기울기</td><td colspan="2">측정지점</td><td colspan="3">측정치</td><td colspan="2">설계기준</td><td>비 고</td><td rowspan="6">■ 기울기 양호한 상태임</td></tr>
<tr><td>STA.4+934</td><td rowspan="5">전면</td><td colspan="3">(-) 89.0°</td><td colspan="2" rowspan="5">90.0°</td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>STA.4+955</td><td colspan="3">(-) 88.0°</td></tr>
<tr><td>STA.4+994</td><td colspan="3">(-) 88.0°</td></tr>
<tr><td>STA.5+034</td><td colspan="3">(-) 86.0°</td></tr>
<tr><td>STA.5+080</td><td colspan="3">(-) 88.0°</td></tr>
</table>

5.4 시설물의 상태평가

5.4.1 개 요

상태평가는 객관적인 손상정도의 판단기준 제공 및 효율적인 유지관리를 위해 한국시설안전공단에서 제정한 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침-옹벽(2012.12)”을 기준으로 하였다.

5.4.2 상태평가 결과

<표 5.4.1> 상태평가 결과

Sta. No	침하	계획선형오차	활동	세굴	파손, 손상 및 균열	이격	유실	진행성변형	주변영향인자				결함점수합계	평가단위결함지수	평가단위평가결과
									배수시설	사면상태					
										사면구배	낙석흔적	침출수			
4+933~4+953	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
4+953~4+973	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
4+973~4+993	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
4+993~5+013	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
5+013~5+033	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
5+033~5+053	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
5+053~5+073	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
5+073~5+093	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
5+093~5+102	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
평 균	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0	0	0	9	0.03	a
										상태평가 결과					A

본 과업대상 구조물인 옹벽에 대한 상태평가 결과, 결함지수는 0.03로서 상태평가 등급은 “A”등급(0 < x < 0.15)의 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다.

5.5 안전성 검토

설계기준 안전율과 설계방법은「건설공사 보강토 옹벽 설계, 시공 및 유지관리 잠정지침 (2010.10)_국토해양부」을 기본으로 하며, 도로 등 시설물별로 보다 엄격한 기준을 적용해야 할 경우에는「도로설계편람」등 해당 분야 하위기준에 명시된 기준을 적용한다.

본 과업대상 구간인 STA.4+934.000 ~ 5+103.000 패널식 보강토 옹벽에 대한 구조계산서를 검토한 결과는 다음과 같다.

5.5.1 설계조건

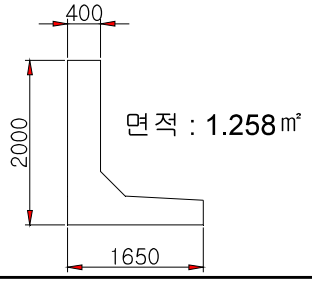
가. 토질정수

구 분	단위중량 γ_t (kN/m3)	내부마찰각 ϕ (deg)	점착력 c (kPa)	비 고
보강토 구간	19	30	-	
일 반 구 간	19	30	-	
기 초 지 반	19	28	0	

나. 하중조건

1) 차량하중(활하중) : 1.30 ton/㎡ (13.0 kPa)

차도에 적용 됨으로 인접하중 13kPa을 활하중으로 적용 하였음.

상부 옹벽 (파라펫 옹벽)	
	· 단위길이(1m)당 하중 값 산정, 가장 큰 하중이 걸리는 옹벽 전면부부터 1m를 적용함.

2) 1.258× 2.5 = 3.145t/㎡

* 3.145t/㎡ × 9.8 = 30.8kpa

파라펫 고정하중 적용값 : 30.8kpa

다. 설계 내구 년수

1) 영구 구조물 : 100년

라. 사용재료 규격

구 분	규 격	비 고
전면(Panel) 보강재	1.5m × 1.5m × 0.14m	압축강도(σck = 300kg/㎠)
	OMAGA A: 20.0kN	인장강도 20.0kN(폭 50mm)
	OMAGA B: 37.5kN	인장강도 37.5kN(폭 50mm)
	OMAGA C: 50.0kN	인장강도 50.0kN(폭 50mm)
	OMAGA D: 75.0kN	인장강도 75.0kN(폭 50mm)

마. 기준안전율

구 분		외 적 안 정			내 적 안 정	
		지 지 력	활 동	전 도	파단	인발파괴
기 준 안전율	평상시	2.5	1.5	2.0	1.5	1.5
	지진시	2.0	1.1	1.5	1.1	1.1

바. 내진해석

1) 구역계수(경상남도) : 0.11

2) 위험도계수 : 1.40(재현주기 1000년)

3) 설계 지반가속도 = 0.11 * 1.40 =0.154

5.5.2 설계조건

가. 토질특성

구 분	점착력	내부 마찰력	단위 중량
보강토체	N/A	30.0	19.0
배면흙	N/A	30.0	19.0
기초지반	0.0	30.0	19.0

나. 보강재의 특성 ; 섬유보강재

이름	극한인장력 (kN/ea)	감소계수			허용인장력 (kN/ea)	보강재 폭 (m)
		RFd	$RFid$	$RFcr$		
50kN	50.0	1.0	1.0	2.0	25.0	0.09
100kN	100.0	1.0	1.0	2.0	50.0	0.09

※ 허용인장력 = 극한인장력 / ($RFd \times RFid \times RFcr$)

다. 전면판의 특성

가로 x 세로 1.5 x 15 m, 두께 18 cm의 콘크리트 전면판

5.5.3 보강재 설계기준

가. 파단에 대한 안정성 평가

1) 설계안전율(FS): 1.50(평상시)

2) 섬유보강재의 Creep에대한 감소계수(RFc) : 1.6

3) 시공시 손상에 대한 감소계수(RFid) : 1.1

4) 내구성에 대한 감소계수 (RFd) : 1.1

따라서 총 감소계수 = 1.6* 1.1 * 1.1 = 1.936

5) 보강재별 설계인장강도(구조계산서 상에 Fy로 명기됨)

사용보강재가 Strip형태로 왕복 2가닥 소요됨

20.0kN : 20kN * 2ea /1.936 = 20.7kN

보강재 단면적을 편의상 1㎠로 하였을시 20.7kN/1㎠ =207MPa

37.5kN : 37.5kN * 2ea /1.936= 38.7kN

보강재 단면적을 편의상 1㎠로 하였을시 38.7kN/1㎠ =387MPa

50.0kN : 50.0kN * 2ea /1.936= 51.7kN

보강재 단면적을 편의상 1㎠로 하였을시 51.7kN/1㎠ =517MPa

75.0kN : 75.0kN * 2ea /1.936= 77.5kN

보강재 단면적을 편의상 1㎠로 하였을시 77.5kN/1㎠ =775MPa

나. 보강재길이

1) 직사각형 형태 배치시 : L = 0.7H(옹벽고)

2) 사다리꼴 형태 배치시 : 옹벽 상단부 L = 0.7H

옹벽 하단부 L = 0.4H(3.0m이상)

※ 토목섬유보강재의 장기인장강도 및 감소계수 산정 근거

건설공사 보강토 옹벽 설계.시공 및 유지관리 잠정 지침 (2010.10.)

RF_{CR}: 크리프 감소계수. 일반적인 값은 다음과 같음

폴리머 종류	크리프 감소계수
폴리에스테르(PET)	2.5 ~ 1.6
폴리프로필렌(PP)	5.0 ~ 4.0
폴리에틸렌 (PE)	5.0 ~ 2.5

RF_D : 내구성 감소계수, 일반적으로 1.1 ~ 2.0의 값이 사용됨

RF_{ID} : 시공성 감소계수, 일반적으로 1.1 ~ 3.0의 값이 사용됨

5.5.4 구조계산결과

해석결과에 따른 안전율의 최소값을 요약하면 다음과 같다.

가. 상시

단 면	옹벽고 (m)	상재성토 높이 (m)	보강재길이 (m)		외 적 안 정			내 적 안 정		원호활동 >1.50
			0.7H 이상	설계 L	지지력 >2.50	활동 >1.50	전도 >2.00	파 단 >1.50	인발 >1.50	
H=5.681	5.681	2.00	3.797	5.00	3.09	1.620	2.89	1.639	3.066	1.709
H=8.230	8.230	2.24	5.761	6.80	3.26	1.799	3.34	1.549	3.050	1.657
H=10.295	10.295	0.50	7.207	7.40	2.99	2.034	3.67	1.522	2.029	1.725
H=11.420	11.420	2.33	7.994	9.00	3.22	1.892	3.50	1.545	3.107	1.625
H=9.355	9.355	2.50	6.549	7.40	3.34	1.844	3.46	1.501	2.965	1.649

나. 지진시

단 면	옹벽고 (m)	상재 성토 높이 (m)	보강재길이 (m)		외 적 안 정			내 적 안 정		원호 활동 >1.10
			0.7H 이상	설계 L	지지력 >2.00	활동 >1.10	전도 >1.50	파 단 >1.00	인발 >1.10	
H=5.681	5.681	2.00	3.797	5.00	2.14	1.281	2.20	1.562	2.117	1.486
H=8.230	8.230	2.24	5.761	6.80	2.17	1.361	2.32	2.066	1.531	1.440
H=10.295	10.295	0.50	7.207	7.40	2.01	1.505	2.42	1.298	1.153	1.489
H=11.420	11.420	2.33	7.994	9.00	2.08	1.404	2.32	1.275	2.096	1.412
H=9.355	9.355	2.50	6.549	7.40	2.18	1.381	2.33	1.142	2.018	1.433

※ 내적안정에 대한 결과는 보강재 Layer별로 최소값을 적용

5.5.5 고찰

패널식 보강토 옹벽에 대한 구조계산 결과를 검토한 결과, 각각의 계산치가 기준치를 상회하는 것으로 분석됨에 따라, 본 과업 대상 구조물은 안전성을 확보하고 있는 것으로 사료되어 안전성평가 결과는 “A등급”으로 산정 되었다

5.6 종합평가 및 안전등급 지정

5.6.1 종합평가

종합평가 등급은 외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정 한다.

종합평가등급 = Min(상태평가등급, 안전성평가등급)

평가구분	옹벽 결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.03	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.03	A	
종합평가 결과	옹벽의 종합평가 결과 “A"		

5.6.2 안전등급

패널식 보강토 옹벽에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

안전등급	시설물의 상태
A(우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B(양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C(보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D(미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E(불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

5.7 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 효령면 일원에 위치한 패널식 보강토 옹벽으로서 연장은 상주방향 L=155.0m(STA.4+934.000~5+103.000), 노출높이 H=4.0~12.0m로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.
2) 외관조사결과 패널식 보강토 옹벽의 전면 블록과 상부 시공상태는 전반적으로 양호한 상태이나, 전면과 상부 일부 구간에 기초 균열과 식생이 발생한 것으로 관찰되었으며, 관찰된 균열은 건조수축 및 온도변화 등에 의한 비구조적인 손상으로 확인되었다.
3) 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안전성은 양호한 것으로 판단된다.
4) 상태평가와 안전성 검토 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 패널식 보강토 옹벽은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다
5) 향후 옹벽의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

제 6 장 옹벽(STA.6+979~7+160)

6.1 시설물 현황

6.2 외관조사

6.3 재료시험

6.4 시설물의 상태평가

6.5 안전성 평가

6.6 종합평가 및 안전등급 지정

6.7 종합결론

제 6 장 옹벽(STA.6+979~7+160)

6.1 시설물 현황

6.1.1 개요

본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 일원에 위치한 블럭식 보강토 옹벽으로서 연장은 상주방향 L=181.000m(STA.6+979 ~ 7+160), 노출높이 H=1.7~9.3m 로 구성되어 있다.

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 옹벽부재 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다.

본 시설물의 최고 노출높이는 약 9.3m이며, 옹벽 전면과 상단을 각각 보행하여 조사를 실시하였다.

<옹벽 전경>

<옹벽 전경>

<옹벽 상면 전경>

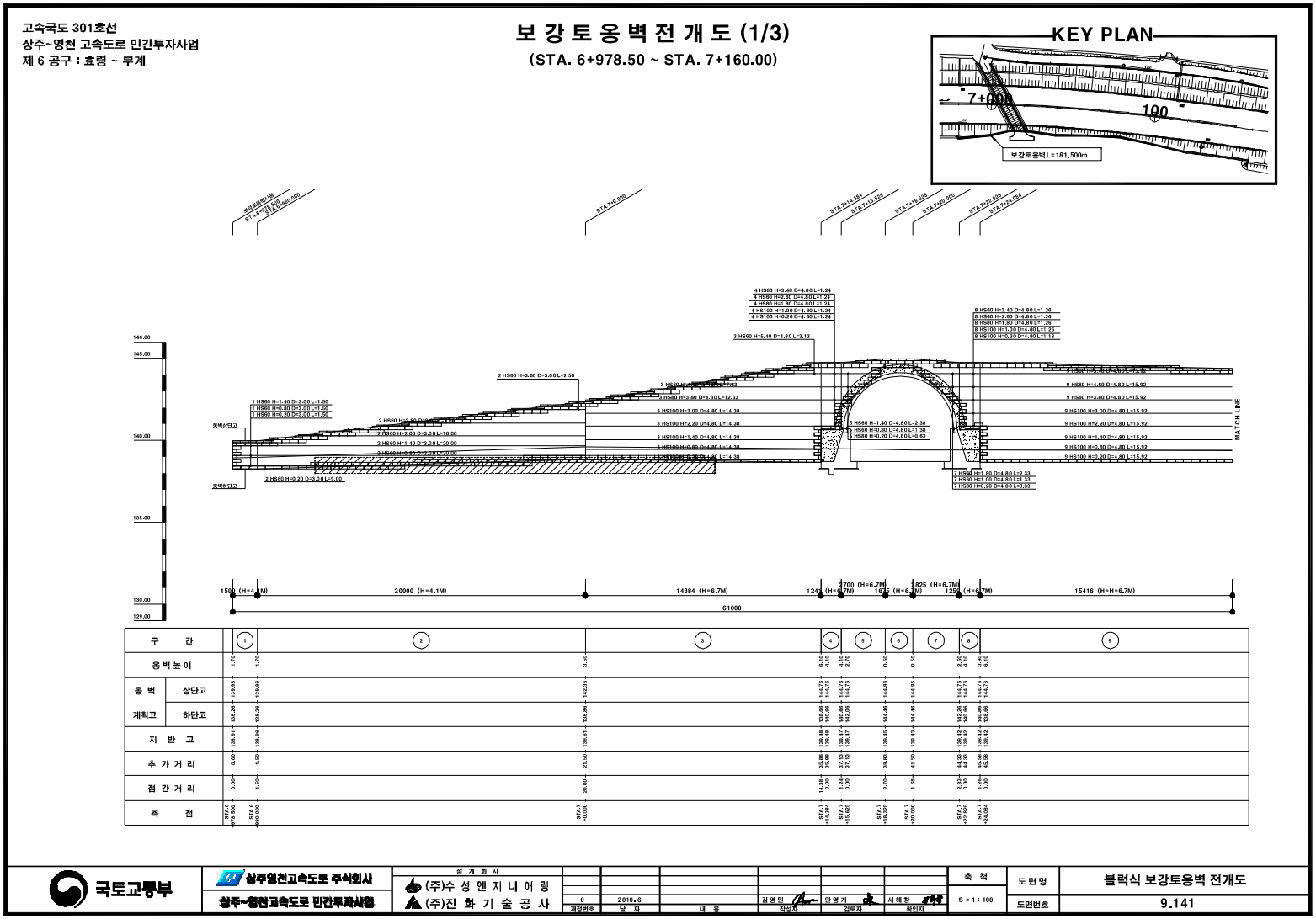
<옹벽 상면 전경>

<표 6.1.1> 대상구조물 현황표

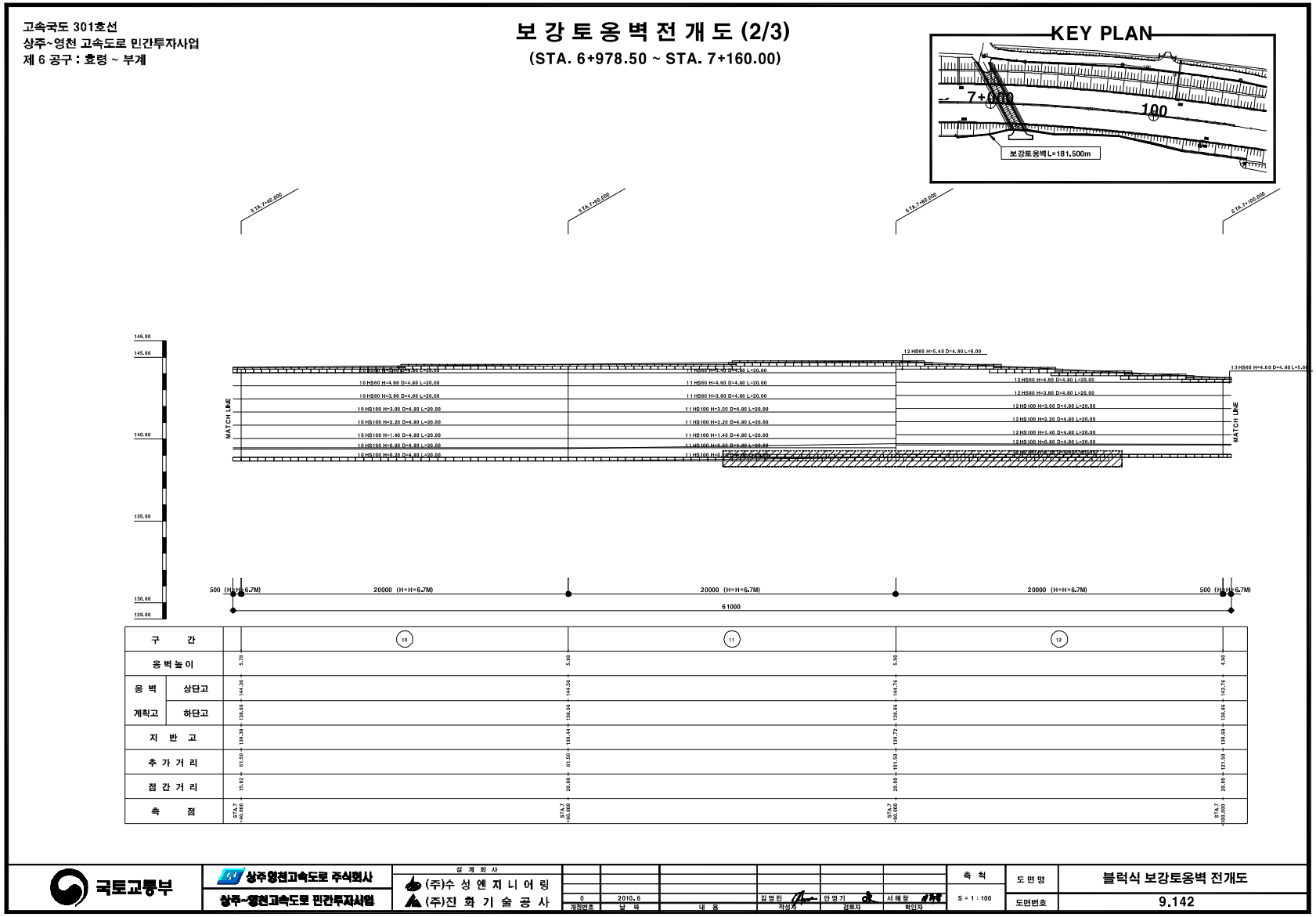
<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="2">-</td><td>관리번호</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="2">STA.6+979~7+160, 영천
(블럭식 보강토옹벽)</td><td>시설물 구분</td><td colspan="2">옹벽</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="4">경상북도 군위군 부계면 창평리 1565-1 외</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위 치</td><td>구 분</td><td colspan="3">영천방향</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="3">6+978.500</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="3">7+160.000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>옹벽형식</td><td colspan="4">블록식 보강토 옹벽</td></tr>
<tr><td>연 장</td><td>181.000m</td><td>지면노출높이(m)</td><td colspan="2">1.7~9.3m</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="2">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>주변환경</td><td colspan="5">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td>2017년 06월</td><td>시공자</td><td colspan="2">(주)GS건설</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="4">통로암거</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="5">-</td></tr>
</table>

6.1.2 관련도면

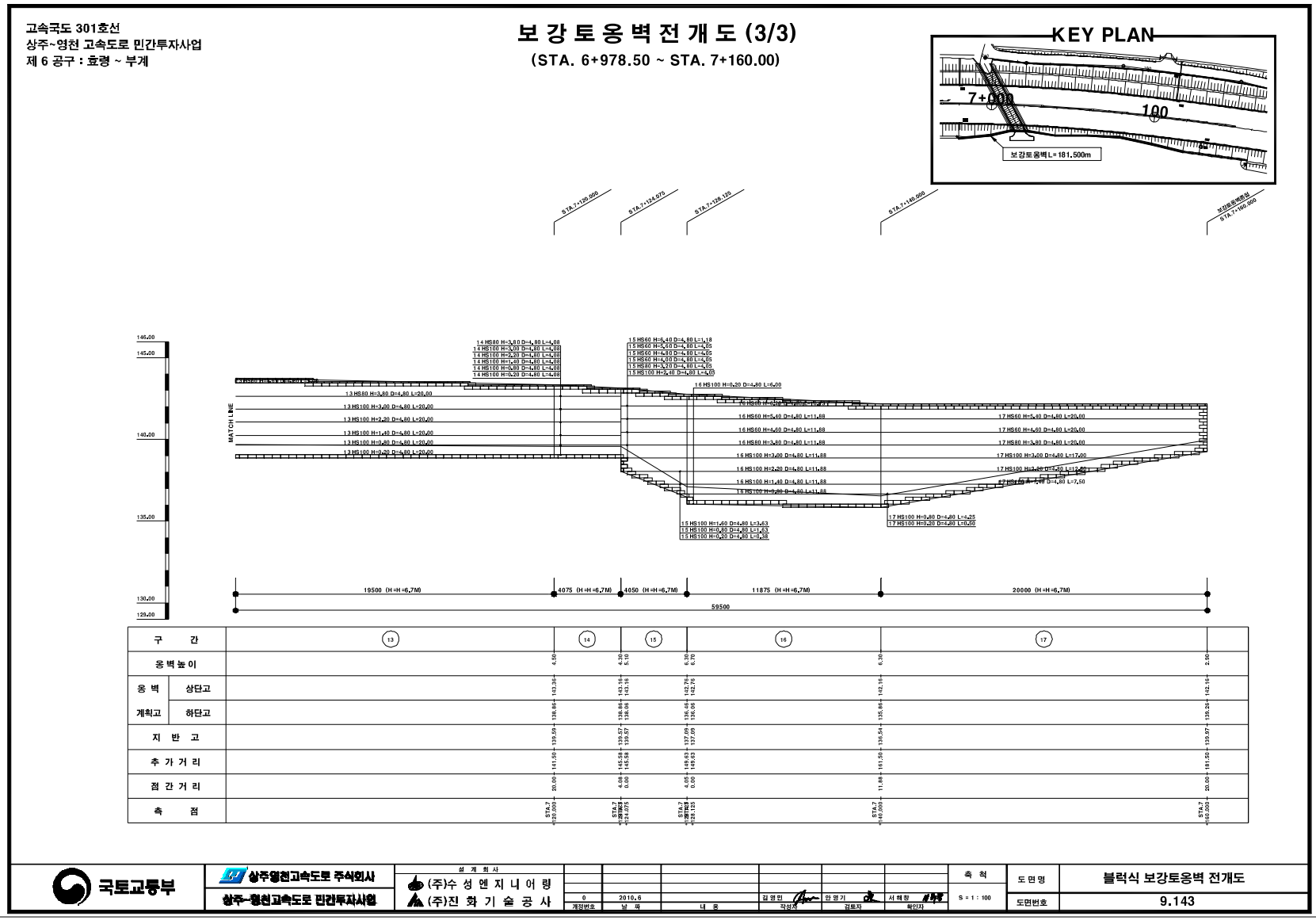
가. 보강토 옹벽(영천)



<그림 6.1.1> 보강토 옹벽 전개도1



<그림 6.1.2> 보강토 옹벽 전개도2



<그림 6.1.3> 보강토 옹벽 전개도3

6.2 외관조사

6.2.1 보강토 옹벽 상세외관조사

가. 옹벽

1) 시공 현황

옹벽은 블럭식 보강토 옹벽으로 이루어져 있으며, 연장 L = 181.000m, 노출높이 H = 1.7~9.3m로 시공된 것으로 조사되었다.

2) 외관조사 결과

① 옹벽은 전반적으로 양호한 상태로서, 일부 구간에 균열(0.3㎜미만 : 2ea)과 블록 사이에 15~35㎜의 이격이 발생한 것으로 조사되었다.

② 관찰된 균열은 옹벽 시공중에 발생된 비 구조적인 손상으로서 구조물의 안정성에 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 판단된다.

③ 블록의 규격은 A형 B500㎜×H200㎜로 측정되어 설계도면과 유사하게 시공된 것으로 확인되었다.

구분	손상내용	손상규모 (규모/개소)	단위	비고
블럭식 보강토 옹벽 전면	균열(0.3㎜미만)	0.4/2	m/ea	
	이 격	15~35/4	㎜/ea	

나. 배수시설

1) 시공 현황

블록식 보강토 옹벽내 배수시설은 자연배수식인 것으로 조사되었다.

2) 외관조사 결과

보강토 옹벽 상단의 시공상태는 사면의 경사, 식생상태, 성토, 다짐 등이 적절하게 시공된 상태로서 자연배수의 흐름에 영향을 미칠만한 사항은 발생하지 않은 것으로 조사되었으나, 종점부 일부구간은 낙석에 대비하여 자갈 등을 정비할 필요가 있는 것으로 판단된다.

옹벽 시점 전경

옹벽 종점 전경

블록 시공 상태

블록 시공 상태

STA. 7+042 블록
균열(CW=0.2㎜,L=0.2m)상태

STA. 7+045 블록
균열(CW=0.2㎜,L=0.2m)상태

STA. 6+980 블록간 이격(32㎜)상태

STA. 6+985 블록간 이격(18㎜)상태

STA. 7+015 옹벽 전면 높이 측정(H=5.6m)

STA. 7+080 옹벽 전면 높이 측정(H=5.9m)

옹벽 상부 전경

옹벽 상부 전경

옹벽 종점부 상부 정리 필요 상태

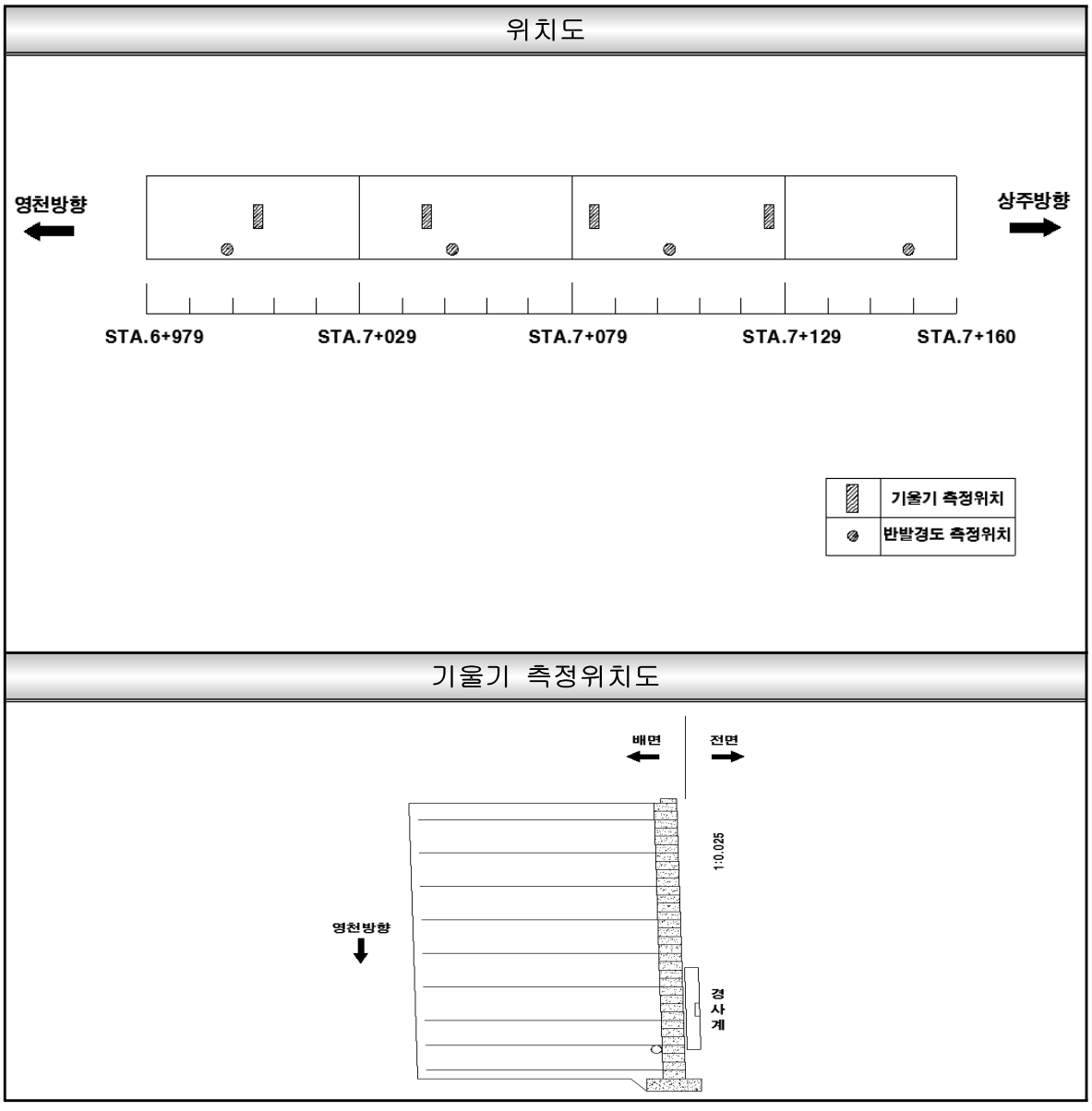
옹벽 종점부 상부 정리 필요 상태

6.3 재료 시험

6.3.1 재료 시험 현황

본 과업에서는 대상 구조물의 구조부재에 대해 콘크리트 품질상태와 압축강도를 파악하기 위하여 반발경도시험을 수행하여 콘크리트의 품질 및 내구성을 평가하였고, 구조물의 수평 변위 여부를 측정하기 위하여 블럭식 보강토 옹벽 전면부에 대하여 기울기를 측정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

6.3.2 위치도



<그림 6.3.1> 기울기 및 반발경도 측정 위치

6.3.3 콘크리트 강도 시험

가. 반발경도법에 의한 압축강도 측정

<표 6.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정

측정위치		평균치	신뢰 범위	재평균 (R)	타격 각도 (°)	보정치 (ΔR)	보정 경도 (R_0)	압축강도 (MPa)		재령 계수 (α)	보정 압축강도 (MPa)		비고
								권영웅외	과학기술부		권영웅외	과학기술부	
블럭식 옹벽 (영천 방향)	STA.6+990	26.7	21.4~32.1	26.1	0.0	0.0	26.1	43.0	43.2	0.67	28.8	28.9	
	STA.7+050	24.2	19.3~29.0	23.8	0.0	0.0	23.8	42.8	41.9	0.67	28.7	28.1	
	STA.7+100	23.8	19.0~28.5	24.1	0.0	0.0	24.1	43.1	42.5	0.67	28.9	28.5	
	STA.7+155	20.9	16.7~25.1	20.4	0.0	0.0	20.4	43.0	42.4	0.67	28.8	28.4	
평 균											28.8	28.5	

나. 반발경도법에 의한 압축강도 평가 및 고찰42

1) 압축강도 평가

<표 6.3.2> 반발경도법에 의한 압축강도 평가

측정위치		측정강도(A)		설계기준강도(B)	A/B*100(%)		비 고
		권영웅외	과학기술부		권영웅외	과학기술부	
블럭식 옹벽 (영천 방향)	STA.6+990	28.8	28.9	28.0	102.9	103.2	
	STA.7+050	28.7	28.1		102.5	100.4	
	STA.7+100	28.9	28.5		103.2	101.8	
	STA.7+155	28.8	28.4		102.9	101.4	

2) 고찰

반발경도 측정은 표면에서 시행하였으며, 고강도식(권영웅외식, 과학기술부식)을 이용하여 반발경도법에 의한 압축강도 측정치를 분석한 결과, 영천방향 28.1 ~ 28.9 MPa로 측정되었다.

이는 측정치가 설계기준 강도(28.0MPa)를 대부분 상회하는 것으로 나타나 블럭식 보강토 옹벽 블록의 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

다. 측정 사진

STA.6+990 전면부 반발경도 측정

STA.7+155 전면부 반발경도 측정

<그림 6.3.2> 반발경도 측정

라. 기울기 측정 결과

<표 6.3.3> 기울기 측정 결과

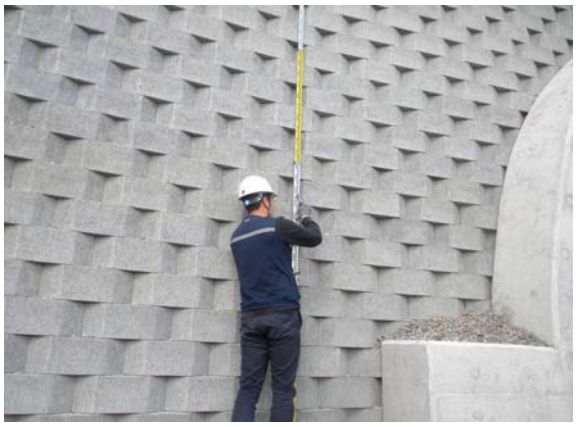
단위(㎜)

측정지점		측정치	설계기준	비 고
STA.7+000	전면	(+) 88.0°	87.8°	
STA.7+040		(-) 87.0°		
STA.7+080		(+) 88.0°		
STA.7+120		(-) 87.0°		

※ [주] 기울기 방향 : (+) 전면측, (-) 배면측

마. 고찰

블럭식 보강토 옹벽 전면에서 실시한 기울기 측정결과, 측점 STA.6+979~7+160은 배면방향으로 87°, 전면방향으로 88°의 기울기가 발생한 것으로 분석되었다. 이는 상태평가 등급 "a"등급에 해당하는 것으로서, 설계기준(87.8°)에 전반적으로 근접함에 따라 양호한 상태인 것으로 판단된다.



STA.7+000 기울기 측정

STA.7+080 기울기 측정

<그림 6.3.3> 기울기 측정

6.3.4 재료시험 결과 요약

<표 6.3.4> 재료시험 결과 요약

<table>
<tr><th>종 류</th><th>결 과</th><th>검 토</th></tr>
<tr><td>콘크리트 강도 시험</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">측정위치</th><th colspan="2">측정강도(A)</th><th rowspan="2">설계기준강도(B)</th><th colspan="2">A/B*100(%)</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>권영웅외</th><th>과학기술부</th><th>권영웅외</th><th>과학기술부</th></tr>
<tr><td rowspan="4">블럭식 옹벽 (영천방향)</td><td>STA.6+990</td><td>28.8</td><td>28.9</td><td rowspan="4">28.0</td><td>102.9</td><td>103.2</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.7+050</td><td>28.7</td><td>28.1</td><td>102.5</td><td>100.4</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.7+100</td><td>28.9</td><td>28.5</td><td>103.2</td><td>101.8</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.7+155</td><td>28.8</td><td>28.4</td><td>102.9</td><td>101.4</td><td></td></tr>
</table>
</td><td>■ 양호함</td></tr>
<tr><td>기울기</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">측정지점</th><th>측정치</th><th>설계기준</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>STA.7+000</td><td rowspan="4">전면</td><td>(+) 88.0°</td><td rowspan="4">87.8°</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>STA.7+040</td><td>(-) 87.0°</td></tr>
<tr><td>STA.7+080</td><td>(+) 88.0°</td></tr>
<tr><td>STA.7+120</td><td>(-) 87.0°</td></tr>
</table>
</td><td>■ 양호함</td></tr>
</table>

6.4 시설물의 상태평가

6.4.1 개 요

상태평가는 객관적인 손상정도의 판단기준 제공 및 효율적인 유지관리를 위해 한국시설안전공단에서 제정한 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침-옹벽(2012.12)”을 기준으로 하였다.

6.4.2 상태평가 결과

<표 6.4.1> 상태평가 결과

Sta. No	침하	계획선형오차	활동	세굴	파손, 손상 및 균열	이격	유실	진행성변형	주변영향인자				결함점수합계	평가단위결함지수	평가단위평가결과
									배수시설	사면상태					
										사면구배	낙석흔적	침출수			
6+978~7+000	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	3	0.08	a
7+000~7+020	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
7+020~7+040	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
7+040~7+060	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0.06	a
7+060~7+080	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
7+080~7+100	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
7+100~7+120	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
7+120~7+140	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
7+140~7+160	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
평 균	0	0	0	0	0.1	0.2	0	0	1.0	0	0	0	12	0.04	a
										상태평가 결과					A

본 과업대상 구조물인 옹벽에 대한 상태평가 결과, 결함지수는 0.04로서 상태평가 등급은 “A”등급(0 < x < 0.15)의 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다.

6.5 안전성 평가

과업대상 구간인 STA.6+979~7+160 보강토 옹벽에 대한 구조계산서를 검토한 결과는 다음과 같다.

6.5.1 공법 개요

가. 보강토 옹벽(토립자 결속식옹벽)은 인장력이 강한 GEOGRID를 흙속에 첨가하여 성토재료의 강도를 증가시킨 합성 구조체이다.

나. 인장력이 거의 없는 흙속에 보강재를 매설하여 흙과 보강재간 마찰력을 발생시키는 것이며, 이러한 힘은 합성체(토립자 결속)의 강도를 증대시키는 구속압력이 존재하는 흙속에서 더욱 명백하게 나타난다.

다. 보강재는 토체가 파괴되는 것을 방지하는 역할을 한다.

6.5.2 사용 프로그램

가. 내·외적 안정검토 Program : MSEW(v3.0)

나. 전체 안정검토 Program : GEO-STIDIO(2007) 중 SLOPE/W(2007)

6.5.3 설계적용 안전율

구분	검토항목	평상시	지진시	비고
외적 안정	활 동	1.5	1.1	-
	전 도	2.0	1.5	
	지지력	2.5	2.0	
	전체 안정성	1.5	1.1	
내적 안정	인발파괴	1.5	1.1	MSEW 프로그램 적용시
	보강재 파단	1.5	1.1	

6.5.4 보강토 옹벽 현황(검토단면)

위 치 (STA.)	옹벽연장(m)	옹벽높이(m)	비 고
STA.6+978.50~STA.7+160.00	181.50	1.70 ~ 6.70	배면비탈면 최대높이 5.3m

6.5.5 보강보강토 옹벽 설계조건 (그리드 상·하부 토사 Capping 조건)

가. 지반 강도정수

구 분	단위	보강토체	쌓기재		기초지반		
			흙쌓기재	암버력	풍화토	풍화암	연암
단위중량(γt)	kN/㎥	20.0	19.0	20.0	19.0	20.0	24.0
내부마찰각(Ø)	°	30.0	25.0	40.0	28.0	29.0	32.0
점 착 력(C)	kPa	-	15.0	0.0	20.0	30.0	200.0

나. 하중조건

◦ 상재 활하중(live load) : 교통하중 (13kN/㎡)

◦ 상재 사하중(dead load) : L형옹벽하중 및 성토 (34.8kN/㎡)

◦ 내진해석 : 가속도계수는 0.11(지진구역계수)×1.4(위험도계수) = 0.154

다. 보강재 적용기준

구 분		제 원			
1.전면Block		o 크기 : 500(폭)×420(길이)×200(높이) o 강도 : 압축강도 28MPa 이상			
2. 그리드	TYPE	HS6T	HS8T	HS10T	HS15T
	극한인장강도(kN/m)	60	80	100	150
	장기인장강도(kN/m)	60/2.11 =28.40	80/2.11 =37.87	100/2.11 =47.34	150/2.11 =71.09
	장기설계인장강도(kN/m)	28.40/1.5 =18.93	37.87/1.5 =25.24	47.34/1.5 =31.56	71.09/1.5 =47.39
	적용 인장강도(kN/m)	18.93	25.24	31.56	47.39
	크리프 감소계수(RFc)	1.60	1.60	1.60	1.60
	시공성 감소계수(RFid)	1.20	1.20	1.20	1.20
	내구성 감소계수(RFd)	1.10	1.10	1.10	1.10
	총 감소계수(RF)	2.11	2.11	2.11	2.11
	최소 설치 뒷길이(m)	2.50	2.50	2.50	2.50

※ RF = RFc x RFid x RFd

※ “건설공사 보강토 옹벽 설계·시공 및 유지관리 잠정지침 2013.1, 국토해양부 “ 및 ” 고속도로 건설공사 보강토 옹벽 설계기준 2011.1 한국도로공사 “ 참조

6.5.6 내·외적 안정성 검토결과

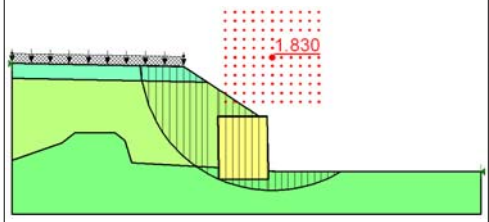
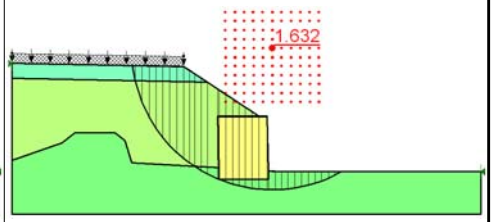
가. 상시

위 치 (STA.)	옹벽 높이 (m)	보강재 길이 (m)	외적안정			내적안정		판정
			활 동 (FS≥1.5)	전 도 (FS≥2.0)	지지력 (FS≥2.5)	인 발 (FS≥1.5)	파 단 (FS≥1.5)	
7+0.00	4.10	3.00	1.835	3.680	7.290	3.742	1.734	O.K
7+140.00	6.70	4.80	1.860	3.610	5.600	5.355	1.531	O.K

나. 지진시

위 치 (STA.)	옹벽 높이 (m)	보강재 길이 (m)	외적안정			내적안정		판정
			활 동 (FS≥1.1)	전 도 (FS≥1.5)	지지력 (FS≥2.0)	인 발 (FS≥1.1)	파 단 (FS≥1.1)	
7+0.00	4.10	3.00	1.246	2.150	4.680	2.299	1.423	O.K
7+140.00	6.70	4.80	1.270	2.150	3.530	3.206	1.278	O.K

6.5.7 전체 안정성 검토결과

위치 (STA.)	높이 (m)	상 시	지 진 시
7+140.0	H=6.3m		
		Fs = 1.830 > 1.50 ∴ O.K	Fs = 1.632 > 1.10 ∴ O.K

6.5.8 고찰

블럭식 보강토 옹벽에 대한 구조계산 결과를 검토한 결과, 각각의 계산치가 기준치를 상회하는 것으로 분석됨에 따라, 본 과업 대상 구조물은 안전성을 확보하고 있는 것으로 사료되어 안전성평가 결과는 “A등급”으로 산정 되었다

6.6 종합평가 및 안전등급 지정

6.6.1 종합평가

종합평가 등급은 외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정 한다.

종합평가등급 = Min(상태평가등급, 안전성평가등급)

평가구분	옹벽 결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.04	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.04	A	
종합평가 결과	옹벽의 종합평가 결과 “A"		

6.6.2 안전등급

블럭식 보강토 옹벽에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

안전등급	시설물의 상태
A(우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B(양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C(보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D(미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E(불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

6.7 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 일원에 위치한 블럭식 보강토 옹벽으로서 연장은 상주방향 L=181.000m(STA.6+979 ~ 7+160), H=1.7~9.3m로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.
2) 외관 조사 결과 전반적으로 시공상태는 양호하나, 블럭식 보강토 옹벽의 전면 블록에 균열 및 이격 등이 조사된 상태로서 관찰된 손상은 옹벽 시공중에 발생된 비 구조적인 균열로 사료된다.
3) 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안전성은 양호한 것으로 판단된다.
4) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 블럭식 보강토 옹벽은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다
5) 향후 옹벽의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

제 7 장 옹벽(STA.10+254~10+455)

7.1 시설물 현황

7.2 외관조사

7.3 재료시험

7.4 시설물의 상태평가

7.5 안전성 평가

7.6 종합평가 및 안전등급 지정

7.7 종합결론

제 7 장 옹벽(STA.10+254~10+455)

7.1 시설물 현황

7.1.1 개요

본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 가호리 일원에 위치한 절토부 옹벽으로서 연장은 상주방향 L=201.000m(STA.10+254~10+455), 노출높이 H=2.5~27.5m 로 구성되어 있다.

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 옹벽부재 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다.

본 시설물의 최고 노출높이는 약 27.5m이며, 옹벽 전면과 상단을 각각 보행하여 조사를 실시하였다.

<옹벽 전경>

<옹벽 전경>

<옹벽 상면 전경>

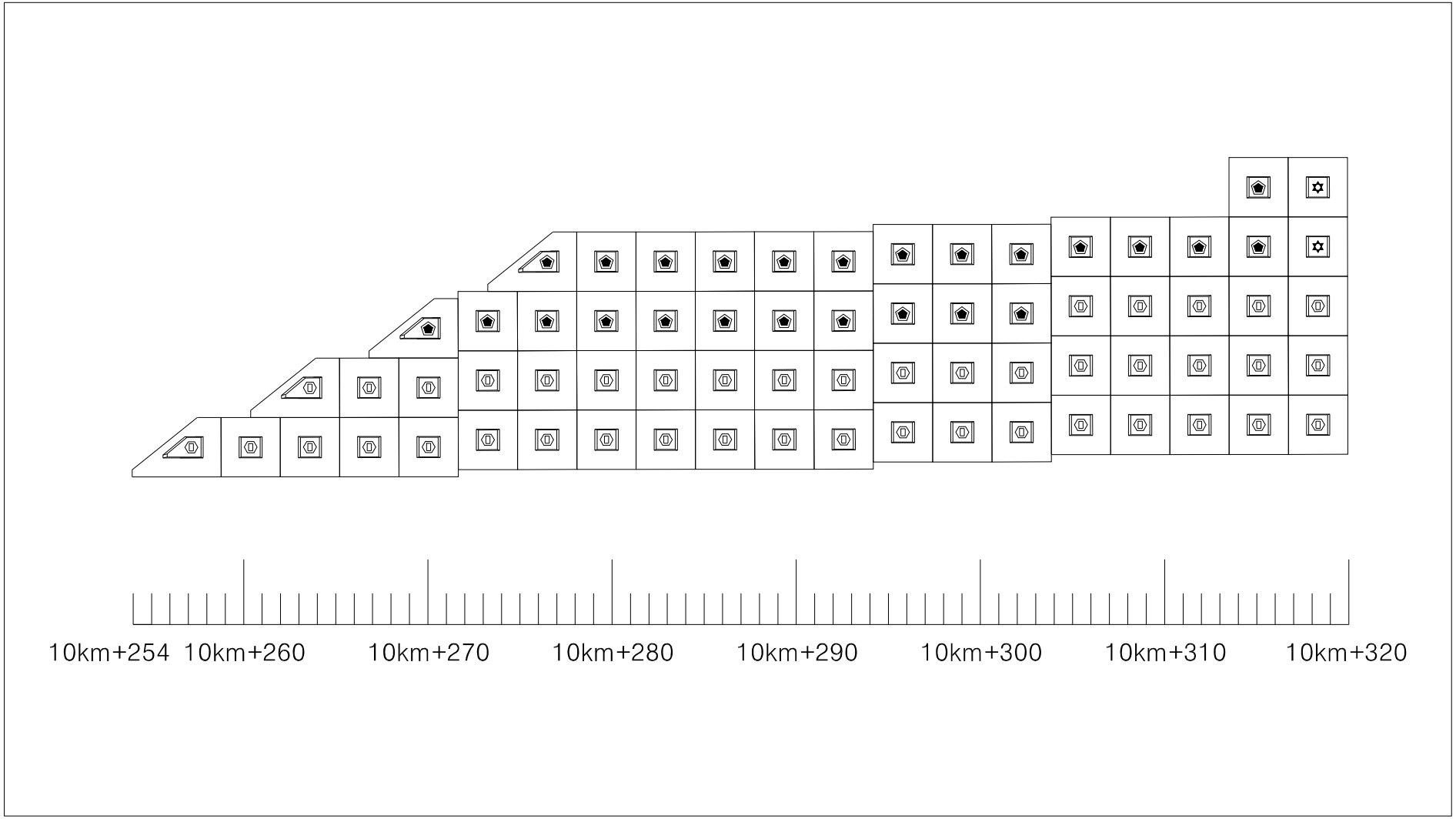
<옹벽 상면 전경>

<표 7.1.1> 대상구조물 현황표

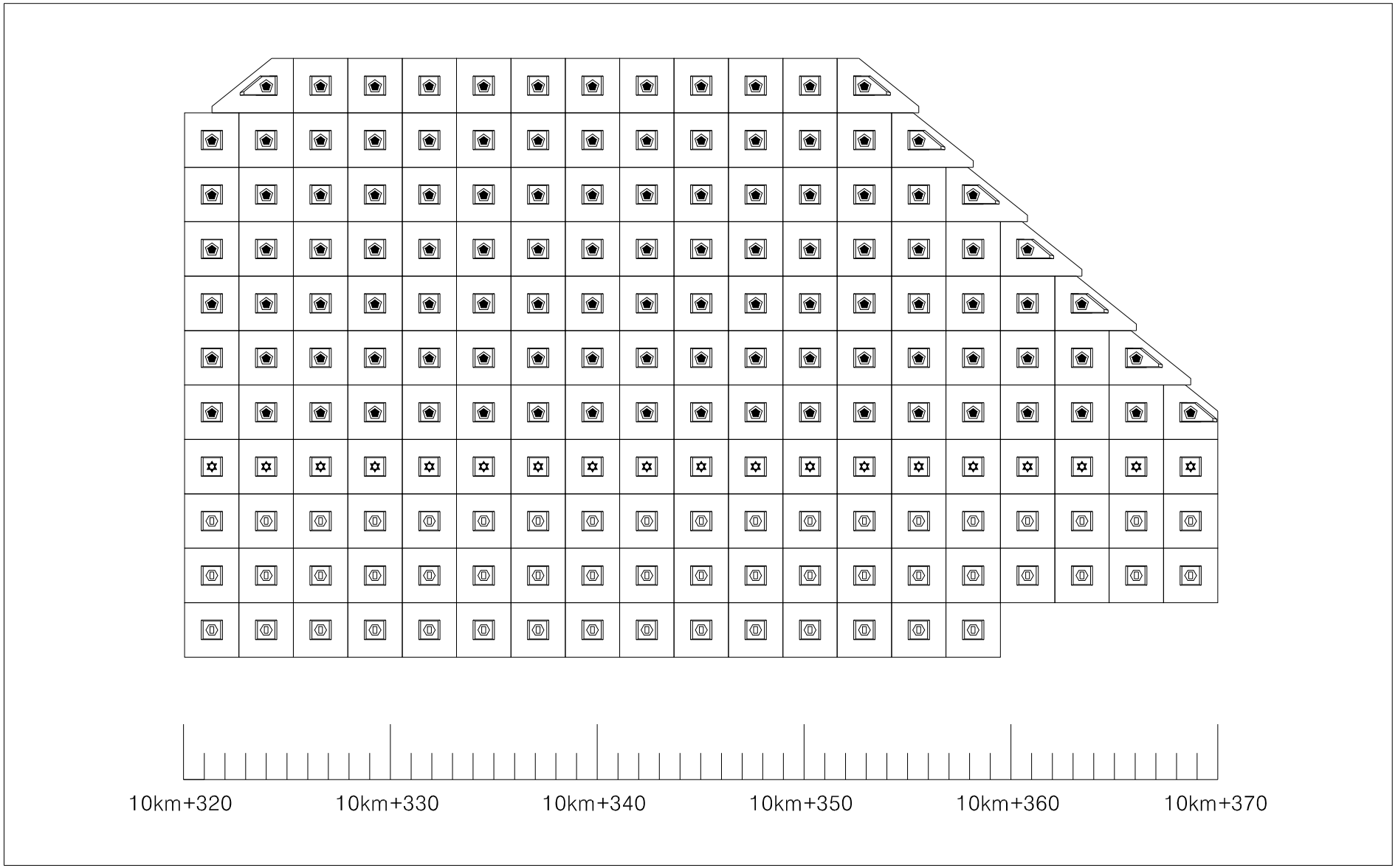
<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="2">-</td><td>관리번호</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="2">STA.10+254~10+455, 상주 (절토부옹벽)</td><td>시설물 구분</td><td colspan="2">옹벽</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="4">경상북도 군위군 부계면 가호리 143-2 외</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위치좌표</td><td>구 분</td><td colspan="3">상주방향</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="3">10+254.000</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="3">10+455.000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>옹벽형식</td><td colspan="4">패널식 옹벽</td></tr>
<tr><td>연 장</td><td>201.0m</td><td>지면노출높이 (m)</td><td colspan="2">2.5~27.5m</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="3">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td>-</td></tr>
<tr><td>주변환경</td><td colspan="5">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td>2017년 6월</td><td>시공자</td><td colspan="2">GS건설(주)</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="5">-</td></tr>
</table>

7.1.2 관련도면

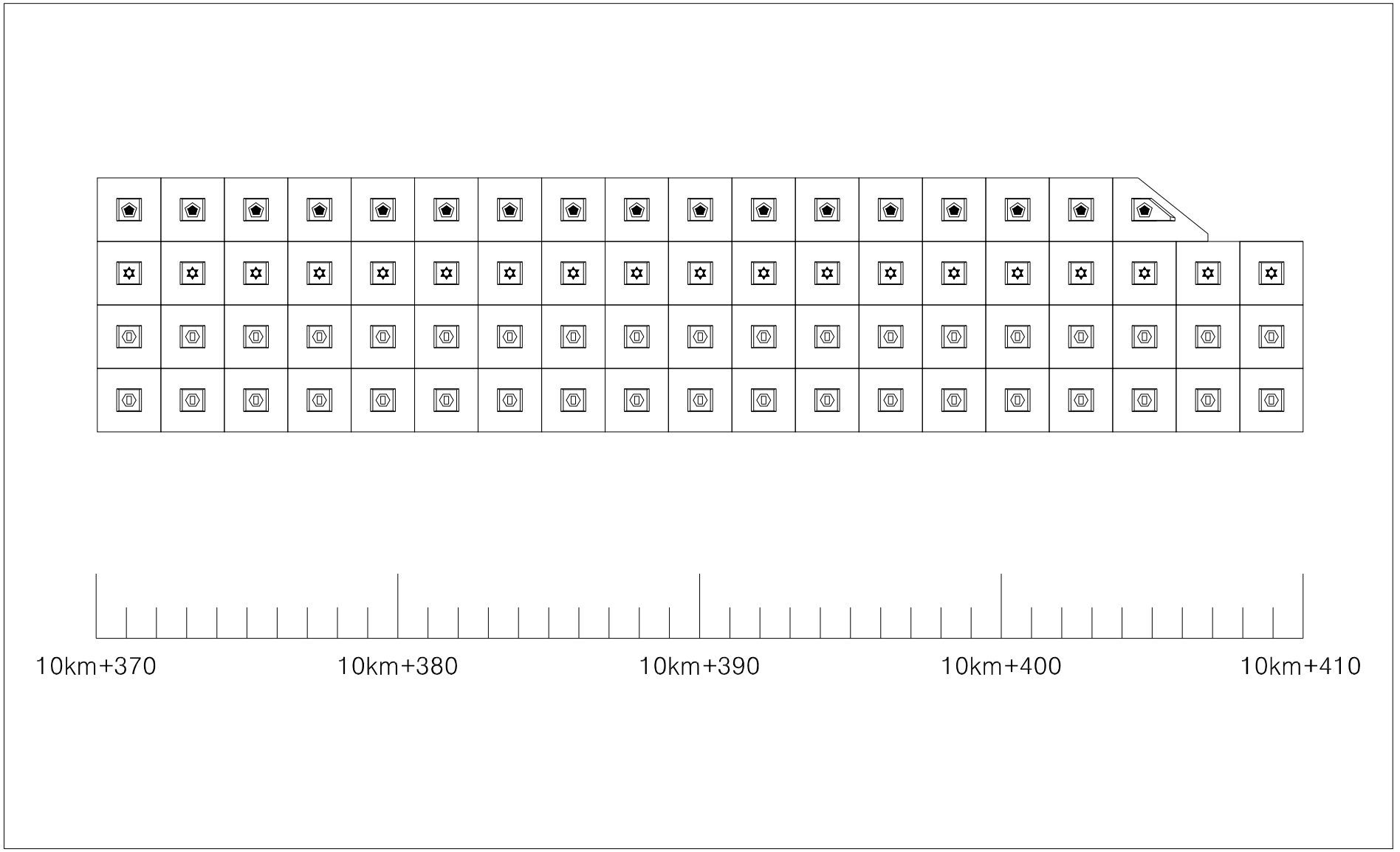
가. 절토부 옹벽(상주)



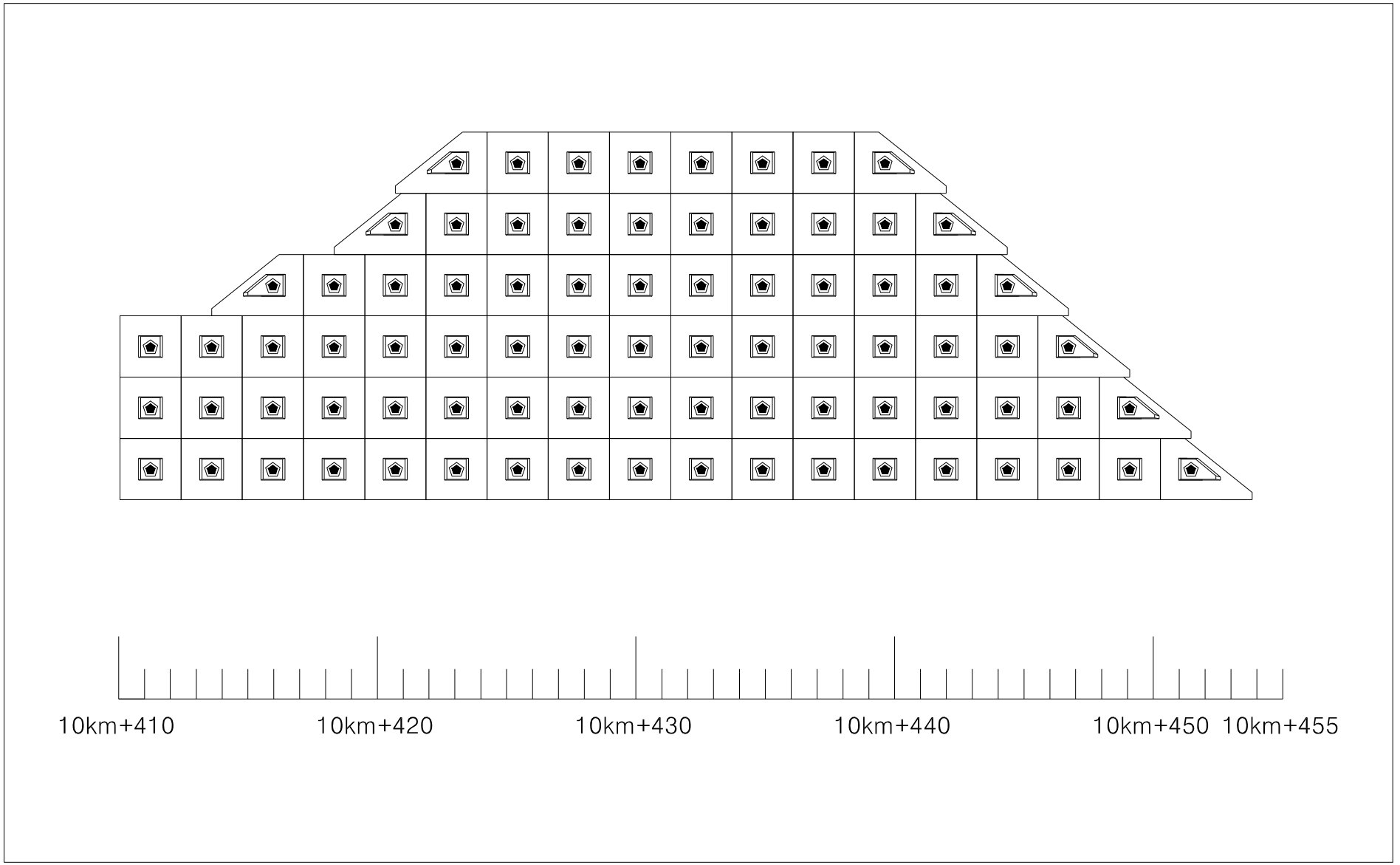
<그림 7.1.1> 절토부 옹벽 전개도1



<그림 7.1.2> 절토부 옹벽 전개도2



<그림 7.1.3> 절토부 옹벽 전개도3



<그림 7.1.4> 절토부 옹벽 전개도4

7.2 외관조사

7.2.1 절토부 옹벽 상세외관조사

가. 옹벽

1) 시공 현황

본 절토부 옹벽은 패널식으로 이루어져 있으며, 연장 L = 201.000m, 노출높이 H = 2.5~27.5m로 시공된 것으로 조사되었다.

2) 외관조사 결과

① 옹벽 패널 시공상태는 전반적으로 양호한 상태로서, 옹벽 전면과 상단 일부 구간에 균열{(0.3mm미만 : 2ea),(0.3mm이상 : 7ea)}과 소규모의 파손(5ea)이 발생한 것으로 조사되었다.

② 관찰된 균열은 옹벽 시공중에 발생된 비 구조적인 손상으로서 구조물의 안정성에 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 판단된다.

③ 패널의 규격은 B2500mm×H2500mm, B3.750mm×H2500mm로 측정되어 설계도면과 유사하게 시공된 것으로 확인되었다.

구분	손상내용	손상규모 (규모/개소)	단위	비고
절토부 옹벽	균열(0.3mm미만)	1.5/2	m/ea	
	균열(0.3mm이상)	7.0/7	m/ea	
	파 손	1.03/5	m^2/ea	

나. 배수시설

1) 시공 현황

패널식 보강토 옹벽내 배수시설은 패널 5단내에 수평배수공이 설치된 것으로 확인되었다.

2) 외관조사 결과

절토부 옹벽 상단의 시공상태는 숏크리트 타설이 되어있는 상태로서 숏크리트 품질 상태는 균열이나 파손, 탈락 등이 없는 양호한 상태로 조사되었다. 또한 수평 배수공이 수평 간격 C.T.C 5m의 적절한 간격으로 설치되었으며, 상부 종배수로는 이물질 퇴적이나 식생 등의 배수의 흐름에 영향을 미칠만한 사항은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

옹벽 전경(STA.10+254~10+320)

옹벽 전경(STA.10+320~10+370)

옹벽 전경(STA.10+370~10+410)

옹벽 전경(STA.10+410~10+455)

패널 시공 상태

패널 시공 상태

패널 균열(CW=0.2㎜,L=0.5m)상태

옹벽 배면 균열(CW=1.0㎜,L=1.0m)상태

패널 모서리부 파손(B×L=0.2m×2.5m)상태

패널 1단 제원 측정(B2500mm×H2500mm)

옹벽 상부 전경

옹벽 상부 전경

옹벽 상단 숏크리트 시공상태

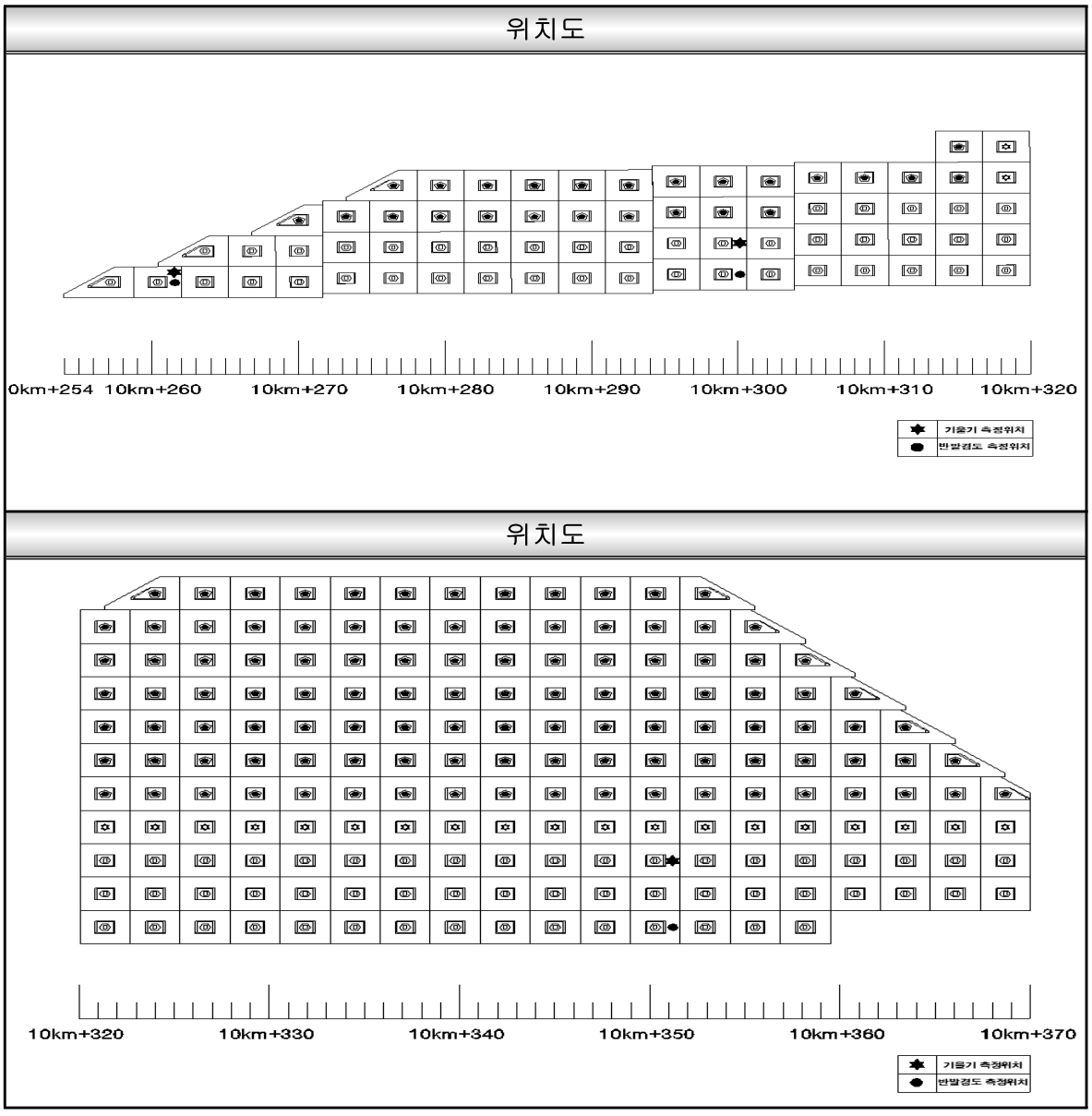
옹벽 상단 숏크리트 시공상태

7.3 재료 시험

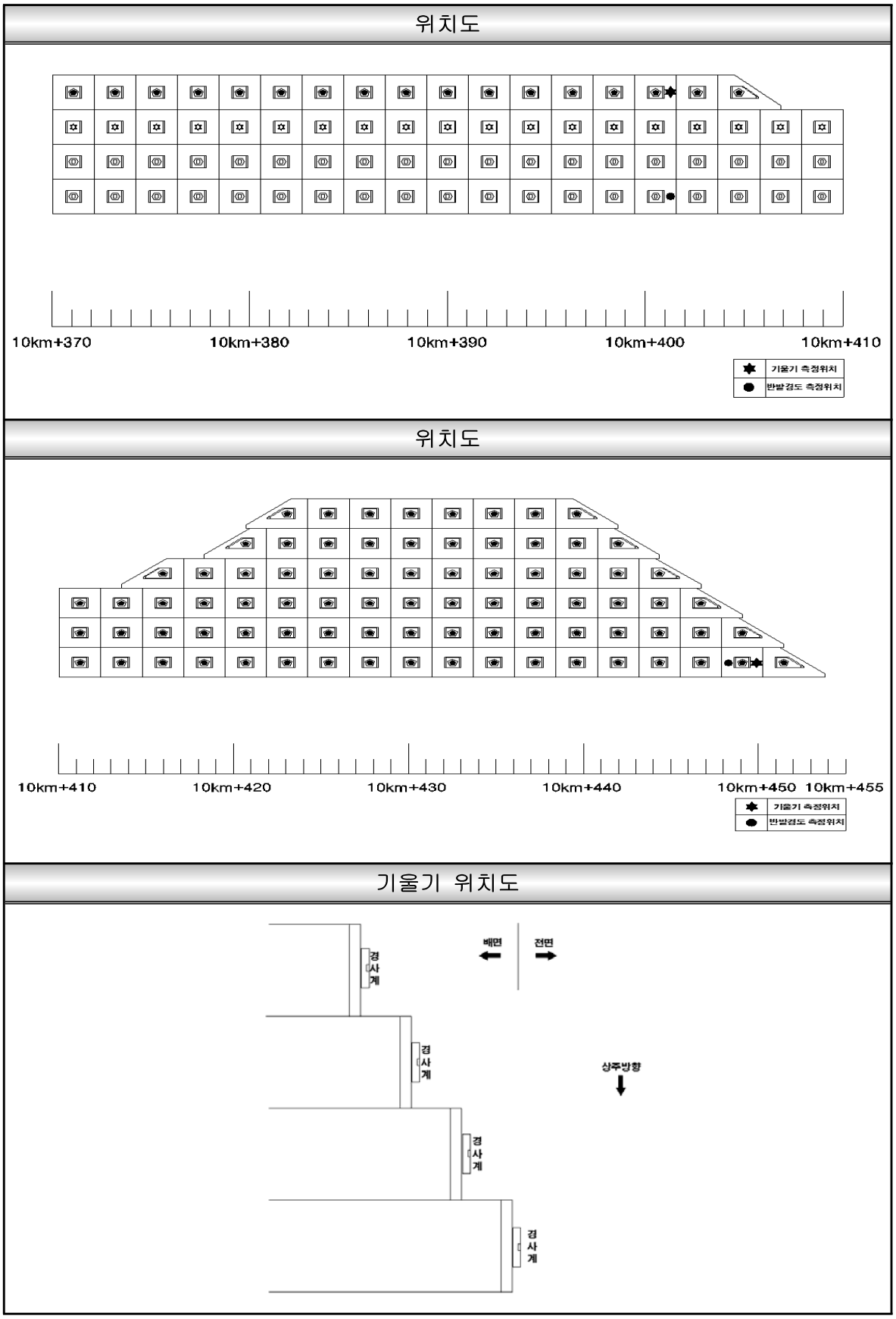
7.3.1 재료 시험 현황

본 과업에서는 대상 구조물의 구조부재에 대해 콘크리트 품질상태와 압축강도를 파악하기 위하여 반발경도시험을 수행하여 콘크리트의 품질 및 내구성을 평가하였고, 구조물의 수평 변위 여부를 측정하기 위하여 PPP 옹벽 전면부에 대하여 기울기를 측정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

7.3.2 위치도



<그림 7.3.1> 기울기 및 반발경도 측정 위치



<그림 7.3.2> 기울기 및 반발경도 측정 위치

7.3.3 콘크리트 강도 시험

가. 반발경도법에 의한 압축강도 측정

<표 7.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정

측정위치		평균치	신뢰범위	재평균(R)	타격각도(°)	보정치(ΔR)	보정경도(R_0)	압축강도(MPa)		재령계수(α)	보정 압축강도(MPa)		비고
								재료학회	건축학회		재료학회	건축학회	
절토부 옹벽 (상주방향)	STA.10+260	40.8	32.6~48.9	40.8	0.0	0.0	40.8	33.8	39.0	0.71	24.0	27.7	
	STA.10+300	41.0	32.8~49.2	41.0	0.0	0.0	41.0	34.1	39.1	0.76	25.9	29.7	
	STA.10+350	42.7	34.1~51.2	42.7	0.0	0.0	42.7	36.2	40.3	0.76	27.5	30.6	
	STA.10+400	42.1	33.7~50.5	42.1	0.0	0.0	42.1	35.5	39.9	0.72	25.5	28.7	
	STA.10+450	42.7	34.2~51.2	42.7	0.0	0.0	42.7	36.2	40.3	0.71	25.7	28.6	
평 균											25.7	29.1	

나. 반발경도법에 의한 압축강도 평가 및 고찰

1) 압축강도 평가

<표 7.3.2> 반발경도법에 의한 압축강도 평가

측정위치		측정강도(A)		설계기준강도(B)	A/B*100(%)		비 고
		재료학회	건축학회		재료학회	건축학회	
절토부 옹벽 (상주방향)	STA.10+260	24.0	27.7	24.0	100.0	115.4	
	STA.10+300	25.9	29.7		107.9	123.8	
	STA.10+350	27.5	30.6		114.6	127.5	
	STA.10+400	25.5	28.7		106.3	119.6	
	STA.10+450	25.7	28.6		107.1	119.2	

2) 고찰

반발경도 측정은 표면에서 시행하였으며, 일반강도식(재료학회, 건축학회)을 이용하여 반발경도법에 의한 압축강도 측정치를 분석한 결과, 24.0~30.6 MPa로 측정되었다.

이는 측정치가 설계기준 강도(24.0MPa)를 대부분 상회하는 것으로 나타나 절토부 옹벽 패널의 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

다. 측정 사진

STA.10+260 전면부 반발경도 측정	STA.10+400 전면부 반발경도 측정

<그림 7.3.3> 반발경도 측정

라. 기울기 측정 결과

<표 7.3.3> 기울기 측정 결과

단위(㎜)

측정지점		측정치	설계기준	비 고
STA.10+260 1단	전면	(-) 89.3°	90.0°	
STA.10+300 2단		(-) 88.6°		
STA.10+350 3단		(-) 89.0°		
STA.10+400 4단		(-) 89.7°		
STA.10+450 1단		(-) 88.9°		

※ [주] 기울기 방향 : (+) 전면측, (-) 배면측

마. 고찰

절토부 옹벽 전면에서 실시한 기울기 측정결과, 측점 STA.10+254~ 10+455은 배면방향으로 88.6° ~ 89.7° 의 기울기가 발생한 것으로 분석되었다. 이는 설계기준(90.0°)에 전반적으로 근접함에 따라 양호한 상태인 것으로 판단된다.

STA.10+260 1단 기울기 측정	STA.10+300 2단 기울기 측정

<그림 7.3.4> 기울기 측정

7.3.4 재료시험 결과 요약

<표 7.3.4> 재료시험 결과 요약

<table>
<tr><th>종 류</th><th>결 과</th><th>검 토</th></tr>
<tr><td>콘크리트 강도 시험</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">측정위치</th><th colspan="2">측정강도(A)</th><th rowspan="2">설계기준강도(B)</th><th colspan="2">A/B*100(%)</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>재료 학회</th><th>건축 학회</th><th>재료 학회</th><th>건축 학회</th></tr>
<tr><td rowspan="5">절토부 옹벽 (상주 방향)</td><td>STA.10+260</td><td>24.0</td><td>27.7</td><td rowspan="5">24.0</td><td>100.0</td><td>115.4</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.10+300</td><td>25.9</td><td>29.7</td><td>107.9</td><td>123.8</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.10+350</td><td>27.5</td><td>30.6</td><td>114.6</td><td>127.5</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.10+400</td><td>25.5</td><td>28.7</td><td>106.3</td><td>119.6</td><td></td></tr>
<tr><td>STA.10+450</td><td>25.7</td><td>28.6</td><td>107.1</td><td>119.2</td><td></td></tr>
</table>
</td><td>■ 양호함</td></tr>
<tr><td>기울기</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">측정지점</th><th>측정치</th><th>설계기준</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>STA.10+260 1단</td><td rowspan="5">전면</td><td>(-) 89.3°</td><td rowspan="5">90.0°</td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>STA.10+300 2단</td><td>(-) 88.6°</td></tr>
<tr><td>STA.10+350 3단</td><td>(-) 89.0°</td></tr>
<tr><td>STA.10+400 4단</td><td>(-) 89.7°</td></tr>
<tr><td>STA.10+450 1단</td><td>(-) 88.9°</td></tr>
</table>
</td><td>■ 양호함</td></tr>
</table>

7.4 시설물의 상태평가

7.4.1 개 요

상태평가는 객관적인 손상정도의 판단기준 제공 및 효율적인 유지관리를 위해 한국시설안전공단에서 제정한 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침-옹벽(2012.12)”을 기준으로 하였다.

7.4.2 상태평가 결과

<표 7.4.1> 상태평가 결과

Sta. No	침하	계획선형오차	활동	세굴	파손, 손상 및 균열	이격	유실	진행성변형	주변영향인자				결함점수합계	평가단위결함지수	평가단위평가결과
									배수시설	사면상태					
										사면구배	낙석흔적	침출수			
10+254~10+274	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
10+274~10+294	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
10+294~10+314	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	3	0.08	a
10+314~10+334	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	4	0.11	a
10+334~10+354	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
10+354~10+374	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
10+374~10+394	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
10+394~10+414	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
10+414~10+434	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
10+434~10+455	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	a
평 균	0	0	0	0	0.5	0.2	0	0	1.0	0	0	0	15	0.04	a
										상태평가 결과					A

본 과업대상 구조물인 옹벽에 대한 상태평가 결과, 결함지수는 0.04로서 상태평가 등급은 “A”등급(0 < x < 0.15)의 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다.

7.5 안전성 평가

7.5.1 개 요

본 옹벽에 대한 안전성평가는 설계 및 시공보고서를 참조하여 세부지침(한국시설안전공단, 2010년 12월)에 의거, 안전성평가 등급을 산정하였다.

7.5.2 안정성 검토(STA.10+245 ~ 10+455)

STA.10+291 ~ 10+370(상주방향)에 위치한 PPP옹벽 대표단면에 대한 안전성 검토 결과를 요약하면 다음과 같다.

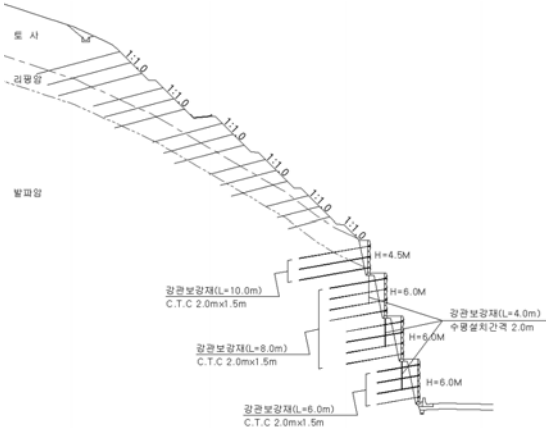
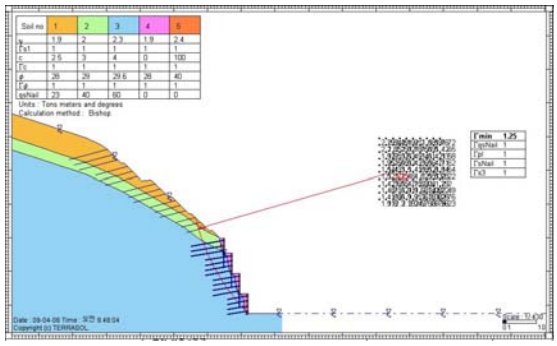
가. 개 요

1) 계획된 PPP옹벽 4단(H=4.5m) 시공 후 3단옹벽(H=6.0m)설치작업 중 취약한 지반특성을 갖는 탄층(당초 설계조건보다 취약)이 높이 약 7m, 깊이 약 9m의 심도로 출현함으로서 당초 설계조건을 만족(전단간도, 단위중량 등)하지 못하여 PPP옹벽 붕괴되었다.

2) 연약한 탄층의 보강 및 안정성을 위하여 3단옹벽 설치구간 임시사면에 설계에 없는 숏크리트 타설 등의 긴급 조치를 하였으나 하부지반 약화에 기인하여 PPP옹벽 붕괴되었다.

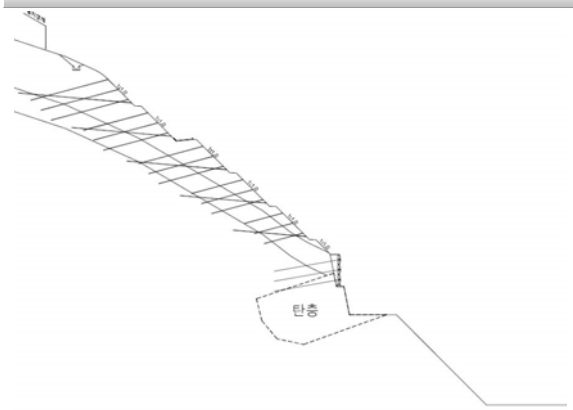
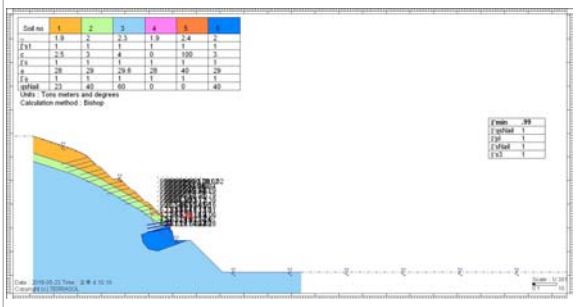
나. 활동구간에 대한 검토

1) 당초설계 검토(원설계)

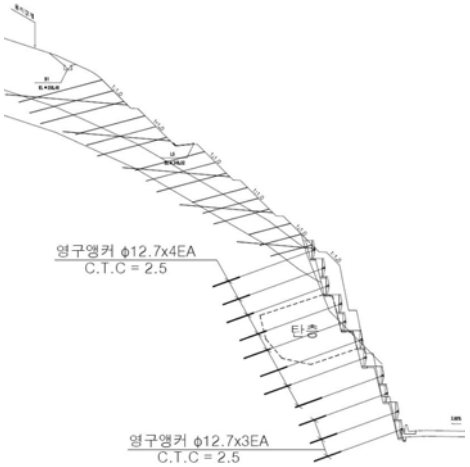
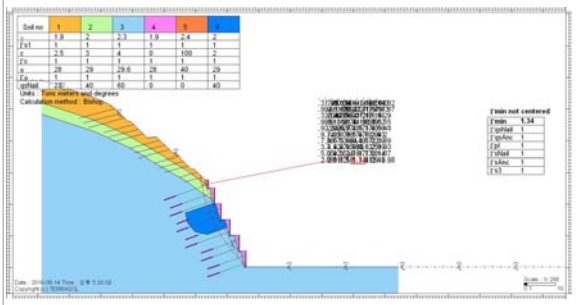
대표단면	한계평형해석
	
	F.S = 1.25 > 1.20 O.K

2) 현장시공 사항에 따른 역해석 검토

역해석 결과 탄층의 점착력은 기존 4.0ton/m^{2}에서 3.0ton/m^{2}으로 검토되었으나, 이 때의 사면안전율 0.99는 가장 양호한 경우이므로 안정성을 고려하여 2.0ton/m^{2}으로 적용하여 검토를 수행하였다.

대표단면	한계평형해석
	
	F.S = 0.99 < 1.20 N.G

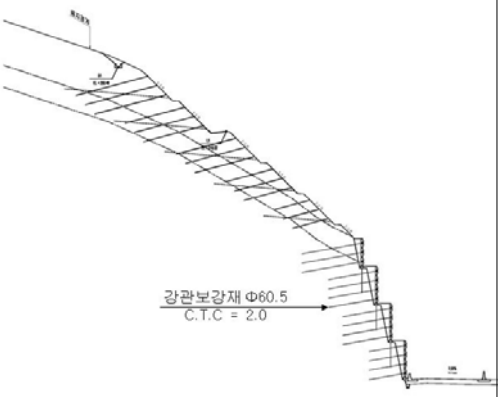
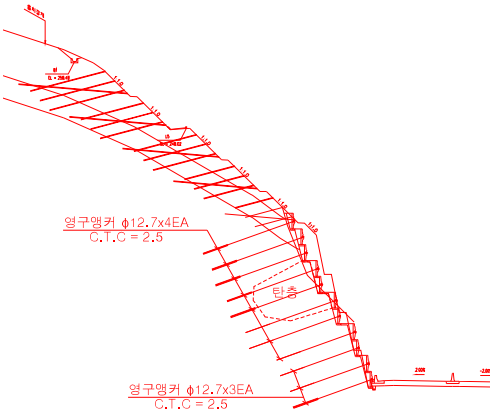
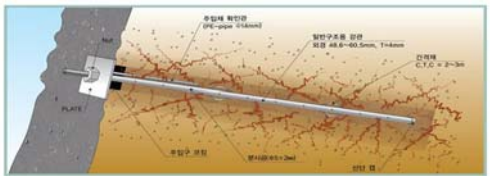
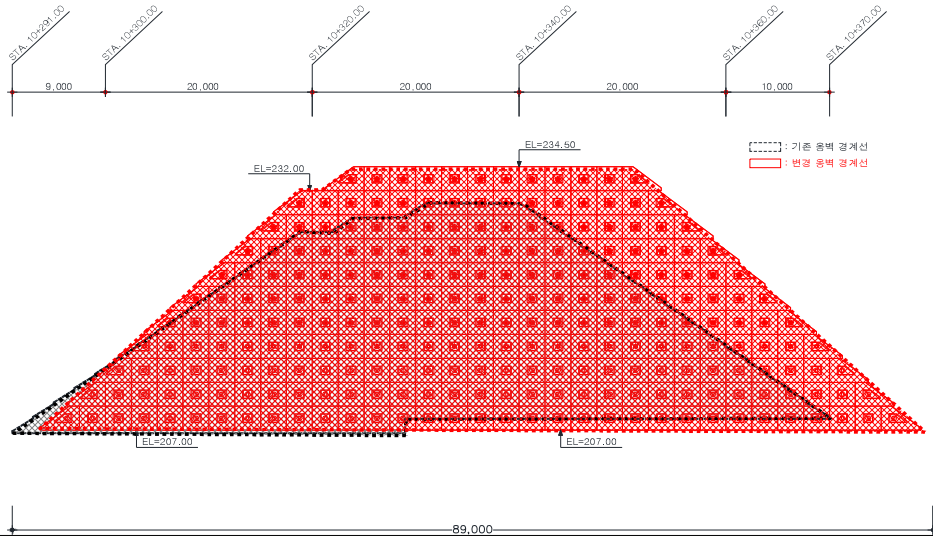
3) 보강방안 검토(보강재 : 영구앵커 옹벽설치높이 증가)

대표단면	한계평형해석
	
	F.S = 1.34 > 1.20 O.K

4) 검토결과 요약

구 분	배면보강공법	우기시(>1.2)	판정	비 고
당초설계	강관네일	1.25	OK	
역해석	강관네일	0.99	NG	
보강방안	영구앵커	1.34	OK	

다. 사면처리방안 검토

<table>
<tr><th>구 분</th><th>당초</th><th>변경</th></tr>
<tr><td>PPP옹벽
단면도
(STA.10+340)</td><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td></td><td>·1단:H=1.5m Panel 3~4열 시공</td><td>·1단 : H=2.5m Panel 1열 시공</td></tr>
<tr><td>보강재</td><td>  </td><td> </td></tr>
<tr><td></td><td>·강관네일: L=6~10m
-강관제원: ∅60.5mm,T=4mm
-인장강도:15.2ton/개소</td><td>·영구앵커: L=13~15m
-강연선제원: Standard ∅12.7mm
3~ 4EA
-인장강도: 30~40ton/개소</td></tr>
<tr><td>공사수량</td><td>·PPP옹벽:1,104㎡
·기초:220m (뒷채움con’c : 37㎥)</td><td>·PPP옹벽 : 1,577㎡ (증 473㎡)
·기초:325m (뒷채움con’c : 555㎥)</td></tr>
<tr><td>전개도</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>변경내용</td><td colspan="2">· 탄층 출현으로 당초 강관네일 보강재를 지반 보강력이 우수한 영구앵커로 변경 및 근입장 증가
· 당초 설계된 옹벽구간외에 인장균열 발생부까지 옹벽 추가설치</td></tr>
</table>

라. 영구앵커 시험 성과표

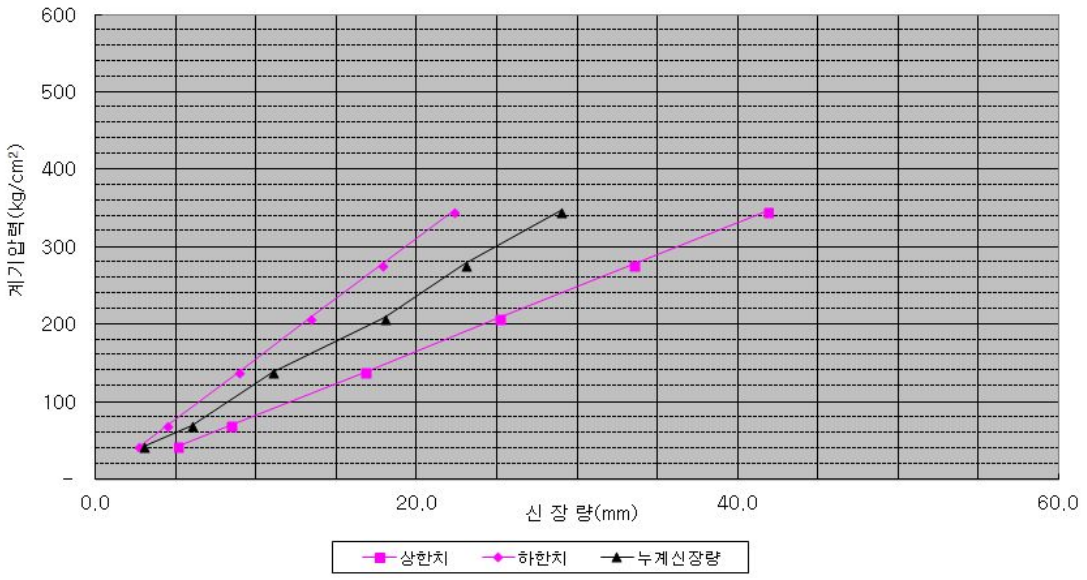
영구앵커 시험 성과표

공 사 명	상주~영천 고속도로 민간투자사업 제 6공구			시험 일자	2017. 1. 12.
시험 번호	2-2			시 험 자	조 남 신
위 치	STA 10+387.50 ~ STA 10+410.44			시 공 사	이 삼 진
앵커 TYPE		설계앵커력	30.0(ton)	감 리 원	이 재 석
인장기 실리더 단면적		86.54 cm^2		앵커길이	14.00m

구분 / 단계	계이지압력 (ko/cm^2)	하중(ton) 이론치	변위량(mm) 계획 라력치	계획 신장치	누계 실측치	누계 늘음	누계치	비 고
To=0.1Tt	42	3.7	2.7	5.1	23.0	3.0	3.0	
0.2Td	69	6.0	4.5	8.4	26.0	3.0	6.0	
0.4Td	139	12.0	8.9	16.8	31.0	5.0	11.0	
0.6Td	208	18.0	13.4	25.1	38.0	7.0	18.0	
0.8Td	277	24.0	17.9	33.5	43.0	5.0	23.0	
Td	347	30.0	22.3	41.9	49.0	6.0	29.0	

재하계획 및 판정도

상기 시험단를 아래 그래프에 기재하여 비교하여 시험단이 A선과 B선 사이에 있어야 한다.



마. 검토의견

1) 사면활동이 발생한 지반에 대하여 지반조건(탄층 반영)을 조정하고 역해석결과 재산정된 지반강도 정수값을 적용하고 배면보강을 영구앵커로 보강간격 및 보강력 변경 후 안정성 검토 수행 결과 기준안전율에 만족하는 것으로 나타나 배면보강을 영구앵커로 변경하여 PPP옹벽 설치 시 충분한 안정성을 확보하는 것으로 검토되었다.

2) STA.10+291 ~ 10+370(상주방향)구간은 외관조사결과, PPP옹벽의 전면부, 이음부 벌어짐, 정착장 주변, 배면(콘크리트) 상태 등은 일부손상이 있으나, 전반적으로 양호한 상태이며, 앵커의 간격은 C.T.C 2.5m로서 보강변경안에 맞게 적정하게 시공된 것으로 조사되었다. 또한 확인 앵커시험 결과 앵커정착이 충분히 안정된 것으로 판단된다.

위 내용을 종합해볼 때, 현장조사 및 시험을 통하여 보강안 변경 시공 후 안정성을 충분히 확보하고 있는 것으로 확인되었다.

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>앵거 간격 측정 C.T.C 2.5m</td><td>PPP옹벽 기울기 측정</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>PPP옹벽 제원조사</td><td>PPP옹벽 배면 시공상태</td></tr>
</table>

7.6 종합평가 및 안전등급 지정

7.6.1 종합평가

종합평가 등급은 외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정 한다.

종합평가등급 = Min(상태평가등급, 안전성평가등급)

평가구분	옹벽 결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.04	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.04	A	
종합평가 결과	절토부 옹벽의 종합평가 결과 “A"		

7.6.2 안전등급

절토부 옹벽에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

안전등급	시설물의 상태
A(우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B(양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C(보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D(미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E(불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

7.7 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 가호리 일원에 위치한 절토부 옹벽으로서 연장은 상주방향 L=201.000m(STA.10+254~10+455), 노출높이 H=2.5~27.5m로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.
2) 외관 조사 결과 전반적으로 시공상태는 양호하나, 절토부 옹벽 전면과 상단 일부 구간에 균열{(0.3mm미만 : 2ea),(0.3mm이상 : 7ea)}과 소규모의 파손(5ea)이 발생한 것으로 조사된 상태로서 관찰된 손상은 옹벽 시공중에 발생된 비 구조적인 균열로 사료되며, 패널식 옹벽내 손상된 부위는 적정한 보수공법(균열부:주입공법, 파손부:단면보수)으로 보수가 필요할 것으로 판단된다.
3) 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사 결과 각각의 측정치가 설계치를 상회 하는 것으로 나타나 콘크리트 내구성 및 안전성은 양호한 것으로 판단된다.
4) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 절토부 옹벽은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다
5) 향후 옹벽의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

제 8 장 절토사면(STA.0+160~0+420)
이설도로 #2

8.1 시설물 현황

8.2 외관조사

8.3 재료시험

8.4 시설물의 상태평가

8.5 안전성 평가

8.6 종합평가 및 안전등급 지정

8.7 종합결론

제 8 장 절토사면(STA.0+160~0+420 이설도로 #2)

8.1 시설물 현황

8.1.1 개요

본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 신화리 ~ 창평리에 위치한 절토사면으로서 연장은 L=260.0m(STA.0+160~0+420), 최대높이 H=37.0m의 대규모 사면으로 지형을 고려하여 2구간으로 구분하여 조사를 실시하였다.

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 절토사면 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다.

<절토사면 전면 전경>

<절토사면 상단 전경>

<콘크리트 소단 및 낙석방지책 전경>

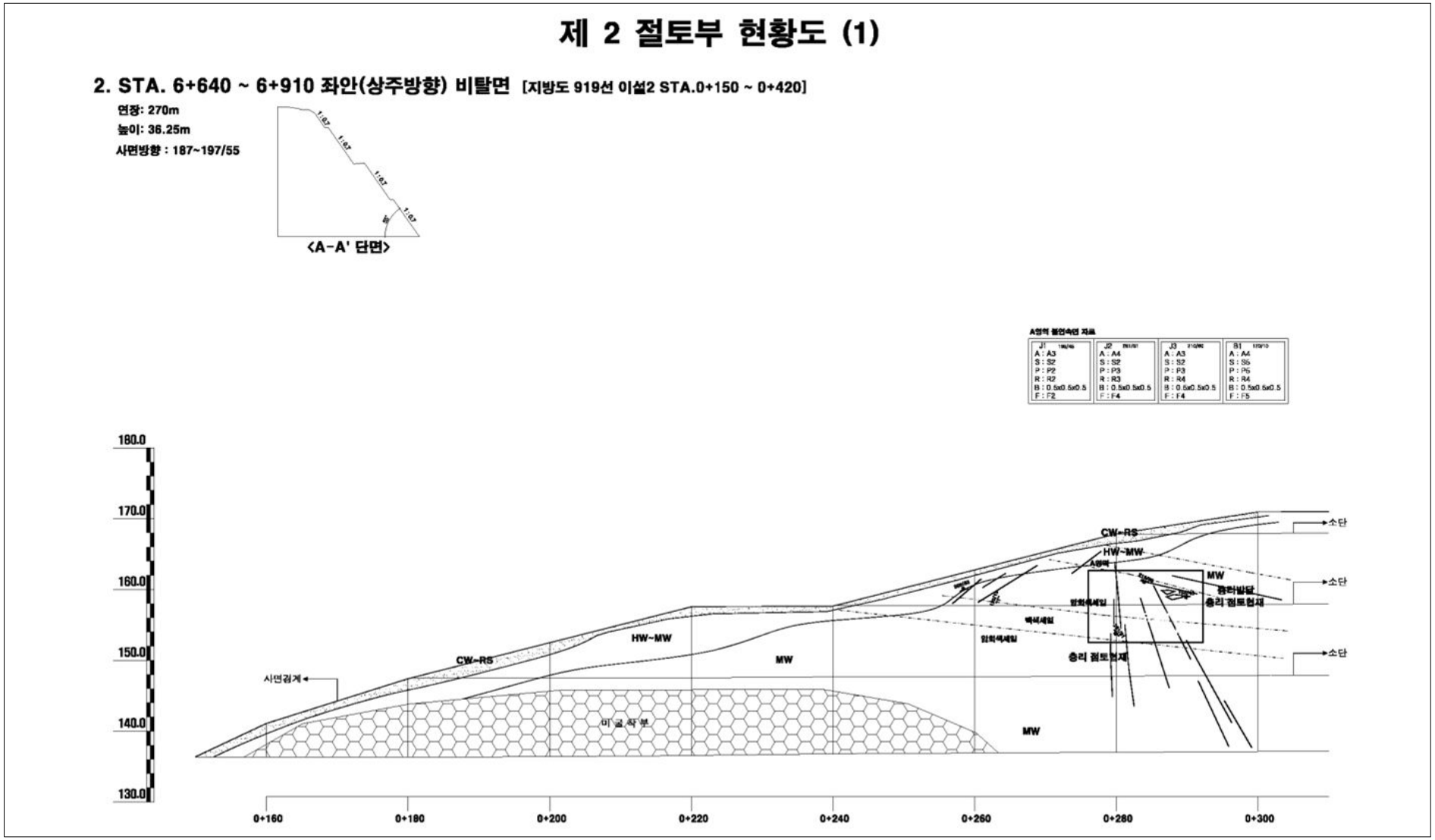
<산마루 측구 전경>

<표 8.1.1> 대상구조물 현황표

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="3">-</td><td>관리번호</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="3">STA.0+160 ~ 0+420
이설도로#2</td><td>시설물 구분</td><td colspan="2">절토사면</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td colspan="2">행정구역</td><td colspan="4">경상북도 군위군 부계면 신화리 ~ 창평리</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위 치</td><td>구 분</td><td colspan="4">이설도로#2</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="4">0+160</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="4">0+420</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>연 장</td><td>260m</td><td>최대높이</td><td colspan="2">37.0m</td></tr>
<tr><td>사면방향성</td><td>55/187~197</td><td>노선</td><td colspan="2">상주~영천 고속도로</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="2">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td>2017년 06월</td><td>시공자</td><td colspan="2">(주)GS건설</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="4">낙석방호책, 낙석방지망</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="6">-</td></tr>
</table>

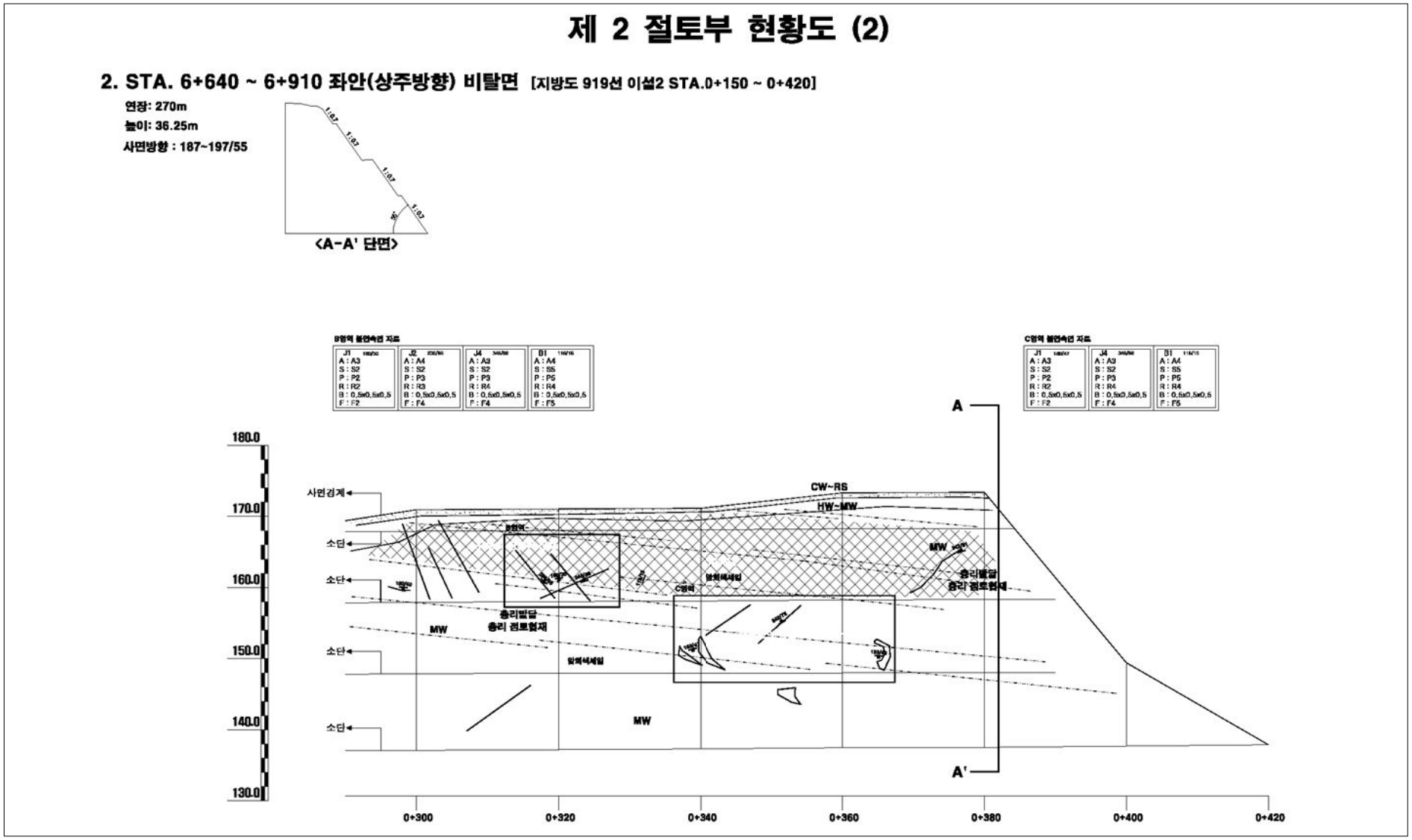
8.1.2 절토부 현황도

가. 1구간(STA.0+160 ~ 0+300)



<그림 8.1.1> 1구간(STA.0+160 ~ 0+300 현황도

나. 2구간(STA.0+300 ~ 0+420)



<그림 8.1.2> 2구간(STA.0+300 ~ 0+420) 현황도

8.2 외관조사

8.2.1 측점 분할

대상시설물에 대한 현장조사는 세부지침에서 제시한 방법에 따라 2구간으로 구분하여 현장조사 및 외관조사망도를 작성하였다.

<표 8.2.1> 측점 분할

구 분		시점 위치	종점 위치	연장	비 고
절토사면	1구간	STA.0+160	STA.0+300	L=140.0m	
	2구간	STA.0+300	STA.0+420	L=120.0m	

8.2.2 시설물별 외관조사 결과

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 절토사면 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였으며, 세부지침에 따라 기본 시설물과 부대 시설물로 나누어 조사를 실시하였다.

외관조사 현황

가. 기본 시설물

1) 1구간(STA.0+160 ~ 0+300)

① 사면 1구간은 연장 140.0m, 절토고(최대높이) 약 37.0m, 사면방향 187~197/55, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~1.0 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.5m(콘크리트 소단 2.5m) 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 수목이 다수 자라있는 상태이고, 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등이 없는 것으로 조사되었다.

④ 표면 보호공으로 4단 사면 암 노출부에는 전체적으로 낙석방지망이 시공된 상태이며, 암은 면이 거칠고 절리와 층리가 발달되어있는 상태로서 지하수위는 없는 것으로 조사되었다.

2) 2구간(STA.0+300 ~ 0+420)

① 사면 2구간은 연장 120.0m, 절토고(최대높이) 약 37.0m, 사면방향 187~197/55, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

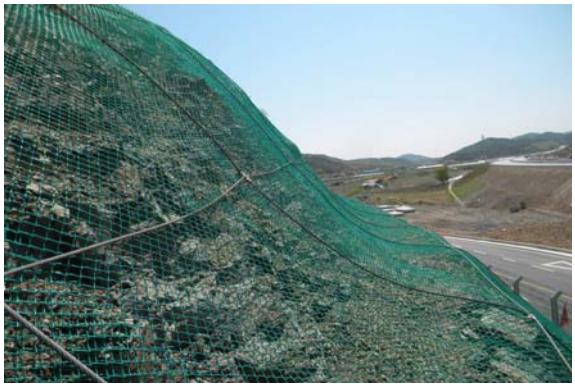
② 절토사면 경사는 1:0.7~0.9 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.5m(콘크리트 소단 2.5m) 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 양호한 상태로 조사되었다.

④ 표면 보호공으로 4단 사면 암 노출부에는 전체적으로 낙석방지망이 시공된 상태이며, 암은 면이 거칠고 절리와 층리가 발달되어있는 상태로서 충진물이 적고, 지하수위는 없는 것으로 조사되었다.

1,2구간 시공 전경

1구간 1단 시공 전경



1구간 2단 시공 전경

1구간 1단 STA.0+210 층리 발달 상태

1구간 1단 STA.0+250 절리 발달 상태

1구간 1단 STA.0+250 점토된 암반 상태

1구간 1단 사면 기울기 측정(1:1.0)

1구간 2단 소단 폭 측정(2.5m)

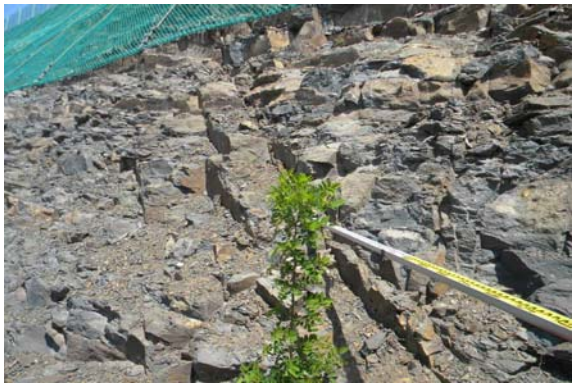
1,2구간 시공 전경

2구간 1단 시공 전경

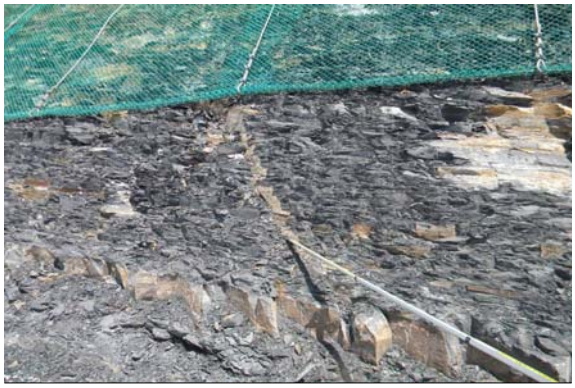
2구간 2단 시공 전경

2구간 2단 시공 전경

2구간 상부 전경



2구간 1단 STA.0+300 절리 발달 상태



2구간 1단 STA.0+310 층리 발달 상태

2구간 1단 사면 기울기 측정(1:0.9)

나. 부대 시설물

1) 보호시설

사면 1~2구간은 낙석방지망이 설치된 상태로 전반적으로 PVC 코팅망의 유실 및 훼손 등이 없고, PVC 코팅망 연결부 겹이음(30cm 이상), 와이어 로프 교차지점 크로스 크립의 체결 상태 등 시공 상태는 양호 한 것으로 조사되었다.

2) 배수시설

① 사면 1~2구간의 배수처리 시설로는 L형측구, 산마루측구, 소단측구, 수평배수공 등이 설치되어 있다.

② 사면 하단부에 시공된 L형 측구는 약 1m 간격으로 약 1.0m 간격으로 사면 내 지하수 배제를 목적으로 수평배수공이 각각의 형식에 따라 설계도면에 맞게 적정한 간격으로 설치되어있다. 또한 콘크리트의 품질상태는 균열이나 파손 등이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

③ 기 시공된 소단측구는 지층의 특성 및 비탈면 기울기 등 소단설치 기준에 따라 적정하게 설치된 상태로서, 콘크리트 품질상태는 균열이나 파손 등의 손상이 없는 양호한 것으로 조사되었다.

④ 사면의 경계부를 따라 설치된 산마루측구 및 배수로는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었으나, 일부구간에 균열이 확인되었으며, 시점부 1단에는 일부 연결 마감이 필요한 곳으로 조사되었다.

구분		손상내용	손상규모 (규모/개소)	단위	비고
1구간	배수로	균열(0.3㎜이상)	1.5 / 1	m / ea	

산마루측구(배수로) 시공 전경

배수로 JOINT 마감 상태(양호)

1구간 2단 배수로 균열(CW=2.0㎜,L=1.5m)상태

L형측구 및 낙석방지책 시공 전경

L형측구 및 낙석방지책 시공 전경

낙석방지망 시공 상태(양호)

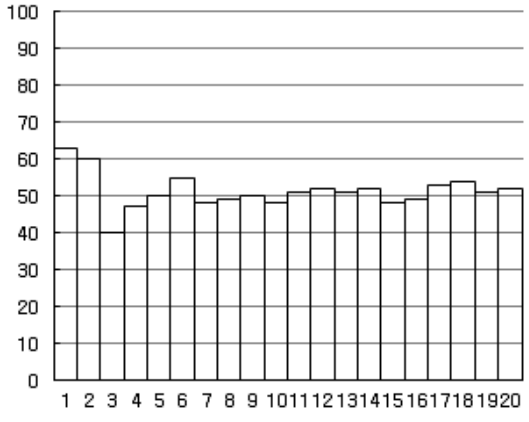
8.3 재료 시험

8.3.1 재료 시험 현황

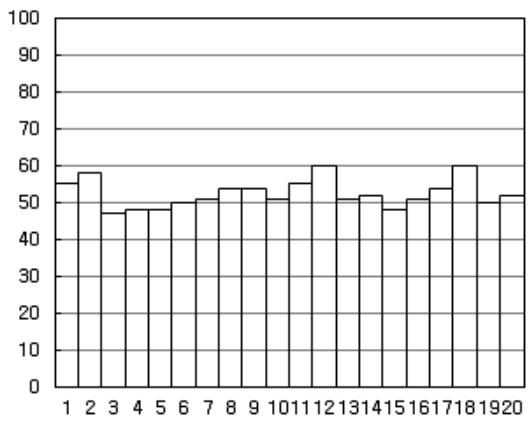
본 과업에서는 대상 절토사면의 노출된 암반(1단)에 대하여 Rock Test Hammer를 이용하여 반발경도법에 의한 시험을 시행하였다.

8.3.2 암반강도 측정결과

ROCK TEST HAMMER를 이용하여 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 51.15~52.45로서 암판정 기준 보통암으로 측정되었다.



STA 0+250 1단 | 평균반발도 : 51.15



STA 0+350 1단 | 평균반발도 : 52.45

<표 8.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정

위 치	ROCK TEST HAMMER에 의한 암판정			비 고
	반발값 평균치(r)	일축압축 강도 추정(MPa)	암 판정	
STA 0+250 1단	51.15	102.00	보통암	
STA 0+350 1단	52.45	108.42	보통암	

8.3.3 관련사진

노출암반 전경	STA 0+250 1단

8.4 시설물의 상태평가

8.4.1 개 요

본 절토사면에 대한 외관조사 결과를 바탕으로 세부지침에 의거 평가 프로그램을 이용하여 상태평가 등급을 산정하였다.

상태평가를 수행하기 위한 절토사면의 상태평가 단위 길이는 40m를 기준으로 각각의 SPAN별 결함지수를 산정하였다.

8.4.2 상태평가 결과

가. 사면 1구간

1) SPAN별 평가구분

사면유형	SPAN 구분	위치(STA.)	토층 심도율(SR)	비 고
절리암반사면	No.1	0+160 ~ 0+200	SR ≤ 0.4	
	No.2	0+200 ~ 0+240		
	No.3	0+240 ~ 0+280		
	No.4	0+280 ~ 0+300		

2) 절리암반사면 상태평가 결과

No.	파괴징후			파괴현황	사면손상상태지수 (f1)	지반상태			사면형상	자연요인	인위요인			사면파괴요인지수 (f2)	평가단위결함지수 (f1+f2)	단위상태평가등급
	인장균열	지반변형	구조물변형	발생규모		절리주향	절리경사	절리상태	사면경사	강우및지하수	절취상태	배수조건	보호/보강상태			
1	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	3	1	2	0.21	0.14	a
2	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	3	1	2	0.21	0.14	a
3	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	3	1	2	0.21	0.14	a
4	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	3	1	2	0.21	0.14	a
평균	0	0	0	0	0	1.0	1.0	2.0	1.0	0	3.0	1.0	2.0	0.20	0.10	a

1. 평가지수	0.10
2. 상태평가 결과	A 등급

나. 사면 2구간

1) SPAN별 평가구분

사면유형	SPAN 구분	위치(STA.)	토층 심도율(SR)	비 고
절리암반사면	No.1	0+300 ~ 0+340	SR ≤ 0.4	
	No.2	0+340 ~ 0+380		
	No.3	0+380 ~ 0+420		

2) 절리암반사면 상태평가 결과

No.	파괴징후			파괴현황	사면손상상태지수 (f1)	지반상태			사면형상	자연요인	인위요인			사면파괴요인지수 (f2)	평가단위결함지수 (f1+f2)	단위상태평가등급
	인장균열	지반변형	구조물변형	발생규모		절리주향	절리경사	절리상태	사면경사	강우및지하수	절취상태	배수조건	보호/보강상태			
1	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	3	1	1	0.19	0.13	a
2	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	3	1	1	0.19	0.13	a
3	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	3	1	1	0.19	0.13	a
평균	0	0	0	0	0	2.0	1.0	1.0	1.0	0	3.0	1.0	1.0	0.20	0.10	a

1. 평가지수	0.10
2. 상태평가 결과	A 등급

8.4.3 고찰

본 절토사면의 상태등급평가는 세부지침에 의거 절리암반사면으로 구분하여 실시하였으며, 육안조사에 의한 외관조사 항목과 설계 및 지반조사서 분석 결과를 포함하여 상태평가를 실시하였다. 본 사면의 최종 상태평가 결과는 “A등급(평가지수:0.10)” 으로 산정 되었다.

8.5 안전성평가

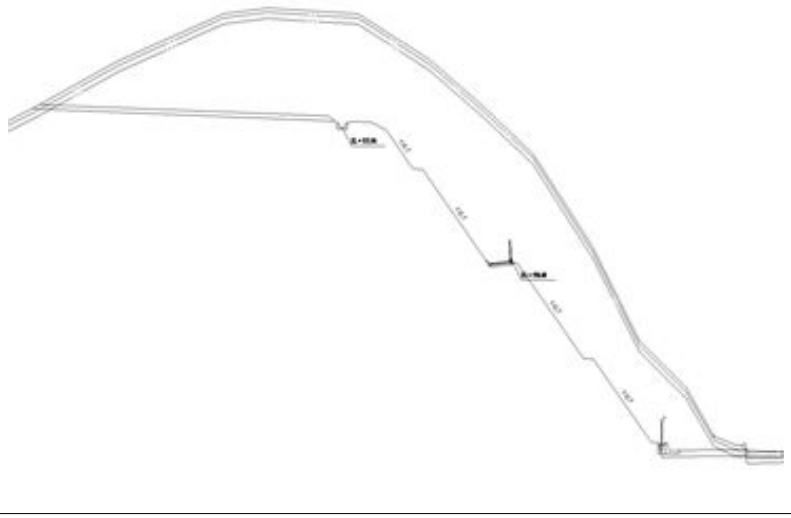
8.5.1 개 요

본 절토사면에 대한 안전성평가는 설계 및 시공보고서를 참조하여 세부지침(한국시설안전공단, 2010년 12월)에 의거, 안전성평가 등급을 산정하였다.

8.5.2 평사투영해석

STA.0+160 ~ 0+420(이설도로 #2)에 위치한 절토사면의 대표단면에 대한 안전성 검토 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 검토단면



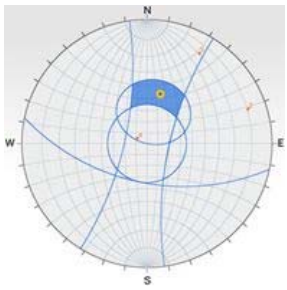
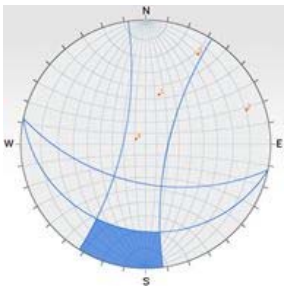
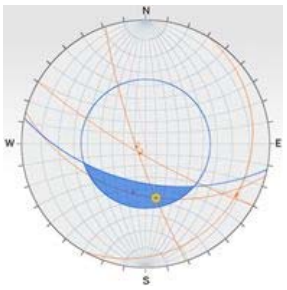
STA.0+380

2) 적용된 지반정수

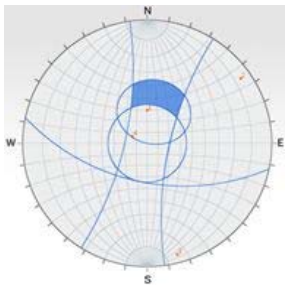
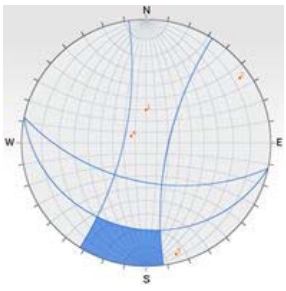
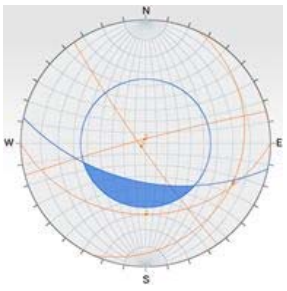
구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (c, kPa)	내부마찰각 (°)	투수계수 (cm/sec)
풍 화 토		19.0	20.0	28	5.00×10^{-4}
풍 화 암		20.0	30.0	29	7.00×10^{-5}
기반암 (사암/이질암)	모암	24.0	200.0	32	7.0×10^{-6}
	절리면		120.0	31.3(잔류마찰각)	

3) 안정성 검토결과 요약

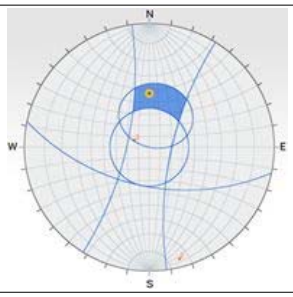
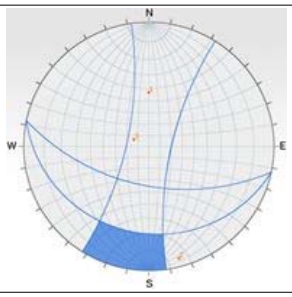
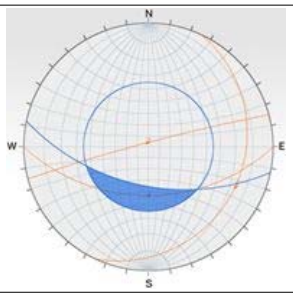
① A영역

평사투영해석	평면파괴 분석도	전도파괴 분석도	쐐기파괴 분석도
			
	해석결과		
	구분	평면	전도	쐐기
	1:0.7	불안정	안정	불안정

② B영역

평사투영해석	평면파괴 분석도	전도파괴 분석도	쐐기파괴 분석도
			
	해석결과		
	구분	평면	전도	쐐기
	1:0.7	안정	안정	안정

③ C영역

평사투영해석	평면파괴 분석도	전도파괴 분석도	쐐기파괴 분석도
			
	해석결과		
	구분	평면	전도	쐐기
	1:0.7	불안정	안정	안정

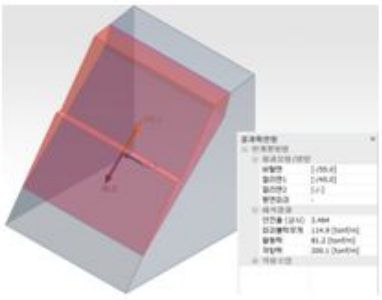
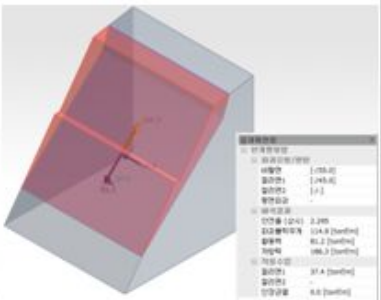
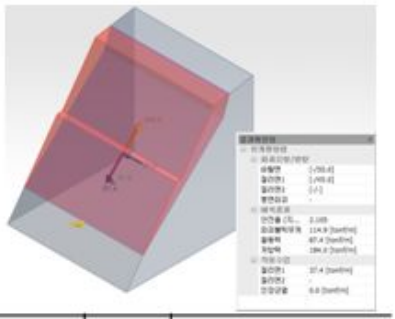
4) 고 찰

본 상주~영천 고속도로 민간투자사업 6공구 현장의 Sta. 0+160~0+420에 대한 현황도 작성 보고서를 참조하여 조성중인 사면에 나타난 절리군에 대한 조사결과를 바탕으로 안정성 해석을 수행한 결과 A영역에서 평면 및 쐐기, C영역에서 평면파괴 가능성이 나타난 것으로 조사되었다.

8.5.3 한계평영해석

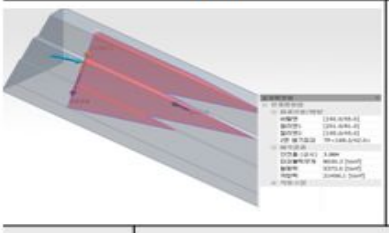
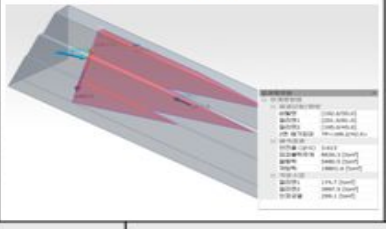
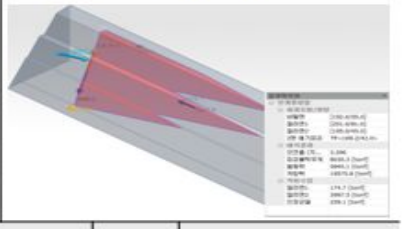
평사투영해석에서 불안정성이 검토된 영역에 대하여 한계평형해석을 수행한 결과 다음과 같다.

가. A영역(평면파괴조건)

건 기 시	우 기 시	지 진 시
		

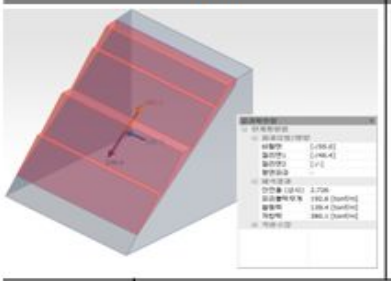
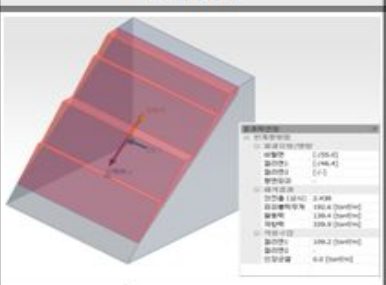
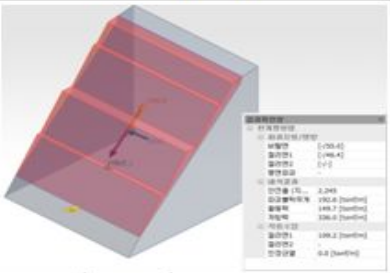
검토단면	기준안전율			해석결과			판 정	비 고
	건기시	우기시	지진시	건기시	우기시	지진시		
0+280 (상주방향)	1.5	1.2	1.1	2.46	2.29	2.10	안정	비탈면경사 1:0.7
검토결과	▶ 평면파괴 가능성이 존재하여 한계평형 해석을 수행한 결과 건기, 우기 및 지진시 모두 허용안전율을 만족하고 있어 비탈면 안정성은 확보되는 것으로 판단됨							

나. A영역(쐐기파괴조건)

건 기 시	우 기 시	지 진 시
		

검토단면	기준안전율			해석결과			판 정	비 고
	건기시	우기시	지진시	건기시	우기시	지진시		
0+280 (상주방향)	1.5	1.2	1.1	3.98	3.61	3.29	안정	비탈면경사 1:0.7
검토결과	▶ 쐐기파괴 가능성이 존재하여 한계평형 해석을 수행한 결과 건기, 우기 및 지진시 모두 허용안전율을 만족하고 있어 비탈면 안정성은 확보되는 것으로 판단됨							

다. C영역(평면파괴조건)

건 기 시	우 기 시	지 진 시
		

검토단면	기준안전율			해석결과			판 정	비 고
	건기시	우기시	지진시	건기시	우기시	지진시		
0+350 (상주방향)	1.5	1.2	1.1	2.72	2.43	2.24	안정	비탈면경사 1:0.7
검토결과	▶ 평면파괴 가능성이 존재하여 한계평형 해석을 수행한 결과 건기, 우기 및 지진시 모두 허용안전율을 만족하고 있어 비탈면 안정성은 확보되는 것으로 판단됨							

8.5.4 안전성평가 결과

점토 암반사면내 절리군에 대해 불안정한 영역에 대해서는 부석정리 후 사면보호공(낙성방지망, 낙석방지책 등)조치가 이루어진 상태로서 한계평형해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”(안전율 1.5이상)으로 산정 되었다.

8.6 종합평가 및 안전등급 지정

8.6.1 종합평가

종합평가 등급은 외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정 한다.

종합평가등급 = Min(상태평가등급, 안전성평가등급)

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.10	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.10	A	
종합평가 결과	사면의 종합평가 결과 “A"		

8.6.2 안전등급

절토사면에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

안전등급	시설물의 상태
A(우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B(양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C(보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D(미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E(불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

8.7 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 가호리 ~ 창평리(이설도로#2)에 위치한 절토사면으로서 연장은 L=260.0m(STA.0+160~0+420), 최대높이 H=37.0m로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.
2) 외관조사결과 사면의 전반적인 시공상태는 양호한 것으로 조사되었으나, 일부구간 암상태가 면이 거칠고 절리와 층리가 발달되어있는 것으로 조사되었고, 부대시설물인 종배수로 시공상태는 일부 구간에 균열이 발생한 것으로 확인되었다.
3) 절토 암반 사면은 설계도면대로 비탈면 경사 준수와 사면보호공(낙석방지망, 낙석방지책 등)조치가 적정하게 설치되어있는 상태였다.
4) 점토 암반사면내 절리군에 대해 불안정한 영역에 대해서는 부석정리 후 사면보호공(낙성방지망, 낙석방지책 등)조치가 이루어진 상태로서 한계평형해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”(안전율 1.5이상)으로 산정 되었다.
5) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 절토사면은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다
6) 향후 절토사면의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

제 9 장 절토사면(STA.8+850~9+230)

9.1 시설물 현황

9.2 외관조사

9.3 재료시험

9.4 시설물의 상태평가

9.5 안전성 평가

9.6 종합평가 및 안전등급 지정

9.7 종합결론

제 9 장 절토사면(STA.8+850~9+230)

9.1 시설물 현황

9.1.1 개요

본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 가호리에 위치한 절토사면으로서 연장은 상주방향 L=380.0m(STA.8+850~9+230), 최대높이 H=37.0m의 대규모 사면으로 지형을 고려하여 3구간으로 구분하여 조사를 실시하였다.

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 절토사면 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다.

<절토사면 전면 전경>

<절토사면 상단 전경>

<L형측구 및 낙석방지책 전경>

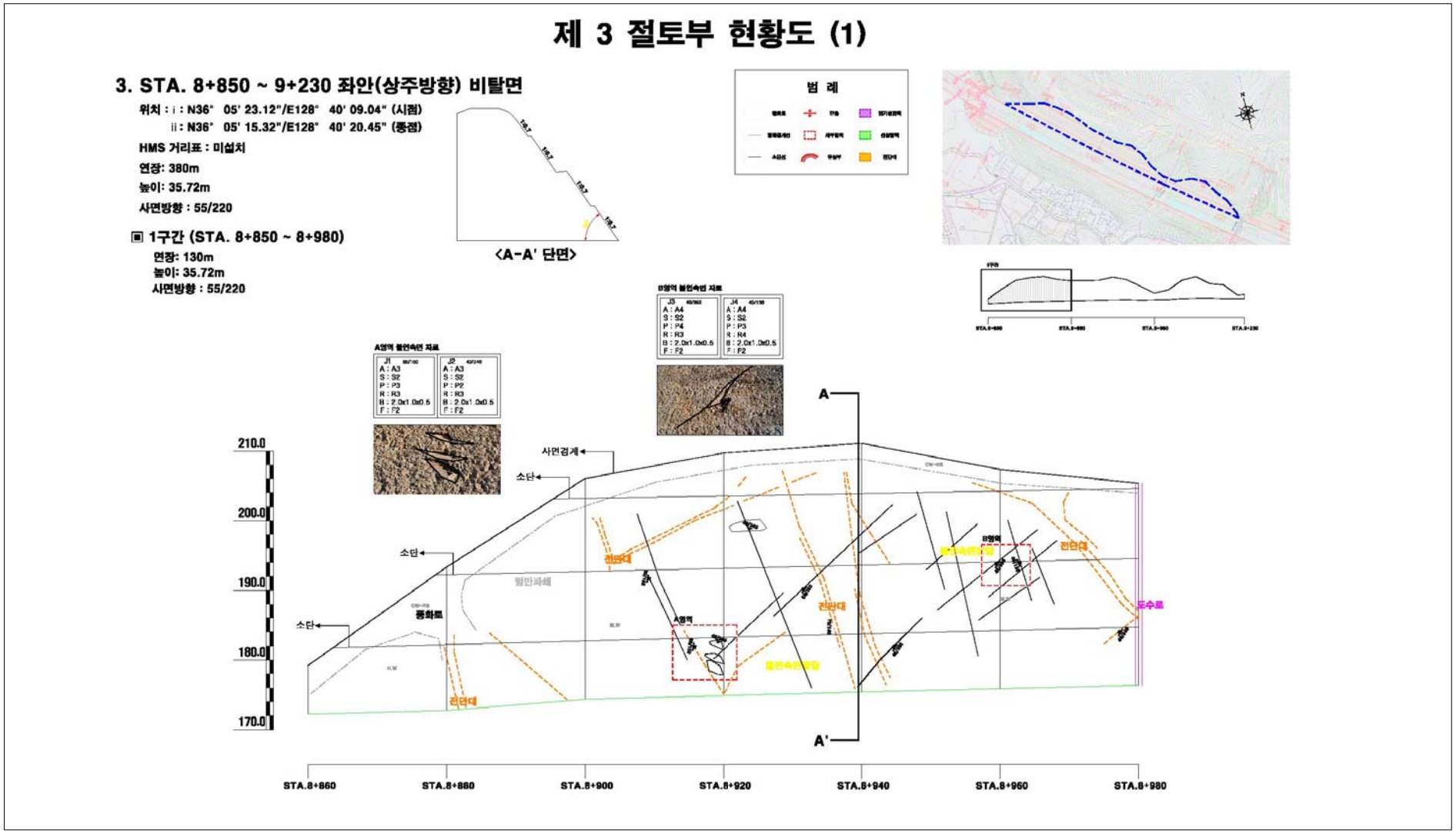
<도수로 전경>

<표 9.1.1> 대상구조물 현황표

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="3">-</td><td>관리번호</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="3">STA.8+850 ~ 9+230</td><td>시설물 구분</td><td colspan="2">절토사면</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td colspan="2">행정구역</td><td colspan="4">경상북도 군위군 부계면 가호리</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위 치</td><td>구 분</td><td colspan="4">상주방향</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="4">8+850</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="4">9+230</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>연 장</td><td>380m</td><td>최대높이</td><td colspan="2">37.0m</td></tr>
<tr><td>사면방향성</td><td>55/220</td><td>노선</td><td colspan="2">상주~영천 고속도로</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="2">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td>2017년 06월</td><td>시공자</td><td colspan="2">(주)GS건설</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="4">낙석방호책</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="6">-</td></tr>
</table>

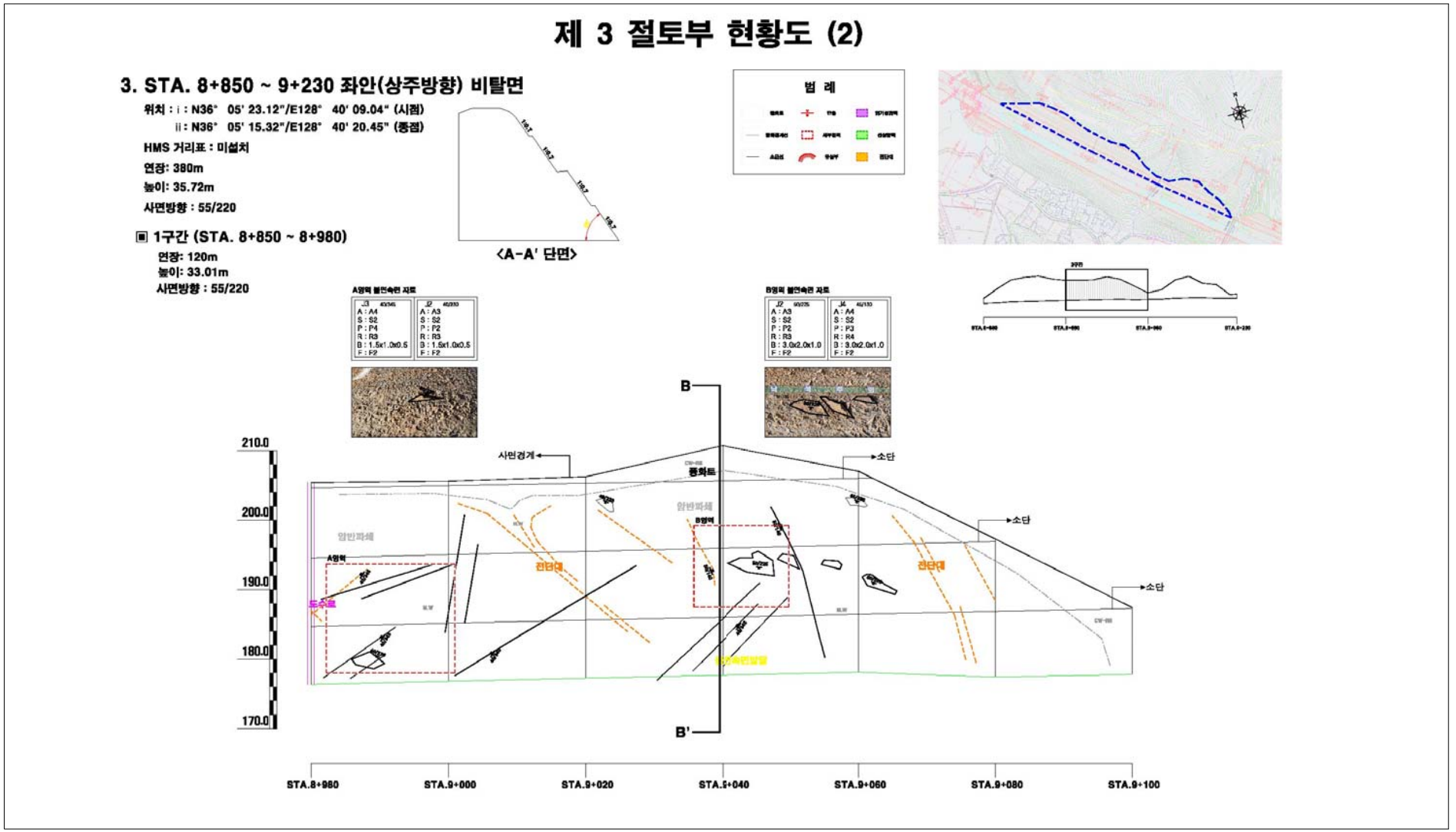
9.1.2 절토부 현황도

가. 1구간(STA.8+850 ~ 8+980)



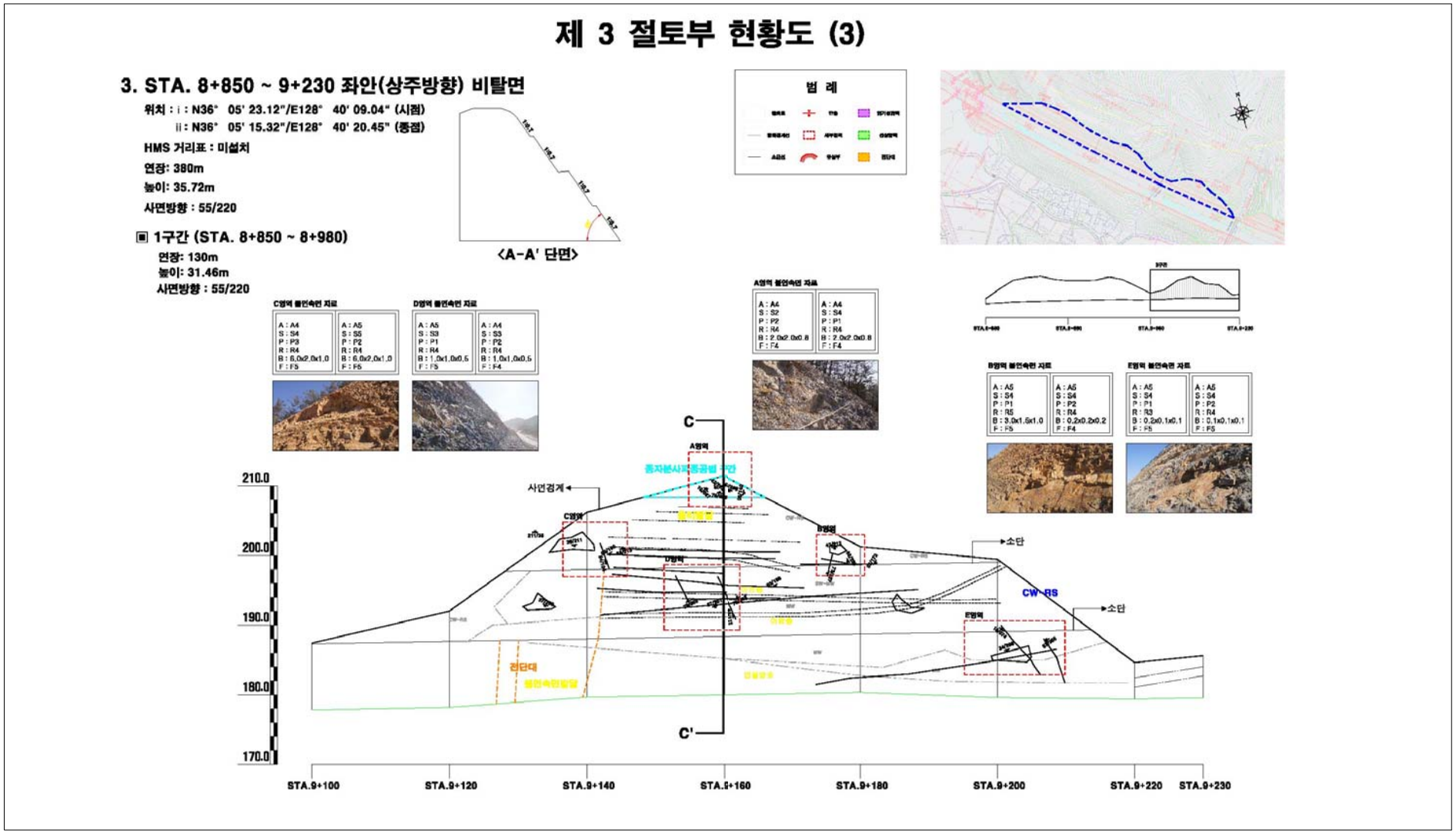
<그림 9.1.1> 1구간(STA.8+850 ~ 9+230 현황도

나. 2구간(STA.8+980 ~ 9+100)



<그림 9.1.2> 2구간(STA.8+980 ~ 9+100) 현황도

다. 3구간(STA.9+100 ~ 9+230)



<그림 9.1.3> 3구간(STA.9+100 ~ 9+230 현황도

9.2 외관조사

9.2.1 측점 분할

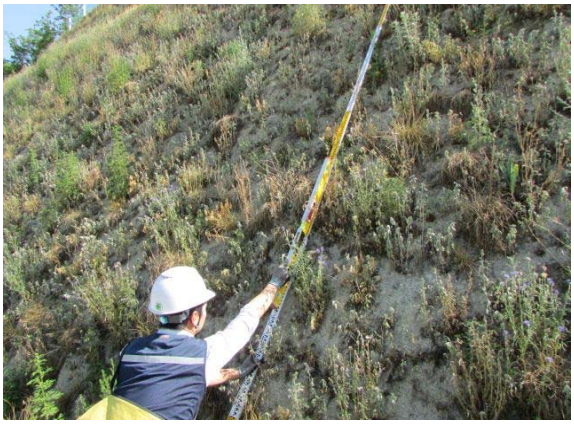
대상시설물에 대한 현장조사는 세부지침에서 제시한 방법에 따라 3구간으로 구분하여 현장조사 및 외관조사망도를 작성하였다.

<표 9.2.1> 측점 분할

구 분		시점 위치	종점 위치	연장	비 고
절토사면	1구간	STA.8+850	STA.8+980	L=130.0m	
	2구간	STA.8+980	STA.9+100	L=120.0m	
	3구간	STA.9+100	STA.9+230	L=130.0m	

9.2.2 시설물별 외관조사 결과

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 절토사면 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였으며, 세부지침에 따라 기본 시설물과 부대 시설물로 나누어 조사를 실시하였다.



외관조사 현황

가. 기본 시설물

1) 1구간(STA.8+850 ~ 8+980)

① 사면 1구간은 연장 130.0m, 절토고(최대높이) 약 37.0m, 사면방향 55/220, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~0.8 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0 ~ 1.3m(콘크리트 소단 약 2.5m) 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 경사 1:1.2 정도로서 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 것으로 조사되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 불연속면이 발달하여 있으며, 발달된 불연속면의 방향성에 따라 일부 평면 및 쐐기파괴형의 낙석 및 유실이 발생하였다. 이에 대하여 현장에서는 낙석방지책을 설치하여 안전에 만전을 기하고 있는 것으로 확인되었다.

2) 2구간(STA.8+980 ~ 9+100)

① 사면 2구간은 연장 120.0m, 절토고(최대높이) 약 33.01m, 사면방향 55/220, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0 ~ 1.3m(콘크리트 소단 약 2.5m) 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 경사 1:1.2 정도로서 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 발견되지 않았으며, 식생상태 또한 양호한 것으로 조사되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된

암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 불연속면이 발달하여 있으며, 발달된 불연속면의 방향성에 따라 일부 평면 및 쐐기파괴형의 낙석 및 유실이 발생하였다. 이에 대하여 현장에서는 현재 녹생토 발포를 통해 보완한 것으로 확인되었다.

3) 3구간(STA.9+100 ~ 9+230)

① 사면 3구간은 연장 130.0m, 절토고(최대높이) 약 31.46m, 사면방향 55/220, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

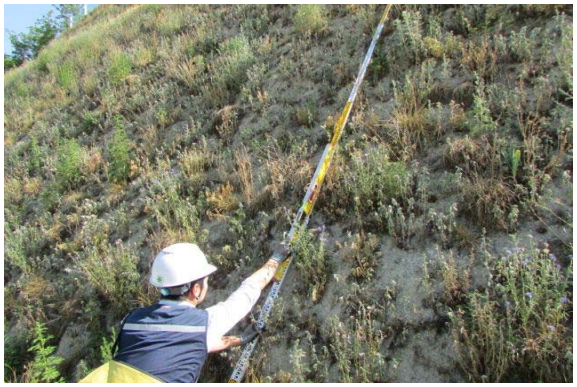
② 절토사면 경사는 1:0.7~0.8 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0 ~ 1.3m(콘크리트 소단 약 2.5m) 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 발견되지 않았으며, 식생상태 또한 양호한 것으로 조사되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 불연속면으로 인한 암반 파쇄 및 소규모 암탈락이 발생하였으나, 현재는 녹생토 작업으로 인해 보완된 상태로 조사되었다.

1단 시공 전경

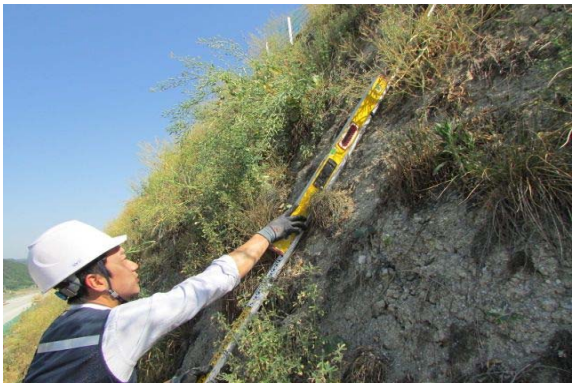
1단 식생발아 상태



1단 사면 기울기 측정(1:0.7)

1,2단 경계부 도수로 시공상태

2단 시공 전경



2단 사면 기울기 측정(1:0.7)

소단 폭 측정(B=1.3m)

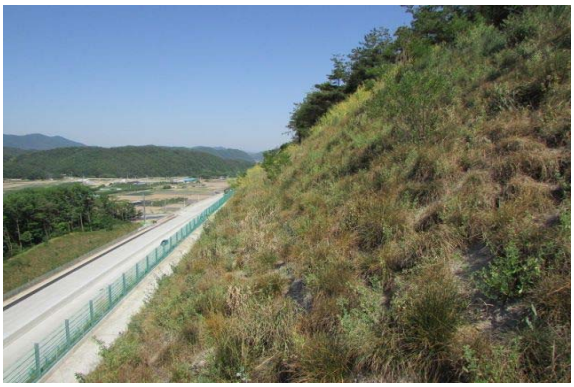
3단 시공 전경

콘크리트 소단 시공전경

콘크리트 소단 폭 측정(B=2.5m)

3단 시공 전경

3단 전면 낙석방지책 시공전경



4단 시공 전경

4단 사면 기울기 측정(1:0.7)

나. 부대 시설물

1) 보호시설

사면 1~3구간의 표면보호 공법으로는 식생, 녹생토 등으로 되어 있으며, 식생발아 및 정착 상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

2) 배수시설

① 사면 1~3구간의 배수처리 시설로는 L형측구, 소단측구, 산마루측구, 도수로, 수평배수공, 집수정 등이 설치되어 있다.

② 사면 하단부에 시공된 L형 측구는 약 1m 간격으로 약 1.0m 간격으로 사면 내 지하수 배제를 목적으로 수평배수공이 각각의 형식에 따라 설계도면에 맞게 적정한 간격으로 설치되어있다. 또한 콘크리트의 품질상태는 균열이나 파손 등이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

③ 2단에 시공된 소단측구는 지층의 특성 및 비탈면 기울기 등 소단설치 기준에 따라 적정하게 설치된 상태로서, 콘크리트 품질상태는 균열이나 파손 등의 손상이 없는 양호한 것으로 조사되었다.

④ 사면의 경계부를 따라 설치된 산마루측구는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.

⑤ 사면 1, 2구간의 경계지점에는 소단측구와 산마루측구로 집수된 지표수를 횡단배수 처리하기 위하여 도수로가 설치된 상태로서 각각의 형식과 구조에 맞게 설계도면대로 적정하게 시공되어 있는 것으로 확인되었다.

⑥ 도수로의 하부에는 사면 내 지표수와 지하수, 도로의 노면수 등을 집·배수 처리하기 위한 집수정을 계곡부와 도수로 합류 구간에 설치하였으며, 시공 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

도수로 시공전경

산마루 측구 시공전경

사면 상단 전경

사면 배면 전경

L형측구 수평배수공 시공상태

L형측구 및 낙석방지책 시공전경

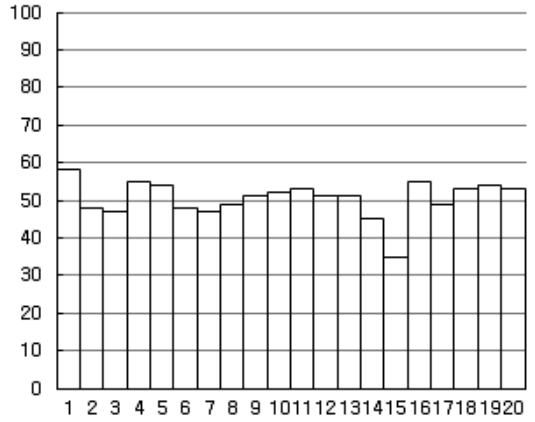
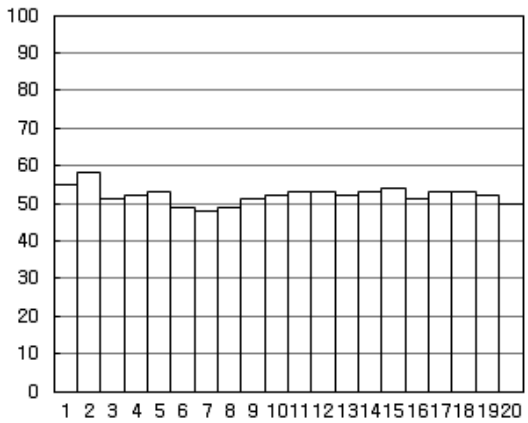
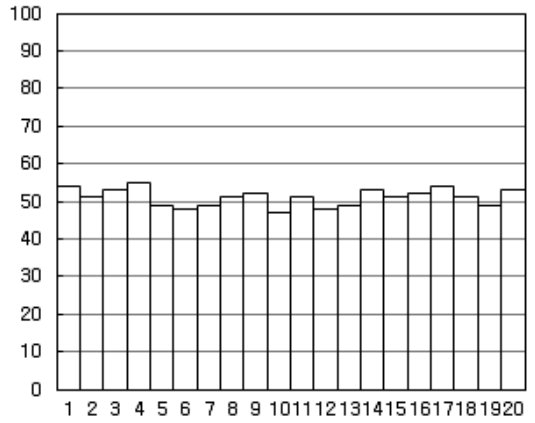
9.3 재료 시험

9.3.1 재료 시험 현황

본 과업에서는 대상 절토사면의 노출된 암반(1단)에 대하여 Rock Test Hammer를 이용하여 반발경도법에 의한 시험을 시행하였다.

9.3.2 암반강도 측정결과

ROCK TEST HAMMER를 이용하여 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 50.40~52.10으로서 암판정 기준 연암 및 보통암으로 측정되었다.

<table>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td>STA 8+900 1단</td><td>평균반발도 : 50.40</td><td>STA 9+000 1단</td><td>평균반발도 : 52.10</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>STA 9+150 1단</td><td>평균반발도 : 51.00</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>

<표 9.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정

위 치	ROCK TEST HAMMER에 의한 암판정			비 고
	반발값 평균치(r)	일축압축 강도 추정(MPa)	암 판정	
STA 8+900 1단	50.40	98.46	연암	
STA 9+000 1단	52.10	106.65	보통암	
STA 9+150 1단	51.00	101.28	보통암	

9.3.3 관련사진

노출암반 전경

STA 9+000 1단

9.4 시설물의 상태평가

9.4.1 개 요

본 절토사면에 대한 외관조사 결과를 바탕으로 세부지침에 의거 평가 프로그램을 이용하여 상태평가 등급을 산정하였다.

상태평가를 수행하기 위한 절토사면의 상태평가 단위 길이는 40m를 기준으로 각각의 SPAN별 결함지수를 산정하였다.

9.4.2 상태평가 결과

가. 사면 1구간

1) SPAN별 평가구분

사면유형	SPAN 구분	위치(STA.)	토층 심도율(SR)	비 고
절리암반사면	No.1	8+850 ~ 8+890	SR ≤ 0.4	
	No.2	8+890 ~ 8+930		
	No.3	8+930 ~ 8+980		

2) 절리암반사면 상태평가 결과

No.	파괴징후			파괴현황	사면손상상태지수 (f1)	지반상태			사면형상	자연요인	인위요인			사면파괴요인지수 (f2)	평가단위결함지수 (f1+f2)	단위상태평가등급
	인장균열	지반변형	구조물변형	발생규모		절리주향	절리경사	절리상태	사면경사	강우및지하수	절취상태	배수조건	보호/보강상태			
1	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	1	1	0.20	0.10	a
2	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	1	1	0.20	0.10	a
3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	1	1	0.20	0.10	a
평균	0	0	0	0	0	0	0	3.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.20	0.10	A

1. 평가지수	0.10
2. 상태평가 결과	A 등급

나. 사면 2구간

1) SPAN별 평가구분

사면유형	SPAN 구분	위치(STA.)	토층 심도율(SR)	비 고
절리암반사면	No.1	8+980 ~ 9+020	SR ≤ 0.4	
	No.2	9+020 ~ 9+060		
	No.3	9+060 ~ 9+100		

2) 절리암반사면 상태평가 결과

No.	파괴징후			파괴현황	사면손상상태지수 (f1)	지반상태			사면형상	자연요인	인위요인			사면파괴요인지수 (f2)	평가단위결함지수 (f1+f2)	단위상태평가등급
	인장균열	지반변형	구조물변형	발생규모		절리주향	절리경사	절리상태	사면경사	강우및지하수	절취상태	배수조건	보호/보강상태			
1	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	1	1	0.20	0.10	a
2	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	1	1	0.20	0.10	a
3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	1	1	0.20	0.10	a
평균	0	0	0	0	0	0	0	3.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.20	0.10	

1. 평가지수	0.10
2. 상태평가 결과	A 등급

다. 사면 3구간

1) SPAN별 평가구분

사면유형	SPAN 구분	위치(STA.)	토층 심도율(SR)	비 고
절리암반사면	No.1	9+100 ~ 9+140	SR ≤ 0.4	
	No.2	9+140 ~ 9+180		
	No.3	9+180 ~ 9+230		

2) 절리암반사면 상태평가 결과

No.	파괴징후			파괴현황	사면손상상태지수 (f1)	지반상태			사면형상	자연요인	인위요인			사면파괴요인지수 (f2)	평가단위결함지수 (f1+f2)	단위상태평가등급
	인장균열	지반변형	구조물변형	발생규모		절리주향	절리경사	절리상태	사면경사	강우및지하수	절취상태	배수조건	보호/보강상태			
1	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	1	1	0.20	0.10	a
2	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	1	1	0.20	0.10	a
3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	1	1	0.20	0.10	a
평균	0	0	0	0	0	0	0	3.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.20	0.10	

1. 평가지수	0.10
2. 상태평가 결과	A 등급

9.4.3 고찰

본 절토사면의 상태등급평가는 세부지침에 의거 절리암반사면으로 구분하여 실시하였으며, 육안조사에 의한 외관조사 항목과 설계 및 지반조사서 분석 결과를 포함하여 상태평가를 실시하였다. 본 사면의 최종 상태평가 결과는 “A등급(평가지수:0.10)” 으로 산정 되었다.

9.5 안전성평가

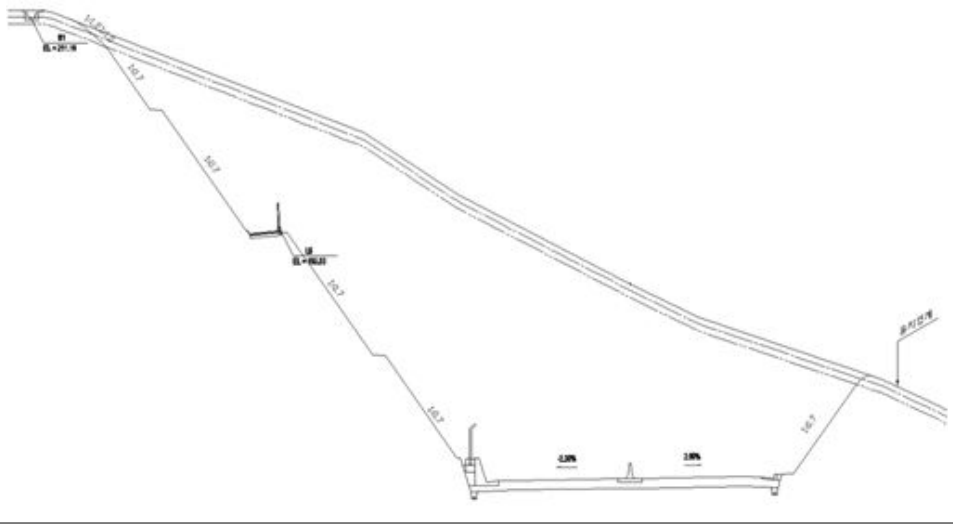
9.5.1 개 요

본 절토사면에 대한 안전성평가는 설계 및 시공보고서를 참조하여 세부지침(한국시설안전공단, 2010년 12월)에 의거, 안전성평가 등급을 산정하였다.

9.5.2 안전성 검토

STA.8+850 ~ 9+230에 위치한 절토사면의 대표단면에 대한 안전성 검토 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 검토단면



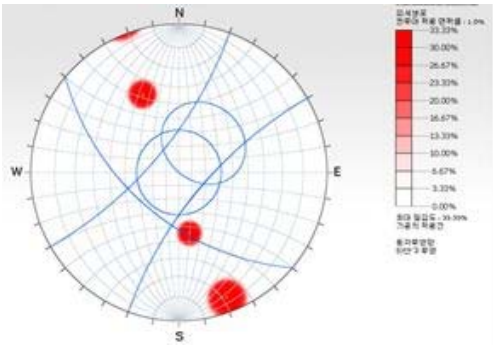
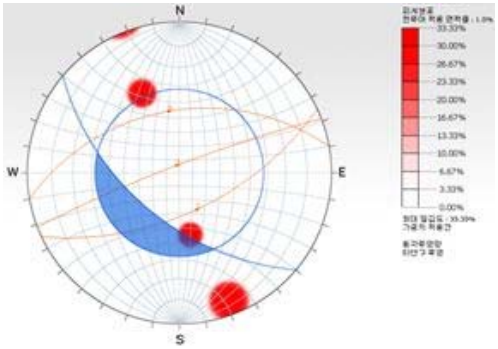
STA.8+940

2) 적용된 지반정수

구 분	단위중량 (kN/㎥)	점착력 (c, kPa)	내부마찰각 (°)	투수계수 (cm/sec)
풍 화 토	19.0	20.0	28	5.00×10-4
풍 화 암	20.0	30.0	29	7.00×10-5
기반암 (사암/이질암)	24.0	200.0	32	7.0×10-6

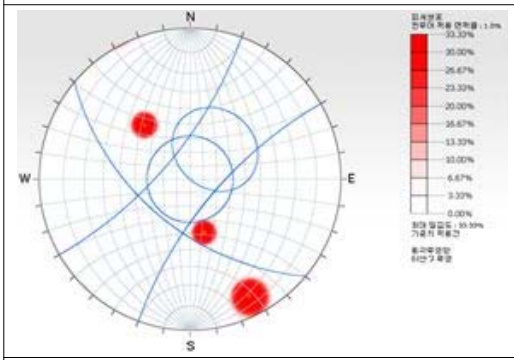
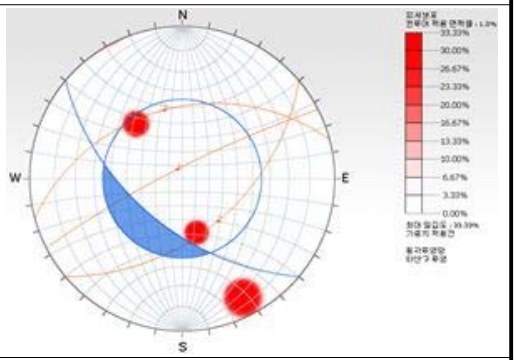
3) 안정성 검토결과 요약

① STA.8+850~8+980(상주방향)

평사투영해석	평면 및 전도파괴 분석도	쐐기파괴 분석도
		
	해석결과	

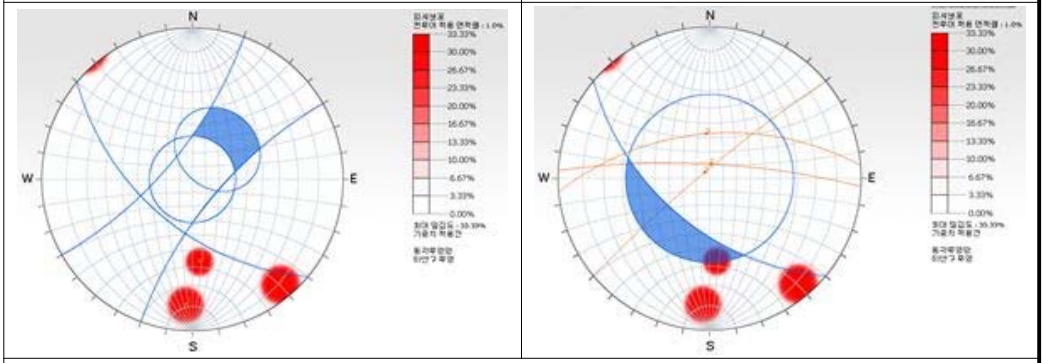
구분	평면	전도	쐐기
1:0.7	안정	안정	안정

② STA.8+980~9+100(상주방향)

평사투영해석	평면 및 전도파괴 분석도	쐐기파괴 분석도
		
	해석결과	

구분	평면	전도	쐐기
1:0.7	안정	안정	안정

③ STA.9+100~9+230(상주방향)

<table>
<tr><td rowspan="4">평사투영해석</td><td colspan="2">평면 및 전도파괴 분석도</td><td colspan="2">쐐기파괴 분석도</td></tr>
<tr><td colspan="4">  </td></tr>
<tr><td colspan="4">해석결과</td></tr>
<tr><td colspan="4"><table>
<tr><td>구분</td><td>평면</td><td>전도</td><td>쐐기</td></tr>
<tr><td>1:0.7</td><td>안정</td><td>안정</td><td>안정</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

4) 고 찰

본 상주~영천 고속도로 민간투자사업 6공구 현장의 Sta. 8+850~9+230에 대한 현황도 작성 보고서를 참조하여 조성중인 사면에 나타난 절리군에 대한 조사결과를 바탕으로 안정성 해석을 수행한 결과 전 구간에서 안정한 것으로 확인되었다.

9.5.3 안전성평가 결과

암반사면내 절리군에 대해 불안정한 영역에 대해서는 부석정리 후 사면보호공(녹생토, 낙석방지책 등)조치가 이루어진 상태로서 본 사면은 평사투영해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”으로 산정 되었다.

※ 평사투영해석 시 안정한 것으로 해석되어 한계평형해석을 수행하지 않았을 경우는 평가기준을 “A”로 한다.「절토사면 세부지침」

9.6 종합평가 및 안전등급 지정

9.6.1 종합평가

종합평가 등급은 외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정 한다.

종합평가등급 = Min(상태평가등급, 안전성평가등급)

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.10	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.10	A	
종합평가 결과	사면의 종합평가 결과 “A"		

9.6.2 안전등급

절토사면에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

안전등급	시설물의 상태
A(우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B(양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C(보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D(미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E(불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

9.7 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 창평리에 위치한 절토사면으로서 연장은 상주방향 L=380.0m(STA.8+850~9+230), 최대높이 H=37.0m로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.
2) 외관조사결과 사면의 경사, 소단 폭, 식생상태 및 보강상태 등의 전반적인 시공상태는 양호한 것으로 조사되었다.
3) 비파괴 장비를 이용한 내구성 조사(암강도 측정) 결과 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 50.40~52.10으로서 암판정 기준 연암 및 보통암으로 측정되었다.
4) 점토 암반사면내 절리군에 대해 불안정한 영역에 대해서는 부석정리 후 사면보호공(녹생토, 낙석방지책 등)조치가 이루어진 상태로서 본 사면은 평사투영해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”으로 산정 되었다.
5) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 절토사면은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다
6) 향후 절토사면의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

제 10 장 절토사면(STA.9+820~10+580)

10.1 시설물 현황

10.2 외관조사

10.3 재료시험

10.4 시설물의 상태평가

10.5 안전성 평가

10.6 종합평가 및 안전등급 지정

10.7 종합결론

제 10 장 절토사면(STA.9+820~10+580)

10.1 시설물 현황

10.1.1 개요

본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 창평리 ~ 가호리에 위치한 절토사면으로서 연장은 상주방향 L=760.0m(STA.9+820~10+580), 최대높이 H=47.69m의 대규모 사면으로 지형을 고려하여 6구간으로 구분하여 조사를 실시하였다.

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 절토사면 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다.

<절토사면 전면 전경>

<콘크리트 소단 측구 전경>

<L형 측구 및 낙석방지책 전경>

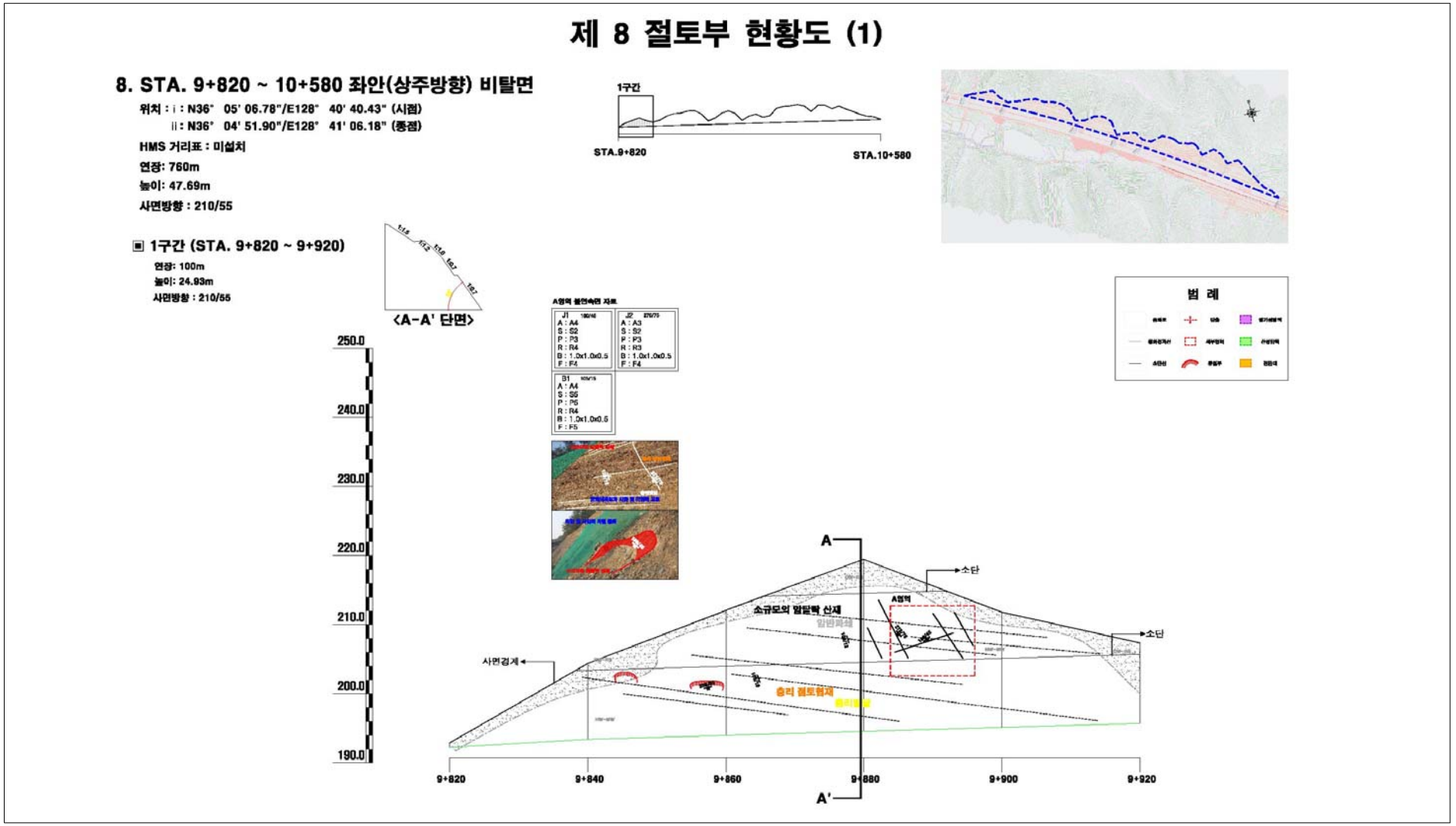
<산마루 측구 전경>

<표 10.1.1> 대상구조물 현황표

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="3">-</td><td>관리번호</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="3">STA,9+820 ~ 10+580</td><td>시설물 구분</td><td colspan="2">절토사면</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="5">경상북도 군위군 부계면 창평리 ~ 가호리</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위 치</td><td>구 분</td><td colspan="4">상주방향</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="4">9+820</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="4">10+580</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>연 장</td><td>760m</td><td>최대높이</td><td colspan="2">50.0m</td></tr>
<tr><td>사면방향성</td><td>55/210</td><td>노선</td><td colspan="2">상주~영천 고속도로</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="2">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td>2017년 06월</td><td>시공자</td><td colspan="2">(주)GS건설</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="4">낙석 방호책, 계단식 옹벽, PPP옹벽</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="6">-</td></tr>
</table>

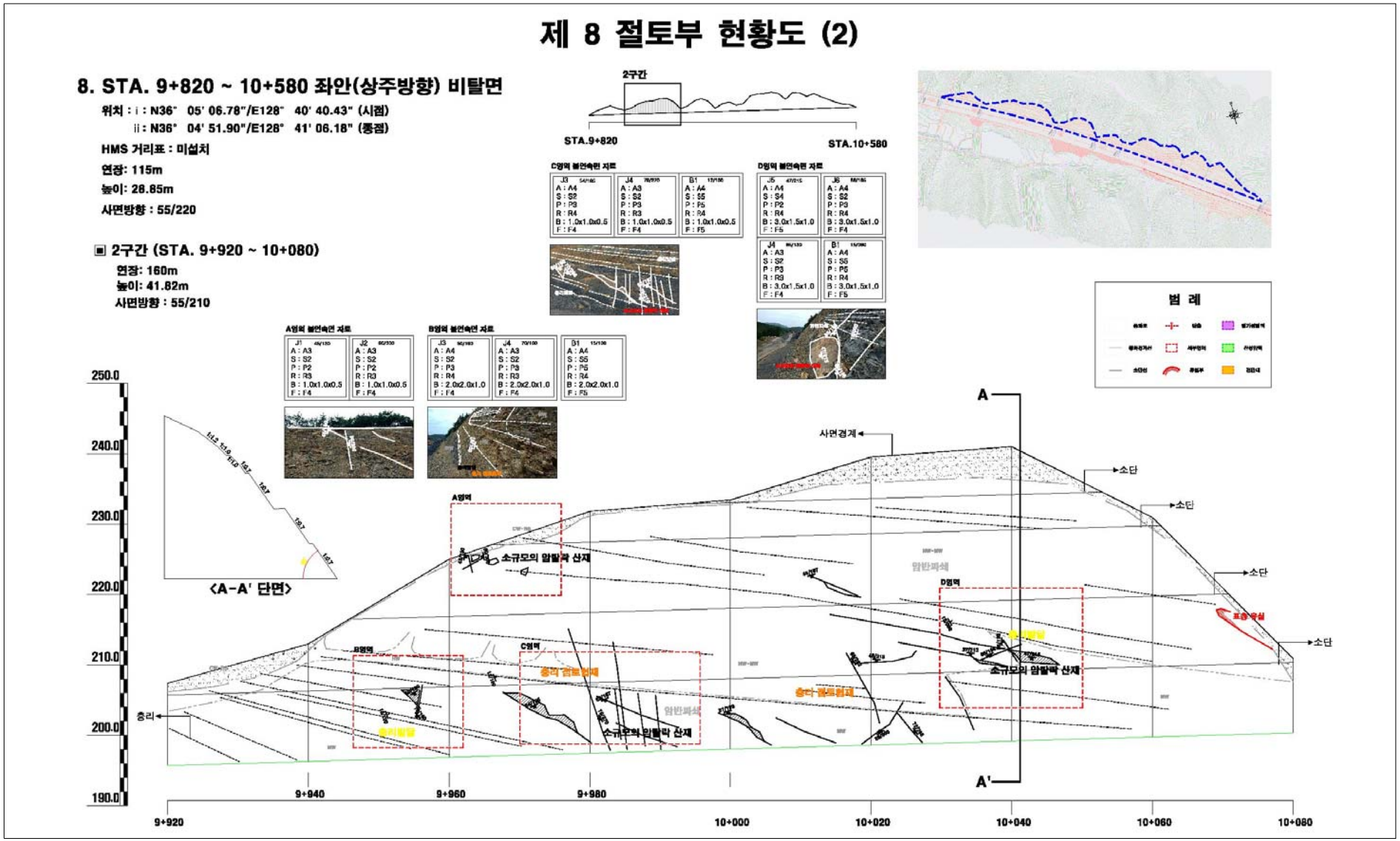
10.1.2 절토부 현황도

가. 1구간(STA.9+820 ~ 9+920)



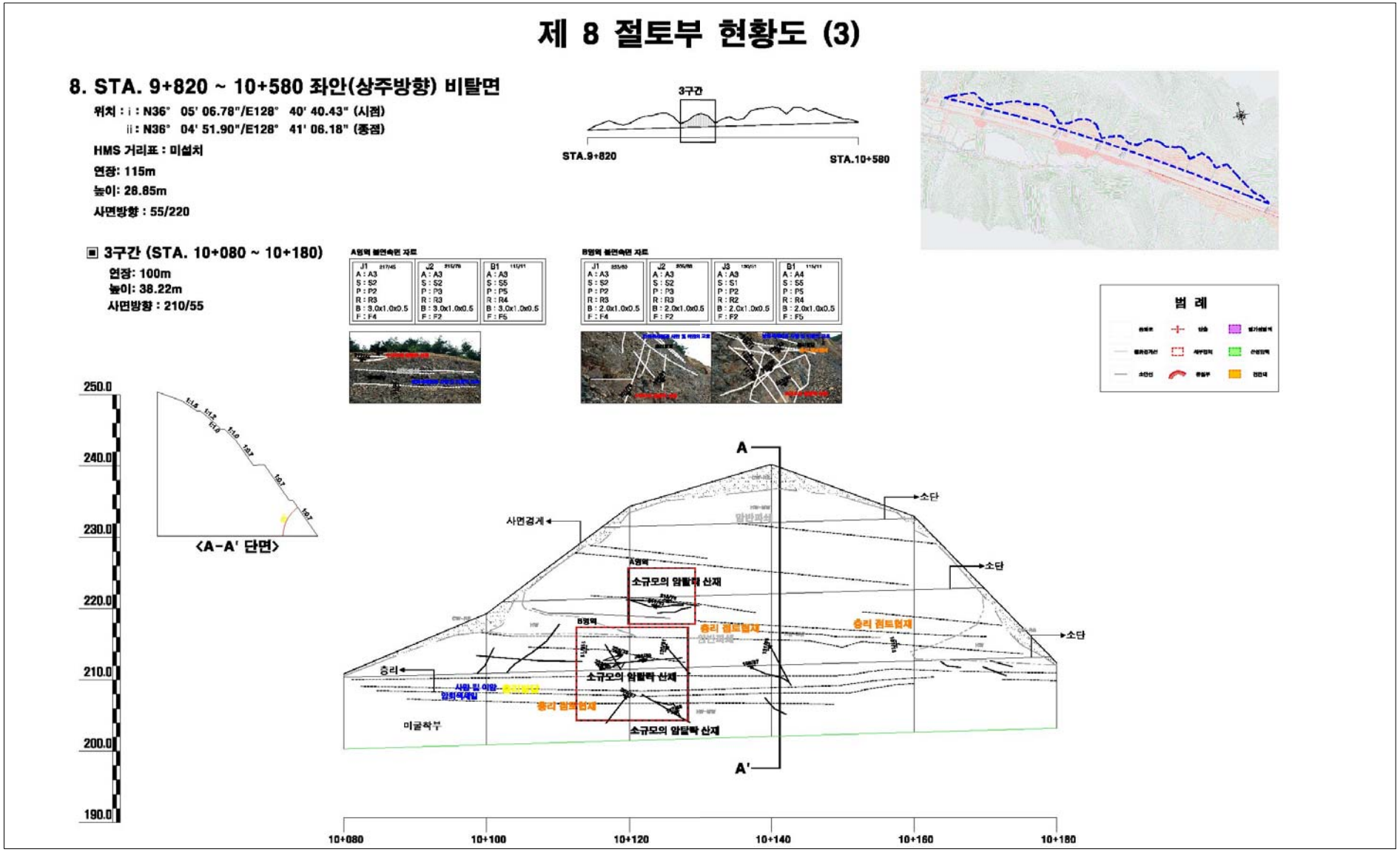
<그림 10.1.1> 1구간(STA.9+920 ~ 10+080 현황도

나. 2구간(STA.9+920 ~ 10+080)



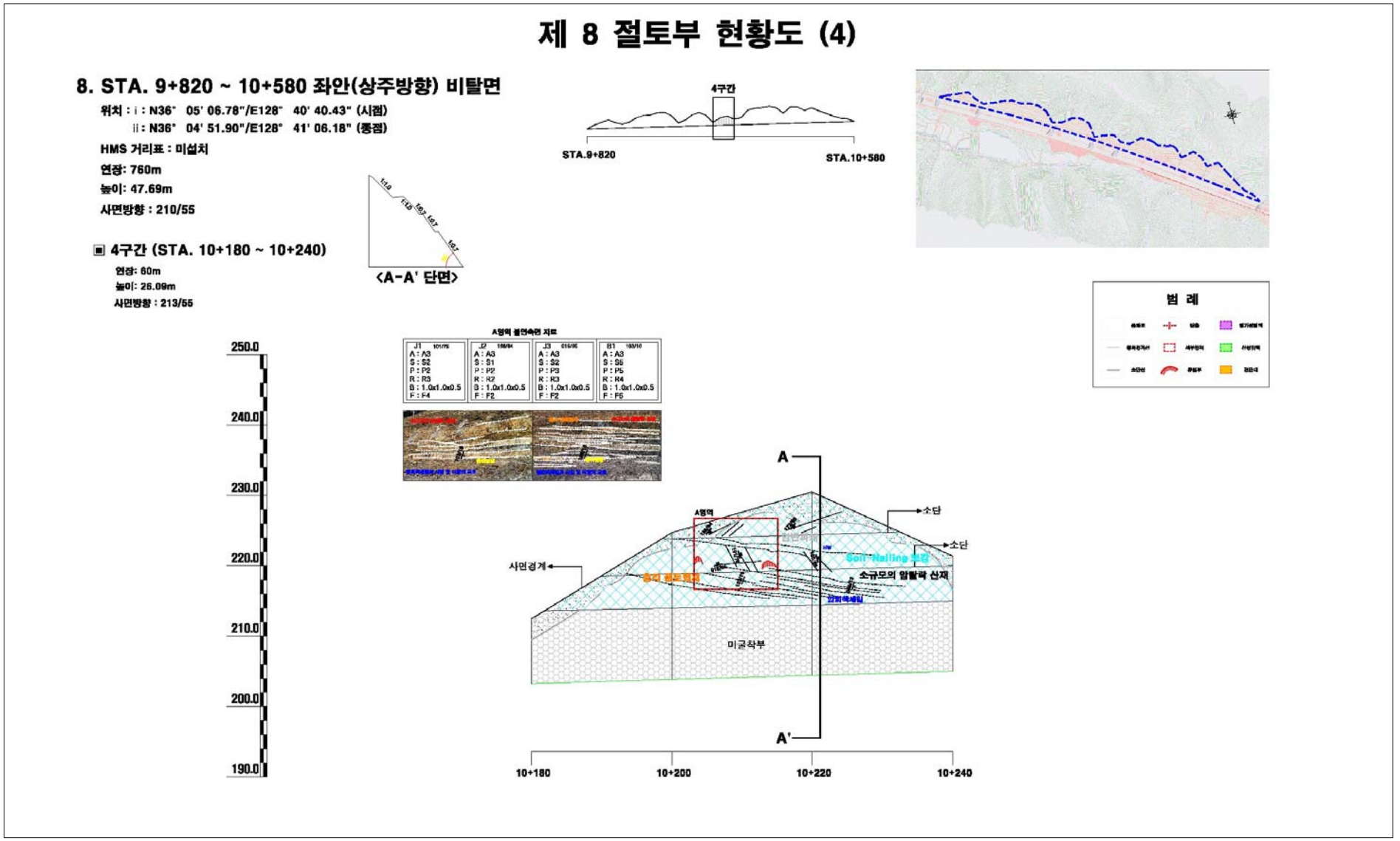
<그림 10.1.2> 2구간(STA.9+920 ~ 10+080) 현황도

다. 3구간(STA.10+080 ~ 10+180)



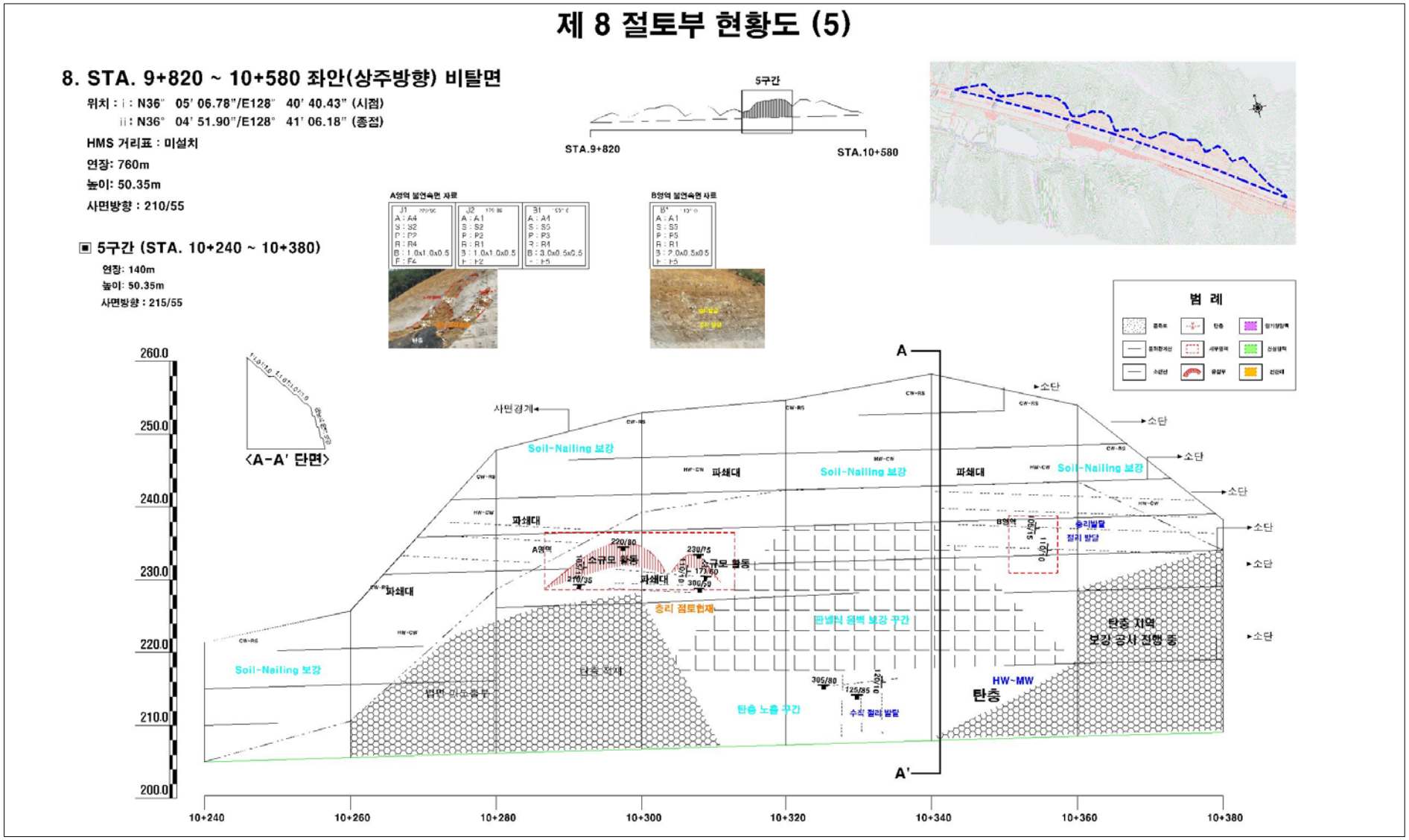
<그림 10.1.3> 3구간(STA.10+080 ~ 10+180 현황도

라. 4구간(STA.10+180 ~ 10+240)



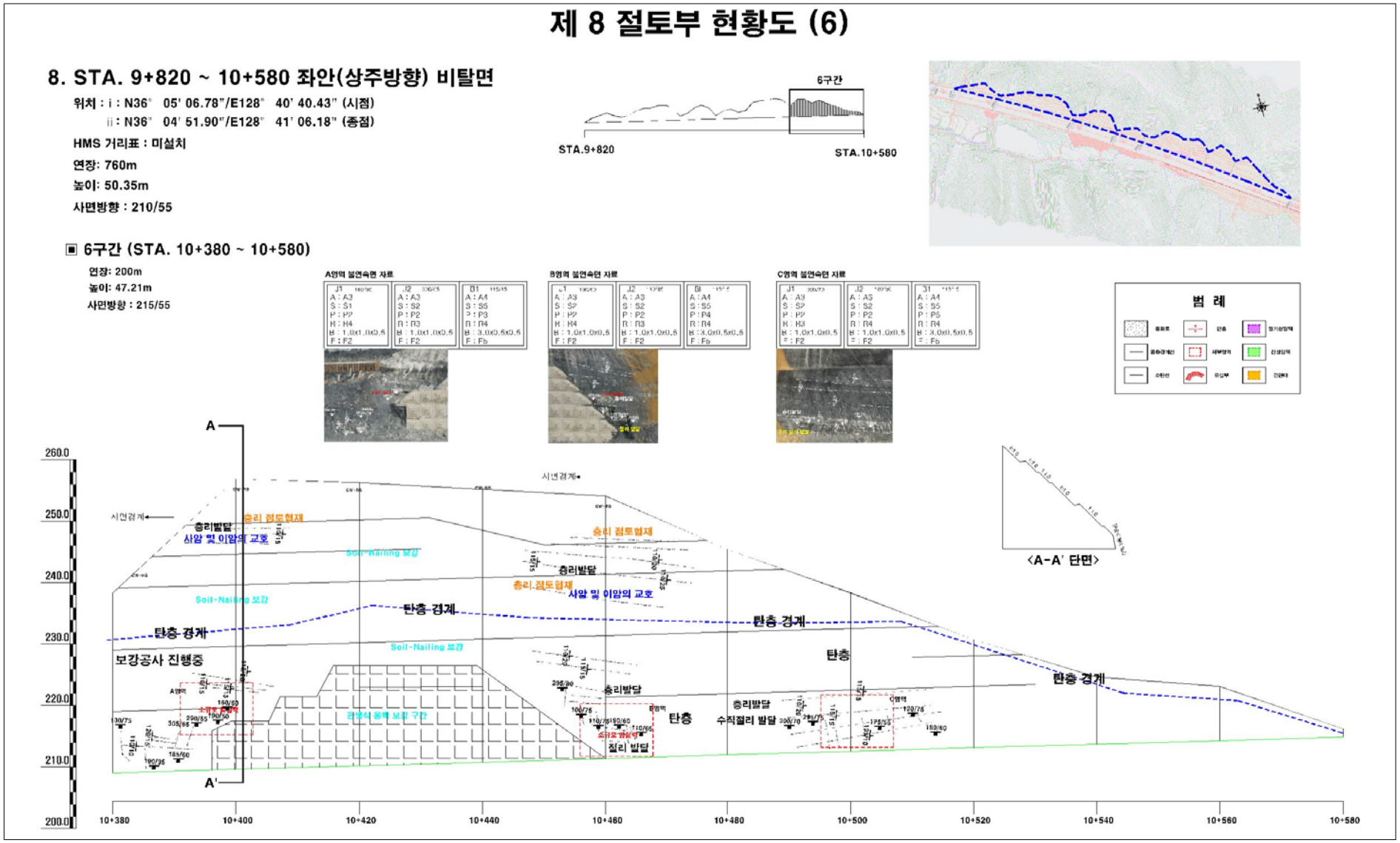
<그림 10.1.4> 4구간(STA.10+180 ~ 10+240 현황도

마. 5구간(STA.10+240 ~ 10+380)



<그림 10.1.5> 5구간(STA.10+240 ~ 10+380 현황도

바. 6구간(STA.10+380 ~ 10+580)



<그림 10.1.6> 6구간(STA.10+380 ~ 10+580 현황도

10.2 외관조사

10.2.1 측점 분할

대상시설물에 대한 현장조사는 세부지침에서 제시한 방법에 따라 6구간으로 구분하여 현장조사 및 외관조사망도를 작성하였다.

<표 10.2.1> 측점 분할

구 분		시점 위치	종점 위치	연장	비 고
절토사면	1구간	STA.9+820	STA.9+920	L=100.0m	
	2구간	STA.9+920	STA.10+080	L=160.0m	
	3구간	STA.10+080	STA.10+180	L=100.0m	
	4구간	STA.10+180	STA.10+240	L=60.0m	
	5구간	STA.10+240	STA.10+380	L=140.0m	
	6구간	STA.10+380	STA.10+580	L=200.0m	

10.2.2 시설물별 외관조사 결과

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 절토사면 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였으며, 세부지침에 따라 기본 시설물과 부대 시설물로 나누어 조사를 실시하였다.

외관조사 현황

가. 기본 시설물

1) 1구간(STA.9+820 ~ 9+920)

① 사면 1구간은 연장 100.0m, 절토고(최대높이) 약 24.93m, 사면방향 55/210, 소단 2단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~1.5 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0~3.2m 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 것으로 조사되었으며, 식생상태도 양호한 것으로 확인되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태이나, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 불연속면이 발달 및 풍화로 인한 암반 이완으로 낙석 및 유실이 있으며, 발달된 불연속면의 방향성에 따라 일부 평면 및 쐐기 파괴형의 낙석 및 유실이 발생하였으나, 현재는 녹생토 작업으로 인해 보완된 상태로 조사되었다.

2) 2구간(STA.9+920 ~ 10+080)

① 사면 2구간은 연장 160.0m, 절토고(최대높이) 약 41.82m, 사면방향 55/210, 소단 4단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~1.2 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0 ~ 1.2m(콘크리트 소단 약 2.5m) 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 양호한 상태로 조사되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었

다. 또한 사면 내에는 절리군과 사면내 발달한 층리의 조합에 따라 암반 파쇄 및 소규모 암탈락으로 인한 낙석이 발생하는 것으로 조사되었으나, 현재 녹생토를 완료하여 적정하게 보완한 것으로 확인되었다.

3) 3구간(STA.10+080 ~ 10+180)

① 사면 3구간은 연장 100.0m, 절토고(최대높이) 약 38.22m, 사면방향 55/210, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

② STA.10+080~140구간은 녹생토, STA.10+140~180구간은 숏크리트 보강이 되어있는 것으로 조사되었으며, 숏크리트 상태는 균열, 파손, 탈락 등이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

③ 절토사면 경사는 1:0.7~1.5 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0 ~ 3.2m 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

④ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 상태로서, 식생상태는 양호한 것으로 조사되었다.

⑤ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 불연속면과 층리로 인해 암반파쇄 및 소규모 암탈락이 발생한 것으로 조사되었으나, 현재 숏크리트 보강 및 녹생토로 인해 보완이 된 것으로 확인되었다.

4) 4구간(STA.10+180 ~ 10+240)

① 사면 4구간은 연장 60.0m, 절토고(최대높이) 약 26.09m, 사면방향 55/213, 소단 2단으로 된 절토 암반사면이다.

② 4구간 1단, STA.10+180~200구간 2단은 숏크리트 보강이 되어있는 것으로 조사되었으며, 숏크리트 상태는 균열, 파손, 탈락 등이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

③ 절토사면 경사는 1:0.7~1.0 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.3m 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

④ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 상태로서, 식생상태는 양호한 것으로 조사되었다.

⑤ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 절리군과 층리로 인해 암반파쇄 및 소규모 암탈락이 발생한 것으로 조사되었으나, 현재 숏크리트 보강 및 녹생토로 인해 보완이 된 것으로 확인되었다.

5) 5구간(STA.10+240 ~ 10+380)

① 사면 5구간은 연장 140.0m, 절토고(최대높이) 약 50.35m, 사면방향 55/215, 소단 7단으로 전면에 판넬식 옹벽으로 보강이 이루어진 상태이다.

② STA.10+255~375구간은 프리캐스트패널로 보강이 되어있으며, 높이는 약 22.5m인 것으로 조사되었다.

③ 프리캐스트패널 보강된 구간 외에 사면은 숏크리트 보강구간과 녹생토 구간으로 이루어져 있으며, 녹생토 구간은 유실이나 침식 등이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 숏크리트보강 구간 또한 균열, 파손, 탈락 등이 없는 상태로 확인되었다.

④ 절토사면 경사는 1:0.9~1.0 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0~2.5m 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

⑤ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 상태로서, 식생상태는 양호한 것으로 조사되었다.

⑥ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 풍화도가 높은 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 탄층이 확인되었다. 또한 사면 내에는 절리군과 층리로 인해 암반파쇄 및 소규모 암탈락이 발생한 것으로 조사되었으나, 현재 숏크리트 보강 및 녹생토, 프리캐스트패널 보강 등으로 인해 보완이 된 것으로 확인되었다.

6) 6구간(STA.10+380 ~ 10+580)

① 사면 6구간은 연장 140.0m, 절토고(최대높이) 약 47.21m, 사면방향 55/215, 소단 5단으로 전면에 판넬식 옹벽으로 보강이 이루어진 상태이다.

② STA.10+395~460까지의 1단은 프리캐스트패널로 보강과 계단식 옹벽으로 되어있으며, 콘크리트 품질상태는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.

③ 절토사면 경사는 1:1.0~1.3 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0~3.3m 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

④ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 상태로서, 식생상태는 양호한 것으로 조사되었다.

⑤ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 풍화도가 높은 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 탄층이 확인되었다. 또한 사면 내에는 절리군과 층리로 인해 암반파쇄 및 소규모 암탈락이 발생한 것으로 조사되었으나, 현재 숏크리트 보강 및 녹생토, 프리캐스트패널 보강 등으로 인해 보완이 된 것으로 확인되었다.

1구간 시공 전경

1구간 1단 시공 전경

1구간 2단 녹생토 발포 상태

1구간 1단 소단 시공 전경

1구간 2단 사면 기울기 측정(1:0.8)

1구간 2단 소단 폭 측정(3.2m)

1구간 배면 상단 식생 발아 상태

1구간 2단 소규모 낙석구간 녹생토 발포 상태

2구간 시공 전경

2구간 1단 시공 전경

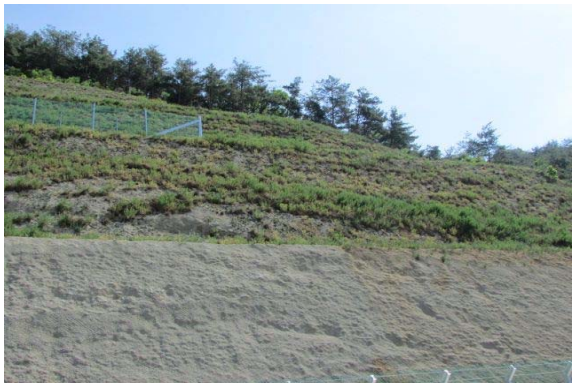
2구간 2단 식생 발화 상태

2구간 3단 콘크리트 소단 시공 전경

2구간 2단 사면 기울기 측정(1:1.2)

2구간 3단 소단 폭 측정(1.0m)

2구간 배면 상단 식생 상태



2구간 2단 소규모 낙석구간 녹생토 발포 상태

3구간 시공 전경

3구간 2단 시공 전경

3구간 1단 숏크리트 상태

3구간 2단 소단 전경

3구간 3단 사면 기울기 측정(1:1.5)

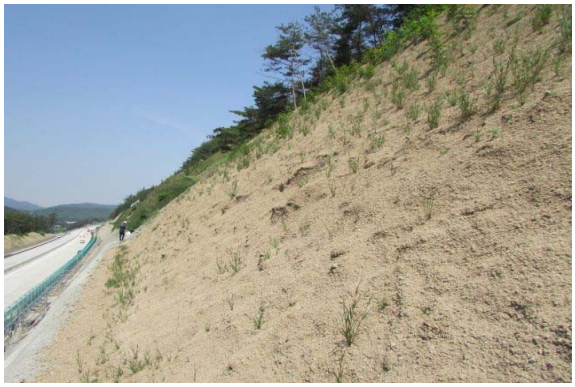
3구간 2단 소단 폭 측정(3.2m)

3구간 배면 상단 식생 상태

3구간 2단 소규모 낙석구간 녹생토 발포 상태

4구간 시공 전경

4구간 1단 시공 전경



4구간 2단 시공 전경

4구간 3단 녹생토 발포 상태

4구간 1단 사면 기울기 측정(1:0.8)

4구간 2단 소단 폭 측정(1.3m)

4구간 배면 상단 식생 상태

4구간 2단 소규모 낙석구간 녹생토 발포 상태

5구간 시공 전경

5구간 프리캐스트패널 옹벽 보강 전경

5구간 상단 전경

5구간 1단 시공 전경

5구간 2단 녹생토 구간 시공 전경

5구간 3단 사면 기울기 측정(1:0.9)

5구간 3단 소단 폭 측정(2.5m)

5구간 2단 소규모 암탈락구간 보완 상태

6구간 시공 전경

6구간 프리캐스트패널 및 계단식 옹벽 보강 전경

6구간 3단 시공 전경

6구간 4단 시공 전경

6구간 4단 사면 기울기 측정(1:1.3)

6구간 3단 소단 폭 측정(3.3m)

6구간 배면 상단 식생 상태

6구간 1단 층리 발달 구간 녹생토 발포 상태

나. 부대 시설물

1) 보호시설

사면 1~6구간의 표면보호 공법으로는 녹생토, 숏크리트 타설 등으로 되어 있으며, 식생발아 및 정착 상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

2) 배수시설

① 사면 1~6구간의 배수처리 시설로는 L형측구, 소단측구, 산마루측구, 도수로, 수평배수공, 집수정 등이 설치되어 있다.

② 사면 하단부에 시공된 L형 측구는 약 1m 간격으로 약 1.0m 간격으로 사면 내 지하수 배제를 목적으로 수평배수공이 각각의 형식에 따라 설계도면에 맞게 적정한 간격으로 설치되어있다. 또한 콘크리트의 품질상태는 균열이나 파손 등이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

③ 콘크리트 소단측구는 지층의 특성 및 비탈면 기울기 등 소단설치 기준에 따라 균열이나 파손, 재료분리 등이 없는 적정한 상태로 조사되었다.

④ 사면의 경계부를 따라 설치된 산마루측구는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었으나, 일부구간에 균열, 실런트 들뜸, 단차 등이 확인되었다.

⑤ 사면 각 구간의 경계지점에는 소단측구와 산마루측구로 집수된 지표수를 횡단배수 처리하기 위하여 도수로가 설치된 상태로서 각각의 형식과 구조에 맞게 설계도면대로 적정하게 시공되어 있는 것으로 확인되었다.

⑥ 도수로의 하부에는 사면 내 지표수와 지하수, 도로의 노면수 등을 집·배수 처리하기 위한 집수정을 계곡부와 도수로 합류 구간에 설치하였으며, 시공 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

구분		손상내용	손상규모 (규모/개소)	단위	비고
1구간	산마루측구	균열(0.3mm이상)	1.0 / 1	m / ea	
2구간	산마루측구	실런트 들뜸	1	ea	
3구간	산마루측구	균열(0.3mm이상)	1.5 / 1	m / ea	
5구간	산마루측구	단 차	10.0 / 1	cm / ea	
		균열(0.3mm이상)	2.4 / 2	m / ea	

1구간 배수로 시공 전경

1구간 산마루 측구 균열(CW=1.0㎜,L=1.0m)상태

2구간 도수로 및 집수정 시공 전경

2구간 2단 소단측구 시공 전경

3구간 산마루 측구 시공 전경

3구간 산마루 측구 균열(CW=0.3㎜,L=1.5m)상태

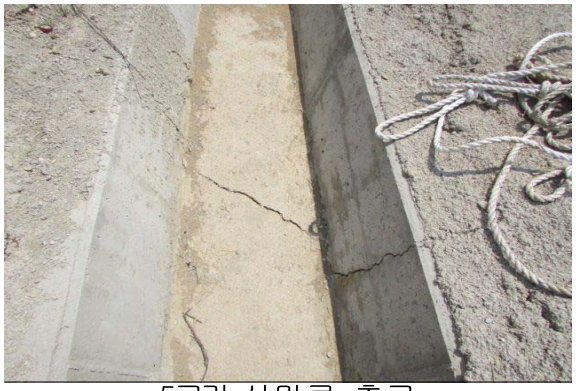
4구간 2단 소단측구 시공 전경

4구간 배수로 시공 전경

5구간 산마루 측구 시공 전경

5구간 산마루 측구 단차(B=10㎝) 상태

5구간 실런트 들뜸(1ea) 시공 전경



5구간 산마루 측구
균열(CW=1.0㎜,L=1.2m)상태

1구간 L형측구 및 낙석방지책 시공 전경

2구간 L형측구 및 낙석방지책 시공 전경

3구간 L형측구 및 낙석방지책 시공 전경

5구간 L형측구 및 낙석방지책 시공 전경

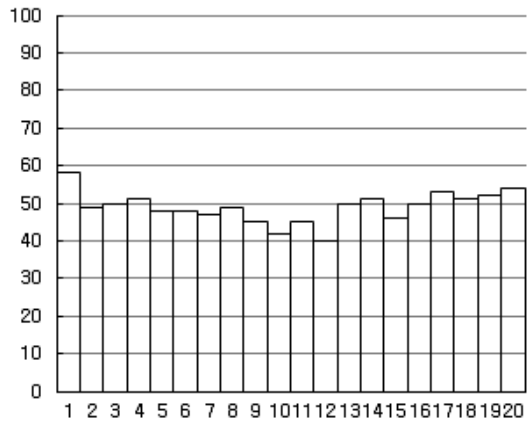
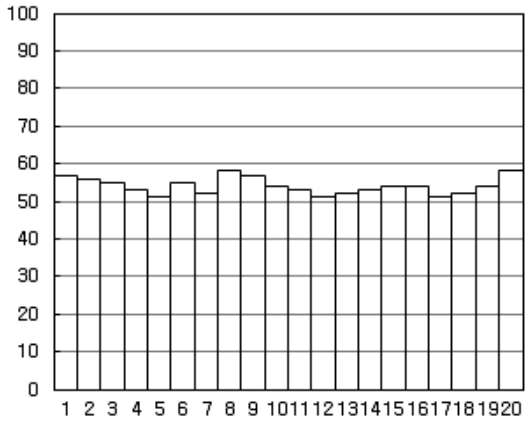
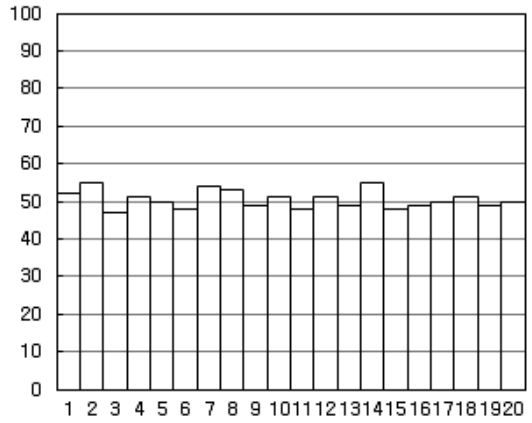
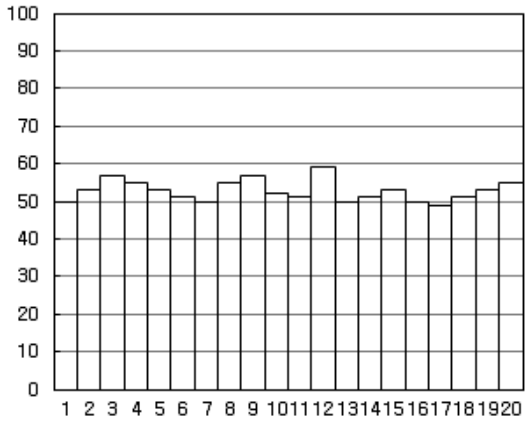
10.3 재료 시험

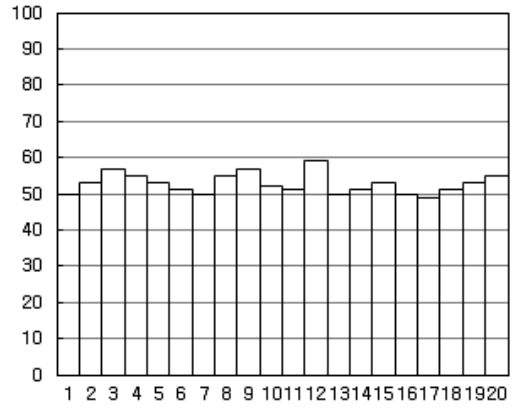
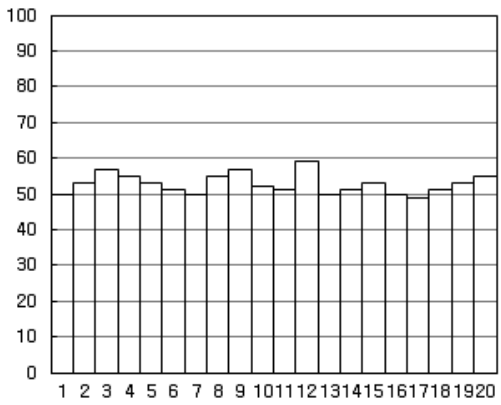
10.3.1 재료 시험 현황

본 과업에서는 대상 절토사면의 노출된 암반(1단)에 대하여 Rock Test Hammer를 이용하여 반발경도법에 의한 시험을 시행하였다.

10.3.2 암반강도 측정결과

ROCK TEST HAMMER를 이용하여 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 48.95~54.00로서 암판정 기준 연암 및 보통암으로 측정되었다.

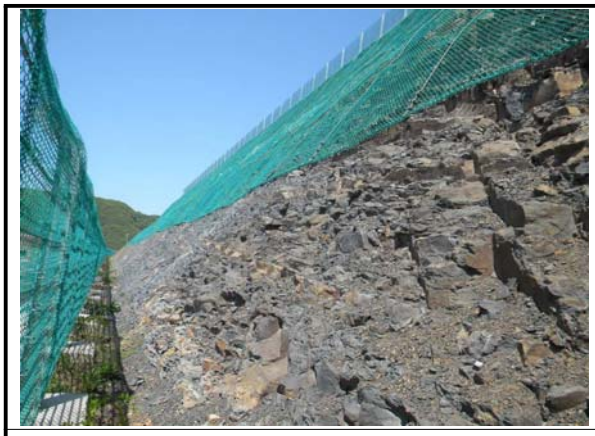
<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>STA 9+850 1단 | 평균반발도 : 48.95</td><td>STA 9+980 1단 | 평균반발도 : 54.00</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>STA 10+120 1단 | 평균반발도 : 50.50</td><td>STA 10+200 5단 | 평균반발도 : 52.75</td></tr>
</table>

			
STA 10+300 1단	평균반발도 : 51.94	STA 10+450 1단	평균반발도 : 51.22

<표 10.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정

위 치	ROCK TEST HAMMER에 의한 암판정			비 고
	반발값 평균치(r)	일축압축 강도 추정(MPa)	암 판정	
STA 9+850 1단	48.95	91.98	연암	
STA 9+980 1단	54.00	116.61	보통암	
STA 10+120 1단	50.50	98.93	연암	
STA 10+200 1단	52.75	109.96	보통암	
STA 10+300 1단	51.94	105.83	보통암	
STA 10+450 1단	51.22	102.31	보통암	

10.3.3 관련사진

	
노출암반 전경	STA 10+120 1단

10.4 시설물의 상태평가

10.4.1 개 요

본 절토사면에 대한 외관조사 결과를 바탕으로 세부지침에 의거 평가 프로그램을 이용하여 상태평가 등급을 산정하였다.

상태평가를 수행하기 위한 절토사면의 상태평가 단위 길이는 40m를 기준으로 각각의 SPAN별 결함지수를 산정하였다.

10.4.2 상태평가 결과

가. 사면 1구간

1) SPAN별 평가구분

사면유형	SPAN 구분	위치(STA.)	토층 심도율(SR)	비 고
절리암반사면	No.1	9+820 ~ 9+860	SR ≤ 0.4	
	No.2	9+860 ~ 9+900		
	No.3	9+900 ~ 9+920		

2) 절리암반사면 상태평가 결과

No.	파괴징후			파괴현황	사면손상상태지수 (f1)	지반상태			사면형상	자연요인	인위요인			사면파괴요인지수 (f2)	평가단위결함지수 (f1+f2)	단위상태평가등급
	인장균열	지반변형	구조물변형	발생규모		절리주향	절리경사	절리상태	사면경사	강우및지하수	절취상태	배수조건	보호/보강상태			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
평균	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0	1.0	1.0	1.0	0.1	0.10	a

1. 평가지수	0.10
2. 상태평가 결과	A 등급

나. 사면 2구간

1) SPAN별 평가구분

사면유형	SPAN 구분	위치(STA.)	토층 심도율(SR)	비 고
절리암반사면	No.1	9+920 ~ 9+960	SR ≤ 0.4	
	No.2	9+960 ~ 10+000		
	No.3	10+000 ~ 10+040		
	No.4	10+040 ~ 10+080		

2) 절리암반사면 상태평가 결과

No.	파괴징후			파괴현황	사면손상상태지수 (f1)	지반상태			사면형상	자연요인	인위요인			사면파괴요인지수 (f2)	평가단위결함지수 (f1+f2)	단위상태평가등급
	인장균열	지반변형	구조물변형	발생규모		절리주향	절리경사	절리상태	사면경사	강우및지하수	절취상태	배수조건	보호/보강상태			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.06	0.04	a
2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
평균	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0	0.8	1.0	1.0	0.10	0.05	a

1. 평가지수	0.05
2. 상태평가 결과	A 등급

다. 사면 3구간

1) SPAN별 평가구분

사면유형	SPAN 구분	위치(STA.)	토층 심도율(SR)	비 고
절리암반사면	No.1	10+080 ~ 10+120	SR ≤ 0.4	
	No.2	10+120 ~ 10+160		
	No.3	10+160 ~ 10+180		

2) 절리암반사면 상태평가 결과

No.	파괴징후			파괴현황	사면손상상태지수 (f1)	지반상태			사면형상	자연요인	인위요인			사면파괴요인지수 (f2)	평가단위결함지수 (f1+f2)	단위상태평가등급
	인장균열	지반변형	구조물변형	발생규모		절리주향	절리경사	절리상태	사면경사	강우및지하수	절취상태	배수조건	보호/보강상태			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
평균	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0	1.0	1.0	1.0	0.10	0.10	a

1. 평가지수	0.10
2. 상태평가 결과	A 등급

라. 사면 4구간

1) SPAN별 평가구분

사면유형	SPAN 구분	위치(STA.)	토층 심도율(SR)	비 고
절리암반사면	No.1	10+180 ~ 10+220	SR ≤ 0.4	
	No.2	10+220 ~ 10+240		

2) 절리암반사면 상태평가 결과

No.	파괴징후			파괴현황	사면손상상태지수 (f1)	지반상태			사면형상	자연요인	인위요인			사면파괴요인지수 (f2)	평가단위결함지수 (f1+f2)	단위상태평가등급
	인장균열	지반변형	구조물변형	발생규모		절리주향	절리경사	절리상태	사면경사	강우및지하수	절취상태	배수조건	보호/보강상태			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
평균	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0	1.0	1.0	1.0	0.10	0.10	a

1. 평가지수	0.10
2. 상태평가 결과	A 등급

마. 사면 5구간

1) SPAN별 평가구분

사면유형	SPAN 구분	위치(STA.)	토층 심도율(SR)	비 고
절리암반사면	No.1	10+240 ~ 10+280	SR ≤ 0.4	
	No.2	10+280 ~ 10+320		
	No.3	10+320 ~ 10+360		
	No.4	10+360 ~ 10+380		

2) 절리암반사면 상태평가 결과

No.	파괴징후			파괴현황	사면손상상태지수 (f1)	지반상태			사면형상	자연요인	인위요인			사면파괴요인지수 (f2)	평가단위결함지수 (f1+f2)	단위상태평가등급
	인장균열	지반변형	구조물변형	발생규모		절리주향	절리경사	절리상태	사면경사	강우및지하수	절취상태	배수조건	보호/보강상태			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0.10	0.07	a
2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0.10	0.07	a
3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0.10	0.07	a
4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0.10	0.07	a
평균	0	0	0	0	0	0	0	0	2.0	0	1.0	1.0	1.0	0.10	0.10	a

1. 평가지수	0.10
2. 상태평가 결과	A 등급

바. 사면 6구간

1) SPAN별 평가구분

사면유형	SPAN 구분	위치(STA.)	토층 심도율(SR)	비 고
절리암반사면	No.1	10+380 ~ 10+420	SR ≤ 0.4	
	No.2	10+420 ~ 10+460		
	No.3	10+460 ~ 10+500		
	No.4	10+500 ~ 10+540		
	No.5	10+540 ~ 10+580		

2) 절리암반사면 상태평가 결과

No.	파괴징후			파괴현황	사면손상상태지수 (f1)	지반상태			사면형상	자연요인	인위요인			사면파괴요인지수 (f2)	평가단위결함지수 (f1+f2)	단위상태평가등급
	인장균열	지반변형	구조물변형	발생규모		절리주향	절리경사	절리상태	사면경사	강우및지하수	절취상태	배수조건	보호/보강상태			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
평균	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0	1.0	1.0	1.0	0.10	0.10	a

1. 평가지수	0.10
2. 상태평가 결과	A 등급

10.4.3 고찰

본 절토사면의 상태등급평가는 세부지침에 의거 절리암반사면으로 구분하여 실시하였으며, 육안조사에 의한 외관조사 항목과 설계 및 지반조사서 분석 결과를 포함하여 상태평가를 실시하였다. 본 사면의 최종 상태평가 결과는 “A등급(평가지수:0.05~0.10)”으로 산정 되었다.

10.5 안전성평가

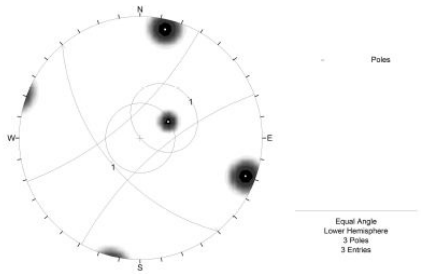
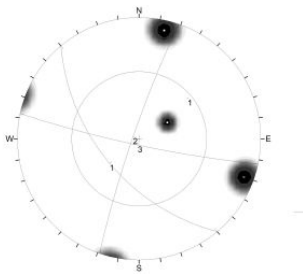
10.5.1 개 요

본 절토사면에 대한 안전성평가는 설계 및 시공보고서를 참조하여 세부지침(한국시설안전공단, 2010년 12월)에 의거, 안전성평가 등급을 산정하였다.

10.5.2 보강전

가. 평사투영해석

현장의 지층조건이 뚜렷한 불연속면에 의한 구조적 특징이 나타나지 않고, 평사투영해석 결과 평면 및 쐐기파괴에 대하여 안정한 것으로 검토되었다.

<table>
<tr><td>STA,</td><td>비탈면</td><td colspan="2">절리면</td><td>비고</td></tr>
<tr><td rowspan="3">10+140~10+540</td><td rowspan="3">55/230</td><td>J1</td><td>240/30</td><td rowspan="3">평면파괴 안정
전도파괴 안정
쐐기파괴 안정</td></tr>
<tr><td>J2</td><td>193/80</td></tr>
<tr><td>J3</td><td>290/85</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">평면파괴 및 전도파괴 : 안정</td><td colspan="3">쐐기파괴 : 안정</td></tr>
</table>

나. 한계평형해석

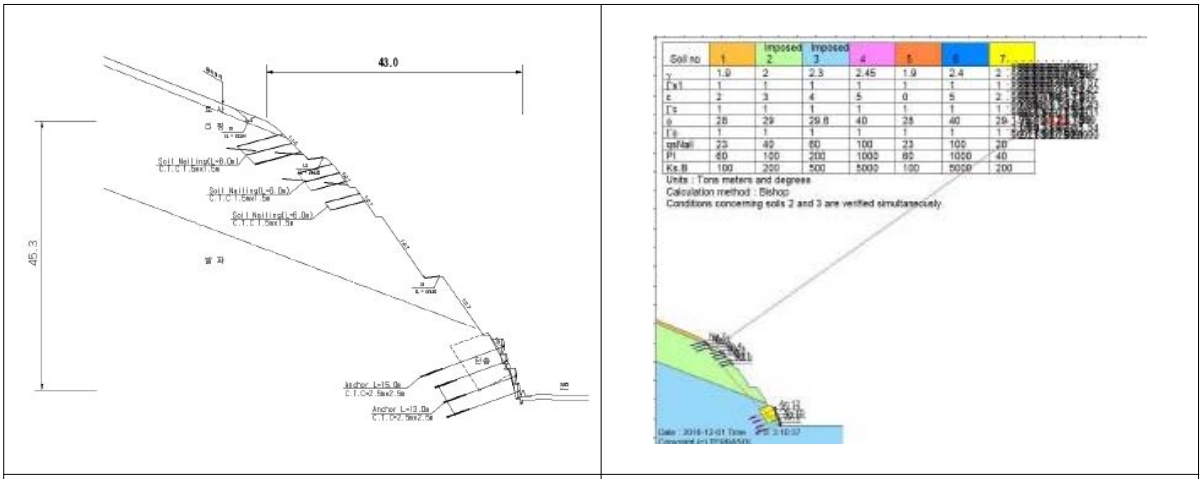
1) 개요

과업구간 비탈면은 절리의 간격이 좁고 연약한 탄층이 분포하고 있다. 절리에 의한 예상파괴면을 고려할 때수많은 층리가 수직절리들에 의하여 단속되어 형성되는 형태이므로 (건설공사 비탈면설계기준 해설, 2012)에 명시되어 있는 기준을 따라 절리면의 전단강도를 사용하여 원호활동 조건으

로 한계평형 해석을 수행하였다.

검토단면 선정은 탄층 분포높이가 비슷한 구간으로 분류하여 총 5개의 검토구간으로 나눈 후 각각의 구간중 가장 취약한 단면을 대표단면으로 선정하고 한계평형해석 프로그램인 TALREN97을 사용하였다

2) 대표검토단면

	
STA.10+300	건기시

3) 검토결과

대표단면	한계평형해석			평가	비고
	건기시	우기시	지진시		
10+160	1.49	0.97	0.86	N.G	1구간
10+220	1.81	1.08	0.92	N.G	2구간
10+280	1.83	1.09	0.93	N.G	3구간
10+300	1.29	0.78	0.67	N.G	
10+380	1.51	1.08	0.93	N.G	4구간
10+400	1.57	0.94	0.0	N.G	
10+460	1.41	1.00	0.87	N.G	5구간
10+480	1.49	0.92	0.81	N.G	

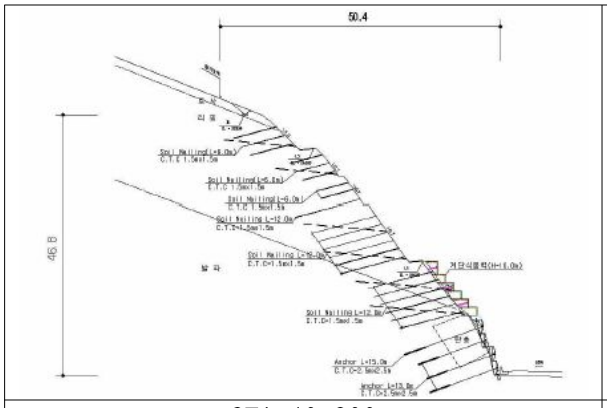
4) 고찰

각각의 대표단면에 대한 한계평형해석결과 지진시 검토안전율이 0.67~0.93으로 기준안전율 1.1을 만족하지 못하여 불안정한 비탈면으로 검토되었다.

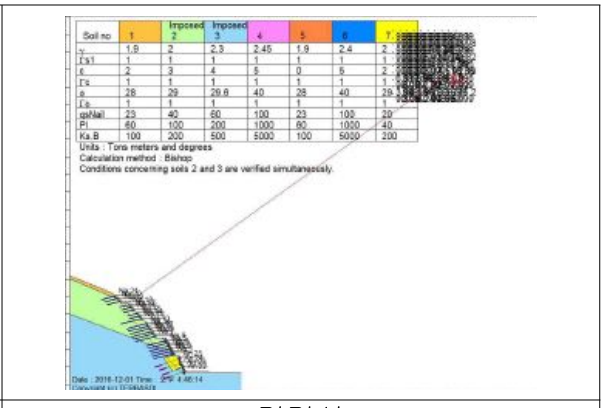
이는 당초 설계시 예상하지 못한 지층조건(탄질층) 때문인 것으로 판단된다. 암질이 불량한 퇴적암(니질암, 셰일)의 특성상 블록화 및 세편화 되어 있는 개소들이 많이 관찰되므로 현재 현장상황에 적합한 비탈면 보강대책을 수립하여야할 것으로 판단된다.

10.5.3 보강후

가. 대표검토단면



STA.10+300



건기시

나. 검토결과

대표단면		한계평형해석			평가	비고
		건기시	우기시	지진시		
10+160		1.99	1.33	1.14	O.K	
10+220		3.28	2.10	1.70	O.K	
10+280		2.23	1.39	1.16	O.K	
10+300		1.90	1.34	1.12	O.K	
10+380		2.17	1.72	1.44	O.K	
10+400	상부	2.17	1.37	1.12	O.K	
	하부	2.67	1.94	1.63	O.K	
10+460	상부	2.33	1.46	1.19	O.K	
	하부	2.46	1.76	1.52	O.K	
10+480		2.02	1.30	1.11	O.K	

다. 고찰

각각의 대표단면에 대한 한계평형해석결과 지진시 검토안전율이 1.14~1.70으로 기준안전율 1.1을 만족하여 안정한 비탈면으로 검토되었다. 이를 근거로 하여 계단식 옹벽, 및 네일링, 숏크리트, 경사조정 등을 통하여 안정하게 시공이 완료된 것으로 확인되었다.

10.5.4 안전성평가 결과

암반사면내 절리군에 대해 불안정한 영역에 대해서는 부석정리 후 사면보호공(녹생토, 옹벽, 네일링, 앵커, 숏크리트, 낙석방지책 등)조치가 이루어진 상태로서 본 사면에 대한 보강후 한계평형해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”{안전율 1.2이상(우기시)}으로 산정 되었다.

10.6 종합평가 및 안전등급 지정

10.6.1 종합평가

종합평가 등급은 외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정 한다.

종합평가등급 = Min(상태평가등급, 안전성평가등급)

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.05~0.10	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.05~0.10	A	
종합평가 결과	사면의 종합평가 결과 “A"		

10.6.2 안전등급

절토사면에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

안전등급	시설물의 상태
A(우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B(양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C(보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D(미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E(불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

10.7 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 창평리 ~ 가호리에 위치한 절토사면으로서 연장은 상주방향 L=760.0m(STA.9+820~10+580), 최대높이 H=47.69m로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.
2) 외관조사결과 사면의 경사, 소단 폭, 식생상태 및 보강상태 등의 전반적인 시공상태는 양호한 것으로 조사되었으나, 산마루 측구 일부구간에서 균열 , 신축이음부 실런트 들뜸, 단차 등이 발생하였다.
3) ROCK TEST HAMMER를 이용하여 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 48.95~54.00로서 암판정 기준 연암 및 보통암으로 측정되었다.
4) 암반사면내 절리군에 대해 불안정한 영역에 대해서는 부석정리 후 사면보호공(녹생토, 옹벽, 네일링, 앵커, 숏크리트, 낙석방지책 등)조치가 이루어진 상태로서 본 사면의 보강후 한계평형해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”{안전율 1.20이상(우기시)}으로 산정 되었다.
5) 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 절토사면은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다
6) 향후 절토사면의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

제 11 장 절토사면(STA. 10+260~10+710)

11.1 시설물 현황

11.2 외관조사

11.3 재료시험

11.4 시설물의 상태평가

11.5 안전성 평가

11.6 종합평가 및 안전등급 지정

11.7 종합결론

제 11 장 절토사면(STA.10+260~10+710)

11.1 시설물 현황

11.1.1 개요

본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 창평리 ~ 가호리에 위치한 절토사면으로서 연장은 상주방향 L=450.0m(STA.10+260~10+710), 최대높이 H=40.09m의 대규모 사면으로 지형을 고려하여 3구간으로 구분하여 조사를 실시하였다.

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 절토사면 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다.

<절토사면 전면 전경>

<절토사면 상단 전경>

<L형측구 및 낙석방지책 전경>

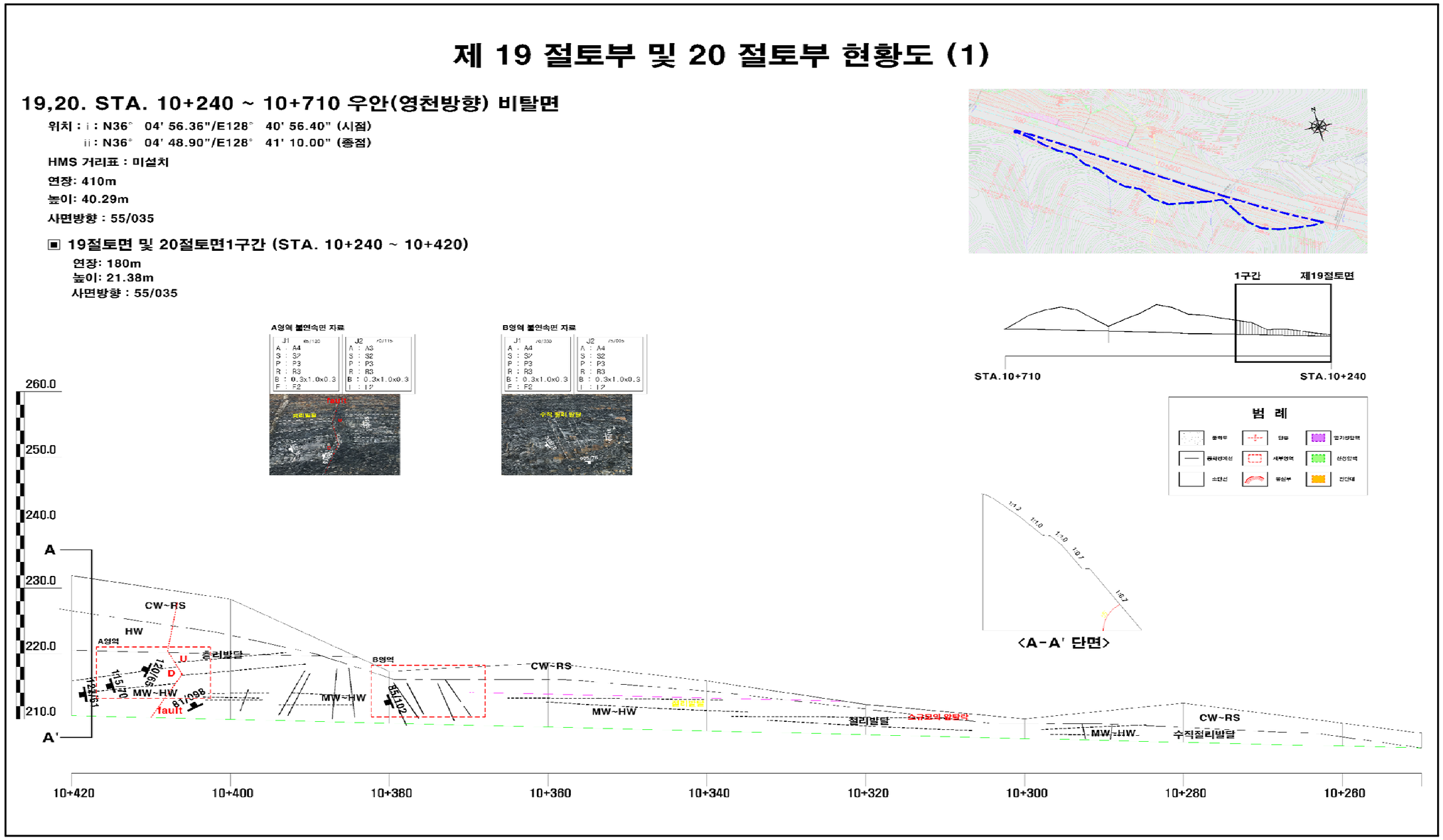
<산마루 측구 전경>

<표 11.1.1> 대상구조물 현황표

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="3">-</td><td>관리번호</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="3">STA,10+260 ~ 10+710</td><td>시설물 구분</td><td colspan="2">절토사면</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="5">경상북도 군위군 부계면 창평리 ~ 가호리</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위 치</td><td>구 분</td><td colspan="4">영천방향</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="4">10+260</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="4">10+710</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>연 장</td><td>450m</td><td>최대높이</td><td colspan="2">42.00m</td></tr>
<tr><td>사면방향성</td><td>55/035</td><td>노선</td><td colspan="2">상주~영천 고속도로</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="2">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td>2017년 06월</td><td>시공자</td><td colspan="2">(주)GS건설</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="4">낙석방호책</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="6">-</td></tr>
</table>

11.1.2 절토부 현황도

가. 1구간(STA.10+260 ~ 10+420)



<그림 11.1.1> 1구간(STA.10+260 ~ 10+420 현황도

나. 2구간(STA.10+420 ~ 10+580)

제 20 절토부 현황도 (2)

20. STA. 10+300 ~ 10+710 우안(영천방향) 비탈면

위치 : i : N36° 04' 56.36"/E128° 40' 56.40" (시점)
ii : N36° 04' 48.90"/E128° 41' 10.00" (종점)

HMS 거리표 : 미설치

연장: 410m

높이: 40.29m

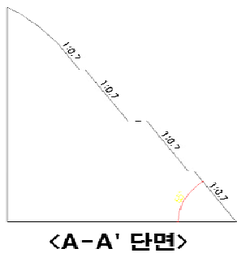
사면방향 : 55/035

■ 2구간 (STA. 10+420 ~ 10+580)

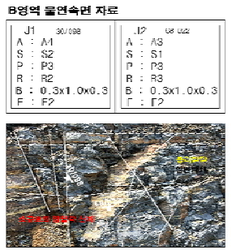
연장: 160m

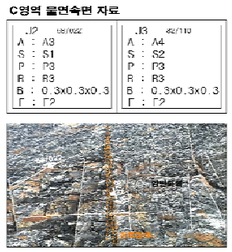
높이: 40.29m

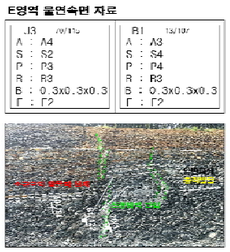
사면방향 : 55/036

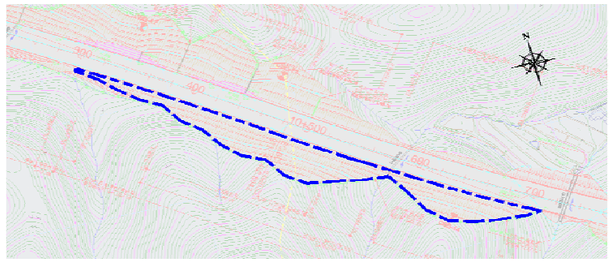


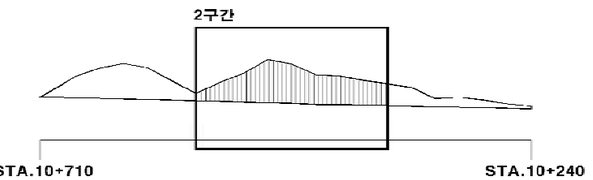
<A-A' 단면>

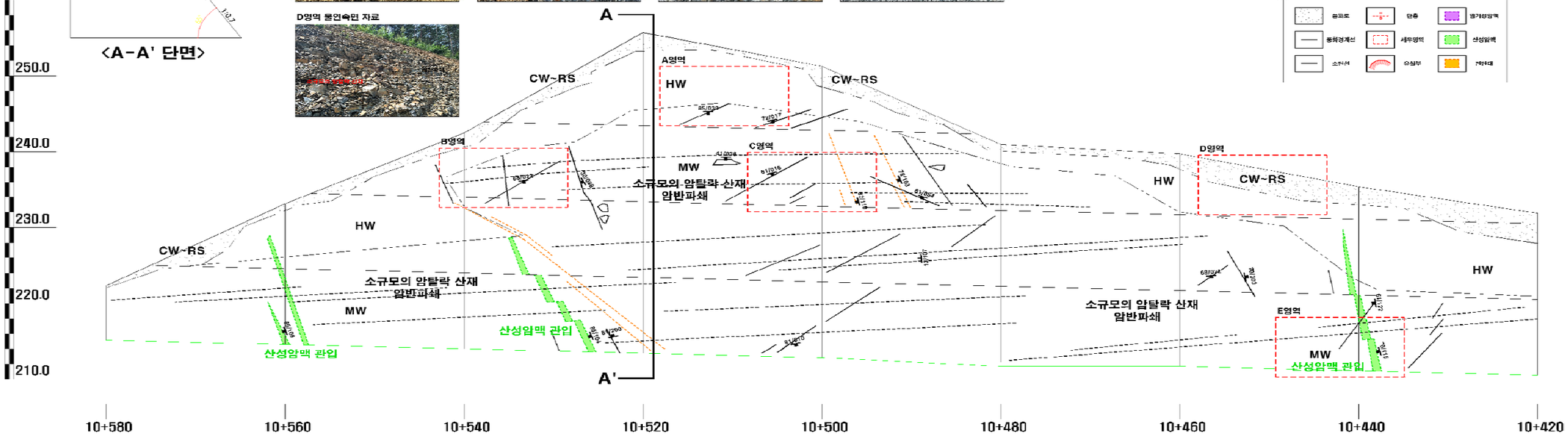












<그림 11.1.2> 2구간(STA.10+420 ~ 10+580) 현황도

다. 3구간(STA.10+580 ~ 10+710)

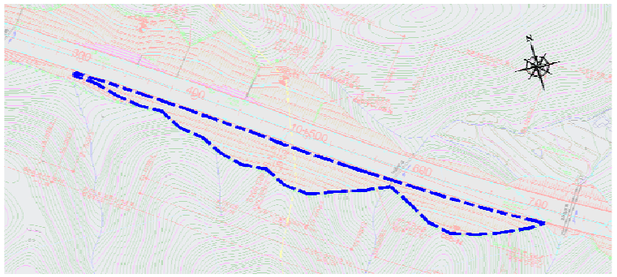
제 20 절토부 현황도 (3)

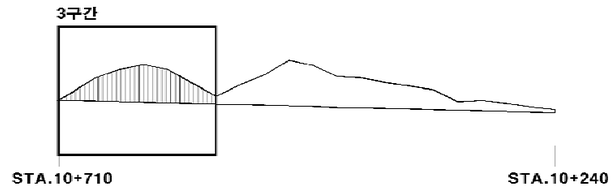
20. STA. 10+300 ~ 10+710 우안(영천방향) 비탈면

위치 : ⅰ : N36° 04' 56.36"/E128° 40' 56.40" (시점)
ⅱ : N36° 04' 48.90"/E128° 41' 10.00" (종점)
HMS 거리표 : 미설치
연장: 410m
높이: 40.29m
사면방향 : 55/035

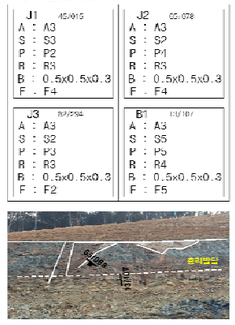
▣ 3구간 (STA. 10+580 ~ 10+710)

연장: 160m
높이: 32.99m
사면방향 : 55/032



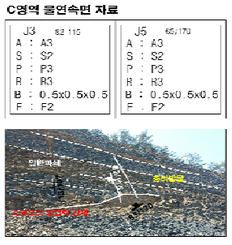


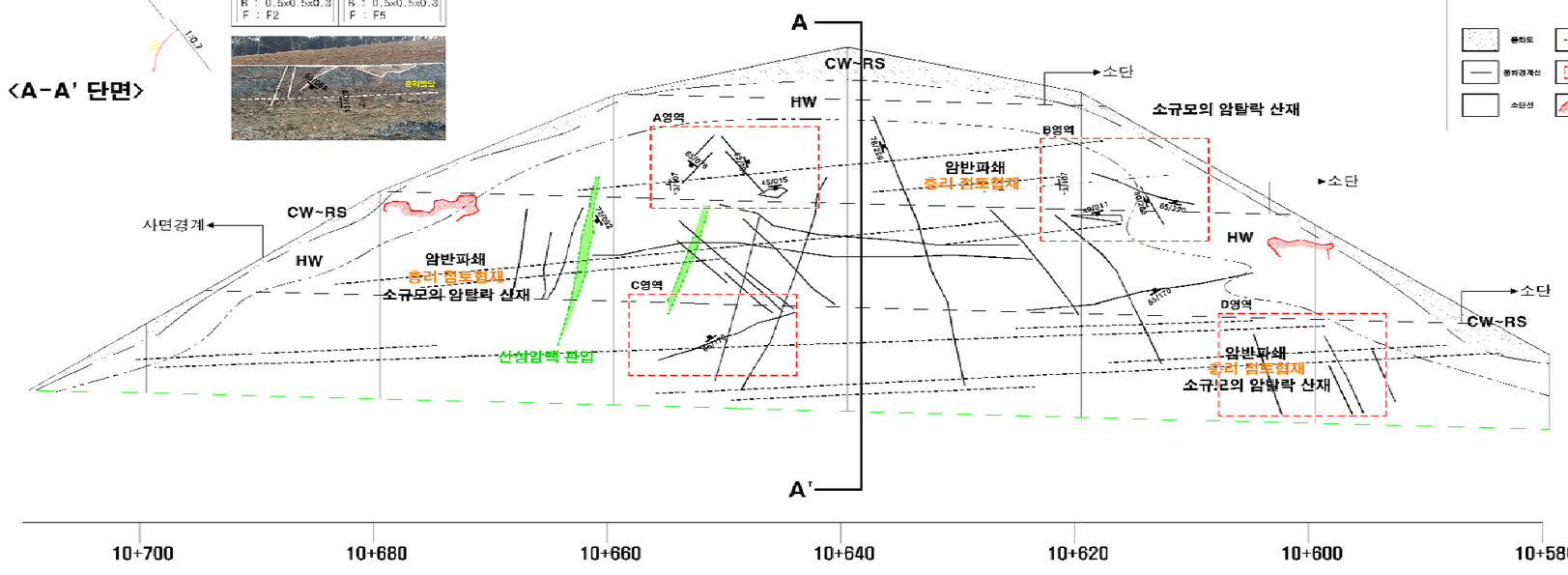
A영역 물연속면 자료



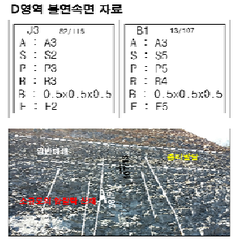
B영역 물연속면 자료

C영역 물연속면 자료





D영역 물연속면 자료



<그림 11.1.3> 3구간(STA.10+580 ~ 10+710 현황도

11.2 외관조사

11.2.1 측점 분할

대상시설물에 대한 현장조사는 세부지침에서 제시한 방법에 따라 3구간으로 구분하여 현장조사 및 외관조사망도를 작성하였다.

<표 11.2.1> 측점 분할

구 분		시점 위치	종점 위치	연장	비 고
절토사면	1구간	STA.10+260	STA.10+420	L=160.0m	
	2구간	STA.10+420	STA.10+580	L=160.0m	
	3구간	STA.10+580	STA.10+710	L=130.0m	

11.2.2 시설물별 외관조사 결과

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 절토사면 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였으며, 세부지침에 따라 기본 시설물과 부대 시설물로 나누어 조사를 실시하였다.

외관조사 현황

가. 기본 시설물

1) 1구간(STA.10+260 ~ 10+420)

① 사면 1구간은 연장 160.0m, 절토고(최대높이) 약 21.38m, 사면방향 55/035, 소단 1단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~0.8 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0m 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 것으로 조사되었으며, 식생상태도 양호한 것으로 확인되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태이나, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 불연속면과 층리로 인한 암반 파쇄 및 소규모 암탈락이 발생하였으나, 현재는 녹생토 작업으로 인해 보완된 상태로 조사되었다.

2) 2구간(STA.10+420 ~ 10+580)

① 사면 2구간은 연장 160.0m, 절토고(최대높이) 약 40.29m, 사면방향 55/036, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~1.0 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0~1.3m 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 양호한 상태로 조사되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 절리군과 사면내 발달한 층리의 조합에 따라 암반

의 파쇄가 심한 상태이며, 소규모 암탈락으로 인한 낙석이 발생하는 것으로 조사되었으나, 현재 녹생토를 완료하여 적정하게 보완한 것으로 확인되었다.

3) 3구간(STA.10+580 ~ 10+710)

① 사면 3구간은 연장 130.0m, 절토고(최대높이) 약 32.99m, 사면방향 55/032, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

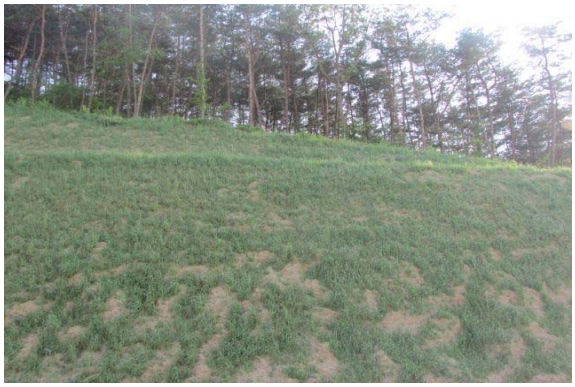
② 절토사면 경사는 1:0.7~0.9 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.2 ~ 1.8m(콘크리트 소단 약 2.5m) 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 상태로서, 식생상태는 양호한 것으로 조사되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 점토가 협재되어있는 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에는 불연속면과 층리로 인해 암반파쇄 및 소규모 암탈락이 발생한 것으로 조사되었으나, 현재 숏크리트 보강 및 녹생토로 인해 보완이 된 것으로 확인되었다.

1구간 시공 전경

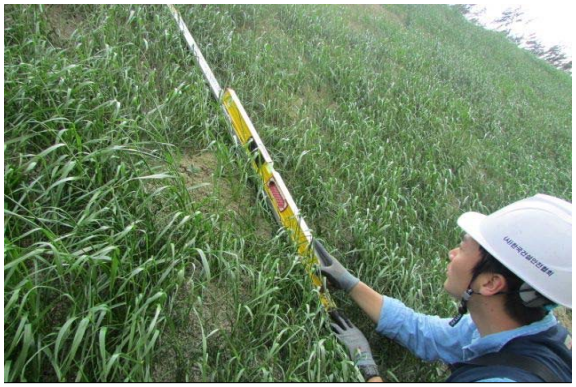
1구간 1,2단 식생 상태



1구간 1,2단 식생 상태

1구간 1,2단 녹생토 발포 상태

1구간 1단 시공 전경



1구간 1단 사면 기울기 측정(1:0.7)

1구간 배면 상단 식생 상태

1구간 1단 소규모 암탈락구간 녹생토 발포 상태

2구간 1단 시공 전경

2구간 1단 식생 상태

2구간 2단 시공 전경

2구간 2단 식생 상태

2구간 1단 사면 기울기 측정(1:0.8)

2구간 2단 소단 폭 측정(1.2m)

2구간 배면 상단 식생 상태

2구간 3단 소규모 암탈락구간 녹생토 발포 상태

3구간 1단 시공 전경

3구간 1단 식생 상태

3구간 3단 시공 전경

3구간 2단 소단 시공 전경

3구간 2단 사면 기울기 측정(1:0.9)

3구간 2단 소단 폭 측정(2.5m)

3구간 배면 상단 식생 상태

2구간 3단 소규모 암탈락구간 녹생토 발포 상태

나. 부대 시설물

1) 보호시설

사면 1~3구간의 표면보호 공법으로는 식생, 녹생토 등으로 되어 있으며, 식생발아 및 정착 상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

2) 배수시설

① 사면 1~3구간의 배수처리 시설로는 L형측구, 소단측구, 산마루측구, 도수로, 수평배수공, 집수정 등이 설치되어 있다.

② 사면 하단부에 시공된 L형 측구는 약 1m 간격으로 약 1.0m 간격으로 사면 내 지하수 배제를 목적으로 수평배수공이 각각의 형식에 따라 설계도면에 맞게 적정한 간격으로 설치되어있다. 또한 콘크리트의 품질상태는 균열이나 파손 등이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

③ 콘크리트 소단측구는 지층의 특성 및 비탈면 기울기 등 소단설치 기준에 따라 균열이나 파손, 재료분리 등이 없는 적정한 상태로 조사되었다.

④ 사면 2~3 구간의 경계지점에는 소단측구와 산마루측구로 집수된 지표수를 횡단배수 처리하기 위하여 도수로가 설치된 상태로서 각각의 형식과 구조에 맞게 설계도면대로 적정하게 시공되어 있는 것으로 확인되었다.

⑤ 사면 각 구간의 경계지점에는 소단측구와 산마루측구로 집수된 지표수를 횡단배수 처리하기 위하여 도수로가 설치된 상태로서 각각의 형식과 구조에 맞게 설계도면대로 적정하게 시공되어 있는 것으로 확인되었다.

⑥ 도수로의 하부에는 사면 내 지표수와 지하수, 도로의 노면수 등을 집·배수 처리하기 위한 집수정을 계곡부와 도수로 합류 구간에 설치하였으며, 시공 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

1~2구간 도수로 시공 전경

2구간 산마루측구(배수로) 시공 전경

2구간 산마루측구(배수로) 시공 전경

3구간 3단 소단측구 시공 전경

3구간 산마루측구(배수로) 시공 전경

3구간 산마루측구(배수로) 시공 전경

1,2구간 L형측구 및 낙석방지책 시공 전경

3구간 L형측구 및 낙석방지책 시공 전경

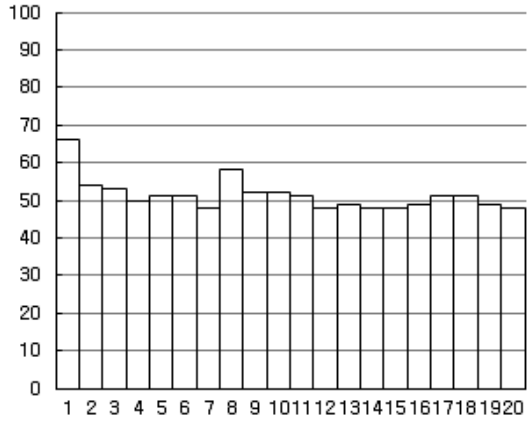
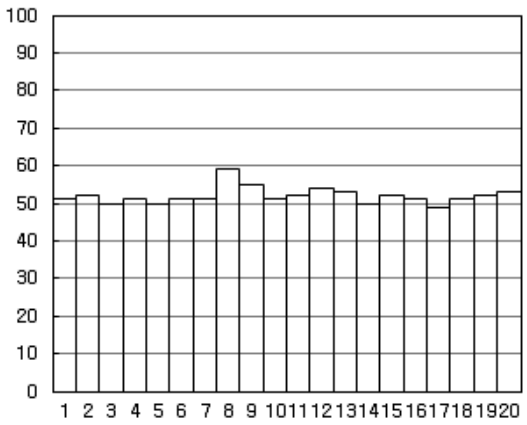
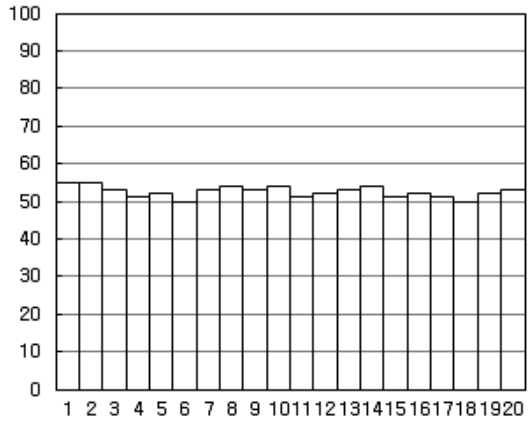
11.3 재료 시험

11.3.1 재료 시험 현황

본 과업에서는 대상 절토사면의 노출된 암반(1단)에 대하여 Rock Test Hammer를 이용하여 반발경도법에 의한 시험을 시행하였다.

11.3.2 암반강도 측정결과

ROCK TEST HAMMER를 이용하여 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 51.35~52.45로서 암판정 기준 보통암으로 측정되었다.

<table>
<tr><td>  </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td>STA 10+340 1단</td><td>평균반발도 : 51.35</td><td>STA 10+500 1단</td><td>평균반발도 : 51.90</td></tr>
<tr><td>  </td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>STA 10+620 1단</td><td>평균반발도 : 52.45</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>

<표 11.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정

위 치	ROCK TEST HAMMER에 의한 암판정			비 고
	반발값 평균치(r)	일축압축 강도 추정(MPa)	암 판정	
STA 10+340 1단	51.35	102.96	보통암	
STA 10+500 1단	51.90	105.65	보통암	
STA 10+620 1단	52.45	108.42	보통암	

11.3.3 관련사진

노출암반 전경

STA 10+500 1단

11.4 시설물의 상태평가

11.4.1 개 요

본 절토사면에 대한 외관조사 결과를 바탕으로 세부지침에 의거 평가 프로그램을 이용하여 상태평가 등급을 산정하였다.

상태평가를 수행하기 위한 절토사면의 상태평가 단위 길이는 40m를 기준으로 각각의 SPAN별 결함지수를 산정하였다.

11.4.2 상태평가 결과

가. 사면 1구간

1) SPAN별 평가구분

사면유형	SPAN 구분	위치(STA.)	토층 심도율(SR)	비 고
절리 암반사면	No.1	10+260 ~ 10+300	SR ≤ 0.4	
	No.2	10+300 ~ 10+340		
	No.3	10+340 ~ 10+380		
	No.4	10+380 ~ 10+420		

2) 절리암반사면 상태평가 결과

No.	파괴징후			파괴현황	사면손상상태지수 (f1)	지반상태			사면형상	자연요인	인위요인			사면파괴요인지수 (f2)	평가단위결함지수 (f1+f2)	단위상태평가등급
	인장균열	지반변형	구조물변형	발생규모		절리주향	절리경사	절리상태	사면경사	강우및지하수	절취상태	배수조건	보호/보강상태			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0.10	0.07	a
2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0.10	0.07	a
3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0.06	0.04	a
4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0.10	0.07	a
평균	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0.8	1	0.8	0.10	0.10	a

1. 평가지수	0.10
2. 상태평가 결과	A 등급

나. 사면 2구간

1) SPAN별 평가구분

사면유형	SPAN 구분	위치(STA.)	토층 심도율(SR)	비 고
절리 암반사면	No.1	10+420 ~ 10+460	SR ≤ 0.4	
	No.2	10+460 ~ 10+500		
	No.3	10+500 ~ 10+540		
	No.4	10+540 ~ 10+580		

2) 절리암반사면 상태평가 결과

No.	파괴징후			파괴현황	사면손상상태지수 (f1)	지반상태			사면형상	자연요인	인위요인			사면파괴요인지수 (f2)	평가단위결함지수 (f1+f2)	단위상태평가등급
	인장균열	지반변형	구조물변형	발생규모		절리주향	절리경사	절리상태	사면경사	강우및지하수	절취상태	배수조건	보호/보강상태			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0.10	0.07	a
2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0.10	0.07	a
3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0.10	0.07	a
4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0.10	0.07	a
평균	0	0	0	0	0	0	0	0	2.0	0	1.0	1.0	1.0	0.10	0.10	a

1. 평가지수	0.10
2. 상태평가 결과	A 등급

다. 사면 3구간

1) SPAN별 평가구분

사면유형	SPAN 구분	위치(STA.)	토층 심도율(SR)	비 고
절리암반사면	No.1	10+580 ~ 10+620	SR ≤ 0.4	
	No.2	10+620 ~ 10+660		
	No.3	10+660 ~ 10+700		
	No.4	10+700 ~ 10+710		

2) 절리암반사면 상태평가 결과

No.	파괴징후			파괴현황	사면손상상태지수 (f1)	지반상태			사면형상	자연요인	인위요인			사면파괴요인지수 (f2)	평가단위결함지수 (f1+f2)	단위상태평가등급
	인장균열	지반변형	구조물변형	발생규모		절리주향	절리경사	절리상태	사면경사	강우및지하수	절취상태	배수조건	보호/보강상태			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0.10	0.07	a
2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0.08	0.05	a
3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0.10	0.07	a
4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0.10	0.07	a
평균	0	0	0	0	0	0	0	0	2.0	0	0.8	1.0	1.0	0.10	0.10	a

1. 평가지수	0.10
2. 상태평가 결과	A 등급

11.4.3 고찰

본 절토사면의 상태등급평가는 세부지침에 의거 절리암반사면으로 구분하여 실시하였으며, 육안조사에 의한 외관조사 항목과 설계 및 지반조사서 분석 결과를 포함하여 상태평가를 실시하였다. 본 사면의 최종 상태평가 결과는 “A등급(평가지수:0.10)” 으로 산정 되었다.

11.5 안전성평가

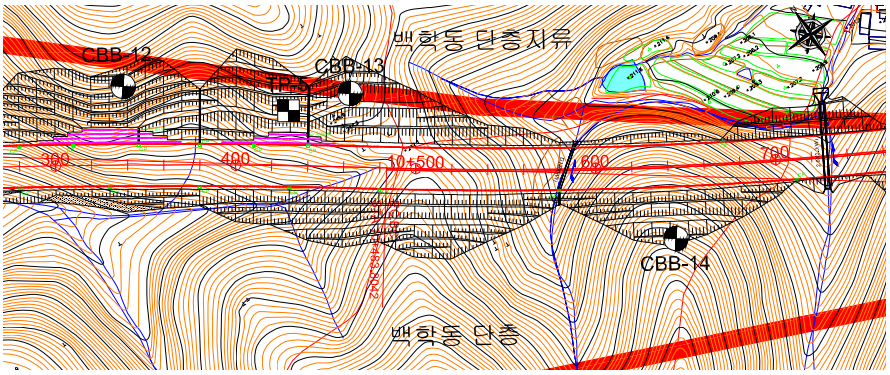
11.5.1 개 요

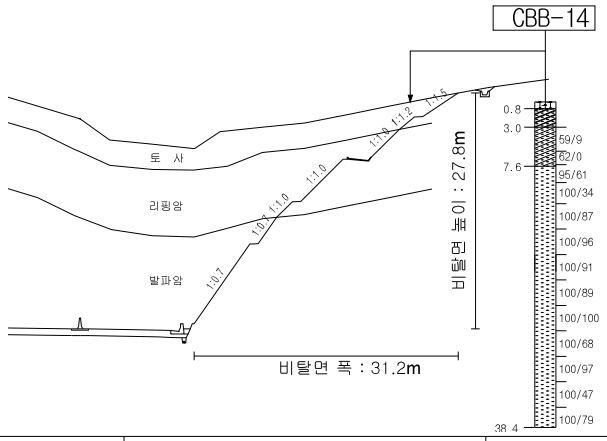
본 절토사면에 대한 안전성평가는 설계 및 시공보고서를 참조하여 세부지침(한국시설안전공단, 2010년 12월)에 의거, 안전성평가 등급을 산정하였다.

11.5.2 안전성 검토(STA.10+380 ~ 10+580)

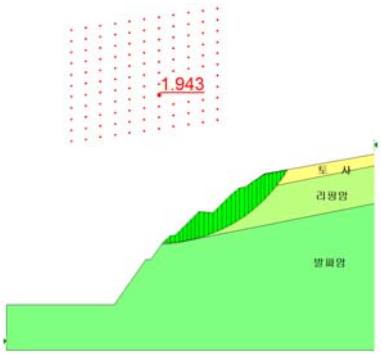
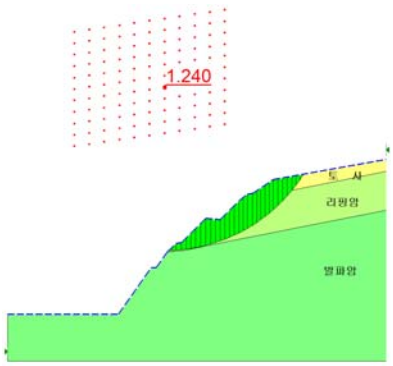
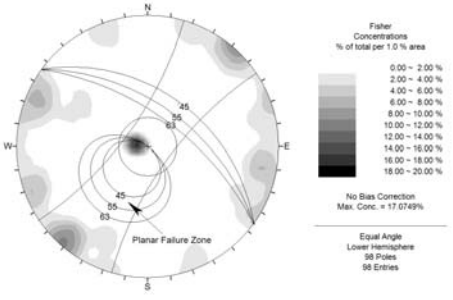
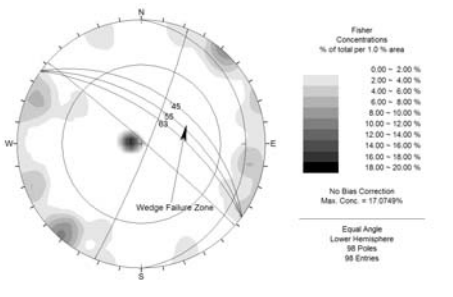
STA.10+380 ~ 10+580(영천방향)에 위치한 사면에 대한 안전성 검토 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 비탈면 현황

<table>
<tr><td rowspan="6">비탈면 현황</td><td colspan="4">평 면 도</td></tr>
<tr><td colspan="4"> 
</td></tr>
<tr><td>검토구간(STA.)</td><td>10+380 ~ 10+580</td><td>연장</td><td>200m</td></tr>
<tr><td colspan="4">지 반 특 성(영천방향, CBB-14)</td></tr>
<tr><td colspan="4">◦구성암석 : 니질암
◦지층구성 : 표토층 0.0 ~ 0.8m, 풍화암 0.8 ~ 3.0m,
연 암 3.0 ~ 7.6m, 경 암 7.6 ~ 38.4m
◦주불연속면 : J1:11/096, J2:87/041, J3:85/113
◦TCR : 59 ~ 100(93.5) ----> 1:0.5
◦RQD : 0 ~ 100(70.0) ----> 1:0.5 *()는 평균값
◦TCR 및 RQD에 의한 표준경사는 1:0.5로 평가되었으나 암종이 풍화에 약한 니질암이며 인근 비탈면의 경사가 1:0.7이므로 표준경사를 1:0.7로 적용함.(깎기 8~9구간은 백학동 단층 지류의 영향을 받은 상주 방향과 영향을 받지 않은 영천 방향으로 대별되며 계곡부 지형을 따라 분리됨. 따라서, 백학동 단층대의 영향을 받은 상주방향의 조사 결과인 CBB-13번의 TCR 및 RQD결과를 반영하기에 다소 무리가 있어 탄성파 탐사 결과를 이용하여 지층을 추정하고 TCR 및 RQD는 CBB-14번의 결과를 이용함.)</td></tr>
</table>

비탈면현황	대 표 횡 단 면(Station : 10+460)		
		
	지반고 : 236.1m	계획고 : 211.4m	최대깎기고 : 27.8m

나. 비탈면 안정성 검토

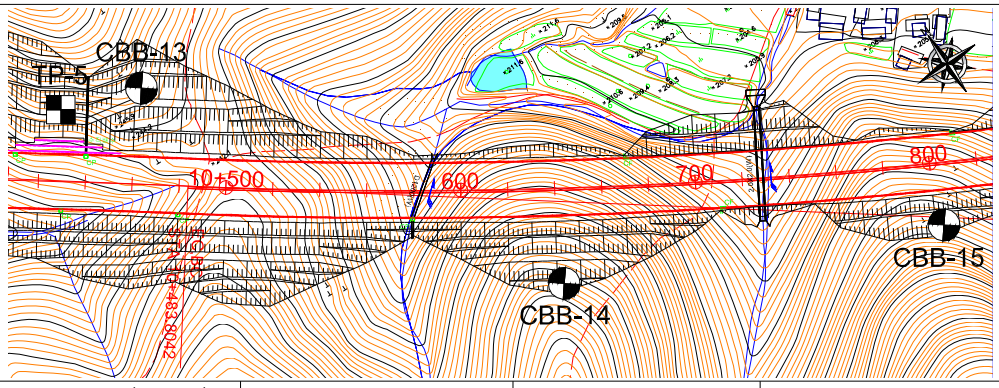
비탈면안정성검토	깎기구간 안정성 검토	
	토 사 비 탈 면	
	건 기 시	우 기 시
		
	Fs = 1.943 > 1.5 ∴OK	Fs = 1.240 > 1.2 ∴OK
	암 반 비 탈 면	
	평면 및 전도파괴 분석도	쐐기파괴 분석도
		

비탈면 안정성 검토				
	평 사 투 영 해 석			
	구 분	평면	전도	쐐기
	1:0.5	안 정	불안정	안 정
	1:0.7	안 정	불안정	안 정
	1:1.0	안 정	불안정	안 정
	한 계 평 형 해 석			
	구 분	평면파괴		쐐기파괴	
		건기	우기	건기	우기
	1:0.5	-	-	-	-
	1:0.7	-	-	-	-
	1:1.0	-	-	-	-
평가	◦전도파괴가 예상되므로, 전도파괴에 대한 보강공법을 강구하여 시공시 안정성을 도모해야 함. ◦암반비탈면 표준경사(1:0.7) 적용시 암반층 평사투영 해석결과 평면 및 쐐기 파괴 가능성이 적으므로 보강공법을 적용하지 않고 표준경사를 적용.			

11.5.3 안전성 검토(STA.10+580 ~ 10+700)

STA.10+580 ~ 10+700(영천방향)에 위치한 사면에 대한 안전성 검토 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 비탈면 현황

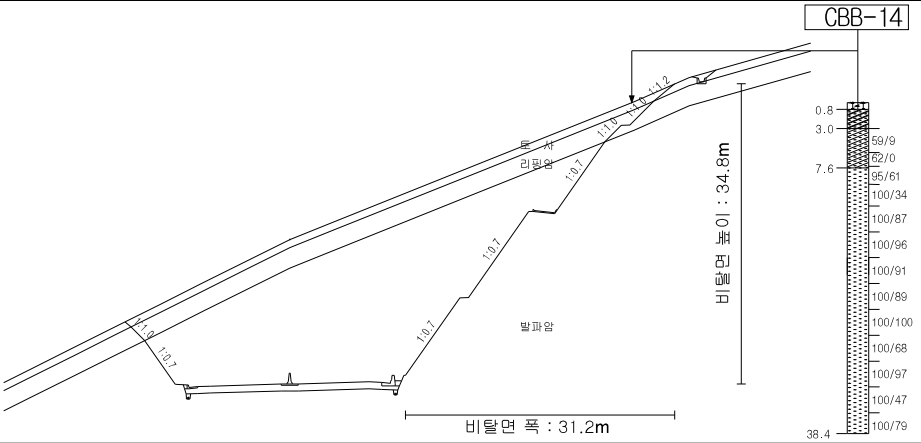
비탈면 현황	평 면 도			
				
	검토구간(STA.)	10+580 ~ 10+700	연장	120m

비탈면현황

지 반 특 성(영천방향, CBB-14)

◦구성암석 : 니질암
◦지층구성
표토층 0.0 ~ 0.8m, 풍화암 0.8 ~ 3.0m
연 암 3.0 ~ 7.6m, 경 암 7.6 ~ 38.4m
◦주불연속면
: J1:11/096, J2:87/041, J3:85/113
◦TCR : 59 ~ 100(93.5) ----> 1:0.5
◦RQD : 0 ~ 100(70.0) ----> 1:0.5 *()는 평균값
◦TCR 및 RQD에 의한 표준경사는 1:0.5로 평가되었으나 암종이 풍화에 약한 니질암이며 인근 비탈면의 경사가 1:0.7이므로 표준경사를 1:0.7로 적용함.

대 표 횡 단 면(Station : 10+640)



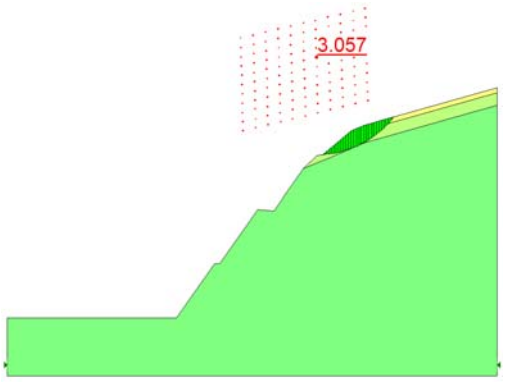
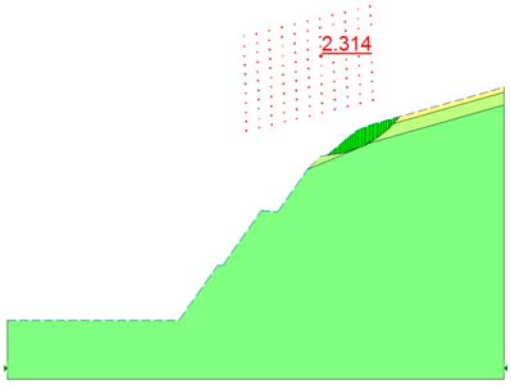
지반고 : 233.4m	계획고 : 216.6m	최대깎기고 : 34.8m

나. 비탈면 안정성 검토

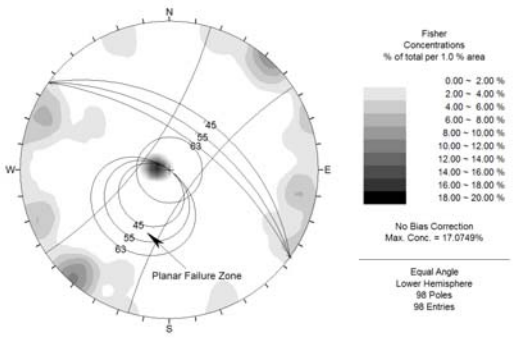
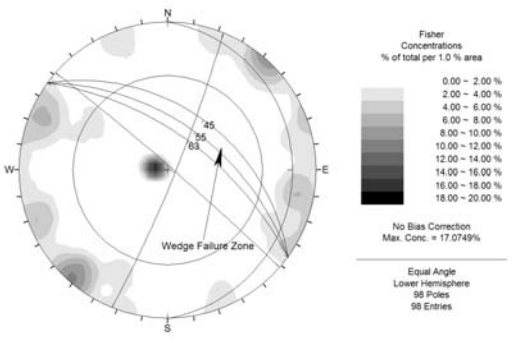
비탈면 안정성 검토

깎기구간 안정성 검토

토 사 비 탈 면

건 기 시	우 기 시
	
Fs = 3.057 > 1.5 ∴OK	Fs = 2.314 > 1.2 ∴OK

암 반 비 탈 면

평면 및 전도파괴 분석도	쐐기파괴 분석도
	

평 사 투 영 해 석

구 분	평면	전도	쐐기
1:0.5	안 정	불안정	안 정
1:0.7	안 정	불안정	안 정
1:1.0	안 정	불안정	안 정

한 계 평 형 해 석

구 분	평면파괴		쐐기파괴	
	건기	우기	건기	우기
1:0.5	-	-	-	-
1:0.7	-	-	-	-
1:1.0	-	-	-	-

평가

◦전도파괴가 예상되므로, 전도파괴에 대한 보강공법을 강구하여 시공시 안정성을 도모해야 함.

◦암반비탈면 표준경사(1:0.7) 적용시 암반층 평사투영 해석결과 평면 및 쐐기파괴 가능성이 적으므로 보강공법을 적용하지 않고 표준경사를 적용.

11.5.4 안전성평가 결과

본 절토사면은 비탈면 경사 준수와 사면보호공(녹생토, 낙석방지책 등) 조치가 적정하게 이루어진 상태로서 본 사면{(STA.10+380 ~ 10+580), (STA.10+580 ~ 10+700)}에 대한 한계평형해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”{안전율 1.5이상(건기시),안전율 1.2이상(우기시)}으로 산정 되었다.

11.6 종합평가 및 안전등급 지정

11.6.1 종합평가

종합평가 등급은 외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정 한다.

종합평가등급 = Min(상태평가등급, 안전성평가등급)

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.10	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.10	A	
종합평가 결과	사면의 종합평가 결과 “A"		

11.6.2 안전등급

절토사면에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

안전등급	시설물의 상태
A(우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B(양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C(보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D(미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E(불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

11.7 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 창평리 ~ 가호리에 위치한 절토사면으로서 연장은 상주방향 L=450.0m(STA.10+260~10+710), 최대높이 H=40.09m로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.
2) 외관조사결과 사면의 경사, 소단 폭, 식생상태 등의 전반적인 시공상태는 양호한 것으로 조사되었다.
3) ROCK TEST HAMMER를 이용하여 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 51.35~52.45로서 암판정 기준 보통암으로 측정되었다.
4) 본 절토사면은 비탈면 경사 준수와 사면보호공(녹생토, 낙석방지책 등) 조치가 적정하게 이루어진 상태로서 본 사면{(STA.10+380 ~ 10+580), (STA.10+580 ~ 10+700)}에 대한 한계평형해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”{안전율 1.5이상(건기시),안전율 1.2이상(우기시)}으로 산정 되었다
5) 상태평가와 안정성평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 절토사면은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다
6) 향후 절토사면의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.

제 12 장 절토사면(STA. 10+970~11+230)

12.1 시설물 현황

12.2 외관조사

12.3 재료시험

12.4 시설물의 상태평가

12.5 안전성평가

12.6 종합평가 및 안전등급 지정

12.7 종합결론

제 12 장 절토사면(STA.10+970~11+230)

12.1 시설물 현황

12.1.1 개요

본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 창평리에 위치한 절토사면으로서 연장은 영천방향 L=260.0m(STA.10+970~11+230), 최대높이 H=42.0m의 대규모 사면으로 지형을 고려하여 2구간으로 구분하여 조사를 실시하였다.

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 절토사면 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다.

<절토사면 전면 전경>

<절토사면 측면 전경>

<L형측구 및 낙석방지책 전경>

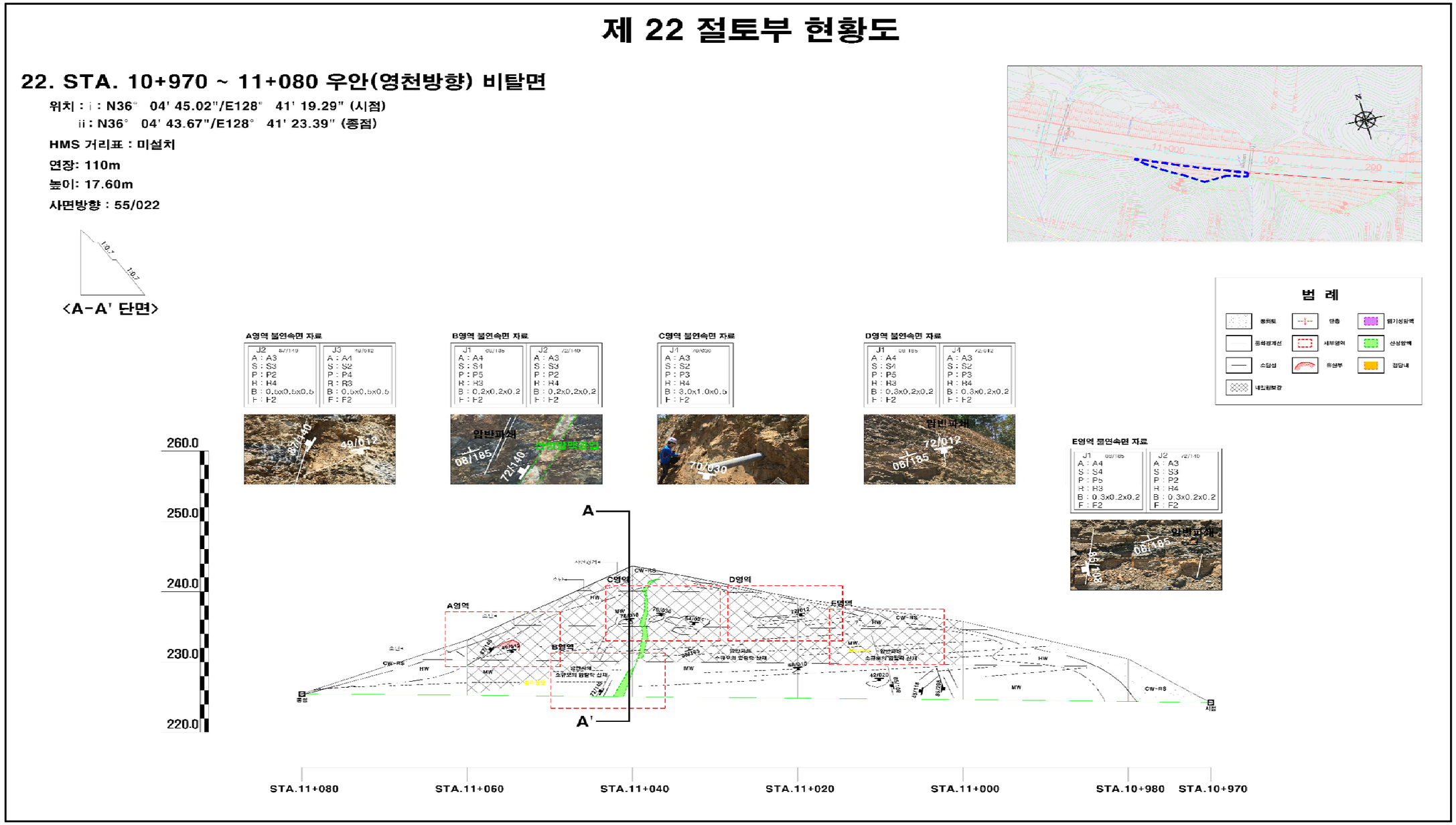
<사면 상단 및 산마루 측구 전경>

<표 12.1.1> 대상구조물 현황표

<table>
<tr><td>시설물 번호</td><td colspan="3">-</td><td>관리번호</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="3">STA,10+970 ~ 11+230</td><td>시설물 구분</td><td colspan="2">절토사면</td></tr>
<tr><td rowspan="4">위 치</td><td>행정구역</td><td colspan="5">경상북도 군위군 부계면 창평리</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위 치</td><td>구 분</td><td colspan="4">영천방향</td></tr>
<tr><td>시점</td><td colspan="4">10+970</td></tr>
<tr><td>종점</td><td colspan="4">11+230</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제 원</td><td>연 장</td><td>260m</td><td>최대높이</td><td colspan="2">42.0m</td></tr>
<tr><td>사면방향성</td><td>55/022</td><td>노선</td><td colspan="2">상주~영천 고속도로</td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="2">상주영천고속도로(주)</td><td>관리주체 구분</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시공 현황</td><td>준공년도</td><td>2017년 06월</td><td>시공자</td><td colspan="2">(주)GS건설</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="4">낙석방호책</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="6">-</td></tr>
</table>

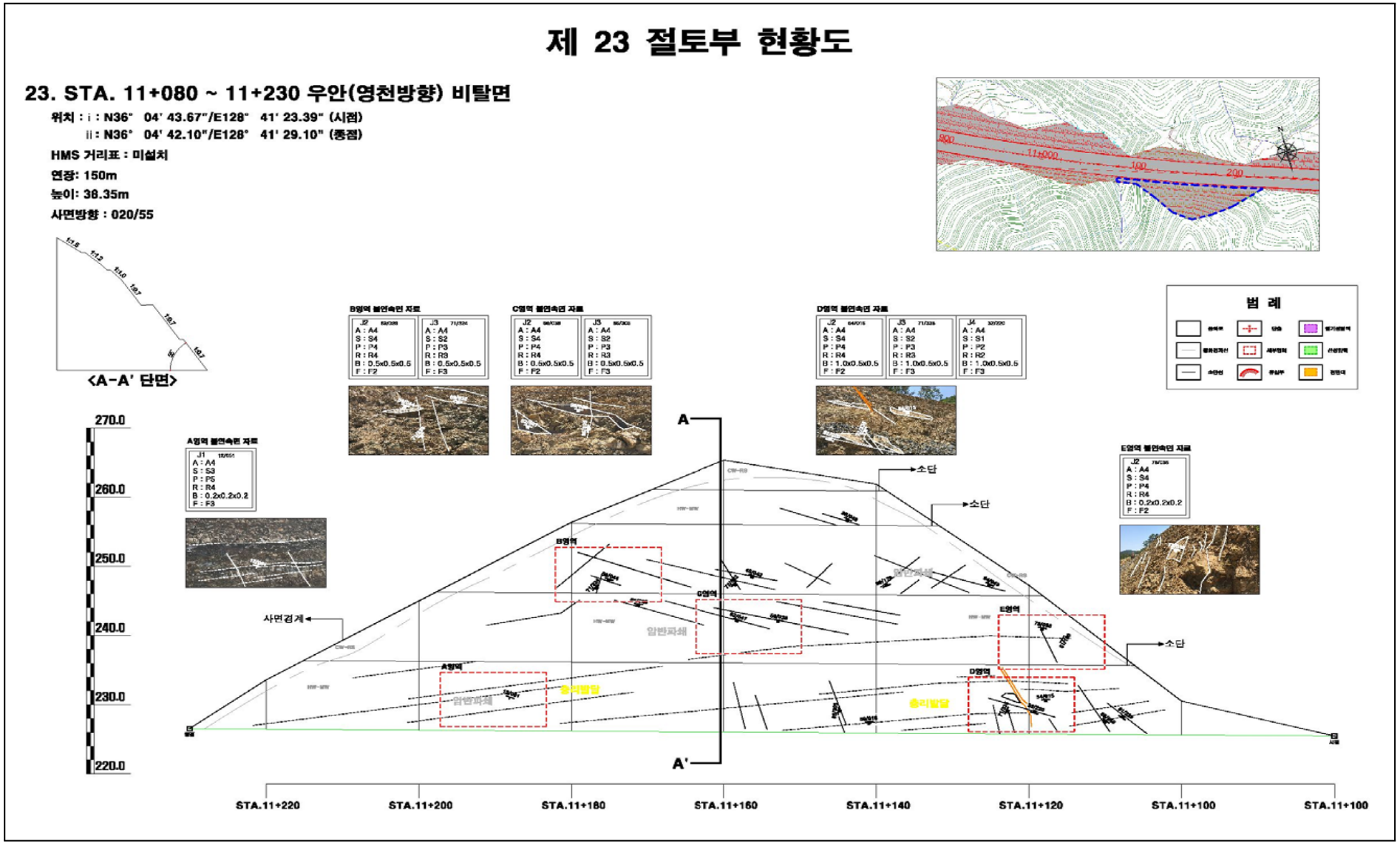
12.1.2 절토부 현황도

가. 1구간(STA.10+970 ~ 11+080)



<그림 12.1.1> 1구간(STA.10+970 ~ 11+080 현황도

나. 2구간(STA.11+080 ~ 11+230)



<그림 12.1.2> 2구간(STA.11+080 ~ 11+230) 현황

12.2 외관조사

12.2.1 측점 분할

대상시설물에 대한 현장조사는 세부지침에서 제시한 방법에 따라 2구간으로 구분하여 현장조사 및 외관조사망도를 작성하였다.

<표 12.2.1> 측점 분할

구 분		시점 위치	종점 위치	연장	비 고
절토사면	1구간	STA.10+970	STA.11+080	L=110.0m	
	2구간	STA.11+080	STA.11+230	L=150.0m	

12.2.2 시설물별 외관조사 결과

상세외관조사는 대상시설물의 위험요인 및 시설물의 상태를 평가하기 위한 목적으로 절토사면 전체에 대해 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였으며, 세부지침에 따라 기본 시설물과 부대 시설물로 나누어 조사를 실시하였다.

외관조사 현황

가. 기본 시설물

1) 1구간(STA.10+970 ~ 11+080)

① 사면 1구간은 연장 110.0m, 절토고(최대높이) 약 17.60m, 사면방향 55/022, 소단 3단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~0.8 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.3~1.5m 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 것으로 조사되었으며, 식생상태도 양호한 것으로 확인되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태이나, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었다. 또한 사면 내 발달한 불연속면과 층리에 따라 암반파쇄 및 소규모 암탈락으로 인한 낙석이 발생되었으나, 현재는 녹생토 작업으로 인해 보완된 상태로 조사되었다.

2) 2구간(STA.11+080 ~ 11+230)

① 사면 2구간은 연장 150.0m, 절토고(최대높이) 약 42.0m, 사면방향 55/020, 소단 4단으로 된 절토 암반사면이다.

② 절토사면 경사는 1:0.7~1.5 정도로 측정되었고, 지층의 특성에 맞게 약 1.0 ~ 1.2m(콘크리트 소단 약 3.2m) 폭으로 소단을 두는 등 전반적으로 설계도면에 맞게 시공된 것으로 조사되었다.

③ 상부 자연사면은 전반적으로 토사유실, 침식, 지반균열, 누수흔적 등은 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 식생상태 또한 양호한 것으로 확인되었다.

④ 본 점검시기는 식생작업이 완료된 후로 암반의 상태는 「2015.6.30 작성한 절토사면 현황도 보고서」를 근거로 검토하였으며, 그 결과 노출된 암반은 보통풍화 상태를 보이며, 일부 심한풍화 상태인 것으로 확인되었

고, 점토가 협재되어있는 것으로 확인되었다. 또한 사면 내에 발달한 불연속면과 층리의 영향으로 인해 암반파쇄 및 소규모 암탈락이 발생하였으나, 현재 녹생토를 완료하여 적정하게 보완한 것으로 확인되었다.

1구간 시공 전경

1구단 1단 시공 전경

1구간 2단 전경 및 식생 상태

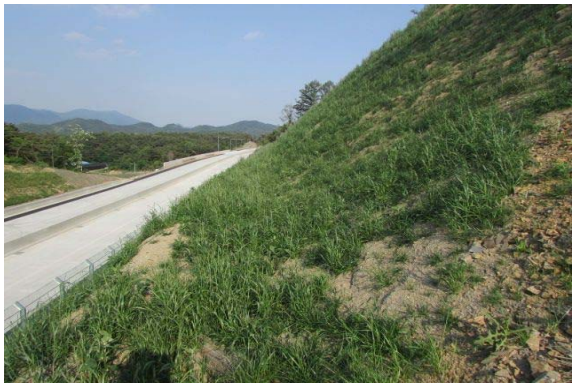
1구간 4단 전경 및 식생 상태

1구간 2단 사면 기울기 측정(1:0.8)

1구간 3단 소단 폭 측정(1.3m)

2구간 시공 전경

2구단 1단 시공 전경



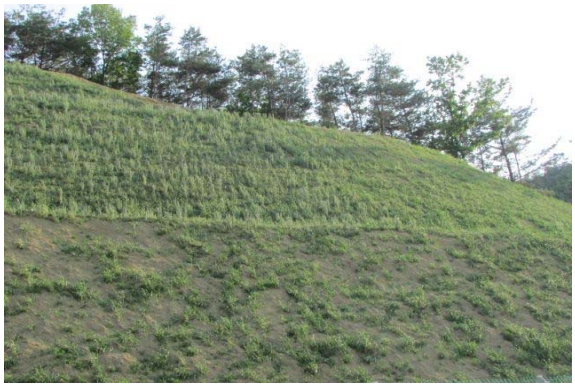
2구간 3단 전경 및 식생 상태

2구간 4단 소단 시공 전경

2구간 3단 사면 기울기 측정(1:0.7)

2구간 2단 소단 폭 측정(1.2m)

2구간 배면 상단 전경



2구간 2단 소규모 암탈락구간 녹생토 발포 상태

나. 부대 시설물

1) 보호시설

사면 1~2구간의 표면보호 공법으로는 식생, 녹생토 등으로 되어 있으며, 식생발아 및 정착 상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

2) 배수시설

① 사면 1~2구간의 배수처리 시설로는 L형측구, 소단측구, 산마루측구, 도수로, 수평배수공, 집수정 등이 설치되어 있다.

② 사면 하단부에 시공된 L형 측구는 약 1m 간격으로 약 1.0m 간격으로 사면 내 지하수 배제를 목적으로 수평배수공이 각각의 형식에 따라 설계도면에 맞게 적정한 간격으로 설치되어있다. 또한 콘크리트의 품질상태는 균열이나 파손 등이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

③ 콘크리트 소단측구는 지층의 특성 및 비탈면 기울기 등 소단설치 기준에 따라 균열이나 파손, 재료분리 등이 없는 적정한 상태로 조사되었다.

④ 사면의 경계부를 따라 설치된 산마루측구의 시공상태는 경사면을 따로 적정하게 시공되어있으며, 콘크리트 품질상태는 균열이나 파손 등이 없는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.

⑤ 사면 각 구간의 경계지점에는 소단측구와 산마루측구로 집수된 지표수를 횡단배수 처리하기 위하여 도수로가 설치된 상태로서 각각의 형식과 구조에 맞게 설계도면대로 적정하게 시공되어 있는 것으로 확인되었다.

⑥ 도수로의 하부에는 사면 내 지표수와 지하수, 도로의 노면수 등을 집·배수 처리하기 위한 집수정을 계곡부와 도수로 합류 구간에 설치하였으며, 시공 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

1구간 산마루 측구(배수로) 시공 전경

2구간 산마루 측구(배수로) 시공 전경

2구간 산마루 측구(배수로) 시공 전경

3구간 3단 소단측구 시공 전경

1구간 L형측구 시공 전경

2구간L형측구 및 낙석방지책 시공 전경

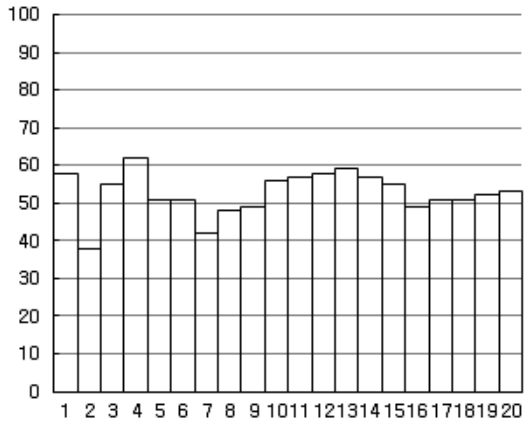
12.3 재료 시험

12.3.1 재료 시험 현황

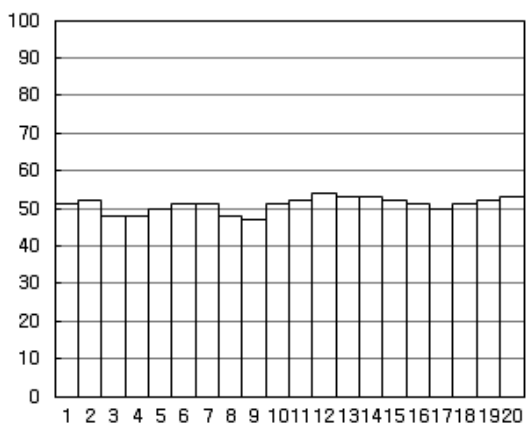
본 과업에서는 대상 절토사면의 노출된 암반(1단)에 대하여 Rock Test Hammer를 이용하여 반발경도법에 의한 시험을 시행하였다.

12.3.2 암반강도 측정결과

ROCK TEST HAMMER를 이용하여 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 50.90~52.60로서 암판정 기준 보통암으로 측정되었다.



STA 11+000 1단 | 평균반발도 : 52.60



STA 11+150 1단 | 평균반발도 : 50.90

<표 12.3.1> 반발경도법에 의한 압축강도 측정

위 치	ROCK TEST HAMMER에 의한 암판정			비 고
	반발값 평균치(r)	일축압축 강도 추정(MPa)	암 판정	
STA 11+000 1단	52.60	109.18	보통암	
STA 11+150 1단	50.90	100.80	보통암	

12.3.3 관련사진

노출암반 전경	STA 11+150 1단

12.4 시설물의 상태평가

12.4.1 개 요

본 절토사면에 대한 외관조사 결과를 바탕으로 세부지침에 의거 평가 프로그램을 이용하여 상태평가 등급을 산정하였다.

상태평가를 수행하기 위한 절토사면의 상태평가 단위 길이는 40m를 기준으로 각각의 SPAN별 결함지수를 산정하였다.

12.4.2 상태평가 결과

가. 사면 1구간

1) SPAN별 평가구분

사면유형	SPAN 구분	위치(STA.)	토층 심도율(SR)	비 고
절리암반사면	No.1	10+970 ~ 11+010	SR ≤ 0.4	
	No.2	11+010 ~ 11+050		
	No.3	11+050 ~ 11+080		

2) 절리암반사면 상태평가 결과

No.	파괴징후			파괴현황	사면손상상태지수 (f1)	지반상태			사면형상	자연요인	인위요인			사면파괴요인지수 (f2)	평가단위결함지수 (f1+f2)	단위상태평가등급
	인장균열	지반변형	구조물변형	발생규모		절리주향	절리경사	절리상태	사면경사	강우및지하수	절취상태	배수조건	보호/보강상태			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.06	0.04	a
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.06	0.04	a
평균	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0	0.3	1.0	1.0	0.06	0.04	

1. 평가지수	0.04
2. 상태평가 결과	A 등급

나. 사면 2구간

1) SPAN별 평가구분

사면유형	SPAN 구분	위치(STA.)	토층 심도율(SR)	비 고
절리암반사면	No.1	11+080 ~ 11+120	SR ≤ 0.4	
	No.2	11+120 ~ 11+160		
	No.3	11+160 ~ 11+200		
	No.3	11+200 ~ 11+230		

2) 절리암반사면 상태평가 결과

No.	파괴징후			파괴현황	사면손상상태지수 (f1)	지반상태			사면형상	자연요인	인위요인			사면파괴요인지수 (f2)	평가단위결함지수 (f1+f2)	단위상태평가등급
	인장균열	지반변형	구조물변형	발생규모		절리주향	절리경사	절리상태	사면경사	강우및지하수	절취상태	배수조건	보호/보강상태			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.06	0.04	a
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0.08	0.05	a
평균	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	1.0	1.0	1.0	0.07	0.05	a

1. 평가지수	0.05
2. 상태평가 결과	A 등급

12.4.3 고찰

본 절토사면의 상태등급평가는 세부지침에 의거 절리암반사면으로 구분하여 실시하였으며, 육안조사에 의한 외관조사 항목과 설계 및 지반조사서 분석 결과를 포함하여 상태평가를 실시하였다. 본 사면의 최종 상태평가 결과는 “A등급(평가지수:0.05)” 으로 산정 되었다.

12.5 안전성평가

12.5.1 개 요

본 절토사면에 대한 안전성평가는 설계 및 시공보고서를 참조하여 세부지침(한국시설안전공단, 2010년 12월)에 의거, 안전성평가 등급을 산정하였다.

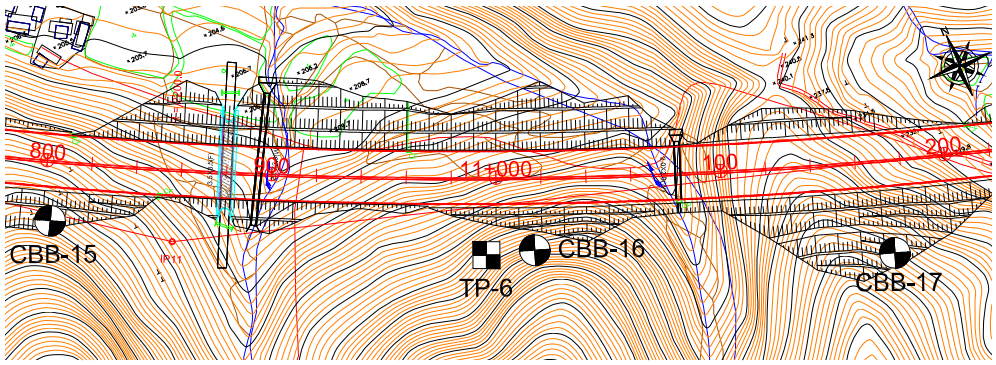
12.5.2 안전성 검토(STA.10+970 ~ 11+080)

STA.10+970 ~ 11+080(영천방향)에 위치한 사면에 대한 안전성 검토 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 비탈면 현황

비탈면 현황

평 면 도



검토구간(STA.)	10+970 ~ 11+080	연장	110m

지 반 특 성(영천방향, CBB-16)

◦구성암석 : 사암 및 니질암

◦지층구성

표토층 0.0 ~ 0.7m, 풍화암 0.7 ~ 3.0m

연 암 3.0 ~ 25.3m, 경 암 25.3 ~ 29.3m

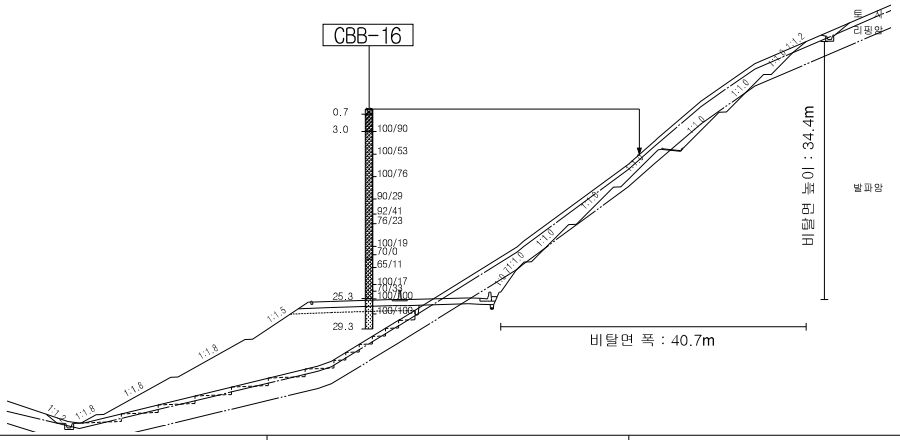
◦주불연속면

: J1:07/116, J2:87/193, J3:85/294

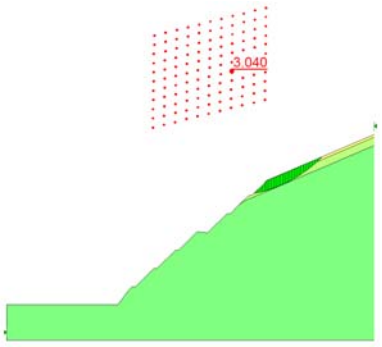
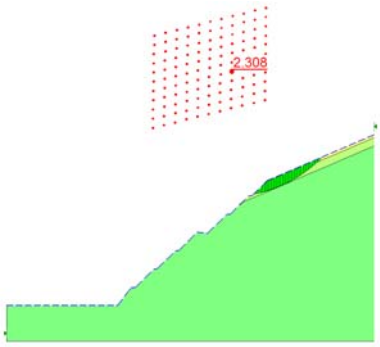
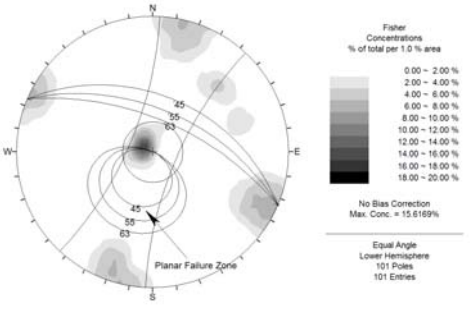
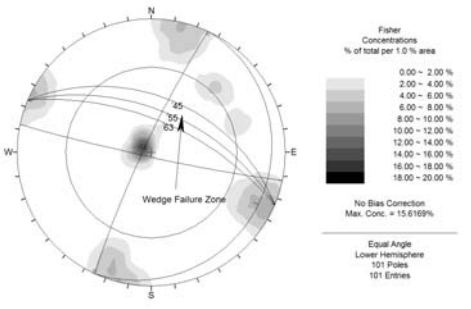
◦TCR : 65 ~ 100(93.0) ----> 1:0.5

◦RQD : 0 ~ 100(55.0) ----> 1:0.5 *()는 평균값

◦TCR 및 RQD에 의한 표준경사는 1:0.5로 평가되었으나 암종이 풍화에 약한 니질암이며 인근 비탈면의 경사가 1:0.7이므로 표준경사를 1:0.7로 적용함.

비탈면현황	대 표 횡 단 면(Station : 11+020)		
			
	지반고 : 222.2m	계획고 : 224.9m	최대깎기고 : 34.4m

나. 비탈면 안정성 검토

비탈면안정성검토	깎기구간 안정성 검토	
	토 사 비 탈 면	
	건 기 시	우 기 시
		
	Fs = 3.040 > 1.5 ∴OK	Fs = 2.308 > 1.2 ∴OK
	암 반 비 탈 면	
	평면 및 전도파괴 분석도	쐐기파괴 분석도
		

비탈면 안정성 검토

평 사 투 영 해 석

구 분	평면	전도	쐐기
1:0.5	안 정	불안정	안 정
1:0.7	안 정	불안정	안 정
1:1.0	안 정	불안정	안 정

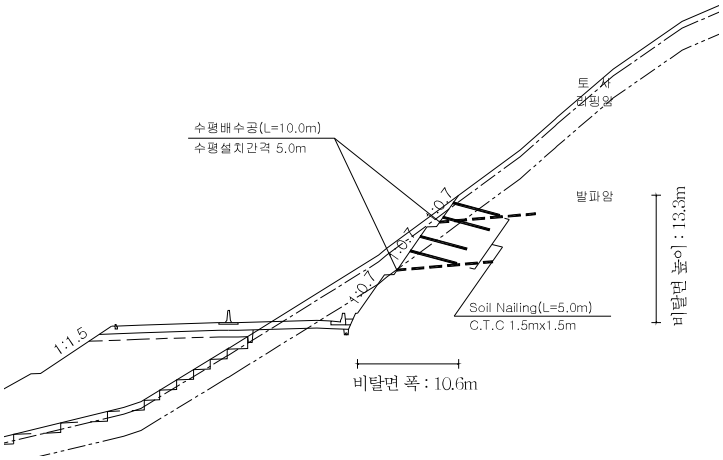
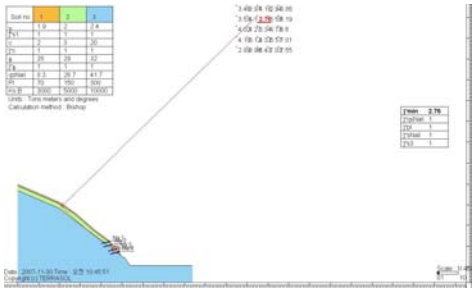
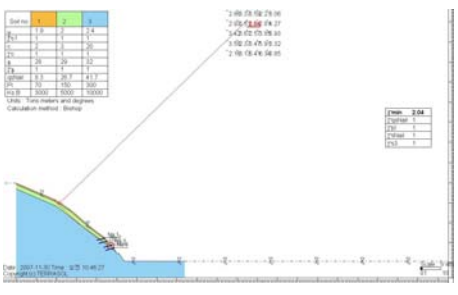
한 계 평 형 해 석

구 분	평면파괴		쐐기파괴	
	건기	우기	건기	우기
1:0.5	-	-	-	-
1:0.7	-	-	-	-
1:1.0	-	-	-	-

평가

◦토사 및 리핑암 비탈면은 표준경사(1:1.0~1:1.5) 적용시 비탈면고 증가로 인한 환경훼손 범위가 과대하므로 보강공법 적용 필요함.
◦전도파괴가 예상되므로, 전도파괴에 대한 보강공법을 강구하여 시공시 안정성을 도모해야 함.
◦압반비탈면 표준경사(1:0.7) 적용시 암반층 평사투영 해석 결과 평면 및 쐐기파괴 가능성이 적으므로 보강공법을 적용하지 않고 표준경사를 적용.

토사 비탈면 보강 검토

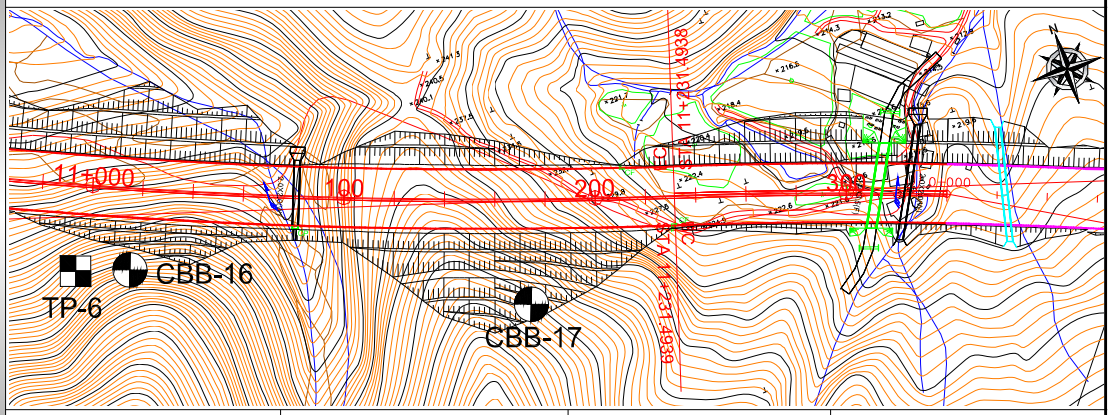
구분	토사 비탈면 보강방안	
공법	비탈면 보강(Soil Nailing)	
검토단면		
구분	건 기	우 기
안정해석		
	FS = 2.76 > 1.5 ∴ OK	FS = 2.04 > 1.2 ∴ OK

	구분	비탈면 보강(Soil Nailing)
토사 비탈면 보강 검토 결과	공법	◦토사층 : 심도 얕음. ◦리핑암 : 조정경사 적용(1:0.7) ◦암반층 : 표준경사 적용(1:0.7) ·Soil Nailing 6m 1.5x1.5
	깎기고	◦H=13.3m, B=10.6m
	보강검토결과	◦시추조사 결과 토사 비탈면이 과대하게 발생되는 구간임. ◦STA. 10+975 ~ 11+065의 경우 토사 비탈면의 안정성은 확보되나 환경 훼손 범위가 과대함으로 깎기 면적 감소 효과를 고려하여 Nailing 보강공법을 적용하는 것이 유리할 것으로 판단됨.

12.5.3 안전성 검토(STA.11+080 ~ 11+220)

STA.11+080 ~ 11+220(영천방향)에 위치한 사면에 대한 안전성 검토 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 비탈면 현황

비탈면 현황	평 면 도			
				
	검토구간(STA.)	11+080 ~ 11+220	연장	140m

비탈면 현황

지 반 특 성(영천방향, CBB-17)

◦구성암석 : 사암 및 니질암

◦지층구성

풍화토 0.0 ~ 3.5m, 풍화암 3.5 ~ 6.0m

연 암 6.0 ~ 25.8m, 경 암 25.8 ~ 39.2m

◦주불연속면

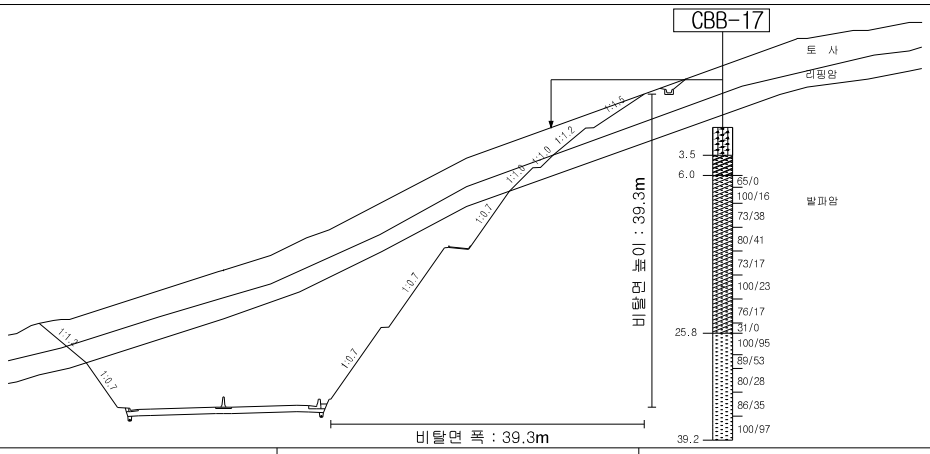
: J1:16/137, J2:45/347, J3:73/343

◦TCR : 31 ~ 100(81.0) ----> 1:0.5

◦RQD : 0 ~ 97(32.0) ----> 1:0.7 *()는 평균값

◦지표지질 조사결과 사암 및 니질암이 분포하며 층리의 발달이 현저하고 노두의 육안관찰결과 RQD가 50% 이하로 표준경사 1:0.7 적용.

대 표 횡 단 면(Station : 11+640)



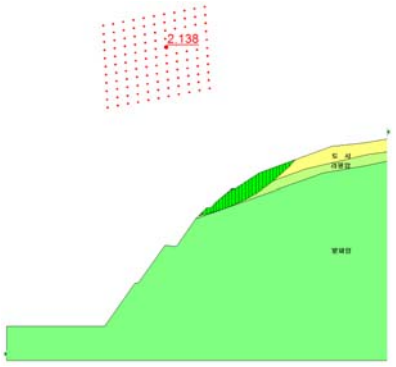
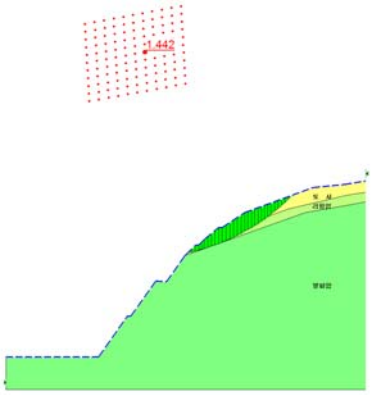
지반고 : 243.2m	계획고 : 226.0m	최대깎기고 : 39.3m

나. 비탈면 안정성 검토

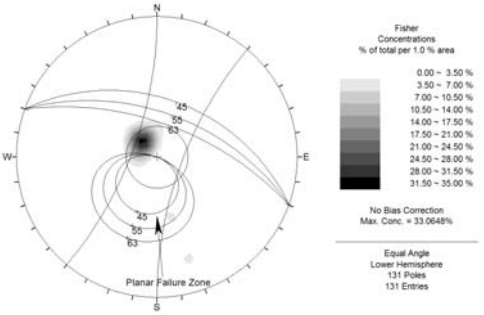
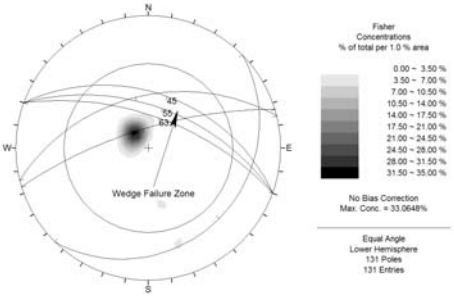
비탈면 안정성 검토

깎기구간 안정성 검토

토 사 비 탈 면

건 기 시	우 기 시
	
Fs = 2.138 > 1.5 ∴OK	Fs = 1.442 > 1.2 ∴OK

암 반 비 탈 면

평면 및 전도파괴 분석도	쐐기파괴 분석도
	

평 사 투 영 해 석

구 분	평면	전도	쐐기
1:0.5	안 정	안정	안 정
1:0.7	안 정	안정	안 정
1:1.0	안 정	안정	안 정

한 계 평 형 해 석

구 분	평면파괴		쐐기파괴	
	건기	우기	건기	우기
1:0.5	-	-	-	-
1:0.7	-	-	-	-
1:1.0	-	-	-	-

평가

◦ 암반비탈면 표준경사(1:0.7) 적용시 암반층 평사투영 해석결과 평면 및 쐐기파괴 가능성이 적으므로 보강공법을 적용하지 않고 표준경사를 적용.

12.5.4 안전성평가 결과

본 절토사면은 비탈면 경사 준수와 사면보호공(녹생토, 낙석방지책 등) 조치가 적정하게 이루어진 상태로서 본 사면{(STA.10+970 ~ 11+080), (STA.11+080 ~ 11+220)}에 대한 한계평형해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”{안전율 1.5이상(건기시),안전율 1.2이상(우기시)}으로 산정 되었다.

12.6 종합평가 및 안전등급 지정

12.6.1 종합평가

종합평가 등급은 외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정 한다.

종합평가등급 = Min(상태평가등급, 안전성평가등급)

평가구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태평가	0.04~0.05	A	
안전성 평가	-	A	
종합평가	0.04~0.05	A	
종합평가 결과	사면의 종합평가 결과 “A"		

12.6.2 안전등급

절토사면에 대한 종합평가 결과 전체 시설물에 대한 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급"인 것으로 판정되었다.

안전등급	시설물의 상태
A(우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B(양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C(보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D(미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E(불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

12.7 종합결론

1) 본 시설물은 경상북도 군위군 부계면 창평리에 위치한 절토사면으로서 연장은 영천방향 L=260.0m(STA.10+970~11+230), 최대높이 H=42.0m로 구성되어 있으며, 시설물 안전관리에 관한 특별법상 2종 시설물에 해당된다.
2) 외관조사결과 사면의 경사, 소단 폭, 식생상태 및 보강상태 등의 전반적인 시공상태는 양호한 것으로 조사되었다.
3) ROCK TEST HAMMER를 이용하여 노출된 암반에 대한 반발계수의 평균치는 50.90~52.60로서 암판정 기준 보통암으로 측정되었다.
4) 본 절토사면은 비탈면 경사 준수와 사면보호공(녹생토, 낙석방지책 등) 조치가 적정하게 이루어진 상태로서 본 사면{(STA.10+970 ~ 11+080), (STA.11+080 ~ 11+220)}에 대한 한계평형해석을 수행한 결과 최종 안전성평가 결과는 “A등급”{안전율 1.5이상(건기시),안전율 1.2이상(우기시)}으로 산정 되었다.
5) 상태평가 및 안정성평가 결과를 토대로한 종합평가 등급은 “A등급”으로 분석되어 절토사면은 “문제점이 없는 최상의 상태”인 것으로 평가되었다
6) 향후 절토사면의 양호한 상태를 지속적으로 유지시킬 수 있도록 관리주체의 지속적인 유지관리가 요구된다.