관 리 번 호

사 본 번 호

고속도로 제32호선
옥산~오창 고속도로 민간투자사업
초 기 점 검 보 고 서
(준 공)

2018. 01

국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

제 출 문

GS건설㈜ 대표이사 귀하

귀 사와 계약 체결한「**옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검**」에 대한 과업을 성실히 수행하고, 그 결과를 본 보고서로 제출합니다.

2018년 01월

경기도 파주시 쇠재안길 18-13

대 진 컨 설 턴 트 ㈜

대표이사 박 연 식 (인)

옥산JCT Ramp-A교 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	1종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 흥덕구 옥산면	시설물규모	L = 257.0m, B = 12.6m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 난간및연석-상태양호. ▪ 바닥판하면-상태양호. ▪ 신축이음, 교량받침-상태양호. ▪ 거더및가로보-상태양호. ▪ 교대및교각-균열(폭0.3㎜미만) 및 망상균열 등의 손상이 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 옥산JCT Ramp-A교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	-	-
바닥판하면	a	-	-
거더 및 가로보	a	-	-
신축이음	a	-	-
교량받침	a	-	-
교대	a	균열(폭0.3㎜미만)	표면처리(보수완료)
교각	a	균열(폭0.3㎜미만), 망상균열	표면처리(보수완료)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법, 경험적설계법	철근배근간격 및 철근량이 적정하게 시공됨.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

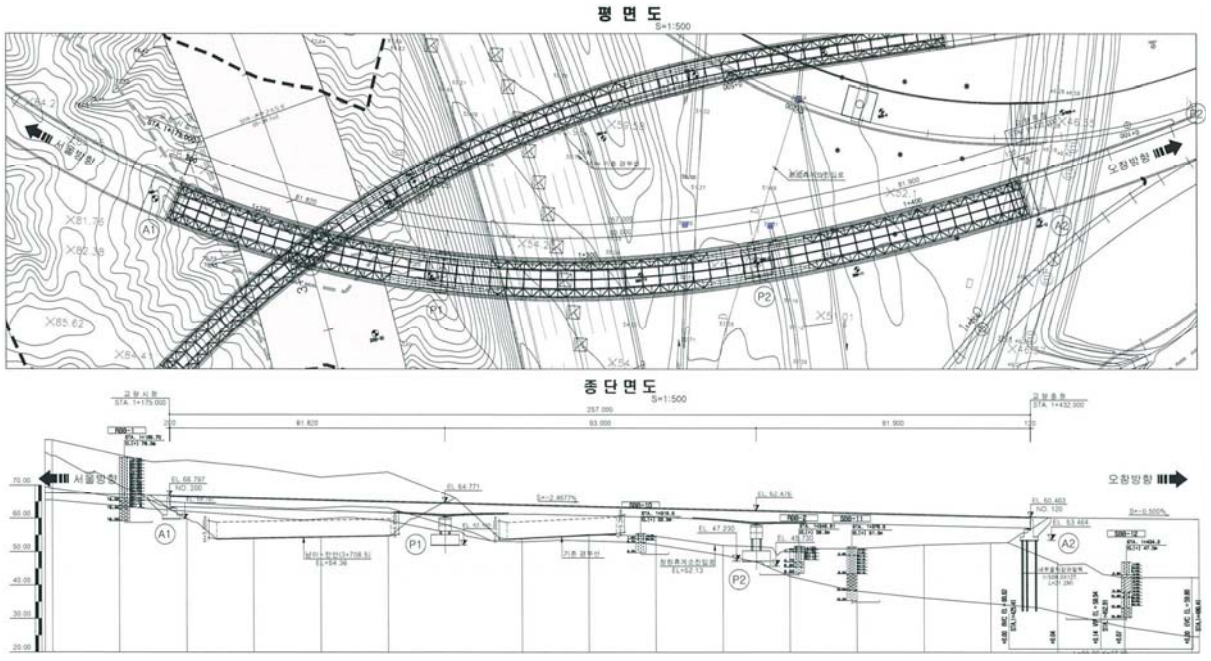
검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

시험명	시험부위	시험결과				책임기술자 의견
콘크리트 비파괴시험강도 (반발경도법)	바닥판	29.2~30.4MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.
	교 대	26.5MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
	교 각	28.8~29.2MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
철근탐사시험	부재	주 철 근				▪ 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.
		배근간격(㎜)		피복두께(㎜)		
		설계값	측정값	설계값	측정값	
	바닥판 캔틸레버부	200	200	30.5~32	40~45	
	교대	250	250	70.5	70	
	교각	125	125	85.5~87.5	95	

옥산JCT Ramp-A교 현황표

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		옥산JCT Ramp-A교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 82.0 + 93.0 + 82.0 = 257.0m			
	폭	B = 12.6m			
구조형식	상부	DCB GIRDER교(강재)	기초형식	교대	직접기초(A1) 말뚝기초(A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	직접기초(P1,P2)
교량받침		에너지분산받침(EDS)	신축이음		Finger Joint
교차시설물		도로(경부선, 옥산JCT R-C교, 청주휴게소 진입로)	통과높이		5.0m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			



옥산JCT Ramp-C교 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	1종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 흥덕구 옥산면	시설물규모	L = 257.0m, B = 9.0m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 난간및연석-균열(폭 0.3㎜내·외)이 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 바닥판하면-상태양호. ▪ 신축이음, 교량받침-상태양호. ▪ 거더및가로보-상태양호. ▪ 교대및교각-균열(폭 0.3㎜미만), 망상균열, 재료분리, 파손 등의 손상이 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 옥산JCT Ramp-C교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상)	표면처리, 주입보수(보수완료)
바닥판하면	a	-	-
거더 및 가로보	a	-	-
신축이음	a	-	-
교량받침	a	-	-
교대	a	균열(폭0.3㎜미만)	표면처리(보수완료)
교각	a	균열(폭0.3㎜미만), 망상균열, 재료분리, 파손	표면처리, 단면보수(보수완료)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법, 경험적설계법	철근배근간격 및 철근량이 적정하게 시공됨.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

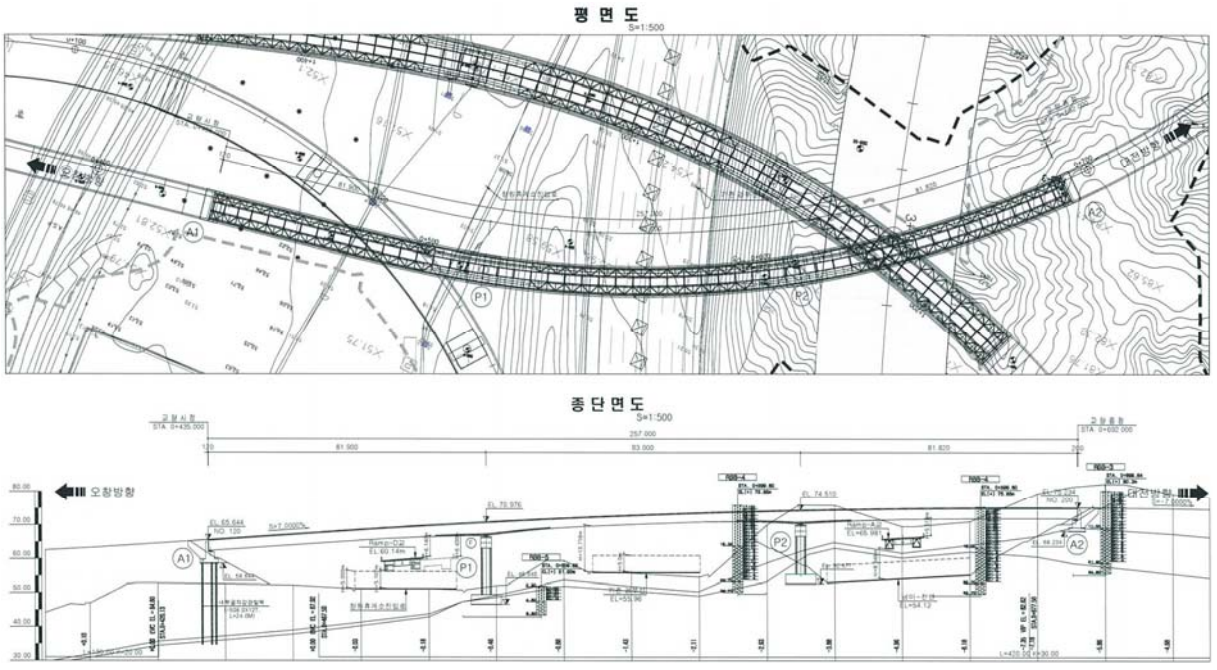
검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

시험명	시험부위	시험결과				책임기술자 의견
콘크리트 비파괴시험강도 (반발경도법)	바닥판	29.6~30.2MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.
	교 대	27.4MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
	교 각	28.9~29.6MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
철근탐사시험	부재	주 철 근				▪ 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.
		배근간격(㎜)		피복두께(㎜)		
		설계값	측정값	설계값	측정값	
	바닥판 캔틸레버부	200	200	32	40	
	교대	250	250	70.5	80	
	교각	125	125	85.5	95	

옥산JCT Ramp-C교 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>옥산JCT Ramp-C교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2018. 01. 13</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">충북 청주시 흥덕구 옥산면</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB, DL-24</td><td>노선명(이정)</td><td colspan="2">아산청주고속도로(옥산-오창)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L = 82.0 + 93.0 + 82.0 = 257.0m</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B = 9.0m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>DCB GIRDER교
(강재)</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>말뚝기초(A1)
직접기초(A2)</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대:역T형, 교각:T형</td><td>교각</td><td>직접기초(P1,P2)</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>에너지분산받침(EDS)</td><td colspan="2">신축이음</td><td>Finger Joint</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>도로(경부선, 옥산JCT R-C교,
옥산JCT R-D교, 청주휴게소 진입로)</td><td colspan="2">통과높이</td><td>5.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설
(도로, 철도, 하천)</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">-</td></tr>
</table>



옥산JCT Ramp-D교 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	1종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 흥덕구 옥산면	시설물규모	L = 170.24m, B = 12.6m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 난간및연석-균열(폭 0.3㎜미만)이 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재는 손상이 없는 상태이다. ▪ 바닥판하면-상태양호. ▪ 신축이음, 교량받침-상태양호. ▪ 거더및가로보-상태양호. ▪ 교대및교각-균열(폭 0.3㎜내·외), 백태 등의 손상이 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 양호한 상태이다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 옥산JCT Ramp-D교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	균열(폭0.3㎜미만)	표면처리(보수완료)
바닥판하면	a	-	-
거더 및 가로보	a	-	-
신축이음	a	-	-
교량받침	a	-	-
교대	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상), 백태	표면처리, 주입보수(보수완료)
교각	a	균열(폭0.3㎜미만)	표면처리(보수완료)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법, 경험적설계법	철근배근간격 및 철근량이 적정하게 시공됨.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

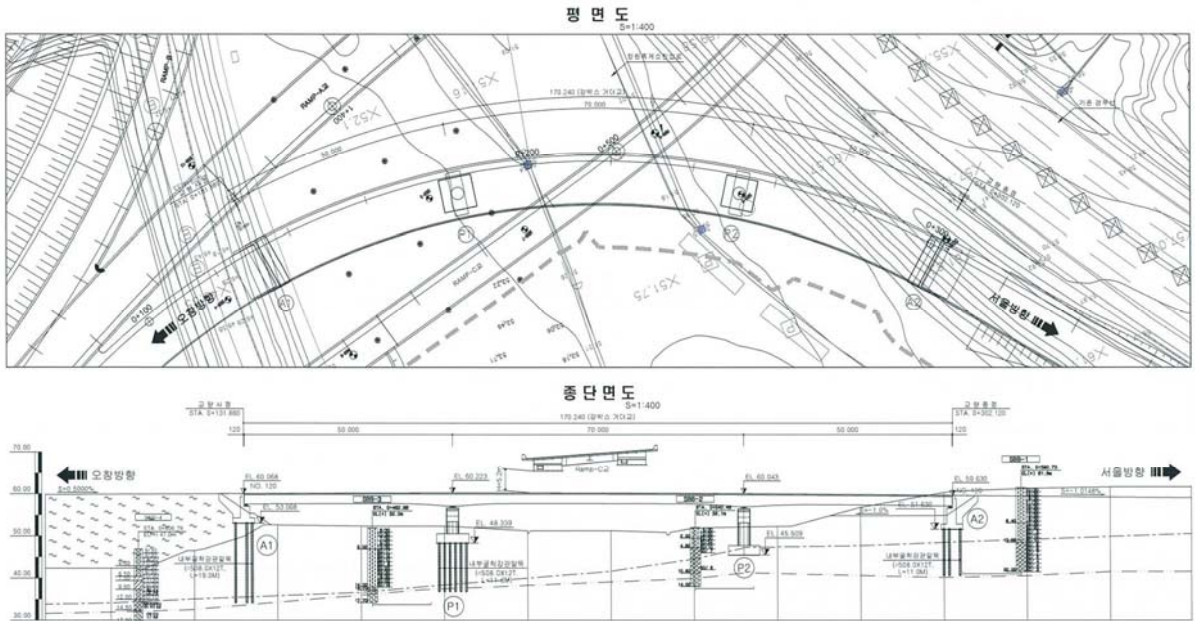
검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

시험명	시험부위	시험결과				책임기술자 의견
콘크리트 비파괴시험강도 (반발경도법)	바닥판	29.8~30.3MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.
	교 대	26.7MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
	교 각	28.9~29.2MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
철근탐사시험	부재	주 철 근				• 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.
		배근간격(㎜)		피복두께(㎜)		
		설계값	측정값	설계값	측정값	
	바닥판 캔틸레버부	200	200	89	80	
	교대	250	250	70.5	65	
	교각	125~200	125~200	87.5	90~110	

옥산JCT Ramp-D교 현황표

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		옥산JCT Ramp-D교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.12 + 70 + 50.12 = 170.24m			
	폭	B = 12.6m			
구조형식	상부	SEB GIRDER교 (강재)	기초형식	교대	말뚝기초(A1,A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	말뚝기초(P1) 직접기초(P2)
교량받침		에너지분산받침(EDS)	신축이음		Finger Joint
교차시설물		-	통과높이		-
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			



병천천교(옥산방향) 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	1종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 흥덕구 옥산면	시설물규모	L = 230.0m, B = 17.97m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 난간및연석-상태양호. ▪ 바닥판하면-균열(폭 0.3㎜미만)이 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 신축이음, 교량받침-상태양호. ▪ 거더및가로보-상태양호. ▪ 교대및교각-균열(폭 0.3㎜내·외), 망상균열 등의 손상이 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 병천천교(옥산방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	-	-
바닥판하면	a	균열(폭0.3㎜미만)	표면처리(보수완료)
거더 및 가로보	a	-	-
신축이음	a	-	-
교량받침	a	-	-
교대	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상)	표면처리, 주입보수(보수완료)
교각	a	균열(폭0.3㎜미만), 망상균열	표면처리(보수완료)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	안전율 1.0이상으로 양호함.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

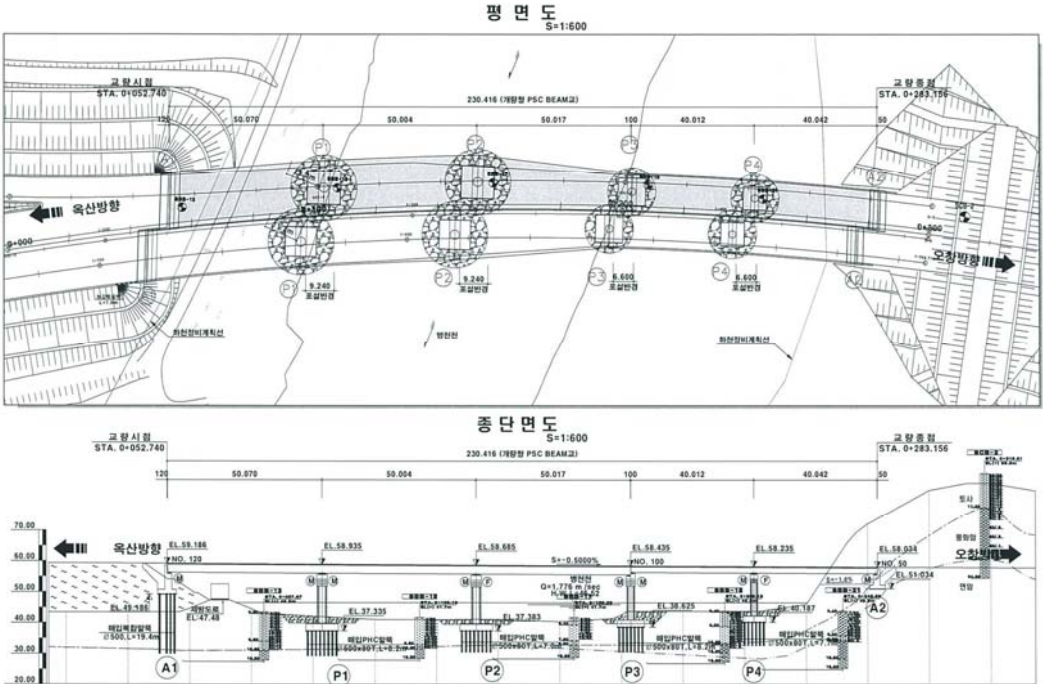
검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th>시험명</th><th>시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th>책임기술자 의견</th></tr>
<tr><td rowspan="3">콘크리트
비파괴시험강도
(반발경도법)</td><td>바닥판</td><td colspan="4">28.9~29.7MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td><td rowspan="3">▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td colspan="4">27.4MPa로
설계기준강도(24.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td>교 각</td><td colspan="4">28.6~29.0MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">철근탐사시험</td><td rowspan="3">부재</td><td colspan="4">주 철 근</td><td rowspan="5">• 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">배근간격(㎜)</td><td colspan="2">피복두께(㎜)</td></tr>
<tr><td>설계값</td><td>측정값</td><td>설계값</td><td>측정값</td></tr>
<tr><td>바닥판 하면</td><td>200</td><td>200</td><td>68</td><td>45~60</td></tr>
<tr><td>교대</td><td>250</td><td>250</td><td>109.5</td><td>100</td></tr>
<tr><td>교각</td><td>125</td><td>125</td><td>112.5</td><td>100~105</td></tr>
</table>

병천천교[옥산방향] 현황표

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		병천천교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 3@50 + 2@40 = 230.0m			
	폭	B = 17.970m(옥산방향)			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	복합말뚝기초(A1) 직접기초(A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	PHC말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		Finger Joint
교차시설물		제방도로, 하천(병천천)	통과높이		-
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			



병천천교[오창방향] 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	1종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 흥덕구 옥산면	시설물규모	L = 230.0m, B = 15.975m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 난간및연석-상태양호. ▪ 바닥판하면-상태양호. ▪ 거더및가로보-상태양호. ▪ 신축이음, 교량받침-상태양호. ▪ 교대및교각-균열(폭 0.3㎜내·외), 망상균열 등의 손상이 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 병천천교(오창방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	-	-
바닥판하면	a	-	-
거더 및 가로보	a	-	-
신축이음	a	-	-
교량받침	a	-	-
교대	a	-	-
교각	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상), 망상균열	표면처리, 주입보수(보수완료)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	안전율 1.0이상으로 양호함.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

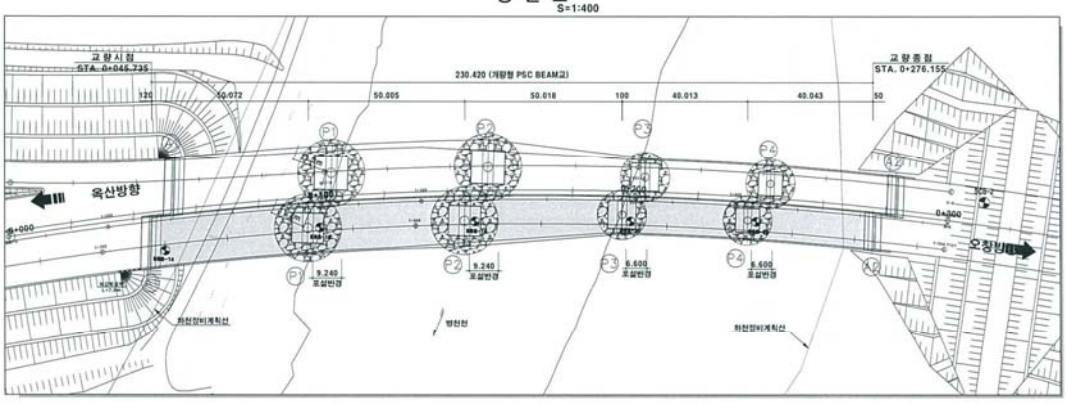
라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th>시험명</th><th>시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th>책임기술자 의견</th></tr>
<tr><td rowspan="3">콘크리트
비파괴시험강도
(반발경도법)</td><td>바닥판</td><td colspan="4">28.3~29.4MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td><td rowspan="3">▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td colspan="4">25.8MPa로
설계기준강도(24.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td>교 각</td><td colspan="4">28.8~29.6MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">철근탐사시험</td><td rowspan="3">부재</td><td colspan="4">주 철 근</td><td rowspan="5">• 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">배근간격(㎜)</td><td colspan="2">피복두께(㎜)</td></tr>
<tr><td>설계값</td><td>측정값</td><td>설계값</td><td>측정값</td></tr>
<tr><td>바닥판 하면</td><td>200</td><td>200</td><td>32</td><td>40</td></tr>
<tr><td>교대</td><td>250</td><td>250</td><td>87.5</td><td>100</td></tr>
<tr><td>교각</td><td>125</td><td>125</td><td>87.5~112.5</td><td>100~105</td></tr>
</table>

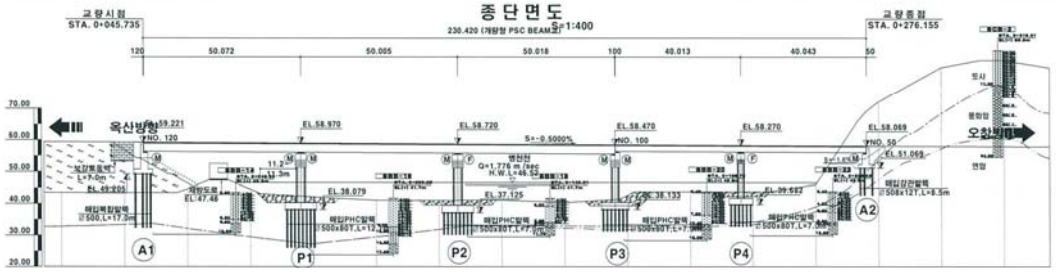
병천천교[오창방향] 현황표

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		병천천교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 3@50 + 2@40 = 230.0m			
	폭	B = 15.975m(오창방향)			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	복합말뚝기초(A1) 직접기초(A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	PHC말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		Finger Joint
교차시설물		제방도로, 하천(병천천)	통과높이		-
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

평 면 도
S=1:400



종 단 면 도
S=1:400



용두천교 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	2종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 흥덕구 옥산면	시설물규모	L = 135.0m, B = 24.47m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 난간및연석-균열(폭0.3㎜내·외)이 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 바닥판하면-균열부백태가 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 신축이음, 교량받침-상태양호. ▪ 거더및가로보-상태양호. ▪ 교대및교각-균열(폭 0.3㎜내·외)이 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 용두천교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상)	표면처리, 주입보수(보수완료)
바닥판하면	a	균열부백태	표면처리(보수완료)
거더 및 가로보	a	-	-
신축이음	a	-	-
교량받침	a	-	-
교대	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상)	표면처리, 주입보수(보수완료)
교각	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상), 망상균열	표면처리, 주입보수(보수완료)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	안전율 1.0이상으로 양호함.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

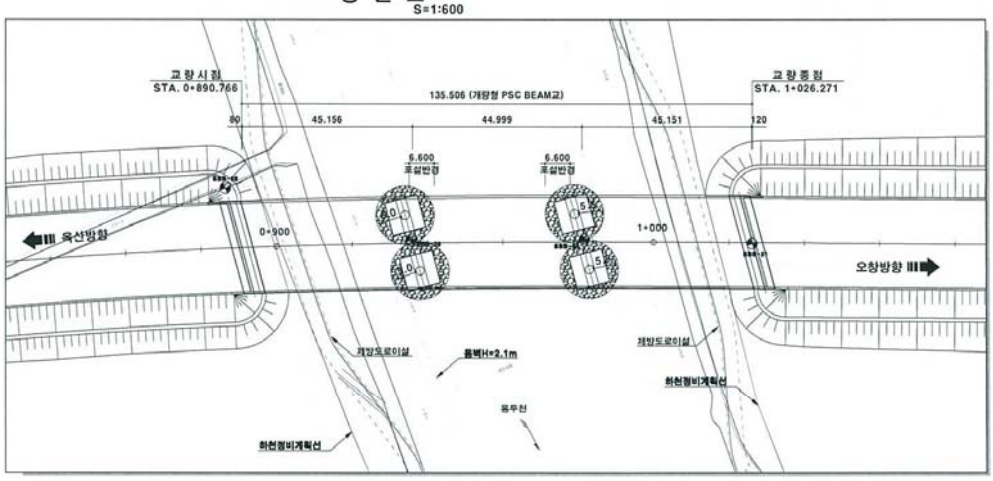
라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th>시험명</th><th>시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th>책임기술자 의견</th></tr>
<tr><td rowspan="3">콘크리트
비파괴시험강도
(반발경도법)</td><td>바닥판</td><td colspan="4">28.8~29.2MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td><td rowspan="3">▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td colspan="4">25.5~26.0MPa로
설계기준강도(24.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td>교 각</td><td colspan="4">28.8MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">철근탐사시험</td><td rowspan="3">부재</td><td colspan="4">주 철 근</td><td rowspan="5">• 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">배근간격(㎜)</td><td colspan="2">피복두께(㎜)</td></tr>
<tr><td>설계값</td><td>측정값</td><td>설계값</td><td>측정값</td></tr>
<tr><td>바닥판 하면</td><td>200</td><td>200</td><td>48</td><td>45~50</td></tr>
<tr><td>교대</td><td>250</td><td>250</td><td>90.5</td><td>90~100</td></tr>
<tr><td>교각</td><td>125</td><td>125</td><td>87.5</td><td>90</td></tr>
</table>

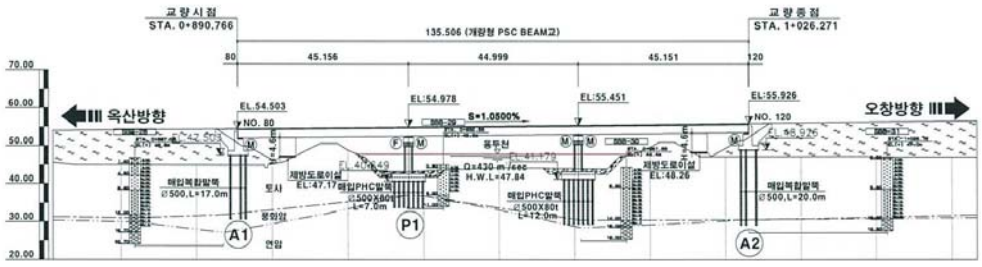
용두천교 현황표

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		용두천교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 3@45.0 = 135.0m			
	폭	B = 24.470m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:ㅠ형		교각	말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		Finger Joint
교차시설물		하천(용두천)	통과높이		-
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

평 면 도
S=1:600



종 단 면 도
S=1:600



호죽2교(옥산방향) 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	2종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 흥덕구 옥산면	시설물규모	L = 50.572m, B = 12.455m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 난간및연석-상태양호. ▪ 바닥판하면-균열(폭 0.3㎜미만)이 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 신축이음, 교량받침-상태양호. ▪ 거더및가로보-상태양호. ▪ 교대-균열(폭 0.3㎜미만)이 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 호죽2교(옥산방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	-	-
바닥판하면	a	균열(폭0.3㎜미만)	표면처리(보수완료)
거더 및 가로보	a	-	-
신축이음	a	-	-
교량받침	a	-	-
교대	a	균열(폭0.3㎜미만)	표면처리(보수완료)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	안전율 1.0이상으로 양호함.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

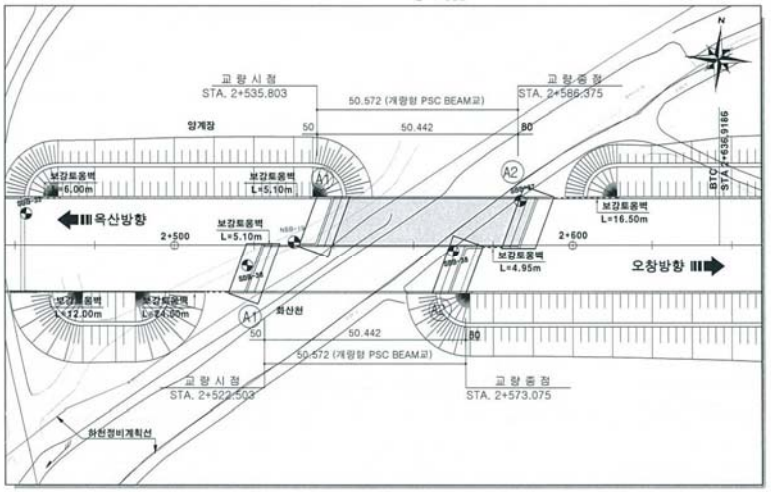
라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th>시험명</th><th>시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th>책임기술자 의견</th></tr>
<tr><td rowspan="2">콘크리트
비파괴시험강도
(반발경도법)</td><td>바닥판</td><td colspan="4">28.0~28.5MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td><td rowspan="2">▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td colspan="4">24.9~26.2MPa로
설계기준강도(24.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">철근탐사시험</td><td rowspan="3">부재</td><td colspan="4">주 철 근</td><td rowspan="4">• 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">배근간격(㎜)</td><td colspan="2">피복두께(㎜)</td></tr>
<tr><td>설계값</td><td>측정값</td><td>설계값</td><td>측정값</td></tr>
<tr><td>바닥판 하면</td><td>200</td><td>200</td><td>32</td><td>40</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td>250</td><td>250</td><td>84~85.5</td><td>100</td></tr>
</table>

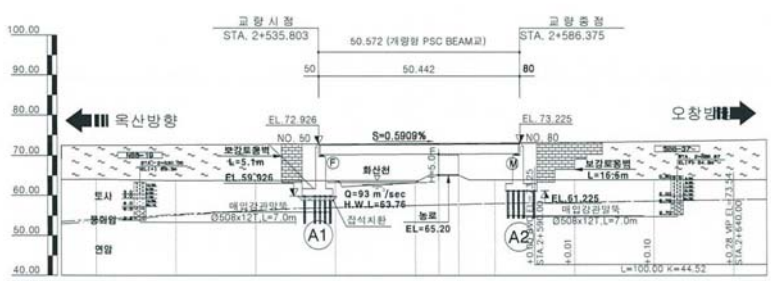
호죽2교[옥산방향] 현황표

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		호죽2교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.572m			
	폭	B = 12.455m(옥산방향)			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형		교각	-
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		농로, 하천(화산천)	통과높이		5.0m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

평 면 도
S=1:600



종 단 면 도
S=1:600



호죽2교[오창방향] 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	2종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 흥덕구 옥산면	시설물규모	L = 50.572m, B = 11.825m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 신축이음, 교량받침-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 거더및가로보-상태양호. ▪ 난간및연석-상태양호. ▪ 교대-균열(폭 0.3㎜내·외)이 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 바닥판하면-상태양호.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 호죽2교(오창방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	-	-
바닥판하면	a	-	-
거더 및 가로보	a	-	-
신축이음	a	-	-
교량받침	a	-	-
교대	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상)	표면처리, 주입보수(보수완료)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	안전율 1.0이상으로 양호함.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

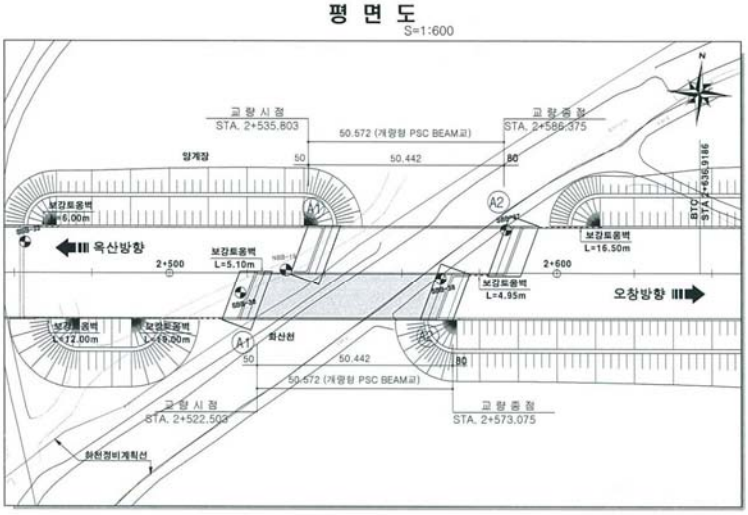
라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th>시험명</th><th>시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th>책임기술자 의견</th></tr>
<tr><td rowspan="2">콘크리트
비파괴시험강도
(반발경도법)</td><td>바닥판</td><td colspan="4">28.0~28.4MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td><td rowspan="2">▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td colspan="4">25.8~26.9MPa로
설계기준강도(24.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">철근탐사시험</td><td rowspan="3">부재</td><td colspan="4">주 철 근</td><td rowspan="4">• 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">배근간격(㎜)</td><td colspan="2">피복두께(㎜)</td></tr>
<tr><td>설계값</td><td>측정값</td><td>설계값</td><td>측정값</td></tr>
<tr><td>바닥판 하면</td><td>200</td><td>200</td><td>32</td><td>40</td></tr>
<tr><td>교대</td><td>250</td><td>250</td><td>84~85.5</td><td>100</td></tr>
</table>

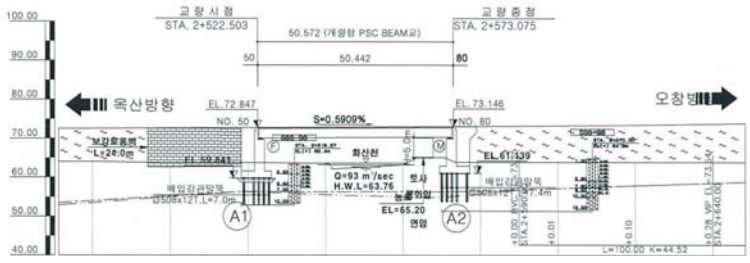
호죽2교[오창방향] 현황표

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		호죽2교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.572m			
	폭	B = 11.825m(오창방향)			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형		교각	-
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		농로, 하천(화산천)	통과높이		5.0m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

평 면 도
S=1:600



종 단 면 도
S=1:600



성산교 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	2종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 청원구 오창읍	시설물규모	L = 60.447m, B = 24.3m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 난간및연석-상태양호. ▪ 바닥판하면-재료분리가 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 신축이음, 교량받침-상태양호. ▪ 거더및가로보-재료분리가 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 교대-균열(폭 0.3㎜내·외)이 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 성산교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	-	-
바닥판하면	a	재료분리	단면보수(보수완료)
거더 및 가로보	a	재료분리	단면보수(보수완료)
신축이음	a	-	-
교량받침	a	-	-
교대	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상)	표면처리, 주입보수(보수완료)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	안전율 1.0이상으로 양호함.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

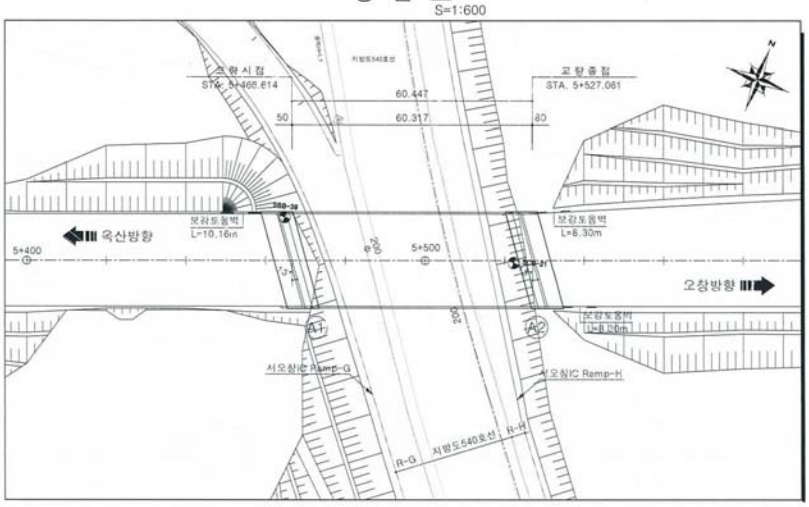
라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th>시험명</th><th>시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th>책임기술자 의견</th></tr>
<tr><td rowspan="2">콘크리트
비파괴시험강도
(반발경도법)</td><td>바닥판</td><td colspan="4">30.8~31.7MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td><td rowspan="2">▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td colspan="4">24.9~25.4MPa로
설계기준강도(24.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">철근탐사시험</td><td rowspan="3">부재</td><td colspan="4">주 철 근</td><td rowspan="4">• 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">배근간격(㎜)</td><td colspan="2">피복두께(㎜)</td></tr>
<tr><td>설계값</td><td>측정값</td><td>설계값</td><td>측정값</td></tr>
<tr><td>바닥판 하면</td><td>150</td><td>150</td><td>52</td><td>50</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td>250</td><td>250</td><td>84</td><td>90~100</td></tr>
</table>

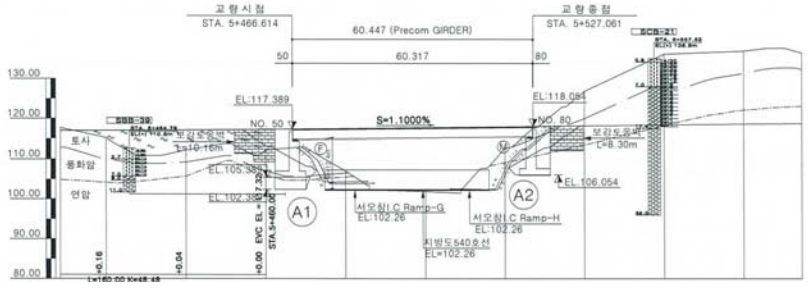
성산교 현황표

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		성산교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 60.447m			
	폭	B = 24.300m			
구조형식	상부	Precom Girder	기초형식	교대	직접기초
	하부	교대:역T형		교각	-
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(지방도540호선)	통과높이		12.4m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

평 면 도
S=1:600



종 단 면 도
S=1:600



서오창IC Ramp-A1교 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	2종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 청원구 오창읍	시설물규모	L = 50.305m, B = 19.2m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 난간및연석-균열(폭 0.3㎜미만), 박리 등의 손상이 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 바닥판하면-상태양호. ▪ 신축이음, 교량받침-상태양호. ▪ 거더및가로보-상태양호. ▪ 교대-균열(폭 0.3㎜내·외)이 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 서오창IC Ramp-A1교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	균열(폭0.3㎜미만), 박리	표면처리, 단면보수(보수완료)
바닥판하면	a	-	-
거더 및 가로보	a	-	-
신축이음	a	-	-
교량받침	a	-	-
교대	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상)	표면처리, 주입보수(보수완료)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	안전율 1.0이상으로 양호함.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

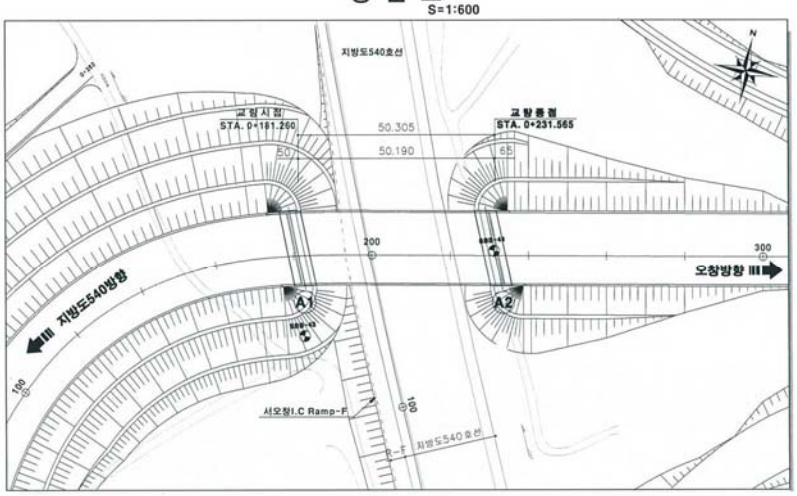
라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th>시험명</th><th>시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th>책임기술자 의견</th></tr>
<tr><td rowspan="2">콘크리트
비파괴시험강도
(반발경도법)</td><td>바닥판</td><td colspan="4">28.2~29.5MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td><td rowspan="2">▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td colspan="4">25.7~26.4MPa로
설계기준강도(24.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">철근탐사시험</td><td rowspan="3">부재</td><td colspan="4">주 철 근</td><td rowspan="4">• 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">배근간격(㎜)</td><td colspan="2">피복두께(㎜)</td></tr>
<tr><td>설계값</td><td>측정값</td><td>설계값</td><td>측정값</td></tr>
<tr><td>바닥판 하면</td><td>200</td><td>200</td><td>32</td><td>40</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td>250</td><td>250</td><td>72~90.5</td><td>80~85</td></tr>
</table>

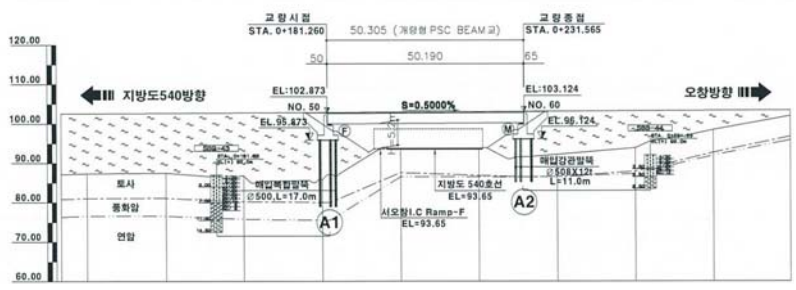
서오창IC Ramp-A1교 현황표

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서오창IC Ramp-A1교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.305m			
	폭	B = 19.2m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	매입복합말뚝(A1) 매입강관말뚝(A2)
	하부	교대:역T형		교각	-
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(지방도 540호선)	통과높이		5.2m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

평 면 도
S=1:600



종 단 면 도
S=1:600



산수교[옥산방향] 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	2종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 청원구 오창읍	시설물규모	L = 140.0m, B = 11.825m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 난간및연석-상태양호. ▪ 바닥판하면-상태양호. ▪ 거더및가로보-상태양호. ▪ 신축이음, 교량받침-상태양호. ▪ 교대및교각-균열(폭 0.3㎜미만), 망상균열 등의 손상이 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 산수교(옥산방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	-	-
바닥판하면	a	-	-
거더 및 가로보	a	-	-
신축이음	a	-	-
교량받침	a	-	-
교대	a	균열(폭0.3㎜미만)	표면처리(보수완료)
교각	a	균열(폭0.3㎜미만), 망상균열	표면처리(보수완료)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	안전율 1.0이상으로 양호함.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

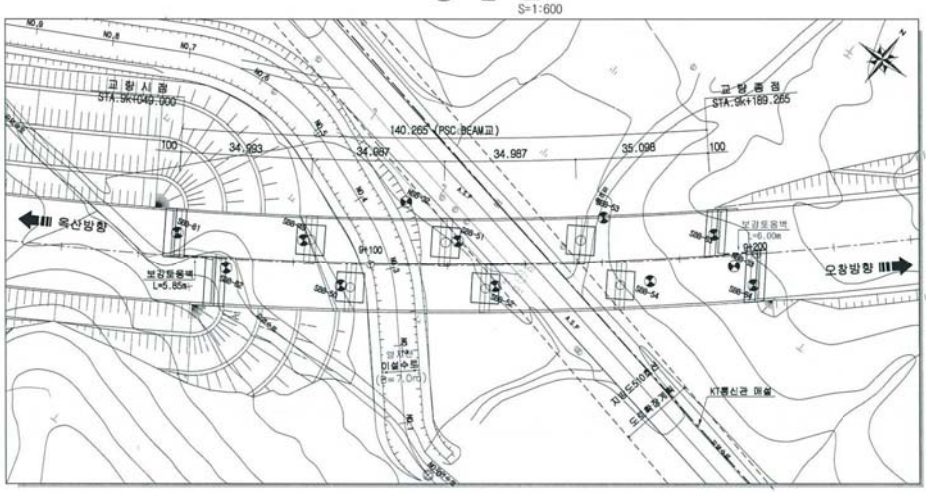
라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

시험명	시험부위	시험결과				책임기술자 의견
콘크리트 비파괴시험강도 (반발경도법)	바닥판	28.2~28.7MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.
	교 대	25.1MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
	교 각	28.3~28.8MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
철근탐사시험	부재	주 철 근				▪ 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.
		배근간격(㎜)		피복두께(㎜)		
		설계값	측정값	설계값	측정값	
	바닥판 하면	200	200	32	40	
	교 대	250	250	90.5	100	
	교 각	140	140	84~85.5	95	

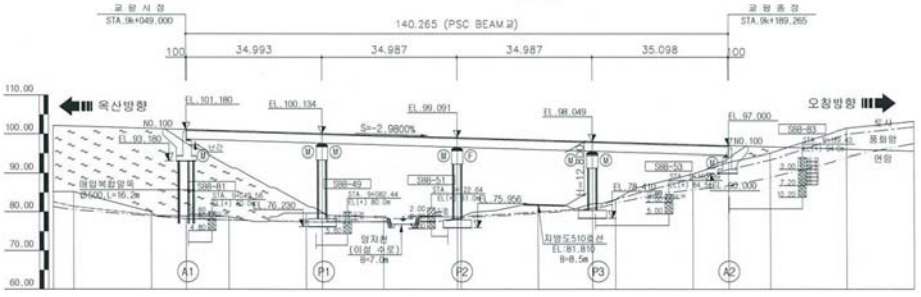
산수교[옥산방향] 현황표

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		산수교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 4@35.0 = 140.0m			
	폭	B = 11.825m			
구조형식	상부	PSC BEAM	기초형식	교대	복합말뚝기초(A1) 직접기초(A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	직접기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(지방도510호선), 하천(양지천)	통과높이		12.8m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

평 면 도
S=1:600



종 단 면 도
S=1:600



산수교[오창방향] 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	2종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 청원구 오창읍	시설물규모	L = 140.0m, B = 12.645m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 난간및연석-균열(폭 0.3㎜이상)이 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 바닥판하면-상태양호. ▪ 신축이음, 교량받침-상태양호. ▪ 거더및가로보-상태양호. ▪ 교대및교각-균열(폭 0.3㎜내·외)이 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 산수교(오창방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	균열(폭0.3㎜이상)	주입보수(보수완료)
바닥판하면	a	-	-
거더 및 가로보	a	-	-
신축이음	a	-	-
교량받침	a	-	-
교대	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상)	표면처리, 주입보수(보수완료)
교각	a	균열(폭0.3㎜미만)	표면처리(보수완료)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	안전율 1.0이상으로 양호함.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

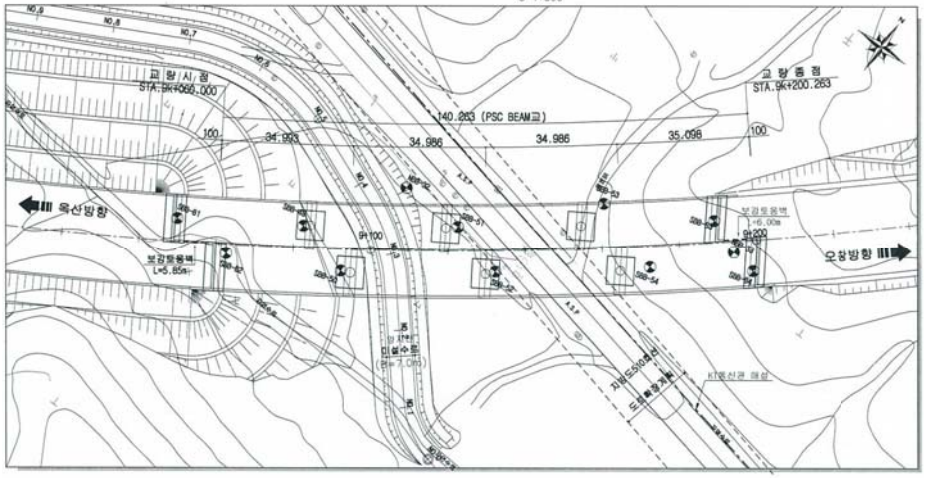
라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th>시험명</th><th>시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th>책임기술자 의견</th></tr>
<tr><td rowspan="3">콘크리트
비파괴시험강도
(반발경도법)</td><td>바닥판</td><td colspan="4">28.4～28.9MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td><td rowspan="3">▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td colspan="4">25.2MPa로
설계기준강도(24.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td>교 각</td><td colspan="4">28.0～28.4MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td rowspan="6">철근탐사시험</td><td rowspan="3">부재</td><td colspan="4">주 철 근</td><td rowspan="6">• 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">배근간격(㎜)</td><td colspan="2">피복두께(㎜)</td></tr>
<tr><td>설계값</td><td>측정값</td><td>설계값</td><td>측정값</td></tr>
<tr><td>바닥판 하면</td><td>200</td><td>200</td><td>32</td><td>40</td></tr>
<tr><td>교대</td><td>250</td><td>250</td><td>89</td><td>95</td></tr>
<tr><td>교각</td><td>140</td><td>140</td><td>84</td><td>90</td></tr>
</table>

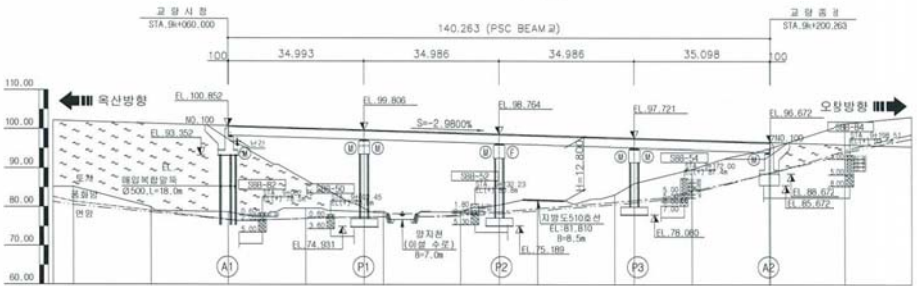
산수교[오창방향] 현황표

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		산수교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 4@35.0 = 140.0m			
	폭	B = 12.645m			
구조형식	상부	PSC BEAM	기초형식	교대	복합말뚝기초(A1) 직접기초(A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	직접기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(지방도510호선), 하천(양지천)	통과높이		12.8m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

평 면 도
S=1:600



종 단 면 도
S=1:600



복현1교 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	2종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 청원구 오창읍	시설물규모	L = 105.0m, B = 24.640m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 난간및연석-균열(폭 0.3㎜내·외)이 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 바닥판하면-상태양호. ▪ 신축이음-상태양호. ▪ 교량받침-받침콘크리트파손, 받침몰탈 균열(폭0.3㎜ 미만) 등의 손상이 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 거더및가로보-상태양호. ▪ 교대및교각-균열(폭 0.3㎜내·외), 망상균열, 파손 등의 손상이 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 복현1교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상)	표면처리, 주입보수(보수완료)
바닥판하면	a	-	-
거더 및 가로보	a	-	-
신축이음	a	-	-
교량받침	a	받침콘크리트 파손, 받침몰탈 균열(폭0.3㎜미만)	표면처리, 단면보수(보수완료)
교대	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상)	표면처리, 주입보수(보수완료)
교각	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상), 망상균열, 파손	표면처리, 주입보수, 단면보수(보수완료)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	안전율 1.0이상으로 양호함.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

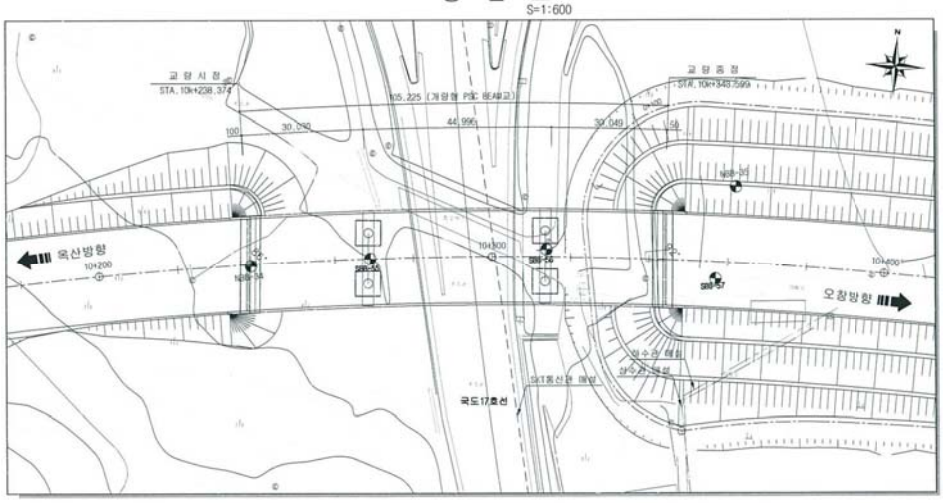
라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th>시험명</th><th>시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th>책임기술자 의견</th></tr>
<tr><td rowspan="3">콘크리트
비파괴시험강도
(반발경도법)</td><td>바닥판</td><td colspan="4">28.5~29.1MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td><td rowspan="3">▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td colspan="4">25.0MPa로
설계기준강도(24.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td>교 각</td><td colspan="4">28.2~28.4MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">철근탐사시험</td><td rowspan="3">부재</td><td colspan="4">주 철 근</td><td rowspan="5">• 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">배근간격(㎜)</td><td colspan="2">피복두께(㎜)</td></tr>
<tr><td>설계값</td><td>측정값</td><td>설계값</td><td>측정값</td></tr>
<tr><td>바닥판 하면</td><td>200</td><td>200</td><td>62</td><td>65~70</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td>250</td><td>250</td><td>89</td><td>95</td></tr>
<tr><td>교 각</td><td>125</td><td>125</td><td>87.5</td><td>90</td></tr>
</table>

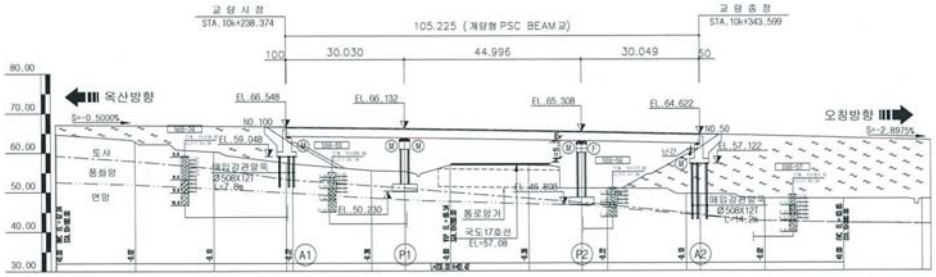
복현1교 현황표

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		복현1교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 30.0 + 45.0 + 30.0 = 105.0m			
	폭	B = 24.640m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	직접기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(국도17호선)	통과높이		5.3m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

평 면 도
S=1:600



종 단 면 도
S=1:600



복현3교 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	2종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 청원구 오창읍	시설물규모	L = 100.66m, B = 24.640m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.	
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 난간및연석-균열(폭 0.3㎜내·외), 백태 등의 손상이 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 신축이음, 교량받침-상태양호.	▪ 바닥판하면-균열(폭 0.3㎜미만), 망상균열, 재료분리 등의 손상이 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 거더및가로보-상태양호. ▪ 교대및교각-균열(폭 0.3㎜내·외), 망상균열, 재료분리 등의 손상이 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다.
주요 보수·보강	-	

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 복현3교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상), 백태	표면처리, 주입보수(보수완료)
바닥판하면	a	균열(폭0.3㎜미만), 망상균열, 재료분리	표면처리, 단면보수(보수완료)
거더 및 가로보	a	-	-
신축이음	a	-	-
교량받침	a	-	-
교대	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상)	표면처리, 주입보수(보수완료)
교각	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상), 망상균열, 재료분리	표면처리, 주입보수, 단면보수(보수완료)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	안전율 1.0이상으로 양호함.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

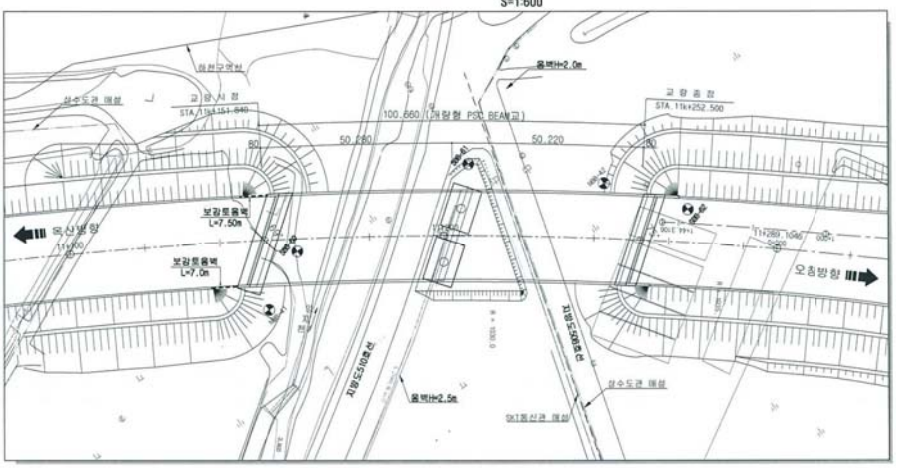
라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th>시험명</th><th>시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th>책임기술자 의견</th></tr>
<tr><td rowspan="3">콘크리트
비파괴시험강도
(반발경도법)</td><td>바닥판</td><td colspan="4">29.2~31.0MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td><td rowspan="3">▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td colspan="4">25.1~25.4MPa로
설계기준강도(24.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td>교 각</td><td colspan="4">28.1MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td rowspan="6">철근탐사시험</td><td rowspan="3">부재</td><td colspan="4">주 철 근</td><td rowspan="6">• 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">배근간격(㎜)</td><td colspan="2">피복두께(㎜)</td></tr>
<tr><td>설계값</td><td>측정값</td><td>설계값</td><td>측정값</td></tr>
<tr><td>바닥판 하면</td><td>100~200</td><td>100~200</td><td>32</td><td>40</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td>250</td><td>250</td><td>85.5~89</td><td>100</td></tr>
<tr><td>교 각</td><td>125</td><td>125</td><td>85.5</td><td>85</td></tr>
</table>

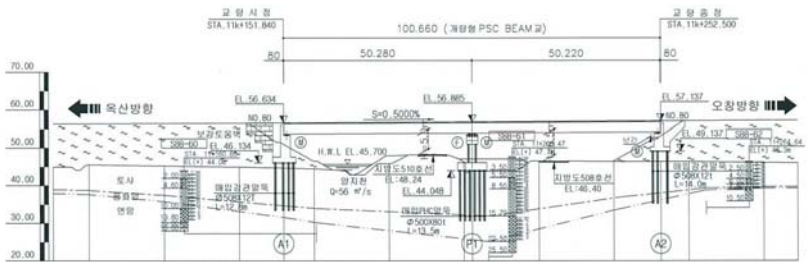
복현3교 현황표

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		복현3교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.36 + 50.30 = 100.66m			
	폭	B = 24.640m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:ㅠ형		교각	말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(지방도510호선, 지방도508호선)	통과높이		5.0~6.5m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

평 면 도
S=1:600



종 단 면 도
S=1:600



오창JCT Ramp-A교 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	1종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 청원구 오창읍	시설물규모	L = 100.251m, B = 17.1m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 난간및연석-상태양호. ▪ 바닥판하면-균열(폭0.3㎜미만), 재료분리 등의 손상이 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 신축이음, 교량받침-상태양호. ▪ 거더및가로보-박리, 재료분리. ▪ 교대및교각-균열(폭 0.3㎜미만), 망상균열, 이격, 파손, 백태 등의 손상이 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 오창JCT Ramp-A교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	-	-
바닥판하면	a	균열(폭0.3㎜미만), 재료분리	표면처리, 단면보수(보수완료)
거더 및 가로보	a	박리, 재료분리	단면보수(보수완료)
신축이음	a	-	-
교량받침	a	-	-
교대	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상), 이격, 파손, 백태	표면처리, 주입보수, 단면보수(보수완료)
교각	a	균열(폭0.3㎜미만), 망상균열	표면처리(보수완료)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	안전율 1.0이상으로 양호함.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

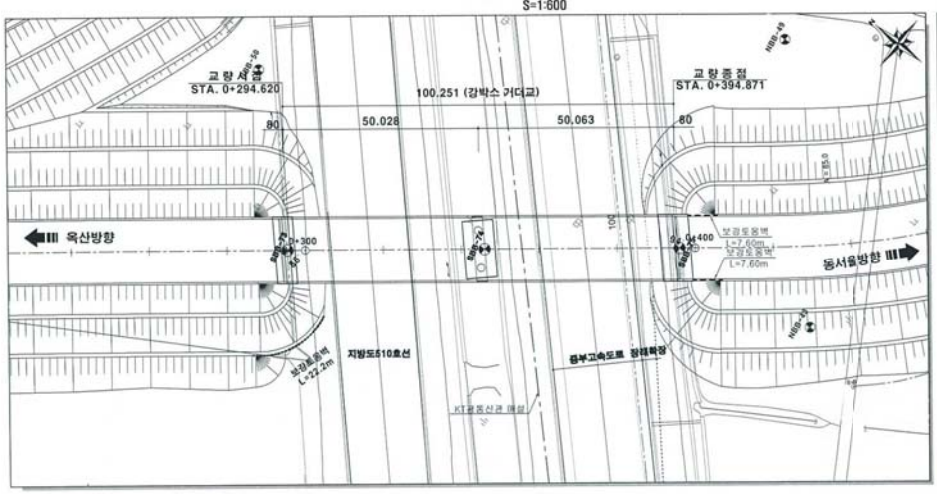
라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th>시험명</th><th>시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th>책임기술자 의견</th></tr>
<tr><td rowspan="3">콘크리트
비파괴시험강도
(반발경도법)</td><td>바닥판</td><td colspan="4">29.8~30.2MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td><td rowspan="3">▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td colspan="4">26.1~27.0MPa로
설계기준강도(24.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td>교 각</td><td colspan="4">28.3MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">철근탐사시험</td><td rowspan="3">부재</td><td colspan="4">주 철 근</td><td rowspan="5">• 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">배근간격(㎜)</td><td colspan="2">피복두께(㎜)</td></tr>
<tr><td>설계값</td><td>측정값</td><td>설계값</td><td>측정값</td></tr>
<tr><td>바닥판 하면
캔틸레버</td><td>100</td><td>100</td><td>60</td><td>50</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td>250</td><td>250</td><td>84~89</td><td>95~100</td></tr>
<tr><td>교 각</td><td>125</td><td>125</td><td>89</td><td>100</td></tr>
</table>

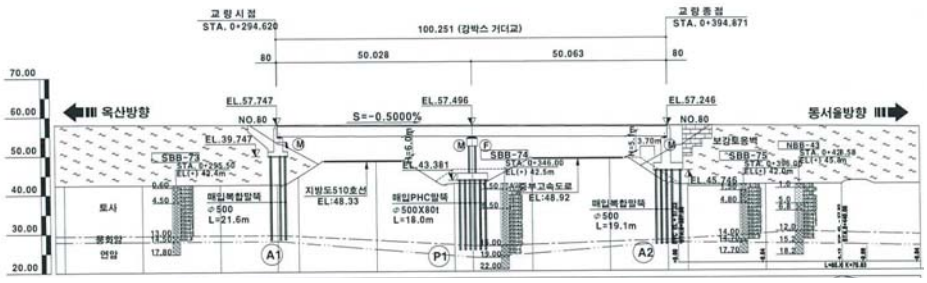
오창JCT Ramp-A교 현황표

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		오창JCT Ramp-A교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.108 + 50.143 = 100.251m			
	폭	B = 17.100m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:ㅠ형		교각	말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(중부고속도로, 지방도510호선)	통과높이		5.1~6.0m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

평 면 도
S=1:600



종 단 면 도
S=1:600



오창JCT Ramp-C교 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	2종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 청원구 오창읍	시설물규모	L = 180.0m, B = 9.17m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 난간및연석-상태양호. ▪ 바닥판하면-상태양호. ▪ 신축이음, 교량받침-상태양호. ▪ 거더및가로보-상태양호. ▪ 교대및교각-균열(폭 0.3㎜내·외), 망상균열, 표면오염 등의 손상이 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 오창JCT Ramp-C교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	-	-
바닥판하면	a	-	-
거더 및 가로보	a	-	-
신축이음	a	-	-
교량받침	a	-	-
교대	a	균열(폭0.3㎜미만, 이상), 표면오염	표면처리, 주입보수(보수완료)
교각	a	균열(폭0.3㎜미만), 망상균열	표면처리(보수완료)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	안전율 1.0이상으로 양호함.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

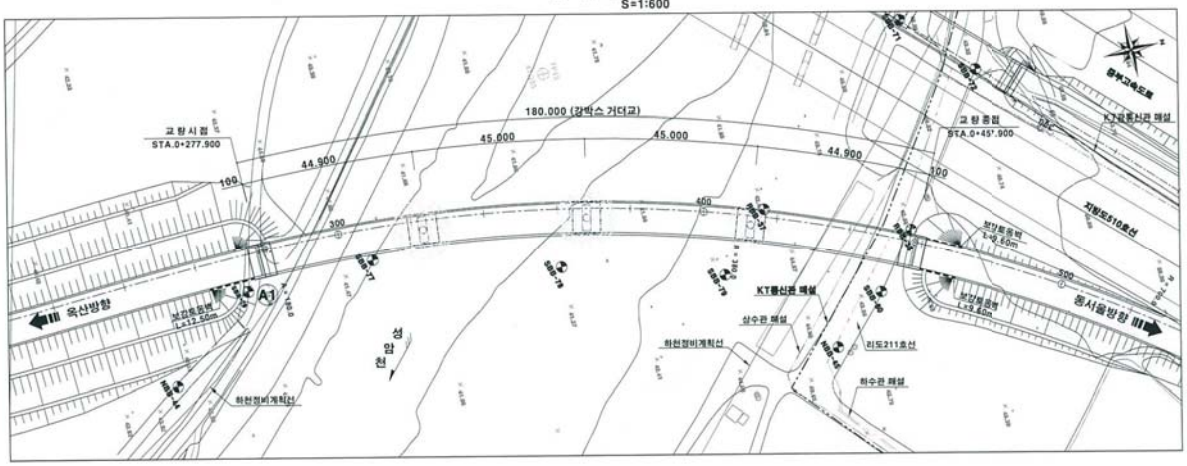
라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th>시험명</th><th>시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th>책임기술자 의견</th></tr>
<tr><td rowspan="3">콘크리트
비파괴시험강도
(반발경도법)</td><td>바닥판</td><td colspan="4">29.1~29.8MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td><td rowspan="3">▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td colspan="4">26.2MPa로
설계기준강도(24.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td>교 각</td><td colspan="4">28.4~28.7MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">철근탐사시험</td><td rowspan="3">부재</td><td colspan="4">주 철 근</td><td rowspan="5">• 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">배근간격(㎜)</td><td colspan="2">피복두께(㎜)</td></tr>
<tr><td>설계값</td><td>측정값</td><td>설계값</td><td>측정값</td></tr>
<tr><td>바닥판 하면
캔틸레버</td><td>150</td><td>150</td><td>32</td><td>35~40</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td>250</td><td>250</td><td>84~87.5</td><td>90~95</td></tr>
<tr><td>교 각</td><td>125</td><td>125</td><td>89</td><td>90</td></tr>
</table>

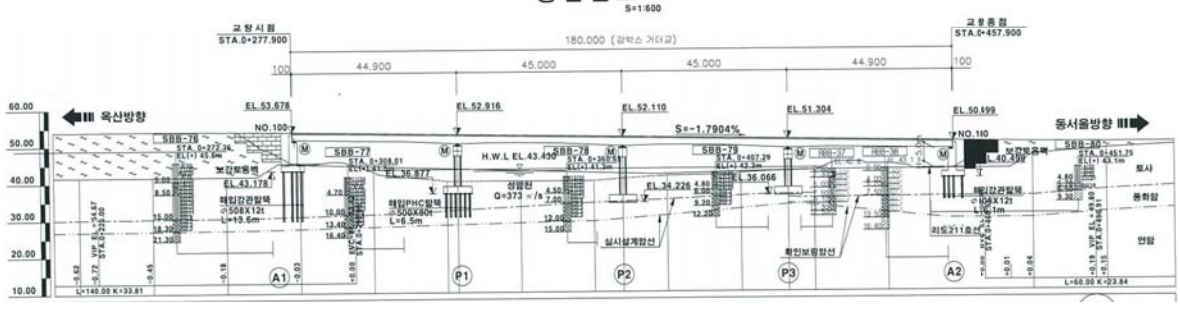
오창JCT Ramp-C교 현황표

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		오창JCT Ramp-C교	시설물번호		-
준공년월일		2017. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 4@45.0 = 180.0m			
	폭	B = 9.170m			
구조형식	상부	STEEL BOX GIRDER교(HD)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	말뚝기초(P1) 직접기초(P2,P3)
교량받침		면진받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(리도211선), 하천(성암천)	통과높이		5.0m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

평 면 도
S=1:600



종 단 면 도
S=1:600



오창JCT Ramp-D교 초기점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검	점검기간	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13		
관리주체명	옥산오창고속도로(주)	대표자	박정수		
공동수급	단독	계약방법			
시설물 구분	도로	종 류	교량	종 별	1종
준 공 일	2018년 1월 13일	점검금액(천원)		안전등급	A
시설물 위치	충북 청주시 청원구 오창읍	시설물규모	L = 415.422m, B = 9.17m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	▪ 없음.
점검 주요결과	▪ 교면포장-상태양호. ▪ 배수시설-상태양호. ▪ 난간및연석-백태 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 신축이음, 교량받침-상태양호. ▪ 바닥판하면-균열(폭0.3㎜미만)이 일부 조사되었으나, 준공 전 보수가 완료되어 현재 손상이 없는 상태이다. ▪ 거더및가로보-상태양호. ▪ 교대및교각-상태양호.
주요 보수·보강	-

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업참여기간	기술등급
사업책임기술자	이 상 웅	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 종 화	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	강 철 호	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	김 재 하	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	특급
참여기술자	신 상 덕	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	중급
참여기술자	윤 광 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	최 정 의	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 석 훈	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급
참여기술자	김 태 현	2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13	초급

라. 참고사항

-

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견
▪ 오창JCT Ramp-D교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다. 책임기술자 : 이상용 (인)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : A등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	a	-	-
배수시설	a	-	-
난간 및 연석	a	백태	표면처리(보수완료)
바닥판하면	a	균열(폭0.3㎜미만)	표면처리(보수완료)
거더 및 가로보	a	-	-
신축이음	a	-	-
교량받침	a	-	-
교대	a	-	-
교각	a	-	-

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	안전율 1.0이상으로 양호함.	A
거더	강도설계법, 허용응력법	안전율 1.0이상으로 양호함.	

다. 내진성능 검토 수행 여부

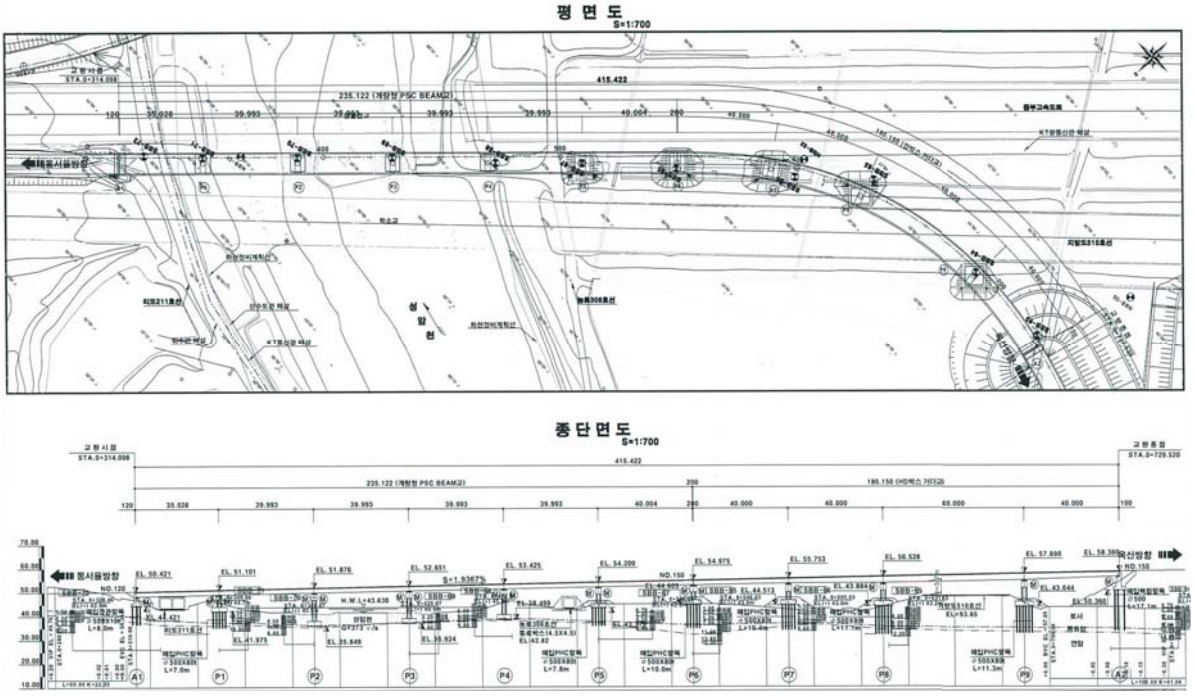
검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y		구조계산서 참조.

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th>시험명</th><th>시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th>책임기술자 의견</th></tr>
<tr><td rowspan="3">콘크리트
비파괴시험강도
(반발경도법)</td><td>바닥판</td><td colspan="4">28.2~30.3MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td><td rowspan="3">▪ 시험부재가 설계 강도 이상으로 측정되어 콘크리트 품질상태 양호.</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td colspan="4">26.4MPa로
설계기준강도(24.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td>교 각</td><td colspan="4">28.4~29.3MPa로
설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td rowspan="6">철근탐사시험</td><td rowspan="3">부재</td><td colspan="4">주 철 근</td><td rowspan="6">• 철근배근탐사 결과, 설계도면과 일치하는 것으로 조사됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">배근간격(㎜)</td><td colspan="2">피복두께(㎜)</td></tr>
<tr><td>설계값</td><td>측정값</td><td>설계값</td><td>측정값</td></tr>
<tr><td>바닥판 하면</td><td>150~200</td><td>150~200</td><td>32</td><td>30~40</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td>250</td><td>250</td><td>90.5</td><td>100</td></tr>
<tr><td>교 각</td><td>125~130</td><td>125~130</td><td>85.5~87.5</td><td>85~95</td></tr>
</table>

오창JCT Ramp-D교 현황표

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		오창JCT Ramp-D교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = (35.148+39.993+4@40.0)+(40.15+40.0+60.0+40.15) = 415.422m			
	폭	B = 9.170m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon) + STEEL BOX GIRDER(HD)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	말뚝기초(P1, P5~P9) 직접기초(P2~P4)
교량받침		면진받침	신축이음		Finger Joint
교차시설물		도로(리도211호선, 농로308호선, 지방도510호선), 하천(성암천)	통과높이		5.7m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			



참여기술자 명단

용 역 명 : 옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검

용역기간 : 2017. 10. 01 ~ 2018. 01. 13

분 야	성 명	소 속	주민등록번호	자 격	서명
책임기술자	이 상 웅	대진컨설턴트(주)	630708-1******	건설안전기술사 특급기술자	
참여기술자	김 종 화	대진컨설턴트(주)	481215-1******	공학석사 특급기술자	
	강 철 호	대진컨설턴트(주)	490617-1******	토목기사 특급기술자	
	김 재 하	대진컨설턴트(주)	740208-1******	토목기사 특급기술자	
	신 상 덕	대진컨설턴트(주)	800725-1******	공학학사 중급기술자	
	윤 광 훈	대진컨설턴트(주)	810725-1******	콘크리트기사 초급기술자	
	최 정 의	대진컨설턴트(주)	830922-1******	건설안전산업기사 초급기술자	
	김 석 훈	대진컨설턴트(주)	870910-1******	공학학사 초급기술자	
	김 태 현	대진컨설턴트(주)	930326-1******	공학학사 초급기술자	

위 치 도


평 면 및 종 단 면 도
공 사 연 장 (L=12.1km)
32 옥산-오창고속도로
공사시점 : STA. 0km+000
충북 청원군 옥산면 수락리
공사종점 : STA. 11km+289.10
충북 청원군 오창읍 도암리
옥산분기점
서오창나들목
오창분기점
오창도시계획
오창제2지방산업단지
오창과학산업단지
1 경부고속도로
35 중부고속도로

시설물 전경

옥산JCT Ramp-A교













시설물 전경

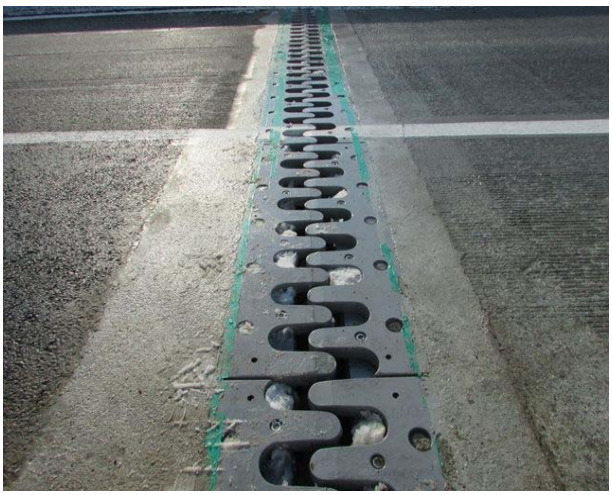
옥산JCT Ramp-C교













시설물 전경

옥산JCT Ramp-D교









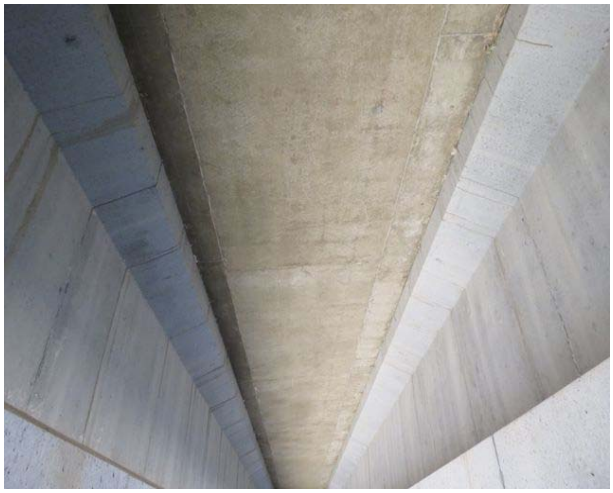




시설물 전경

병천천교(옥산방향)













시설물 전경

병천천교(오창방향)













시설물 전경

용두천교













시설물 전경

호죽2교(옥산방향)













시설물 전경

호죽2교(오창방향)













시설물 전경

성산교











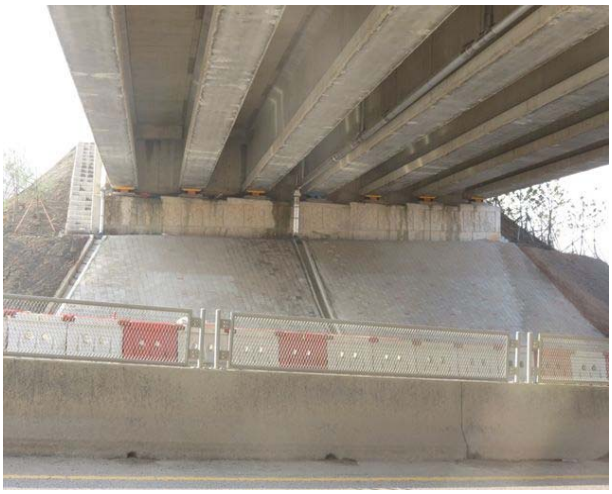


시설물 전경

서오창IC Ramp-A1교









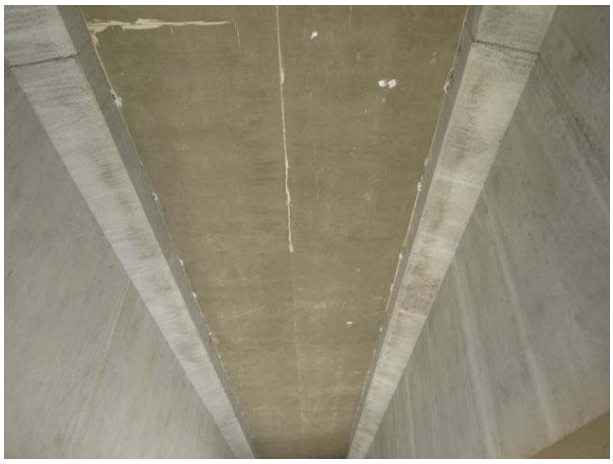




시설물 전경

산수교(옥산방향)













시설물 전경

산수교(오창방향)













시설물 전경

복현1교













시설물 전경

복현3교









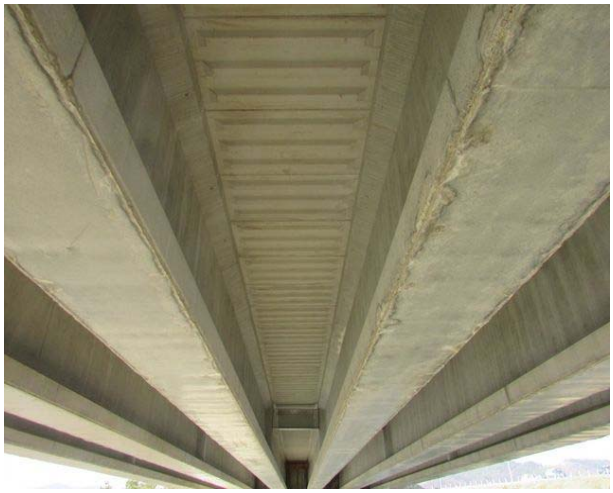




시설물 전경

오창JCT Ramp-A교













시설물 전경

오창JCT Ramp-C교













시설물 전경

오창JCT Ramp-D교













목 차

* 요약문

제1편 공통편

1.1 과업의 개요 ····· 5
1.2 현장조사 및 시험 ····· 10
1.3 상태평가 ····· 17
1.4 안전성평가 및 내하력평가 ····· 33
1.5 종합평가 및 안전등급 ····· 46
1.6 과업의 적용기준 ····· 48

제2편 시설물편

1. 옥산JCT Ramp-A교

1.1 시설물의 개요 ····· 53
1.2 현장조사 및 시험 ····· 58
1.3 상태평가 ····· 69
1.4 교량 재하시험 ····· 70
1.5 안전성평가 및 내하력평가 ····· 87
1.6 종합평가 및 안전등급 ····· 106
1.7 종합결론 ····· 106

2. 옥산JCT Ramp-C교

2.1 시설물의 개요 ····· 109
2.2 현장조사 및 시험 ····· 115
2.3 상태평가 ····· 127
2.4 교량 재하시험 ····· 128
2.5 안전성평가 및 내하력평가 ····· 145
2.6 종합평가 및 안전등급 ····· 162
2.7 종합결론 ····· 163

3. 옥산JCT Ramp-D교

3.1 시설물의 개요 ····· 167
3.2 현장조사 및 시험 ····· 173
3.3 상태평가 ····· 185
3.4 교량 재하시험 ····· 186
3.5 안전성평가 및 내하력평가 ····· 203
3.6 종합평가 및 안전등급 ····· 222
3.7 종합결론 ····· 222

4. 병천천교

제1장 병천천교(옥산방향)

1.1 시설물의 개요 ····· 225
1.2 현장조사 및 시험 ····· 230
1.3 상태평가 ····· 243
1.4 종합평가 및 안전등급 ····· 244
1.5 종합결론 ····· 244

제2장 병천천교(옥산방향)

2.1 시설물의 개요 ····· 245
2.2 현장조사 및 시험 ····· 250
2.3 상태평가 ····· 263
2.4 종합평가 및 안전등급 ····· 264
2.5 종합결론 ····· 264

제3장 안전성평가

3.1 교량 재하시험 ····· 265
3.2 안전성평가 및 내하력평가 ····· 281
3.3 종합평가 및 안전등급 ····· 296
3.4 종합결론 ····· 296

5. 용두천교

5.1 시설물의 개요 ····· 299

5.2 현장조사 및 시험 ····· 304
5.3 상태평가 ····· 316
5.4 교량 재하시험 ····· 317
5.5 안전성평가 및 내하력평가 ····· 333
5.6 종합평가 및 안전등급 ····· 348
5.7 종합결론 ····· 348

6. 호죽2교

제1장 호죽2교(옥산방향)

1.1 시설물의 개요 ····· 351
1.2 현장조사 및 시험 ····· 356
1.3 상태평가 ····· 366
1.4 종합평가 및 안전등급 ····· 367
1.5 종합결론 ····· 367

제2장 호죽2교(옥산방향)

2.1 시설물의 개요 ····· 368
2.2 현장조사 및 시험 ····· 372
2.3 상태평가 ····· 382
2.4 종합평가 및 안전등급 ····· 383
2.5 종합결론 ····· 383

제3장 안전성평가

3.1 교량 재하시험 ····· 384
3.2 안전성평가 및 내하력평가 ····· 400
3.3 종합평가 및 안전등급 ····· 415
3.4 종합결론 ····· 415

7. 성산교

7.1 시설물의 개요 ····· 419
7.2 현장조사 및 시험 ····· 424
7.3 상태평가 ····· 434

7.4 교량 재하시험 ····· 435
7.5 안전성평가 및 내하력평가 ····· 451
7.6 종합평가 및 안전등급 ····· 468
7.7 종합결론 ····· 468

8. 서오창IC Ramp-A1교
8.1 시설물의 개요 ····· 471
8.2 현장조사 및 시험 ····· 475
8.3 상태평가 ····· 486
8.4 교량 재하시험 ····· 487
8.5 안전성평가 및 내하력평가 ····· 503
8.6 종합평가 및 안전등급 ····· 518
8.7 종합결론 ····· 518

9. 산수교
제1장 산수교(옥산방향)
1.1 시설물의 개요 ····· 521
1.2 현장조사 및 시험 ····· 526
1.3 상태평가 ····· 537
1.4 종합평가 및 안전등급 ····· 538
1.5 종합결론 ····· 538
제2장 산수교(옥산방향)
2.1 시설물의 개요 ····· 539
2.2 현장조사 및 시험 ····· 544
2.3 상태평가 ····· 555
2.4 종합평가 및 안전등급 ····· 556
2.5 종합결론 ····· 556
제3장 안전성평가
3.1 교량 재하시험 ····· 557
3.2 안전성평가 및 내하력평가 ····· 573

3.3 종합평가 및 안전등급 ····· 591
3.4 종합결론 ····· 591

10. 복현1교

10.1 시설물의 개요 ····· 595
10.2 현장조사 및 시험 ····· 600
10.3 상태평가 ····· 612
10.4 교량 재하시험 ····· 613
10.5 안전성평가 및 내하력평가 ····· 629
10.6 종합평가 및 안전등급 ····· 644
10.7 종합결론 ····· 644

11. 복현3교

11.1 시설물의 개요 ····· 647
11.2 현장조사 및 시험 ····· 652
11.3 상태평가 ····· 664
11.4 교량 재하시험 ····· 665
11.5 안전성평가 및 내하력평가 ····· 681
11.6 종합평가 및 안전등급 ····· 696
11.7 종합결론 ····· 696

12. 오창JCT Ramp-A교

12.1 시설물의 개요 ····· 699
12.2 현장조사 및 시험 ····· 704
12.3 상태평가 ····· 716
12.4 교량 재하시험 ····· 717
12.5 안전성평가 및 내하력평가 ····· 733
12.6 종합평가 및 안전등급 ····· 748
12.7 종합결론 ····· 748

13. 오창JCT Ramp-C교

13.1 시설물의 개요 ····· 751
13.2 현장조사 및 시험 ····· 756
13.3 상태평가 ····· 768
13.4 교량 재하시험 ····· 769
13.5 안전성평가 및 내하력평가 ····· 786
13.6 종합평가 및 안전등급 ····· 808
13.7 종합결론 ····· 808

14. 오창JCT Ramp-D교

14.1 시설물의 개요 ····· 811
14.2 현장조사 및 시험 ····· 817
14.3 상태평가 ····· 831
14.4 교량 재하시험 ····· 832
14.5 안전성평가 및 내하력평가 ····· 865
14.6 종합평가 및 안전등급 ····· 904
14.7 종합결론 ····· 904

제3편 유지관리편

제1장 보수 및 유지관리 방안

1.1 보수방안 ····· 909
1.2 유지관리방안 ····· 910

표 목 차

제1편 공통편

【표 1.1.1】 공사현황 ····· 5
【표 1.1.2】 과업대상 시설물의 개요 ····· 6
【표 1.1.3】 과업수행 일정표 ····· 9
【표 1.1.4】 현장시험 장비 목록 및 사진 ····· 9
【표 1.1.5】 주요 점검항목 ····· 10
【표 1.1.5】 주요 점검항목(계속) ····· 11
【표 1.1.5】 주요 점검항목(계속) ····· 12
【표 1.1.6】 외관조사 구간별 조사방법 ····· 12
【표 1.1.7】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 14
【표 1.1.8】 부재분류에 따른 등급 차등 적용범위 ····· 17
【표 1.1.9】 부재별 상태평가 적용범위 ····· 18
【표 1.1.10】 결함도 점수 범위에 따른 기준 ····· 19
【표 1.1.11】 교면포장 점검부위 및 손상종류 ····· 20
【표 1.1.12】 교면포장 상태평가 기준 ····· 21
【표 1.1.13】 배수시설 점검부위 및 손상종류 ····· 22
【표 1.1.14】 배수시설 상태평가 기준 ····· 22
【표 1.1.15】 난간연석 점검부위 및 손상종류 ····· 23
【표 1.1.16】 난간연석 상태평가 기준 ····· 23
【표 1.1.17】 바닥판 점검부위 및 손상종류 ····· 24
【표 1.1.18】 바닥판 상태평가 기준 ····· 24
【표 1.1.19】 신축이음 점검부위 및 손상종류 ····· 25
【표 1.1.20】 신축이음 상태평가 기준 ····· 25
【표 1.1.21】 교량받침 점검부위 및 손상종류① ····· 26
【표 1.1.22】 교량받침 점검부위 및 손상종류② ····· 26
【표 1.1.23】 교량받침 상태평가 기준 ····· 26
【표 1.1.24】 강재 거더 점검부위 및 손상종류 ····· 27
【표 1.1.25】 강재거더 상태평가 기준 ····· 28
【표 1.1.26】 프리스트레스 콘크리트 거더 상태평가 기준 ····· 29
【표 1.1.27】 콘크리트 가로보 상태평가 기준 ····· 29
【표 1.1.28】 교대 점검부위 및 손상종류 ····· 30
【표 1.1.29】 교대 상태평가 기준 ····· 30
【표 1.1.30】 교각 점검부위 및 손상종류 ····· 31
【표 1.1.31】 교각 상태평가 기준 ····· 31
【표 1.1.32】 기초 점검부위 및 손상종류 ····· 32

【표 1.1.33】 기초 상태평가 기준 ····· 32
【표 1.1.34】 구조물의 안전성평가 기준 ····· 44
【표 1.1.35】 시설물의 안전등급 ····· 48

제2편 시설물편

1. 옥산JCT Ramp-A교

【표 2.1.1】 과업대상 시설물의 개요 ····· 53
【표 2.1.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 63
【표 2.1.3】 유간거리 검토결과 ····· 64
【표 2.1.4】 연단거리 측정결과 ····· 65
【표 2.1.5】 교량받침 이동량 측정결과 ····· 65
【표 2.1.6】 교량 받침 이동량 검토 ····· 66
【표 2.1.7】 반발경도시험 결과 ····· 67
【표 2.1.8】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 67
【표 2.1.9】 철근탐사시험 결과 ····· 68
【표 2.1.10】 상태평가 결과 ····· 69
【표 2.1.11】 상태평가 결과표 ····· 69
【표 2.1.12】 플랜지의 유효폭 산정 ····· 97
【표 2.1.13】 바닥판의 유효폭 산정 ····· 97
【표 2.1.14】 중앙부 정모멘트부 단면력 산정결과 ····· 99
【표 2.1.15】 지점부 부모멘트부 단면력 산정결과 ····· 99
【표 2.1.16】 외측경간 정모멘트부 휨응력 검토결과 ····· 100
【표 2.1.17】 지점부 부모멘트부 휨응력 검토결과 ····· 101
【표 2.1.18】 강박스 거더의 휨응력 검토결과 ····· 102
【표 2.1.19】 강박스 거더의 전단응력 검토결과 ····· 102
【표 2.1.20】 거더의 안전성 평가 결과 ····· 103
【표 2.1.21】 강박스 거더 기본내하율(허용응력법) 산정결과 ····· 105
【표 2.1.22】 강박스 거더의 공용내하력(허용응력법) 산정결과 ····· 105
【표 2.1.23】 종합평가 결과 ····· 106
【표 2.1.24】 옥산JCT Ramp-A교 안전등급 지정 ····· 106

2. 옥산JCT Ramp-C교

【표 2.2.1】 과업대상 시설물의 개요 ····· 109
【표 2.2.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 121
【표 2.2.3】 유간거리 검토결과 ····· 122
【표 2.2.4】 연단거리 측정결과 ····· 123
【표 2.2.5】 교량받침 이동량 측정결과 ····· 123
【표 2.2.6】 교량 받침 이동량 검토 ····· 124
【표 2.2.7】 반발경도시험 결과 ····· 125

【표 2.2.8】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 125
【표 2.2.9】 철근탐사시험 결과 ····· 126
【표 2.2.10】 상태평가 결과 ····· 127
【표 2.2.11】 상태평가 결과표 ····· 127
【표 2.2.12】 플랜지의 유효폭 산정 ····· 155
【표 2.2.13】 바닥판의 유효폭 산정 ····· 155
【표 2.2.14】 중앙부 정모멘트부 단면력 산정결과 ····· 157
【표 2.2.15】 지점부 부모멘트부 단면력 산정결과 ····· 157
【표 2.2.16】 외측경간 정모멘트부 휨응력 검토결과 ····· 158
【표 2.2.17】 지점부 부모멘트부 휨응력 검토결과 ····· 158
【표 2.2.18】 강박스 거더의 휨응력 검토결과 ····· 159
【표 2.2.19】 강박스 거더의 전단응력 검토결과 ····· 159
【표 2.2.20】 거더의 안전성 평가 결과 ····· 160
【표 2.2.21】 강박스 거더 기본내하율(허용응력법) 산정결과 ····· 161
【표 2.2.22】 강박스 거더의 공용내하력(허용응력법) 산정결과 ····· 162
【표 2.2.23】 종합평가 결과 ····· 162
【표 2.2.24】 옥산JCT Ramp-C교 안전등급 지정 ····· 163

3. 옥산JCT Ramp-D교

【표 2.3.1】 과업대상 시설물의 개요 ····· 167
【표 2.3.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 179
【표 2.3.3】 유간거리 검토결과 ····· 180
【표 2.3.4】 연단거리 측정결과 ····· 181
【표 2.3.5】 교량받침 이동량 측정결과 ····· 181
【표 2.3.6】 교량 받침 이동량 검토 ····· 182
【표 2.3.7】 반발경도시험 결과 ····· 183
【표 2.3.8】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 183
【표 2.3.9】 철근탐사시험 결과 ····· 184
【표 2.3.10】 상태평가 결과 ····· 185
【표 2.3.11】 상태평가 결과표 ····· 185
【표 2.3.12】 플랜지의 유효폭 산정 ····· 213
【표 2.3.13】 바닥판의 유효폭 산정 ····· 213
【표 2.3.14】 중앙부 정모멘트부 단면력 산정결과 ····· 215
【표 2.3.15】 지점부 부모멘트부 단면력 산정결과 ····· 215
【표 2.3.16】 외측경간 정모멘트부 휨응력 검토결과 ····· 216
【표 2.3.17】 지점부 부모멘트부 휨응력 검토결과 ····· 217
【표 2.3.18】 강박스 거더의 휨응력 검토결과 ····· 218
【표 2.3.19】 강박스 거더의 전단응력 검토결과 ····· 218
【표 2.3.20】 거더의 안전성 평가 결과 ····· 219
【표 2.3.21】 강박스 거더 기본내하율(허용응력법) 산정결과 ····· 221

【표 2.3.22】 강박스 거더의 공용내하력(허용응력법) 산정결과 ····· 221
【표 2.3.23】 종합평가 결과 ····· 222
【표 2.3.24】 옥산JCT Ramp-D교 안전등급 지정 ····· 222

4. 병천천교

【표 2.4.1】 과업대상 시설물의 개요 ····· 225
【표 2.4.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 236
【표 2.4.3】 유간거리 검토결과(옥산방향) ····· 237
【표 2.4.4】 연단거리 측정결과(옥산방향) ····· 238
【표 2.4.5】 교량받침 이동량 측정결과(옥산방향) ····· 239
【표 2.4.6】 교량 받침 이동량 검토(옥산방향) ····· 240
【표 2.4.7】 반발경도시험 결과 ····· 241
【표 2.4.8】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 241
【표 2.4.9】 철근탐사시험 결과 ····· 242
【표 2.4.10】 상태평가 결과 ····· 243
【표 2.4.11】 상태평가 결과표 ····· 243
【표 2.4.12】 종합평가 결과 ····· 244
【표 2.4.13】 병천천교(옥산방향) 안전등급 지정 ····· 244
【표 2.4.14】 과업대상 시설물의 개요 ····· 245
【표 2.4.15】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 256
【표 2.4.16】 유간거리 검토결과(오창방향) ····· 257
【표 2.4.17】 연단거리 측정결과(오창방향) ····· 258
【표 2.4.18】 교량받침 이동량 측정결과(오창방향) ····· 259
【표 2.4.19】 교량 받침 이동량 검토(오창방향) ····· 260
【표 2.4.20】 반발경도시험 결과 ····· 261
【표 2.4.21】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 261
【표 2.4.22】 철근탐사시험 결과 ····· 262
【표 2.4.23】 상태평가 결과 ····· 263
【표 2.4.24】 상태평가 결과표 ····· 263
【표 2.4.25】 종합평가 결과 ····· 264
【표 2.4.26】 병천천교(오창방향) 안전등급 지정 ····· 264
【표 2.4.27】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa) ····· 282
【표 2.4.28】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(=40MPa일 경우) ····· 282
【표 2.4.29】 거더 안전성평가 결과 ····· 293
【표 2.4.30】 안전성 평가 결과 ····· 293
【표 2.4.31】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과 ····· 295
【표 2.4.32】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과 ····· 295
【표 2.4.33】 공용내하력 산정결과 ····· 295
【표 2.4.34】 종합평가 결과 ····· 296
【표 2.4.35】 병천천교 안전등급 지정 ····· 296

5. 용두천교

【표 2.5.1】 과업대상 시설물의 개요 ····· 299
【표 2.5.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 310
【표 2.5.3】 유간거리 검토결과 ····· 311
【표 2.5.4】 연단거리 측정결과 ····· 312
【표 2.5.5】 교량받침 이동량 측정결과 ····· 312
【표 2.5.6】 교량 받침 이동량 검토 ····· 313
【표 2.5.7】 반발경도시험 결과 ····· 314
【표 2.5.8】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 314
【표 2.5.9】 철근탐사시험 결과 ····· 315
【표 2.5.10】 상태평가 결과 ····· 316
【표 2.5.11】 상태평가 결과표 ····· 316
【표 2.5.12】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa) ····· 334
【표 2.5.13】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(=40MPa일 경우) ····· 334
【표 2.5.14】 거더 안전성평가 결과 ····· 345
【표 2.5.15】 안전성 평가 결과 ····· 345
【표 2.5.16】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과 ····· 347
【표 2.5.17】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과 ····· 347
【표 2.5.18】 공용내하력 산정결과 ····· 347
【표 2.5.19】 종합평가 결과 ····· 348
【표 2.5.20】 용두천교 안전등급 지정 ····· 348

6. 호죽2교

【표 2.6.1】 과업대상 시설물의 개요 ····· 351
【표 2.6.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 361
【표 2.6.3】 유간거리 검토결과(옥산방향) ····· 362
【표 2.6.4】 연단거리 측정결과(옥산방향) ····· 362
【표 2.6.5】 교량받침 이동량 측정결과(옥산방향) ····· 363
【표 2.6.6】 교량 받침 이동량 검토(옥산방향) ····· 363
【표 2.6.7】 반발경도시험 결과 ····· 364
【표 2.6.8】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 364
【표 2.6.9】 철근탐사시험 결과 ····· 365
【표 2.6.10】 상태평가 결과 ····· 366
【표 2.6.11】 상태평가 결과표 ····· 366
【표 2.6.12】 종합평가 결과 ····· 367
【표 2.6.13】 호죽2교(옥산방향) 안전등급 지정 ····· 367
【표 2.6.14】 과업대상 시설물의 개요 ····· 368
【표 2.6.15】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 377
【표 2.6.16】 유간거리 검토결과(오창방향) ····· 378
【표 2.6.17】 연단거리 측정결과(오창방향) ····· 378

【표 2.6.18】 교량받침 이동량 측정결과(오창방향) ····· 379
【표 2.6.19】 교량 받침 이동량 검토(오창방향) ····· 379
【표 2.6.20】 반발경도시험 결과 ····· 380
【표 2.6.21】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 380
【표 2.6.22】 철근탐사시험 결과 ····· 381
【표 2.6.23】 상태평가 결과 ····· 382
【표 2.6.24】 상태평가 결과표 ····· 382
【표 2.6.25】 종합평가 결과 ····· 383
【표 2.6.26】 호죽2교(오창방향) 안전등급 지정 ····· 383
【표 2.6.27】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa) ····· 401
【표 2.6.28】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(=40MPa일 경우) ····· 401
【표 2.6.29】 거더 안전성평가 결과 ····· 412
【표 2.6.30】 안전성 평가 결과 ····· 412
【표 2.6.31】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과 ····· 414
【표 2.6.32】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과 ····· 414
【표 2.6.33】 공용내하력 산정결과 ····· 414
【표 2.6.34】 종합평가 결과 ····· 415
【표 2.6.35】 호죽2교 안전등급 지정 ····· 415

7. 성산교

【표 2.7.1】 과업대상 시설물의 개요 ····· 419
【표 2.7.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 429
【표 2.7.3】 유간거리 검토결과 ····· 430
【표 2.7.4】 연단거리 측정결과 ····· 430
【표 2.7.5】 교량받침 이동량 측정결과 ····· 431
【표 2.7.6】 교량 받침 이동량 검토 ····· 431
【표 2.7.7】 반발경도시험 결과 ····· 432
【표 2.7.8】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 432
【표 2.7.9】 철근탐사시험 결과 ····· 433
【표 2.7.10】 상태평가 결과 ····· 434
【표 2.7.11】 상태평가 결과표 ····· 434
【표 2.7.12】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa) ····· 452
【표 2.1.17】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(=40MPa일 경우) ····· 452
【표 2.7.13】 거더 안전성평가 결과 ····· 465
【표 2.7.14】 안전성 평가 결과 ····· 465
【표 2.7.15】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과 ····· 467
【표 2.7.16】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과 ····· 467
【표 2.7.17】 공용내하력 산정결과 ····· 467
【표 2.7.18】 종합평가 결과 ····· 468
【표 2.7.19】 성산교 안전등급 지정 ····· 468

8. 서오창IC Ramp-A1교

【표 2.8.1】 과업대상 시설물의 개요 ····· 471
【표 2.8.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 480
【표 2.8.3】 유간거리 검토결과 ····· 481
【표 2.8.4】 연단거리 측정결과 ····· 482
【표 2.8.5】 교량받침 이동량 측정결과 ····· 482
【표 2.8.6】 교량 받침 이동량 검토 ····· 483
【표 2.8.7】 반발경도시험 결과 ····· 484
【표 2.8.8】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 484
【표 2.8.9】 철근탐사시험 결과 ····· 485
【표 2.8.10】 상태평가 결과 ····· 486
【표 2.8.11】 상태평가 결과표 ····· 486
【표 2.8.12】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa) ····· 504
【표 2.8.13】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(=40MPa일 경우) ····· 504
【표 2.8.14】 거더 안전성평가 결과 ····· 515
【표 2.8.15】 안전성 평가 결과 ····· 515
【표 2.8.16】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과 ····· 517
【표 2.8.17】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과 ····· 517
【표 2.8.18】 공용내하력 산정결과 ····· 517
【표 2.8.19】 종합평가 결과 ····· 518
【표 2.8.20】 서오창IC RAMP-A1교 안전등급 지정 ····· 518

9. 산수교

【표 2.9.1】 과업대상 시설물의 개요 ····· 521
【표 2.9.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 531
【표 2.9.3】 유간거리 검토결과(옥산방향) ····· 532
【표 2.9.4】 연단거리 측정결과(옥산방향) ····· 533
【표 2.9.5】 교량받침 이동량 측정결과(옥산방향) ····· 533
【표 2.9.6】 교량 받침 이동량 검토(옥산방향) ····· 534
【표 2.9.7】 반발경도시험 결과 ····· 535
【표 2.9.8】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 535
【표 2.9.9】 철근탐사시험 결과 ····· 536
【표 2.9.10】 상태평가 결과 ····· 537
【표 2.9.11】 상태평가 결과표 ····· 537
【표 2.9.12】 종합평가 결과 ····· 538
【표 2.9.13】 산수교(옥산방향) 안전등급 지정 ····· 538
【표 2.9.14】 과업대상 시설물의 개요 ····· 539
【표 2.9.15】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 549
【표 2.9.16】 유간거리 검토결과(오창방향) ····· 550
【표 2.9.17】 연단거리 측정결과(오창방향) ····· 551

【표 2.9.18】 교량받침 이동량 측정결과(오창방향) ····· 551
【표 2.9.19】 교량 받침 이동량 검토(오창방향) ····· 552
【표 2.9.20】 반발경도시험 결과 ····· 553
【표 2.9.21】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 553
【표 2.9.22】 철근탐사시험 결과 ····· 554
【표 2.9.23】 상태평가 결과 ····· 555
【표 2.9.24】 상태평가 결과표 ····· 555
【표 2.9.25】 종합평가 결과 ····· 556
【표 2.9.26】 산수교(오창방향) 안전등급 지정 ····· 556
【표 2.9.27】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa) ····· 574
【표 2.9.28】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(=40MPa일 경우) ····· 574
【표 2.9.29】 활하중 검토 ····· 582
【표 2.9.30】 거더 안전성평가 결과 ····· 588
【표 2.9.31】 안전성 평가 결과 ····· 588
【표 2.9.32】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과 ····· 590
【표 2.9.33】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과 ····· 590
【표 2.9.34】 공용내하력 산정결과 ····· 590
【표 2.9.35】 종합평가 결과 ····· 591
【표 2.9.36】 산수교 안전등급 지정 ····· 591

10. 복현1교

【표 2.10.1】 과업대상 시설물의 개요 ····· 595
【표 2.10.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 606
【표 2.10.3】 유간거리 검토결과 ····· 607
【표 2.10.4】 연단거리 측정결과 ····· 608
【표 2.10.5】 교량받침 이동량 측정결과 ····· 608
【표 2.10.6】 교량 받침 이동량 검토 ····· 609
【표 2.10.7】 반발경도시험 결과 ····· 610
【표 2.10.8】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 610
【표 2.10.9】 철근탐사시험 결과 ····· 611
【표 2.10.10】 상태평가 결과 ····· 612
【표 2.10.11】 상태평가 결과표 ····· 612
【표 2.10.12】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa) ····· 630
【표 2.10.13】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(=40MPa일 경우) ····· 630
【표 2.10.14】 거더 안전성평가 결과 ····· 641
【표 2.10.15】 안전성 평가 결과 ····· 641
【표 2.10.16】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과 ····· 643
【표 2.10.17】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과 ····· 643
【표 2.10.18】 공용내하력 산정결과 ····· 643
【표 2.10.19】 종합평가 결과 ····· 644

【표 2.10.20】 복현1교 안전등급 지정 ····· 644

11. 복현3교

【표 2.11.1】 과업대상 시설물의 개요 ····· 647
【표 2.11.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 658
【표 2.11.3】 유간거리 검토결과 ····· 659
【표 2.11.4】 연단거리 측정결과 ····· 660
【표 2.11.5】 교량받침 이동량 측정결과 ····· 660
【표 2.11.6】 교량 받침 이동량 검토 ····· 661
【표 2.11.7】 반발경도시험 결과 ····· 662
【표 2.11.8】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 662
【표 2.11.9】 철근탐사시험 결과 ····· 663
【표 2.11.10】 상태평가 결과 ····· 664
【표 2.11.11】 상태평가 결과표 ····· 664
【표 2.11.12】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa) ····· 682
【표 2.11.13】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(=40MPa일 경우) ····· 682
【표 2.11.14】 거더 안전성평가 결과 ····· 693
【표 2.11.15】 안전성 평가 결과 ····· 693
【표 2.11.16】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과 ····· 695
【표 2.11.17】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과 ····· 695
【표 2.11.18】 공용내하력 산정결과 ····· 695
【표 2.11.19】 종합평가 결과 ····· 696
【표 2.11.20】 복현3교 안전등급 지정 ····· 696

12. 오창JCT Ramp-A교

【표 2.12.1】 과업대상 시설물의 개요 ····· 699
【표 2.12.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 710
【표 2.12.3】 유간거리 검토결과 ····· 711
【표 2.12.4】 연단거리 측정결과 ····· 712
【표 2.12.5】 교량받침 이동량 측정결과 ····· 712
【표 2.12.6】 교량 받침 이동량 검토 ····· 713
【표 2.12.7】 반발경도시험 결과 ····· 714
【표 2.12.8】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 714
【표 2.12.9】 철근탐사시험 결과 ····· 715
【표 2.12.10】 상태평가 결과 ····· 716
【표 2.12.11】 상태평가 결과표 ····· 716
【표 2.12.12】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa) ····· 734
【표 2.12.13】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(=40MPa일 경우) ····· 734
【표 2.12.14】 거더 안전성평가 결과 ····· 745
【표 2.12.15】 안전성 평가 결과 ····· 745

【표 2.12.16】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과 ····· 747
【표 2.12.17】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과 ····· 747
【표 2.12.18】 공용내하력 산정결과 ····· 747
【표 2.12.19】 종합평가 결과 ····· 748
【표 2.12.20】 오창JCT Ramp-A교 안전등급 지정 ····· 748

13. 오창JCT Ramp-C교

【표 2.13.1】 과업대상 시설물의 개요 ····· 751
【표 2.13.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 762
【표 2.13.3】 유간거리 검토결과 ····· 763
【표 2.13.4】 연단거리 측정결과 ····· 764
【표 2.13.5】 교량받침 이동량 측정결과 ····· 764
【표 2.13.6】 교량 받침 이동량 검토 ····· 765
【표 2.13.7】 반발경도시험 결과 ····· 766
【표 2.13.8】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 766
【표 2.13.9】 철근탐사시험 결과 ····· 767
【표 2.13.10】 상태평가 결과 ····· 768
【표 2.13.11】 상태평가 결과표 ····· 768
【표 2.13.12】 바닥판 검토결과 ····· 794
【표 2.13.13】 플랜지의 유효폭 산정 ····· 798
【표 2.13.14】 바닥판의 유효폭 산정 ····· 798
【표 2.13.15】 중앙부 정모멘트부 단면력 산정결과 ····· 800
【표 2.13.16】 지점부 부모멘트부 단면력 산정결과 ····· 800
【표 2.13.17】 외측경간 정모멘트부 휨응력 검토결과 ····· 801
【표 2.13.18】 지점부 부모멘트부 휨응력 검토결과 ····· 802
【표 2.13.19】 지점부 부모멘트부 휨응력 검토결과 ····· 803
【표 2.13.20】 강박스 거더의 휨응력 검토결과 ····· 804
【표 2.13.21】 강박스 거더의 전단응력 검토결과 ····· 804
【표 2.13.22】 거더의 안전성 평가 결과 ····· 805
【표 2.13.23】 강박스 거더 기본내하율(허용응력법) 산정결과 ····· 807
【표 2.13.24】 강박스 거더의 공용내하력(허용응력법) 산정결과 ····· 807
【표 2.13.25】 종합평가 결과 ····· 808
【표 2.13.26】 오창JCT Ramp-C교 안전등급 지정 ····· 808

13. 오창JCT Ramp-D교

【표 2.14.1】 과업대상 시설물의 개요 ····· 811
【표 2.14.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수 ····· 823
【표 2.14.3】 유간거리 검토결과 ····· 824
【표 2.14.4】 연단거리 측정결과 ····· 825
【표 2.14.5】 교량받침 이동량 측정결과 ····· 826

【표 2.14.6】 교량 받침 이동량 검토 ····· 828
【표 2.14.7】 반발경도시험 결과 ····· 829
【표 2.14.8】 각 부재별 반발경도시험 결과 ····· 829
【표 2.14.9】 철근탐사시험 결과 ····· 830
【표 2.14.10】 상태평가 결과 ····· 831
【표 2.14.11】 상태평가 결과표 ····· 831
【표 2.14.12】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa) ····· 866
【표 2.14.13】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(=40MPa일 경우) ····· 866
【표 2.14.14】 바닥판 검토결과 ····· 871
【표 2.14.15】 거더 안전성평가 결과 ····· 878
【표 2.14.16】 안전성 평가 결과 ····· 878
【표 2.14.17】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과 ····· 880
【표 2.14.18】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과 ····· 880
【표 2.14.19】 공용내하력 산정결과 ····· 880
【표 2.14.20】 바닥판 검토결과 ····· 889
【표 2.14.21】 플랜지의 유효폭 산정 ····· 893
【표 2.14.22】 바닥판의 유효폭 산정 ····· 893
【표 2.14.23】 중앙부 정모멘트부 단면력 산정결과 ····· 895
【표 2.14.24】 지점부 부모멘트부 단면력 산정결과 ····· 895
【표 2.14.25】 외측경간 정모멘트부 휨응력 검토결과 ····· 896
【표 2.14.26】 외측경간 정모멘트부 휨응력 검토결과 ····· 897
【표 2.14.27】 지점부 부모멘트부 휨응력 검토결과 ····· 898
【표 2.14.28】 지점부 부모멘트부 휨응력 검토결과 ····· 899
【표 2.14.29】 강박스 거더의 휨응력 검토결과 ····· 900
【표 2.14.30】 강박스 거더의 전단응력 검토결과 ····· 900
【표 2.14.31】 거더의 안전성 평가 결과 ····· 901
【표 2.14.32】 강박스 거더 기본내하율(허용응력법) 산정결과 ····· 903
【표 2.14.33】 강박스 거더의 공용내하력(허용응력법) 산정결과 ····· 903
【표 2.14.34】 종합평가 결과 ····· 904
【표 2.14.35】 오창JCT Ramp-D교 안전등급 지정 ····· 904

제3편 유지관리편

1. 보수 및 유지관리방안

【표 3.1.1】 유지관리의 기본개념 ····· 910
【표 3.1.2】 시설물 진단 및 점검개요 ····· 912
【표 3.1.3】 점검 및 진단의 내용 ····· 912
【표 3.1.4】 교대의 중점 유지관리 항목 ····· 914
【표 3.1.5】 각 부위의 중점 유지관리 항목 ····· 915
【표 3.1.6】 유지관리방안 ····· 919

그 림 목 차

제1편 공통편

【그림 1.1.1】 과업수행 흐름도 ····· 8
【그림 1.1.2】 전체교량의 상태평가결과 산정방법 예 ····· 19
【그림 1.1.3】 PSC I빔의 점검부위 ····· 29
【그림 1.1.4】 정착구역의 국부균열 ····· 29
【그림 1.1.5】 정적재하시험 흐름도 ····· 35
【그림 1.1.6】 동적 재하시험 흐름도 ····· 38
【그림 1.1.7】 변위 응답곡선 ····· 40
【그림 1.1.8】 종합평가 결과의 산정흐름도 ····· 47

제2편 시설물편

1. 옥산JCT Ramp-A교

【그림 2.1.1】 종평면도 ····· 54
【그림 2.1.2】 슬래브 일반도 ····· 55
【그림 2.1.3】 교대(A1) 일반도 ····· 56
【그림 2.1.4】 교각(P1) 일반도 ····· 57
【그림 2.1.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 63
【그림 2.1.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프 ····· 68
【그림 2.1.7】 해석단면 ····· 94
【그림 2.1.8】 바닥판 자중 횡방향 하중분배 ····· 94
【그림 2.1.9】 해석모델링(상부구조) ····· 98

2. 옥산JCT Ramp-C교

【그림 2.2.1】 종평면도 ····· 110
【그림 2.2.2】 슬래브 일반도 ····· 111
【그림 2.2.3】 강상형 일반도 ····· 112
【그림 2.2.4】 교대(A1) 일반도 ····· 113
【그림 2.2.5】 교각(P1) 일반도 ····· 114
【그림 2.2.6】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 121
【그림 2.2.7】 콘크리트 강도시험 결과 그래프 ····· 126
【그림 2.2.8】 해석단면 ····· 152
【그림 2.2.9】 바닥판 자중 횡방향 하중분배 ····· 152
【그림 2.2.10】 해석모델링(상부구조) ····· 156

3. 옥산JCT Ramp-D교

【그림 2.3.1】 종평면도 ····· 168
【그림 2.3.2】 슬래브 일반도 ····· 169
【그림 2.3.3】 강상자형 일반도 ····· 170
【그림 2.3.4】 교대A2 일반도 ····· 171
【그림 2.3.5】 교각(P1) 일반도 ····· 172
【그림 2.3.6】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 179
【그림 2.3.7】 콘크리트 강도시험 결과 그래프 ····· 184
【그림 2.3.8】 해석단면 ····· 210
【그림 2.3.9】 바닥판 자중 횡방향 하중분배 ····· 210
【그림 2.3.10】 합성전 고정하중(바닥판 자중) 재하도 ····· 211
【그림 2.3.11】 해석모델링(상부구조) ····· 215

4. 병천천교

【그림 2.4.1】 종평면도(옥산방향) ····· 226
【그림 2.4.2】 슬래브 일반도(옥산방향) ····· 227
【그림 2.4.3】 교대(A1) 일반도(옥산방향) ····· 228
【그림 2.4.4】 교각(P1) 일반도(옥산방향) ····· 229
【그림 2.4.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 236
【그림 2.4.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프 ····· 242
【그림 2.4.7】 종평면도(오창방향) ····· 246
【그림 2.4.8】 슬래브 일반도(오창방향) ····· 247
【그림 2.4.9】 교대(A1) 일반도(오창방향) ····· 248
【그림 2.4.10】 교각(P1) 일반도(오창방향) ····· 249
【그림 2.4.11】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 256
【그림 2.4.12】 콘크리트 강도시험 결과 그래프 ····· 262

5. 용두천교

【그림 2.5.1】 종평면도 ····· 300
【그림 2.5.2】 슬래브 일반도 ····· 301
【그림 2.5.3】 교대(A1) 일반도 ····· 302
【그림 2.5.4】 교각(P1) 일반도 ····· 303
【그림 2.5.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 310
【그림 2.5.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프 ····· 315

6. 호죽2교

【그림 2.6.1】 종평면도(옥산방향) ····· 352
【그림 2.6.2】 거더 일반도(옥산방향) ····· 353
【그림 2.6.3】 교대(A1) 일반도(옥산방향) ····· 354

【그림 2.6.4】 교대A2 일반도(옥산방향) ····· 355
【그림 2.6.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 361
【그림 2.6.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프 ····· 365
【그림 2.6.7】 종평면도(오창방향) ····· 369
【그림 2.6.8】 거더 일반도(오창방향) ····· 370
【그림 2.6.9】 교대(A1) 일반도(오창방향) ····· 371
【그림 2.6.10】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 377
【그림 2.6.11】 콘크리트 강도시험 결과 그래프 ····· 381

7. 성산교

【그림 2.7.1】 종평면도 ····· 420
【그림 2.7.2】 슬래브 일반도 ····· 421
【그림 2.7.3】 교대 A1 일반도 ····· 422
【그림 2.7.4】 교대 A2 일반도 ····· 423
【그림 2.7.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 429
【그림 2.7.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프 ····· 433
【그림 2.7.7】 해석단면 ····· 457

8. 서오창IC Ramp-A1교

【그림 2.8.1】 종평면도 ····· 472
【그림 2.8.2】 슬래브 일반도 ····· 473
【그림 2.8.3】 교대(A1) 일반도 ····· 474
【그림 2.8.4】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 480
【그림 2.8.5】 콘크리트 강도시험 결과 그래프 ····· 485

9. 산수교

【그림 2.9.1】 종평면도(옥산방향) ····· 522
【그림 2.9.2】 슬래브 일반도(옥산방향) ····· 523
【그림 2.9.3】 교대(A1) 일반도(옥산방향) ····· 524
【그림 2.9.4】 교각(P1) 일반도(옥산방향) ····· 525
【그림 2.9.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 531
【그림 2.9.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프 ····· 536
【그림 2.9.7】 종평면도(오창방향) ····· 540
【그림 2.9.8】 슬래브 일반도(오창방향) ····· 541
【그림 2.9.9】 교대(A1) 일반도(오창방향) ····· 542
【그림 2.9.10】 교각(P1) 일반도(오창방향) ····· 543
【그림 2.9.11】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 549
【그림 2.9.12】 콘크리트 강도시험 결과 그래프 ····· 554
【그림 2.1.13】 해석단면 ····· 577

10. 복현1교

【그림 2.10.1】 종평면도 ····· 596
【그림 2.10.2】 슬래브 일반도 ····· 597
【그림 10.2.3】 교대(A1) 일반도 ····· 598
【그림 2.10.4】 교각(P1) 일반도 ····· 599
【그림 2.10.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 606
【그림 2.10.6】 콘크리트 강도시험 결과 ····· 611

11. 복현3교

【그림 2.11.1】 종평면도 ····· 648
【그림 2.11.2】 슬래브 일반도 ····· 649
【그림 2.11.3】 교대(A1) 일반도 ····· 650
【그림 2.11.4】 교각(P1) 일반도 ····· 651
【그림 2.11.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 658
【그림 2.11.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프 ····· 663

12. 오창JCT Ramp-A교

【그림 2.12.1】 종평면도 ····· 700
【그림 2.12.2】 슬래브 일반도 ····· 701
【그림 2.12.3】 교대(A1) 일반도 ····· 702
【그림 2.12.4】 교각(P1) 일반도 ····· 703
【그림 2.12.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 710
【그림 2.12.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프 ····· 715

13. 오창JCT Ramp-C교

【그림 2.13.1】 종평면도 ····· 752
【그림 2.13.2】 슬래브 일반도 ····· 753
【그림 2.13.3】 교대(A1) 일반도 ····· 754
【그림 2.13.4】 교각(P1) 일반도 ····· 755
【그림 2.13.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 762
【그림 2.13.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프 ····· 767
【그림 2.13.7】 해석단면 ····· 795
【그림 2.13.8】 바닥판 자중 횡방향 하중분배 ····· 795
【그림 2.13.9】 합성전 고정하중(바닥판 자중) 재하도 ····· 796
【그림 2.13.10】 해석모델링(상부구조) ····· 800

14. 오창JCT Ramp-D교

【그림 2.14.1】 종평면도 ····· 812

【그림 2.14.2】 슬래브 일반도(1) ····· 813
【그림 2.14.3】 슬래브 일반도(2) ····· 814
【그림 2.14.4】 교대(A1) 일반도 ····· 815
【그림 2.14.5】 교각(P1) 일반도 ····· 816
【그림 2.14.6】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경 ····· 823
【그림 2.14.7】 콘크리트 강도시험 결과 그래프 ····· 830
【그림 2.14.8】 해석단면 ····· 890
【그림 2.14.9】 바닥판 자중 횡방향 하중분배 ····· 890
【그림 2.14.10】 합성전 고정하중(바닥판 자중) 재하도 ····· 891
【그림 2.14.11】 해석모델링(상부구조) ····· 895

제3편 유지관리편

1. 보수 및 유지관리방안

【그림 3.1.1】 구조물 시간경과에 따른 내하성능 저하 ····· 911

요 약 문

요 약 문

1. 과업의 개요

1.1 과업명

『옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검』

1.2 과업의 목적

본 과업은 『건설기술진흥법 시행령』 제100조에 의거 **"옥산~오창 고속도로 민간투자사업"** 중 시설물에 대한 초기점검을 시행하고, 현장조사를 통하여 손상이 발생된 부분을 조사·분석하여 안전성을 평가하며, 이에 따른 시설물 유지관리에 필요한 초기치와 기초자료를 확보함과 동시에 하자보수 범위 및 보수·보강(필요시)등의 공법을 결정하여 시설물의 기능유지, 안전도모 및 재해예방에 그 목적이 있다.

1.3 공사 현황

사 업 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 건설공사		
공사위치	충청북도 청주시 흥덕구 옥산면 수락리(경부고속도로) ~ 충청북도 청주시 청원구 오창읍 도암리(중부고속도로) 일원		
발 주 자	옥산오창고속도로(주)	감 리 자	(주)천일 동부엔지니어링(주) (주)평화엔지니어링
설 계 자	(주)삼보기술단 (주)용마엔지니어링	시 공 자	GS건설(주) (주)효성 (주)케이알 산업
과업연장	L = 12.1km	폭 원	B = 23.4m (4차로)

1.4 과업대상 시설물의 개요

【과업대상 시설물의 개요】

구분	시설규모	형식	비고
옥산JCT Ramp-A교	L=257m, B=12.6m	DCB(강재) 거더교	
옥산JCT Ramp-C교	L=257m, B=9m	DCB(강재) 거더교	
옥산JCT Ramp-D교	L=170.24m, B=12.6m	SEB(강재) 거더교	
병천천교	L=230m, B=15.975m~17.97m	개량형 PSC빔교	
용두천교	L=135m, B=24.47m	개량형 PSC빔교	
호죽2교	L=50.572m, B=11.825~12.455m	개량형 PSC빔교	
성산교	L=60.447m, B=24.3m	PRECOM 거더교	
서오창IC Ramp-A1교	L=50.305m, B=19.2m	개량형 PSC빔교	
산수교	L=140m, B=11.825m~12.645m	PSC 빔교	
복현1교	L=105m, B=24.64m	개량형 PSC빔교	
복현3교	L=100.66m, B=24.64m	개량형 PSC빔교	
오창JCT Ramp-A교	L=100.251m, B=17.1m	개량형 PSC빔교	
오창JCT Ramp-C교	L=180m, B=9.17m	강박스 거더교	
오창JCT Ramp-D교	L=415.422m, B=9.17m	개량형 PSC빔교+ 강박스 거더교	

1.5 과업의 범위 및 내용

가. 과업의 범위

1) 과업수행계획 수립

2) 시설물 현황조사 및 관련자료 수집

3) 비파괴 현장시험

4) 시설물별 외관조사

5) 조사 및 시험 결과분석

6) 시설물의 상태평가 및 안전성평가

① 부재별 상태평가

② 안전성평가 및 내하력평가

7) 보수·보강 방안 및 유지관리방안 제시(필요시)

8) 종합평가 및 안전등급

나. 과업의 내용

구 분	과업수행 내용
자료수집 및 분 석	• 준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리·수문계산서 • 시공·보수·보강도면, 제작 및 작업도면 • 재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료, 안전점검 실시결과
현장조사 및 시 험	• 기본시설물 또는 주요부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 - 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등 - 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식상태 등 • 간단한 현장 재료시험 등 - 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험) - 철근탐사시험(배근간격, 피복두께)
상태평가	• 외관조사 결과분석 • 현장 재료시험 결과분석 • 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 • 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임기술자의 소견
교량 안전성평가	• 설계하중 및 시험하중에 대한 구조해석 • 재하시험과 이론해석 결과에 의한 변형률 및 처짐의 응답평가 • 재하시험 결과를 반영하여 설계기준 및 지침에 의한 내하력평가
종합평가	• 상태평가 등급과 안전성평가 등급을 비교, 종합평가 등급을 결정 • 대상 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급 결정
보수 및 보강공법 (필요시)	• 결함 및 손상부위에 대한 원인분석 및 평가 • 기능회복 및 향상을 위한 보수·보강공법 제시
유지관리 방안	• 유지관리상 문제점과 기준작성 • 효율적인 유지관리를 위한 방안의 제시
보고서 작성	• 최종보고서 작성 및 제출

다. 과업수행 일정

항목 \ 일정	2017년 10월 01일 ~ 2018년 01월 13일							비고
	15일	30일	45일	60일	75일	90일	105일	
1. 사전조사 (관련자료 수집 및 분석)								
2. 현장조사 및 시험 — 현장조사 및 내구성조사								
2. 현장조사 및 시험 — 재하시험								
3. 보고서 작성 — 자료정리 및 보고서작성								
3. 보고서 작성 — 상태평가 및 안전성평가								
3. 보고서 작성 — 종합평가 및 안전등급								
3. 보고서 작성 — 보고서보완 및 납품								

2. 옥산JCT Ramp-A교 초기점검 결과

2.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		옥산JCT Ramp-A교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 1. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 82.0 + 93.0 + 82.0 = 257.0m			
	폭	B = 12.6m			
구조형식	상부	DCB GIRDER교 (강재)	기초형식	교대	직접기초(A1) 말뚝기초(A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	직접기초(P1,P2)
교량받침		에너지분산받침(EDS)	신축이음		Finger Joint
교차시설물		도로(경부선)	통과높이		5.0m

2.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열, 망상균열 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 연단거리 확보

내구성조사 결과						비 고
반발경도시험						콘크리트강도 설계압축강도 이상 확보
구 분	부 재	시험결과				
반발경도	바닥판	29.2~30.4MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
	교 대	26.5MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
	교 각	28.8~29.2MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
철근탐사시험						철근피복 및 배근상태는 설계치와 전반적 일치
구 분	시험부위	주철근 배근간격(㎜)		주철근 피복두께(㎜)		
		설계치	측정치	설계치	측정치	
철근탐사	바닥판	200	200	30.5~32	40~45	
	교 대	250	250	70.5	70	
	교 각	125	125	85.5~87.5	95	

2.3 상태평가 결과

교 량 명	옥산JCT Ramp-A교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	180.0	2	360.0	1.000	0.100
합계(Σ)			180.0		360.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

2.4 교량 재하시험

분석항목		분석결과
시험트럭		• 재하하중 : 설계하중의 약 62% • 총 중 량 : 269.10kN
정적 재하 시험	최대 응답	• 처 짐 : -5.516 ㎜ • 변형률 : 31.35 με
	횡방향 거동특성	• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.
동적 재하 시험	충격 계수	• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.072(DT2)로 이론 충격계수 0.123보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.
	고유 진동수	• 실측고유진동수(1.07Hz)와 이론 고유진동수(1.157Hz)의 해석치가 비슷하게 산정되어 해석모델이 대상교량의 거동을 합리적으로 표현함.

2.5 안전성평가 및 내하력평가 결과

가. 안전성평가 결과

1) 바닥판

바닥판 슬래브는 경험적 설계방법으로 설계 시공된 상태로 현장조사 및 관련자료를 검토한 결과, 철근배근간격 및 철근량이 적정하게 시공된 것으로 조사되었다.

2) 거더

구 분		계산식	판정	비고
강박스 거더	휨응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{230.000}{186.638} = 1.080$	O.K	MPa
	전단응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{135.000}{34.760} = 3.884$	O.K	MPa
	합성응력	$\left(\frac{186.638}{230.000}\right)^2 + \left(\frac{34.760}{135.000}\right)^2 = 0.725 < 1.2$	O.K	

나. 내하력평가 결과

1) 거더

구 분		기본내하율 (R.F)	응답보정계수 (K_s)	공용내하율 (K_s×RF)	공용내하력
정모멘트부 외측거더	상연	7.940	1.794	14.244	DB-24 이상
	하연	2.103	1.794	3.773	DB-24 이상
부모멘트부 외측거더	상연	2.555	1.794	4.584	DB-24 이상
	하연	2.692	1.794	4.829	DB-24 이상
결 과 분석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨.			

2.6 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

2.7 종합결론

옥산JCT Ramp-A교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

3. 옥산JCT Ramp-C교 초기점검 결과

3.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		옥산JCT Ramp-C교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 82.0 + 93.0 + 82.0 = 257.0m			
	폭	B = 9.0m			
구조형식	상부	DCB GIRDER교 (강재)	기초형식	교대	말뚝기초(A1) 직접기초(A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	직접기초(P1,P2)
교량받침		에너지분산받침(EDS)	신축이음		Finger Joint
교차시설물		도로(경부선)	통과높이		5.0m

3.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열, 망상균열, 재료분리, 파손 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 연단거리 확보

내구성조사 결과						비 고
반발경도시험						콘크리트강도 설계압축강도 이상 확보
구 분	부 재	시험결과				
반발경도	바닥판	29.6~30.2MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
	교 대	27.4MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
	교 각	28.9~29.6MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
철근탐사시험						철근피복 및 배근상태는 설계치와 전반적 일치
구 분	시험부위	주철근 배근간격(㎜)		주철근 피복두께(㎜)		
		설계치	측정치	설계치	측정치	
철근탐사	바닥판	200	200	32	40	
	교 대	250	250	70.5	80	
	교 각	125	125	85.5	95	

3.3 상태평가 결과

교 량 명	옥산JCT Ramp-C교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	257.0	1	257.0	1.000	0.100
합계(Σ)							
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

3.4 교량 재하시험

분석항목		분석결과
시험트럭		• 재하하중 : 설계하중의 약 62% • 총 중 량 : 269.10kN
정적 재하 시험	최대 응답	• 처 짐 : -6.132 ㎜ • 변형률 : 41.86 με
	횡방향 거동특성	• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.
동적 재하 시험	충격 계수	• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.053(DT1)로 이론 충격계수 0.123보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.
	고유 진동수	• 실측고유진동수(0.98Hz)와 이론 고유진동수(1.179Hz)의 해석치가 비슷하게 산정되어 해석모델이 대상교량의 거동을 합리적으로 표현함.

3.5 안전성평가 및 내하력평가 결과

가. 안전성평가 결과

1) 바닥판

바닥판 슬래브는 경험적 설계방법으로 설계 시공된 상태로 현장조사 및 관련자료를 검토한 결과, 철근배근간격 및 철근량이 적정하게 시공된 것으로 조사되었다.

2) 거더

구 분		계산식	판정	비고
강박스 거더	휨응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{122.880}{108.483} = 1.133$	O.K	MPa
	전단응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{135.000}{28.075} = 4.809$	O.K	MPa
	합성응력	$\left(\frac{108.483}{122.880}\right)^2 + \left(\frac{28.075}{135.000}\right)^2 = 0.823 < 1.2$	O.K	

나. 내하력평가 결과

1) 거더

구 분		기본내하율 (R.F)	응답보정계수 (K_s)	공용내하율 (K_s×RF)	공용내하력
정모멘트부 외측거더	상연	11.602	1.794	20.814	DB-24 이상
	하연	3.754	1.794	6.735	DB-24 이상
부모멘트부 외측거더	상연	2.987	1.794	5.359	DB-24 이상
	하연	1.760	1.794	3.157	DB-24 이상
결 과 분석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨.			

3.6 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

3.7 종합결론

옥산JCT Ramp-C교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

4. 옥산JCT Ramp-D교 초기점검 결과

4.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		옥산JCT Ramp-D교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.12 + 70 + 50.12 = 170.24m			
	폭	B = 12.6m			
구조형식	상부	SEB GIRDER교 (강재)	기초형식	교대	말뚝기초(A1,A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	말뚝기초(P1) 직접기초(P2)
교량받침		에너지분산받침(EDS)	신축이음		Finger Joint
교차시설물		-	통과높이		-

4.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열, 백태 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 〉 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 〉 계산치 ⇒ 연단거리 확보

<table>
<tr><th colspan="6">내구성조사 결과</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td colspan="6">반발경도시험</td><td rowspan="5">콘크리트강도
설계압축강도
이상 확보</td></tr>
<tr><td>구 분</td><td colspan="2">부 재</td><td colspan="2">시험결과</td></tr>
<tr><td rowspan="3">반 발
경 도</td><td colspan="2">바닥판</td><td colspan="2">29.8~30.3MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td colspan="2">교 대</td><td colspan="2">26.7MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td colspan="2">교 각</td><td colspan="2">28.9~29.2MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.</td></tr>
<tr><td colspan="6">철근탐사시험</td><td rowspan="5">철근피복
및 배근상태는
설계치와
전반적 일치</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구 분</td><td rowspan="2">시험부위</td><td colspan="2">주철근 배근간격(㎜)</td><td colspan="2">주철근 피복두께(㎜)</td></tr>
<tr><td>설계치</td><td>측정치</td><td>설계치</td><td>측정치</td></tr>
<tr><td rowspan="3">철 근
탐 사</td><td>바닥판</td><td>200</td><td>200</td><td>89</td><td>80</td></tr>
<tr><td>교 대</td><td>250</td><td>250</td><td>70.5</td><td>65</td></tr>
<tr><td>교 각</td><td>125~200</td><td>125~200</td><td>87.5</td><td>90~110</td></tr>
</table>

4.3 상태평가 결과

교 량 명	옥산JCT Ramp-D교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본 교	0.100	A	170.0	2	340.0	1.000	0.100
합계(Σ)			170.0		340.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

4.4 교량 재하시험

분석항목		분석결과
시험트럭		• 재하하중 : 설계하중의 약 62% • 총 중 량 : 269.10kN
정적 재하 시험	최대 응답	• 처 짐 : -3.739 ㎜(1경간), -6.013 ㎜(2경간) • 변형률 : 48.26 με(1경간), 45.28 με(2경간)
	횡방향 거동특성	• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.
동적 재하 시험	충격 계수	• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.154(1경간), 0.077(2경간)로 이론 충격계수 0.167(1경간), 0.136(2경간)보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.
	고유 진동수	• 실측고유진동수(1.56Hz)와 이론 고유진동수(1.885Hz)의 해석치가 비슷하게 산정되어 해석모델이 대상교량의 거동을 합리적으로 표현함.

4.5 안전성평가 및 내하력평가 결과

가. 안전성평가 결과

1) 바닥판

바닥판 슬래브는 경험적 설계방법으로 설계 시공된 상태로 현장조사 및 관련자료를 검토한 결과, 철근배근간격 및 철근량이 적정하게 시공된 것으로 조사되었다.

2) 거더

구 분		계산식	판정	비고
강박스 거더	휨응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{215.000}{179.727} = 1.196$	O.K	MPa
	전단응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{125.000}{58.432} = 2.139$	O.K	MPa
	합성응력	$\left(\frac{179.727}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{58.432}{125.000}\right)^2 = 0.917 < 1.2$	O.K	

나. 내하력평가 결과

1) 거더

구 분		기본내하율 (R.F)	응답보정계수 (K_s)	공용내하율 (K_s×RF)	공용내하력
외측거더(G1)	상연	2.183	1.515	3.307	DB-24 이상
	하연	1.812	1.510	2.736	DB-24 이상
결 과 분석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨.			

4.6 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

4.7 종합결론

옥산JCT Ramp-D교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

5. 병천천교(옥산방향) 초기점검 결과

5.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		병천천교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 3@50 + 2@40 = 230.0m			
	폭	B = 17.970m(옥산방향)			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	복합말뚝기초(A1) 직접기초(A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	PHC말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		Finger Joint
교차시설물		제방도로, 하천(병천천)	통과높이		-

5.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열, 망상균열 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 연단거리 확보

내구성조사 결과						비 고
반발경도시험						콘크리트강도 설계압축강도 이상 확보
구 분	부 재	시험결과				
반발경도	바닥판	28.9~29.7MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
	교 대	27.4MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
	교 각	28.6~29.0MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
철근탐사시험						철근피복 및 배근상태는 설계치와 전반적 일치
구 분	시험부위	주철근 배근간격(㎜)		주철근 피복두께(㎜)		
		설계치	측정치	설계치	측정치	
철근탐사	바닥판	200	200	68	45~60	
	교 대	250	250	109.5	100	
	교 각	125	125	112.5	100~105	

5.3 상태평가 결과

교 량 명	병천천교(옥산방향)						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	230.0	4	920.0	1.000	0.100
합계(Σ)			230.0		920.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

5.4 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

5.5 종합결론

병천천교(옥산방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

6. 병천천교(오창방향) 초기점검 결과

6.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		병천천교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 3@50 + 2@40 = 230.0m			
	폭	B = 15.975m(오창방향)			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	복합말뚝기초(A1) 직접기초(A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	PHC말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		Finger Joint
교차시설물		제방도로, 하천(병천천)	통과높이		-

6.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열, 망상균열 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 연단거리 확보

내구성조사 결과						비 고
반발경도시험						콘크리트강도 설계압축강도 이상 확보
구 분	부 재	시험결과				
반발경도	바닥판	28.3~29.4MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
	교 대	25.8MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
	교 각	28.8~29.6MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
철근탐사시험						철근피복 및 배근상태는 설계치와 전반적 일치
구 분	시험부위	주철근 배근간격(㎜)		주철근 피복두께(㎜)		
		설계치	측정치	설계치	측정치	
철근탐사	바닥판	200	200	32	40	
	교 대	250	250	87.5	100	
	교 각	125	125	87.5~112.5	100~105	

6.3 상태평가 결과

교 량 명	병천천교(오창방향)						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	230.0	4	920.0	1.000	0.100
합계(Σ)			230.0		920.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

6.4 교량 재하시험

분석항목		분석결과
시험트럭		• 재하하중 : 설계하중의 약 62~64% • 총 중 량 : 269.10kN(1호차), 276.00kN(2호차)
정적 재하 시험	최대 응답	• 처 짐 : -2.714 ㎜ • 변형률 : 29.72 με
	횡방향 거동특성	• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 중분대에서 인접교량과의 간섭이 있는 것으로 나타났으나 각 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 나타나 이상 거동은 없는 것으로 판단됨.
동적 재하 시험	충격 계수	• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.158(DT2)로 이론 충격계수 0.167보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.
	고유 진동수	• 실측고유진동수(2.93~3.03Hz)가 이론 고유진동수(1.372Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.

6.5 안전성평가 및 내하력평가 결과

가. 안전성평가 결과

	구 분	켄틸레버부		중앙부
바닥판	안전율	1.147		-
	최소안전율	S.F = 1.147		
거 더	구 분	G1	G2~G6	G7
	안전율	1.548	1.545	1.548
	최소안전율	S.F = 1.545		

나. 내하력평가 결과

1) 거더

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	G1	2.119	2.691	5.702	DB, DL-24 이상
	G2~G6	2.119	3.131	6.635	DB, DL-24 이상
	G7	2.119	2.738	5.802	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

6.6 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

6.7 종합결론

병천천교(오창방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

7. 용두천교 초기점검 결과

7.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		용두천교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 3@45.0 = 135.0m			
	폭	B = 24.470m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:π형		교각	말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		Finger Joint
교차시설물		하천(용두천)	통과높이		-

7.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열, 균열부백태, 망상균열 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 연단거리 확보

내구성조사 결과						비 고
반발경도시험						콘크리트강도 설계압축강도 이상 확보
구 분	부 재	시험결과				
반 발 경 도	바닥판	28.8~29.2MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
	교 대	25.5~26.0MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
	교 각	28.8MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
철근탐사시험						철근피복 및 배근상태는 설계치와 전반적 일치
구 분	시험부위	주철근 배근간격(㎜)		주철근 피복두께(㎜)		
		설계치	측정치	설계치	측정치	
철 근 탐 사	바닥판	200	200	48	45~50	
	교 대	250	250	90.5	90~100	
	교 각	125	125	87.5	90	

7.3 상태평가 결과

교 량 명	용두천교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	135.0	4	540.0	1.000	0.100
합계(Σ)			135.0		540.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

7.4 교량 재하시험

분석항목		분석결과
시험트럭		• 재하하중 : 설계하중의 약 62~64% • 총 중 량 : 269.10kN(1호차), 276.00kN(2호차)
정적 재하 시험	최대 응답	• 처 짐 : -4.011 ㎜ • 변형률 : 40.85 με
	횡방향 거동특성	• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.
동적 재하 시험	충격 계수	• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.173(DT1)으로 이론 충격계수 0.176보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.
	고유 진동수	• 실측고유진동수(2.83Hz)가 이론 고유진동수(1.716Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.

7.5 안전성평가 및 내하력평가 결과

가. 안전성평가 결과

	구 분	캔틸레버부		중앙부
바닥판	안전율	1.480		-
	최소안전율	S.F = 1.480		
거 더	구 분	G1	G2~G8	G9
	안전율	1.422	1.480	1.521
	최소안전율	S.F = 1.422		

나. 내하력평가 결과

1) 거더

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	G1	1.672	2.650	4.431	DB, DL-24 이상
	G2~G8	1.672	3.059	5.115	DB, DL-24 이상
	G9	1.672	2.934	4.906	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

7.6 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

7.7 종합결론

용두천교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

8. 호죽2교(옥산방향) 초기점검 결과

8.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		호죽2교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.572m			
	폭	B = 12.455m(옥산방향)			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형		교각	-
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		농로, 하천(화산천)	통과높이		5.0m

8.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 연단거리 확보

내구성조사 결과						비 고
반발경도시험						콘크리트강도 설계압축강도 이상 확보
구 분	부 재	시험결과				
반발경도	바닥판	28.0~28.5MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
	교 대	24.9~26.2MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
철근탐사시험						철근피복 및 배근상태는 설계치와 전반적 일치
구 분	시험부위	주철근 배근간격(㎜)		주철근 피복두께(㎜)		
		설계치	측정치	설계치	측정치	
철근탐사	바닥판	200	200	32	40	
	교 대	250	250	84~85.5	100	

8.3 상태평가 결과

교 량 명	호죽2교(옥산방향)						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	50.0	2	100.0	1.000	0.100
합계(Σ)			50.0		100.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

8.4 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

8.5 종합결론

호죽2교(옥산방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

9. 호죽2교(오창방향) 초기점검 결과

9.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		호죽2교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.572m			
	폭	B = 11.825m(오창방향)			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형		교각	-
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		농로, 하천(화산천)	통과높이		5.0m

9.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 연단거리 확보

내구성조사 결과						비 고
반발경도시험						콘크리트강도 설계압축강도 이상 확보
구 분	부 재	시험결과				
반발경도	바닥판	28.0~28.4MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
	교 대	25.8~26.9MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
철근탐사시험						철근피복 및 배근상태는 설계치와 전반적 일치
구 분	시험부위	주철근 배근간격(㎜)		주철근 피복두께(㎜)		
		설계치	측정치	설계치	측정치	
철근탐사	바닥판	200	200	32	40	
	교 대	250	250	84~85.5	100	

9.3 상태평가 결과

교 량 명	호죽2교(오창방향)						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	50.0	2	100.0	1.000	0.100
합계(Σ)			50.0		100.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

9.4 교량 재하시험

분석항목		분석결과
시험트럭		• 재하하중 : 설계하중의 약 62% • 총 중 량 : 269.10kN
정적 재하 시험	최대 응답	• 처 짐 : -2.700 ㎜ • 변형률 : 24.74 με
	횡방향 거동특성	• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.
동적 재하 시험	충격 계수	• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.160(DT1)으로 이론 충격계수 0.166보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.
	고유 진동수	• 실측고유진동수(2.73Hz)가 이론 고유진동수(1.343Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.

9.5 안전성평가 및 내하력평가 결과

가. 안전성평가 결과

	구 분	켄틸레버부		중앙부
바닥판	안전율	1.147		-
	최소안전율	S.F = 1.147		
거 더	구 분	G1	G2~G6	G7
	안전율	1.548	1.545	1.548
	최소안전율	S.F = 1.545		

나. 내하력평가 결과

1) 거더

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	G1	1.819	2.386	4.340	DB, DL-24 이상
	G2~G4	1.819	2.910	5.293	DB, DL-24 이상
	G5	1.819	2.562	4.660	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

9.6 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

9.7 종합결론

호죽2교(오창방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

10. 성산교 초기점검 결과

10.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		성산교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 60.447m			
	폭	B = 24.300m			
구조형식	상부	Precom Girder	기초형식	교대	직접기초
	하부	교대:역T형		교각	-
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(지방도540호선)	통과높이		12.4m

10.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열, 재료분리 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 〉 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 〉 계산치 ⇒ 연단거리 확보

내구성조사 결과						비 고
반발경도시험						콘크리트강도 설계압축강도 이상 확보
구 분	부 재	시험결과				
반발경도	바닥판	30.8~31.7MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
	교 대	24.9~25.4MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
철근탐사시험						철근피복 및 배근상태는 설계치와 전반적 일치
구 분	시험부위	주철근 배근간격(㎜)		주철근 피복두께(㎜)		
		설계치	측정치	설계치	측정치	
철근탐사	바닥판	150	150	52	50	
	교 대	250	250	84	90~100	

10.3 상태평가 결과

교 량 명	성산교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	60.0	4	240.0	1.000	0.100
합계(Σ)			60.0		240.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

10.4 교량 재하시험

분석항목		분석결과
시험트럭		• 재하하중 : 설계하중의 약 62~64% • 총 중 량 : 269.10kN(1호차), 276.00kN(2호차)
정적 재하 시험	최대 응답	• 처 짐 : -10.798 ㎜ • 변형률 : 62.78 με
	횡방향 거동특성	• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.
동적 재하 시험	충격 계수	• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.137(DT1)으로 이론 충격계수 0.149보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.
	고유 진동수	• 실측고유진동수(1.95Hz)가 이론 고유진동수(1.614Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.

10.5 안전성평가 및 내하력평가 결과

가. 안전성평가 결과

	구 분	캔틸레버부		중앙부
바닥판	안전율	1.619		1.053
	최소안전율	S.F = 1.053		
거 더	구 분	G1	G5	G9
	안전율	1.041	1.040	1.051
	최소안전율	S.F = 1.040		

나. 내하력평가 결과

1) 거더

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	외측거더(방호벽)	1.155	1.764	2.037	DB, DL-24 이상
	외측거더(중분대)	1.155	2.255	2.605	DB, DL-24 이상
	내측거더	1.155	1.986	2.294	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

10.6 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

10.7 종합결론

성산교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

11. 서오창IC Ramp-A1교 초기점검 결과

11.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서오창IC Ramp-A1교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.305m			
	폭	B = 19.2m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	매입복합말뚝(A1) 매입강관말뚝(A2)
	하부	교대:역T형		교각	-
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(지방도 540호선)	통과높이		5.2m

11.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열, 박리 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 연단거리 확보

내구성조사 결과						비 고
반발경도시험						콘크리트강도 설계압축강도 이상 확보
구 분	부 재	시험결과				
반발경도	바닥판	28.2~29.5MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
	교 대	25.7~26.4MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
철근탐사시험						철근피복 및 배근상태는 설계치와 전반적 일치
구 분	시험부위	주철근 배근간격(㎜)		주철근 피복두께(㎜)		
		설계치	측정치	설계치	측정치	
철근탐사	바닥판	200	200	32	40	
	교 대	250	250	72~90.5	80~85	

11.3 상태평가 결과

교 량 명	서오창IC Ramp-A1교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본 교	0.100	A	50.0	2	100.0	1.000	0.100
합계(Σ)			50.0		100.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

11.4 교량 재하시험

분석항목		분석결과
시험트럭		• 재하하중 : 설계하중의 약 62~64% • 총 중 량 : 269.10kN(1호차), 276.00kN(2호차)
정적 재하 시험	최대 응답	• 처 짐 : -3.543 ㎜ • 변형률 : 39.01 με
	횡방향 거동특성	• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.
동적 재하 시험	충격 계수	• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.158(DT3)로 이론 충격계수 0.166보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.
	고유 진동수	• 실측고유진동수(2.83~2.88Hz)가 이론 고유진동수(1.418Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.

11.5 안전성평가 및 내하력평가 결과

가. 안전성평가 결과

	구 분	캔틸레버부	중앙부	
바닥판	안전율	1.615	-	
	최소안전율	S.F = 1.615		
거 더	구 분	G1	G2~G6	G7
	안전율	1.567	1.593	1.549
	최소안전율	S.F = 1.549		

나. 내하력평가 결과

1) 거더

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	G1	1.278	1.901	2.429	DB, DL-24 이상
	G2~G5	1.278	2.157	2.757	DB, DL-24 이상
	G6	1.278	2.157	2.757	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

11.6 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

11.7 종합결론

서오창IC RAMP-A1교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

12. 산수교(옥산방향) 초기점검 결과

12.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		산수교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 4@35.0 = 140.0m			
	폭	B = 11.825m			
구조형식	상부	PSC BEAM	기초형식	교대	복합말뚝기초(A1) 직접기초(A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	직접기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(지방도510호선), 하천(양지천)	통과높이		12.8m

12.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열, 망상균열 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 연단거리 확보

내구성조사 결과						비 고
반발경도시험						콘크리트강도 설계압축강도 이상 확보
구 분	부 재	시험결과				
반발경도	바닥판	28.2~28.7MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
	교 대	25.1MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
	교 각	28.3~28.8MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
철근탐사시험						철근피복 및 배근상태는 설계치와 전반적 일치
구 분	시험부위	주철근 배근간격(㎜)		주철근 피복두께(㎜)		
		설계치	측정치	설계치	측정치	
철근탐사	바닥판	200	200	32	40	
	교 대	250	250	90.5	100	
	교 각	140	140	84~85.5	95	

12.3 상태평가 결과

교 량 명	산수교(옥산방향)						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	140.0	4	560.0	0.100	0.100
합계(Σ)			140.0		560.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

12.4 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

12.5 종합결론

산수교(옥산방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

13. 산수교(오창방향) 초기점검 결과

13.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		산수교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 4@35.0 = 140.0m			
	폭	B = 12.645m			
구조형식	상부	PSC BEAM	기초형식	교대	복합말뚝기초(A1) 직접기초(A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	직접기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(지방도510호선), 하천(양지천)	통과높이		12.8m

13.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 연단거리 확보

내구성조사 결과						비 고
반발경도시험						콘크리트강도 설계압축강도 이상 확보
구 분	부 재	시험결과				
반발경도	바닥판	28.4~28.9MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
	교 대	25.2MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
	교 각	28.0~28.4MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
철근탐사시험						철근피복 및 배근상태는 설계치와 전반적 일치
구 분	시험부위	주철근 배근간격(㎜)		주철근 피복두께(㎜)		
		설계치	측정치	설계치	측정치	
철근탐사	바닥판	200	200	32	40	
	교 대	250	250	89	95	
	교 각	140	140	84	90	

13.3 상태평가 결과

교 량 명	산수교(오창방향)						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	140.0	4	560.0	0.100	0.100
합계(Σ)			140.0		560.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

13.4 교량 재하시험

분석항목		분석결과
시험트럭		• 재하하중 : 설계하중의 약 62% • 총 중 량 : 269.10kN
정적 재하 시험	최대 응답	• 처 짐 : -1.401 ㎜ • 변형률 : 29.44 με
	횡방향 거동특성	• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 중분대에서 인접교량과의 간섭이 있는 것으로 나타났으나 각 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 나타나 이상 거동은 없는 것으로 판단됨.
동적 재하 시험	충격 계수	• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.110(DT3)으로 이론 충격계수 0.200보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.
	고유 진동수	• 실측고유진동수(4.59~4.69Hz)가 이론 고유진동수(0.565Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.

13.5 안전성평가 및 내하력평가 결과

가. 안전성평가 결과

	구 분	캔틸레버부	중앙부	
바닥판	안전율	1.263	-	
	최소안전율	S.F = 1.263		
거 더	구 분	외측거더	내측거더	G7
	안전율	1.453	1.807	1.548
	최소안전율	S.F = 1.453		

나. 내하력평가 결과

1) 거더

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	외측거더	4.592	1.121	5.148	DB, DL-24 이상
	내측거더	4.592	2.342	10.754	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

13.6 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

13.7 종합결론

산수교(오창방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

14. 복현1교 초기점검 결과

14.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		복현1교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 30.0 + 45.0 + 30.0 = 105.0m			
	폭	B = 24.640m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	직접기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(국도17호선)	통과높이		5.3m

14.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열, 망상균열, 파손 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 연단거리 확보

내구성조사 결과						비 고
반발경도시험						콘크리트강도 설계압축강도 이상 확보
구 분	부 재	시험결과				
반발경도	바닥판	28.5~29.1MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
	교 대	25.0MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
	교 각	28.2~28.4MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
철근탐사시험						철근피복 및 배근상태는 설계치와 전반적 일치
구 분	시험부위	주철근 배근간격(㎜)		주철근 피복두께(㎜)		
		설계치	측정치	설계치	측정치	
철근탐사	바닥판	200	200	62	65~70	
	교 대	250	250	89	95	
	교 각	125	125	87.5	90	

14.3 상태평가 결과

교 량 명	복현1교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본 교	0.100	A	105.0	4	420.0	1.000	0.100
합계(Σ)			105.0		420.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

14.4 교량 재하시험

분석항목		분석결과
시험트럭		• 재하하중 : 설계하중의 약 62~64% • 총 중 량 : 269.10kN(1호차), 276.00kN(2호차)
정적 재하 시험	최대 응답	• 처 짐 : -1.325 ㎜ • 변형률 : 29.51 με
	횡방향 거동특성	• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.
동적 재하 시험	충격 계수	• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.153(DT5)으로 이론 충격계수 0.214보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.
	고유 진동수	• 실측고유진동수(6.54~6.64Hz)가 이론 고유진동수(3.681Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.

14.5 안전성평가 및 내하력평가 결과

가. 안전성평가 결과

	구 분	켄틸레버부	중앙부
바닥판	안전율	1.723	-
	최소안전율	S.F = 1.723	

	구 분	G1	G2~G8	G7
거 더	안전율	2.084	2.073	2.068
	최소안전율	S.F = 2.068		

나. 내하력평가 결과

1) 거더

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	G1	1.562	2.737	4.275	DB, DL-24 이상
	G2~G8	1.562	2.888	4.511	DB, DL-24 이상
	G9	1.562	2.374	3.708	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

14.6 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

14.7 종합결론

복현1교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

15. 복현3교 초기점검 결과

15.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		복현3교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.36 + 50.30 = 100.66m			
	폭	B = 24.640m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:π형		교각	말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(국도17호선)	통과높이		5.3m

15.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열, 망상균열, 백태, 재료분리 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 〉 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 〉 계산치 ⇒ 연단거리 확보

내구성조사 결과						비 고
반발경도시험						콘크리트강도 설계압축강도 이상 확보
구 분	부 재	시험결과				
반 발 경 도	바닥판	29.2~31.0MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
	교 대	25.1~25.4MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
	교 각	28.1MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
철근탐사시험						철근피복 및 배근상태는 설계치와 전반적 일치
구 분	시험부위	주철근 배근간격(㎜)		주철근 피복두께(㎜)		
		설계치	측정치	설계치	측정치	
철 근 탐 사	바닥판	100~200	100~200	32	40	
	교 대	250	250	85.5~89	100	
	교 각	125	125	85.5	85	

15.3 상태평가 결과

교 량 명	복현3교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	100.0	4	400.0	1.000	0.100
합계(Σ)			100.0		400.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

15.4 교량 재하시험

분석항목		분석결과
시험트럭		• 재하하중 : 설계하중의 약 62~64% • 총 중 량 : 269.10kN(1호차), 276.00kN(2호차)
정적 재하 시험	최대 응답	• 처 짐 : -2.780 ㎜ • 변형률 : 29.48 με
	횡방향 거동특성	• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.
동적 재하 시험	충격 계수	• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.159(DT2)으로 이론 충격계수 0.166보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.
	고유 진동수	• 실측고유진동수(2.83Hz)가 이론 고유진동수(1.422Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.

15.5 안전성평가 및 내하력평가 결과

가. 안전성평가 결과

	구 분	캔틸레버부		중앙부
바닥판	안전율	1.172		-
	최소안전율	S.F = 1.172		
거 더	구 분	G1	G2~G8	G7
	안전율	1.524	1.514	1.515
	최소안전율	S.F = 1.514		

나. 내하력평가 결과

1) 거더

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	G1	2.035	3.787	7.707	DB, DL-24 이상
	G2~G8	2.035	3.311	6.738	DB, DL-24 이상
	G9	2.035	2.779	5.655	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

15.6 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

15.7 종합결론

복현3교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

16. 오창JCT Ramp-A교 초기점검 결과

16.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		오창JCT Ramp-A교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.108 + 50.143 = 100.251m			
	폭	B = 17.100m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:ㅠ형		교각	말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(중부고속도로, 지방도510호선)	통과높이		5.1~6.0m

16.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열, 망상균열, 박리, 백태, 재료분리 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 연단거리 확보

내구성조사 결과						비 고
반발경도시험						콘크리트강도 설계압축강도 이상 확보
구 분	부 재	시험결과				
반발경도	바닥판	29.8~30.2MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
	교 대	26.1~27.0MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
	교 각	28.3MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
철근탐사시험						철근피복 및 배근상태는 설계치와 전반적 일치
구 분	시험부위	주철근 배근간격(㎜)		주철근 피복두께(㎜)		
		설계치	측정치	설계치	측정치	
철근탐사	바닥판	100	100	60	50	
	교 대	250	250	84~89	95~100	
	교 각	125	125	89	100	

16.3 상태평가 결과

교 량 명	오창JCT Ramp-A교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	100.0	4	400	1.000	0.100
합계(Σ)			100.0		400	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

16.4 교량 재하시험

분석항목		분석결과
시험트럭		• 재하하중 : 설계하중의 약 62~64% • 총 중 량 : 269.10kN(1호차), 276.00kN(2호차)
정적 재하 시험	최대 응답	• 처 짐 : -2.917 ㎜ • 변형률 : 22.05 με
	횡방향 거동특성	• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.
동적 재하 시험	충격 계수	• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.161(DT4)로 이론 충격계수 0.167보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.
	고유 진동수	• 실측고유진동수(2.83Hz)가 이론 고유진동수(1.450Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.

16.5 안전성평가 및 내하력평가 결과

가. 안전성평가 결과

	구 분	켄틸레버부	중앙부	
바닥판	안전율	1.172	-	
	최소안전율	S.F = 1.172		
거 더	구 분	G1	G2~G8	G7
	안전율	1.524	1.514	1.515
	최소안전율	S.F = 1.514		

나. 내하력평가 결과

1) 거더

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	G1	1	3.787	3.787	DB, DL-24 이상
	G9	1	2.779	2.779	DB, DL-24 이상
	G2~G8	1	3.311	3.311	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

16.6 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

16.7 종합결론

오창JCT Ramp-A교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

17. 오창JCT Ramp-C교 초기점검 결과

17.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		오창JCT Ramp-C교	시설물번호		-
준공년월일		2017. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 4@45.0 = 180.0m			
	폭	B = 9.170m			
구조형식	상부	STEEL BOX GIRDER교	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	말뚝기초(P1) 직접기초(P2,P3)
교량받침		면진받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(리도211선), 하천(성암천)	통과높이		5.0m

17.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열, 망상균열, 표면오염 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 연단거리 확보

내구성조사 결과						비 고
반발경도시험						콘크리트강도 설계압축강도 이상 확보
구 분	부 재	시험결과				
반발경도	바닥판	29.1~29.8MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
	교 대	26.2MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
	교 각	28.4~28.7MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
철근탐사시험						철근피복 및 배근상태는 설계치와 전반적 일치
구 분	시험부위	주철근 배근간격(㎜)		주철근 피복두께(㎜)		
		설계치	측정치	설계치	측정치	
철근탐사	바닥판	150	150	32	35~40	
	교 대	250	250	84~87.5	90~95	
	교 각	125	125	89	90	

17.3 상태평가 결과

교 량 명	오창JCT Ramp-C교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	180.0	4	720	1.000	0.100
합계(Σ)			180.0		720	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

17.4 교량 재하시험

분석항목		분석결과
시험트럭		• 재하하중 : 설계하중의 약 62% • 총 중 량 : 269.10kN
정적 재하 시험	최대 응답	• 처 짐 : -3.207 ㎜(4경간), -2.898 ㎜(3경간) • 변형률 : 49.98 με(4경간), 44.26 με(3경간)
	횡방향 거동특성	• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.
동적 재하 시험	충격 계수	• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.080(4경간), 0.109(3경간)로 이론 충격계수 0.176(4경간), 0.176(3경간)보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.
	고유 진동수	• 실측고유진동수(2.34Hz)와 이론 고유진동수(2.938Hz)의 해석치가 비슷하게 산정되어 해석모델이 대상교량의 거동을 합리적으로 표현함.

17.5 안전성평가 및 내하력평가 결과

가. 안전성평가 결과

1) 바닥판

구 분		ΦMn(kN·m)	Mu(kN·m)	계산식	판정
바닥판	켄틸레버	98.343	70.9	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{98.343}{70.9} = 1.387$	O.K
	중 앙 부	102.844	73.4	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{102.844}{73.4} = 1.401$	O.K

2) 거더

구 분		계산식	판정	비고
강박스 거더	휨응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{215.000}{203.350} = 1.057$	O.K	MPa
	전단응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{125.000}{59.366} = 2.106$	O.K	MPa
	합성응력	$\left(\frac{203.350}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{59.366}{125.000}\right)^2 = 1.120 < 1.2$	O.K	

나. 내하력평가 결과

1) 거더

구 분		기본내하율 (R.F)	응답보정계수 (K_s)	공용내하율 (K_s×RF)	공용내하력
외측거더 (G1)	상연	9.432	1.666	15.714	DB-24 이상
	하연	4.936	1.666	8.223	DB-24 이상
외측거더 (G2)	상연	1.433	1.712	2.453	DB-24 이상
	하연	1.363	1.712	2.333	DB-24 이상
결 과 분석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨.			

17.6 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

17.7 종합결론

오창JCT Ramp-C교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

18. 오창JCT Ramp-D교 초기점검 결과

18.1 교량개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		오창JCT Ramp-D교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = (35.148+39.993+4@40.0)+(40.15+40.0+60.0+40.15) = 415.422m			
	폭	B = 9.170m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon) + STEEL BOX GIRDER	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	말뚝기초(P1, P5~P9) 직접기초(P2~P4)
교량받침		면진받침	신축이음		Finger Joint
교차시설물		도로(리도211호선, 농로308호선, 지방도510호선), 하천(성암천)	통과높이		5.7m

18.2 현장조사 및 시험 결과

외관조사 결과	▪ 균열, 백태 등의 손상이 조사되어 보수를 실시함.
유간거리 결과	▪ 측정지점 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 유간거리 확보
연단거리 결과	▪ 측정개소 모두에서 측정치 > 계산치 ⇒ 연단거리 확보

내구성조사 결과						비 고
반발경도시험						콘크리트강도 설계압축강도 이상 확보
구 분	부 재	시험결과				
반발경도	바닥판	28.2~30.3MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
	교 대	26.4MPa로 설계기준강도(24.0MPa) 만족.				
	교 각	28.4~29.3MPa로 설계기준강도(27.0MPa) 만족.				
철근탐사시험						철근피복 및 배근상태는 설계치와 전반적 일치
구 분	시험부위	주철근 배근간격(㎜)		주철근 피복두께(㎜)		
		설계치	측정치	설계치	측정치	
철근탐사	바닥판	150~200	150~200	32	30~40	
	교 대	250	250	90.5	100	
	교 각	125~130	125~130	85.5~87.5	85~95	

18.3 상태평가 결과

교 량 명	오창JCT Ramp-D교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	415.0	1	415.0	1.000	0.100
합계(Σ)			415.0		415.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

18.4 교량 재하시험

분석항목		분석결과
시험트럭		• 재하하중 : 설계하중의 약 62% • 총 중 량 : 269.10kN
정적 재하 시험	최대 응답	• 처 짐 : -2.590 ㎜(7경간), -2.245 ㎜(8경간) • 변형률 : 45.84 με(7경간), 33.96 με(8경간)
	횡방향 거동특성	• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.
동적 재하 시험	충격 계수	• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.159(7경간), 0.142(8경간)로 이론 충격계수 0.188(7경간), 0.188(8경간)보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.
	고유 진동수	• 실측고유진동수(3.22~3.27Hz)가 이론 고유진동수(2.537Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.

18.5 안전성평가 및 내하력평가 결과

가. 안전성평가 결과

1) 바닥판

구 분		ΦMn(kN·m)	Mu(kN·m)	계산식	판정
바닥판	켄틸레버	118.702	109.8	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{118.702}{109.8} = 1.081$	O.K
	중 앙 부	102.844	73.4	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{102.844}{73.4} = 1.401$	O.K

2) 거더

구 분		계산식	판정	비고
강박스 거더	휨응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{217.136}{139.252} = 1.559$	O.K	MPa
	전단응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{125.000}{58.000} = 2.155$	O.K	MPa
	합성응력	$\left(\frac{139.252}{217.136}\right)^2 + \left(\frac{58.000}{125.000}\right)^2 = 0.627 < 1.2$	O.K	

나. 내하력평가 결과

1) 거더

구 분		기본내하율 (R.F)	응답보정계수 (K_s)	공용내하율 (K_s×RF)	공용내하력
외측거더 (G1)	상연	5.320	1.526	8.118	DB-24 이상
	하연	3.554	1.526	5.423	DB-24 이상
외측거더 (G2)	상연	5.738	1.418	8.136	DB-24 이상
	하연	3.445	1.418	4.885	DB-24 이상
결 과 분석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨.			

18.6 종합평가 및 안전등급

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0 이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

18.7 종합결론

오창JCT Ramp-D교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

19. 보수 및 유지관리 방안

19.1 보수방안

구조물에 대한 보수는 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수의 수준을 정한다.

통상 보수는 구조물에 작용한 위해요인에 의해 발생된 구조물의 손상을 치유하는 것을 말하며, 보수를 위해서는 현장조사결과와 상태평가 결과 등을 정밀검토한 후에 보수의 필요성, 공법 및 그 수준을 정한다.

19.2 보수·보강 우선순위 결정기준

구조물에 발생한 손상의 보수·보강 우선순위는 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 2012. 12. 국토해양부』 및 『콘크리트 구조물의 균열, 누수 보수·보강 전문시방서』를 참고하고 다음과 같은 기준으로 분류하여 우선순위를 선정하였으며, 전체 시설물에서의 우선순위 결정은 각 부재가 가지는 중요도, 보수의 긴급성, 발생한 결함 및 손상의 영향, 구조물 사용수명 등을 종합적으로 검토하여 결정하였다.

금번 점검결과, 구조물의 구조 안전성에 영향을 주는 손상은 조사되지 않았으며, 내구성확보를 위해 조사된 손상에 대한 보수 등의 우선순위를 선정하기 위하여 기준을 다음과 같이 정리하였다.

【보수 우선순위 결정 기준】

구분	우선순위	내용	보수·보강·개축 적용
보수	1순위	• 구조물 안전성에 영향을 주거나, 구조물의 내구성 저하에 영향을 주는 손상	• 보수 우선순위 결정은 손상의 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토하여 결정한 사항으로 향후 보수 적용시 1~2순위의 순서에 따른 실행이 필요
	2순위	• 손상이 지속적으로 유지될 경우 구조물의 내구성에 직접적인 영향을 주는 손상	
	3순위	• 주의관찰 손상(지속적인 점검을 통한 유지관리)	

19.3 손상 종류별 우선순위 결정

일반적으로 보수·보강은 가급적 혹한기와 강우기를 피해 갈수기에 실시해야 하되, 구간별 등급과 우선순위를 고려하여 보수 1순위는 구조물 내구성확보 및 철근부식 등의 2차 손상 억제 차원에서 우선 조치가 필요하고 2순위는 장기적인 관점에서의 유지관리를 위해 보수·보강을 실시하여야 할 것으로 판단된다. 단 금회점검은 초기점검이므로 조사된 손상은 1순위로 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

19.4 유지관리방안

유지관리란 시설물의 내용연수 내에 그 기능을 보존하고 이용자의 편의나 안전을 도모하기 위한 목적으로 일상정비하고 손상된 부분을 원상태로 보수하여 최초에 정비된 상태로 유지함과 아울러 시간의 경과에 따른 시설의 개량을 행하는 것이다. 따라서 여기에는 시설물의 갱신이나 개량은 포함되지 않는다. 여기서 유지관리의 기본개념을 정리하면 다음과 같다.

【유지관리의 기본개념】

구 분			내 용
유지관리	점검·검사		• 정기점검, 이상시 점검을 주체로 하며 이에 동반되는 관리업무
	평 가		• 점검 결과에 따라 시설의 건전도를 평가하여, 보수의 필요성을 판단하는 것
	유지보수	유지	• 시설물의 물리적 노후도의 진행이나 기능저하를 허용한계 이내로 멈추게 하기 위한 행위
		보수	• 물리적·기능적으로 노후화된 시설물을 부분적 수리하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위
		보강	• 외력에 의하여 파손된 시설물을 부분적으로 보수하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위
갱신 · 교체			• 물리적·기능적으로 노후화된 시설물이나 이상한 외력에 의하여 파손된 시설물을 전면적으로 수리하여 원래의 기능과 구조물로 회복시키는 행위
개 량			• 당초 계획했던 기능을 능가하는 기능을 갖출 수 있는 구조로 개량하는 행위

19.5 시설물별 중점 유지관리 사항

초기점검 결과에 따라 향후 실시할 정기점검, 정밀점검 및 정밀안전진단 시 시설물의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여 수행하여야 하며 조사된 사항들은 결함의 진전여부 및 재발생 여부를 주기적으로 관찰함으로 향후 더 크게 발전할 가능성이 있는 결함부위에 대한 원인을 분석하여 사전에 예방하여야 한다.

제1편 공 통 편

제1장 공통편

1.1 과업의 개요
1.2 현장조사 및 시험
1.3 상태평가
1.4 안전성평가 및 내하력평가
1.5 종합평가 및 안전등급
1.6 과업의 적용기준

제1장 공통편

1.1 과업의 개요

1.1.1 과업명

『옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검』

1.1.2 과업의 목적

본 과업은 『건설기술진흥법 시행령』 제100조에 의거 **"옥산~오창 고속도로 민간투자사업"** 중 시설물에 대한 초기점검을 시행하고, 현장조사를 통하여 손상이 발생된 부분을 조사·분석하여 안전성을 평가하며, 이에 따른 시설물 유지관리에 필요한 초기치와 기초자료를 확보함과 동시에 하자보수 범위 및 보수·보강(필요시)등의 공법을 결정하여 시설물의 기능유지, 안전도모 및 재해예방에 그 목적이 있다.

1.1.3 공사 현황

【표 1.1.1】 공사현황

사 업 명	옥산~오창 고속도로 민간투자사업 건설공사		
공사위치	충청북도 청주시 흥덕구 옥산면 수락리(경부고속도로) ~ 충청북도 청주시 청원구 오창읍 도암리(중부고속도로) 일원		
발 주 자	옥산오창고속도로(주)	감 리 자	(주)천일 동부엔지니어링(주) (주)평화엔지니어링
설 계 자	(주)삼보기술단 (주)용마엔지니어링	시 공 자	GS건설(주) (주)효성 (주)케이알 산업
과업연장	L = 12.1km	폭 원	B = 23.4m (4차로)

1.1.4 과업대상 시설물의 개요

【표 1.1.2】 과업대상 시설물의 개요

구분	시설규모	형식	비고
옥산JCT Ramp-A교	L=257m, B=12.6m	DCB(강재) 거더교	
옥산JCT Ramp-C교	L=257m, B=9m	DCB(강재) 거더교	
옥산JCT Ramp-D교	L=170.24m, B=12.6m	SEB(강재) 거더교	
병천천교	L=230m, B=15.975m~17.97m	개량형 PSC빔교	
용두천교	L=135m, B=24.47m	개량형 PSC빔교	
호죽2교	L=50.572m, B=11.825~12.455m	개량형 PSC빔교	
성산교	L=60.447m, B=24.3m	PRECOM 거더교	
서오창IC Ramp-A1교	L=50.305m, B=19.2m	개량형 PSC빔교	
산수교	L=140m, B=11.825m~12.645m	PSC 빔교	
복현1교	L=105m, B=24.64m	개량형 PSC빔교	
복현3교	L=100.66m, B=24.64m	개량형 PSC빔교	
오창JCT Ramp-A교	L=100.251m, B=17.1m	개량형 PSC빔교	
오창JCT Ramp-C교	L=180m, B=9.17m	강박스(HD) 거더교	
오창JCT Ramp-D교	L=415.422m, B=9.17m	개량형 PSC빔교+ 강박스(HD) 거더교	

1.1.5 과업의 범위 및 내용

가. 과업의 범위

1) 과업수행계획 수립

2) 시설물 현황조사 및 관련자료 수집

3) 비파괴 현장시험

4) 시설물별 외관조사

5) 조사 및 시험 결과분석

6) 시설물의 상태평가 및 안전성평가

① 부재별 상태평가

② 안전성평가 및 내하력평가

7) 보수·보강 방안 및 유지관리방안 제시(필요시)

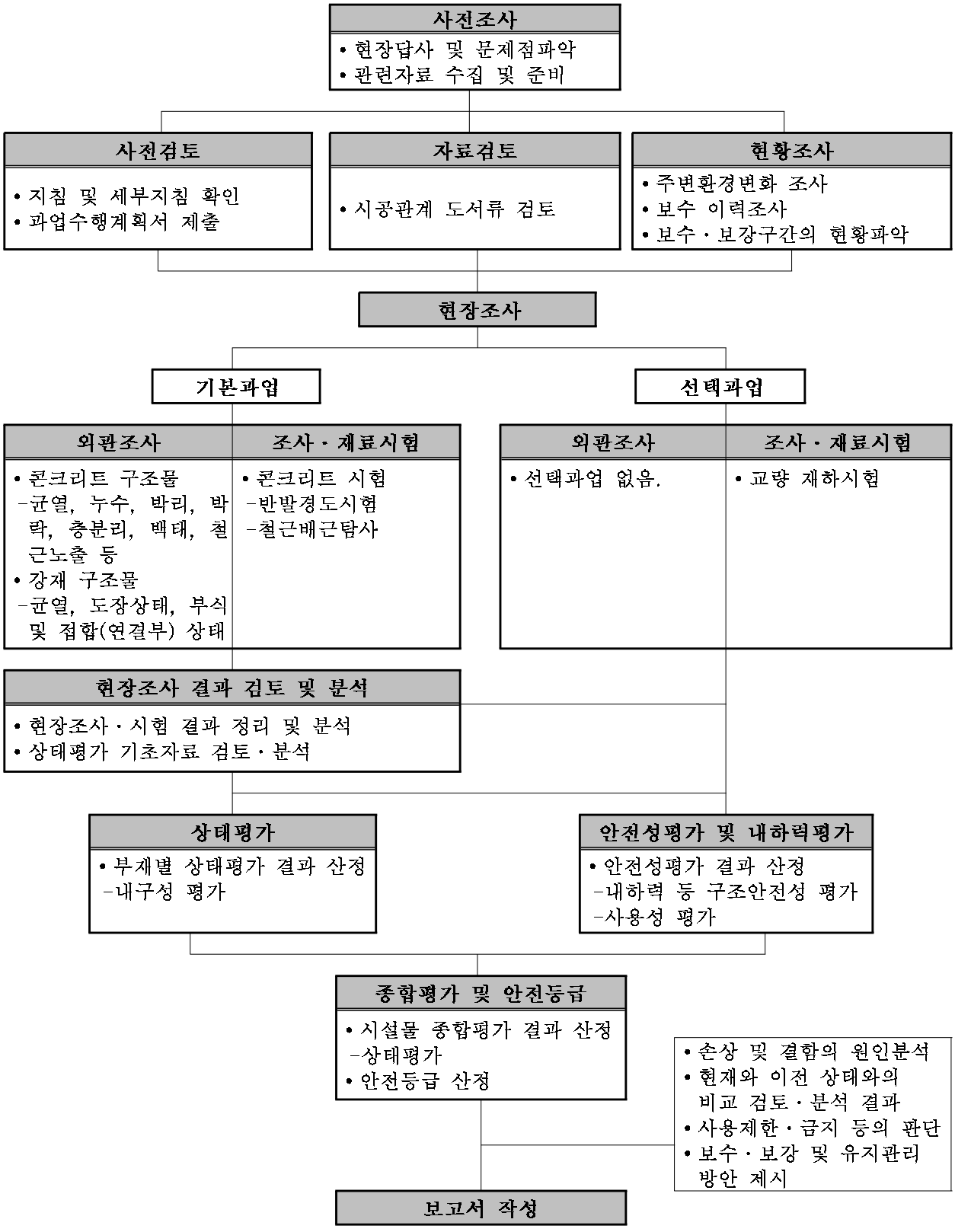
8) 종합평가 및 안전등급

나. 과업의 내용

구 분	과업수행 내용
자료수집 및 분 석	• 준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리·수문계산서 • 시공·보수·보강도면, 제작 및 작업도면 • 재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료, 안전점검 실시결과
현장조사 및 시 험	• 기본시설물 또는 주요부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 - 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등 - 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식상태 등 • 간단한 현장 재료시험 등 - 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험) - 철근탐사시험(배근간격, 피복두께)
교량, 옹벽 상태평가	• 외관조사 결과분석 • 현장 재료시험 결과분석 • 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 • 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임기술자의 소견
교량 안전성평가	• 설계하중 및 시험하중에 대한 구조해석 • 재하시험과 이론해석 결과에 의한 변형률 및 처짐의 응답평가 • 재하시험 결과를 반영하여 설계기준 및 지침에 의한 내하력평가
종합평가	• 상태평가 등급과 안전성평가 등급을 비교, 종합평가 등급을 결정 • 대상 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급 결정
보수 및 보강공법 (필요시)	• 결함 및 손상부위에 대한 원인분석 및 평가 • 기능회복 및 향상을 위한 보수·보강공법 제시
유지관리 방안	• 유지관리상 문제점과 기준작성 • 효율적인 유지관리를 위한 방안의 제시
보고서 작성	• 최종보고서 작성 및 제출

1.1.6 과업수행 흐름 및 일정

가. 과업수행 흐름도



【그림 1.1.1】 과업수행 흐름도

나. 과업수행 일정

【표 1.1.3】 과업수행 일정표

항목 \ 일정		2017년 10월 01일 ~ 2018년 01월 13일							비고
		15일	30일	45일	60일	75일	90일	105일	
1. 사전조사 (관련자료 수집 및 분석)									
2. 현장조사 및 시험	현장조사 및 내구성조사								
	재하시험								
3. 보고서 작성	자료정리 및 보고서작성								
	상태평가 및 안전성평가								
	종합평가 및 안전등급								
	보고서보완 및 납품								

1.1.7 사용장비 현황

【표 1.1.4】 현장시험 장비 목록 및 사진

장비명		규격	용도	활용방법	사진
균열 측정기	PSM-20	PIKA	균열폭 측정	• 균열폭의 크기와 길이를 확대렌즈를 통해 육안으로 확인	
반발경도 측정기	Schmidt hammer	NR식	콘크리트강도	• 약 3cm 간격에 20회 정도 타격하여 그 값의 평균치를 구함	
철근 탐사기	RC-Radar	NJJ-85A	철근배근상태·피복두께 측정	• 본체와 연결된 스케너를 통해 한쪽 방향으로 이동하여 철근의 위치를 액정화면을 통해 측정	

1.2 현장조사 및 시험

1.2.1 개요

현장조사 및 시험은 본 초기점검에서는 국토교통부(2017.01)에서 제시한 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편)”에 의거 교량은 주요부재 및 보조부재로 구분하여 평가기준을 정하여 실시하였으며, 현장조사에서 조사된 결함사항 및 현장시험에 의해 측정된 결과값은 부록에 수록하였다.

1.2.2 현장조사

가. 주요 점검항목

【표 1.1.5】 주요 점검항목

부재명	점검부위	주요 조사항목
교면포장	• 공 통	• 균열(미세, 선상, 격자형) • 소성변형(요철, 바퀴자국, 단차) • 포트홀 • 노면잡물(구배불량)
	• 신축이음 전후, 구조물 경계부	• 단차, 침하
	• 배수구 주변	• 물고임(배수구 간격, 유출구 위치)
배수시설	• 배수구	• 파손, 누락 • 누수, 체수(막힘) • 오염(이물질 퇴적)
	• 배수관	• 파손(연결 고정부 탈락) • 배수관 길이부족(거더에 물 떨어짐) • 유출구 위치 부적절
방호벽	• 철근콘크리트	• 균열(부모멘트부 균열, 침하균열) • 박리, 박락, 철근노출, 파손(충돌)
바닥판	• 공 통	• 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 파손 • 백태, 오염 • 재료분리
신축이음	• 본 체	• 누수, 오염(배수시설 누락, 유간토사퇴적) • 유간(부족 또는 과다) • 이상진동(충격음) • 본체 유동 및 파손(충격음, 흔들림) • 방수재(씰재) 파손 - 노면수 유입
	• 후타재	• 균열, 파손(폐임 및 요철) • 전·후의 단차(교면포장과의 단차)

【표 1.1.5】 주요 점검항목(계속)

부재명		점검부위	주요 조사항목
교량받침		• 본 체	• 부식(오물퇴적), 변형 • 균열, 파손 • 가동받침의 유간부족 및 가동 장애요소 • 받침과 거더의 밀착상태(분리) • 앵커볼트 파손(절단) • 가동방향 오류, 편기설치 • 부속물 파손
		• 받침대	• 균열, 파손 • 부분침하
거더	강재	• 공 통	• 변형, 균열, 파손 • 표면(도장)상태 오염, 부식 • 이상처짐 • 연결부 볼트 이완, 파손, 이상음
		• 받침부	• 복부판 부식 및 국부좌굴 • 박스내부 출입구 개폐 • 거더와 받침연결부 부식 • 박스내부 바닥 물고임 및 부식
		• 중앙부	• 맞대기 용접부 균열 • 플랜지 변형 및 처짐 • 다이아프램 연결부 균열
		• 2차부재	• 거더와의 연결부 균열
		• 보수부위	• 용접부 및 용접부 주변 균열
	콘크리트	• 공 통	▪ 박리, 박락(파손), 철근노출, 백태 발생여부 확인
		• 받침부	▪ 부스러짐 발생여부 확인 ▪ 복부사인장 균열 발생여부 확인 ▪ 연속교 상단 휨균열 발생여부 확인 ▪ 격벽 개구부 모서리 균열 발생여부 확인
		• 중앙부	▪ 휨균열, 거더처짐 발생여부 확인 ▪ 쉬스관 노출 및 파손 발생여부 확인 ▪ 박스내부 플랜지 및 복부의 강선방향 균열 발생여부 확인 ▪ 시공이음부 균열 및 누수 발생여부 확인
		• 강선정착부	▪ 정착부 균열 및 파손 발생여부 확인

【표 1.1.5】 주요 점검항목(계속)

부재명	점검부위	주요 조사항목
교 대	• 공 통	• 균열(시공이음부 횡방향 균열) • 박리, 박락, 층분리, 백태, 파손, 철근노출 • 교대회전
	• 두 부	• 두부 물고임 • 두부와 흉벽 경계부 균열 • 거더와 흉벽 신축유간 부족
	• 벽 체	• 균열(수직균열) • 벽체와 날개벽 분리(이동)
교 각	• 공 통	• 균열 박리, 철근노출, 파손 • 침하
	• 두 부	• 두부 물고임 • 받침 하부 균열 및 파손(박리, 박락)
	• 구 체	• 수직균열 • 이동 또는 기울음

나. 외관조사 방법

1) 구조물 육안 상세조사

【표 1.1.6】 외관조사 구간별 조사방법

구 간	위 치	조사방법(장비사용현황)	비 고
교 량	상면	도보 육안조사	
	거더 내부	조명장비를 이용한 도보 육안조사	
	외부	교량점검차를 이용한 육안조사	

2) 외관조사 전경



고소점검차를 이용한 바닥판 하부 조사



고소점검차를 이용한 바닥판 하부 조사



고소점검차를 이용한 바닥판 하부 조사



교량점검차를 이용한 바닥판 하부 조사



교량점검차를 이용한 바닥판 하부 조사



교량점검차를 이용한 바닥판 하부 조사

3) 신축이음부 유간거리조사

① 신축량 계산

㉠ 참조도서 : 도로설계편람(국토해양부, 2008)

㉡ 건조수축과 크리프에 의한 신축량은 제외

② 계산 신축량 산정

㉠ 온도변화에 의한 신축량

$\Delta \ell t = \Delta T \cdot a \cdot \ell$ [ΔT : 온도변화, a : 선팽창계수, ℓ : 신축거더의 길이(m)]

【표 1.1.7】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수

교량형식		온도변화의 범위(℃)		선팽창계수(a)
		보통 지방	한랭 지방	
강교	상로교	-10℃ ~ +40℃	-20℃ ~ +40℃	1.2×10^{-5}
강교	하로교 강바닥판교	-10℃ ~ +50℃	-20℃ ~ +40℃	1.2×10^{-5}
RC, PSC 교		-5℃ ~ +35℃	-15℃ ~ +35℃	1.0×10^{-5}
지역		대전,구미,대구,부산,강릉논산,전주,광주,순천,진주,마산,창녕,고령	인천,수원,천안,영동,이천,원주,대관령,경안,진천	

㉡ 보의 처짐에 의한 신축량 : 활하중 작용

$\Delta \ell r = \Sigma(hi \cdot \Theta i) = 2/3 \times$ 거더높이 $\times 1/(150, 300)$

: 보의 중립축에서 받침의 회전중심까지의 거리(거더 높이의 2/3)

: 받침부위의 보의 회전각 : 강교(1/150), 콘크리트교(1/300)

③ 검토 방법

㉠ 총 계산 신축량 > 측정 신축량 : N.G

㉡ 총 계산 신축량 < 측정 신축량 : O.K

다. 콘크리트 강도조사

1) 반발경도법

개 요

- 콘크리트 표면의 반발경도를 측정하여, 콘크리트의 압축강도를 추정하는 검사방법이다.
- 슈미트해머는 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(f_c')와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 적용함

시험방법

- 반발경도 측정은 선정된 부위에 그라인딩 작업으로 표면 정리를 한 다음 타격점 상호간의 종·횡 간격을 30㎜기준으로 그어 직교되는 부위에 20점 이상을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값을 구하고, 각 반발경도 값이 평균값의 ±7의 범위(또는 ±15~20%)를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도를 결정
- 측정점간의 최소간격은 30~60㎜로 하고, 측정부재의 최소두께는 반발도의 영향을 고려하여 100㎜이상을 원칙으로 함
- 측정치는 원칙적으로 정수값을 읽고, 표면건조상태의 부위를 선정, 측정하여 건습에 따른 보정, 압축응력에 따른 반발도의 보정과 타격 방향에 대한 보정 및 재령에 따른 보정을 적용함

측정기의 기종 선정 → 점검기에 의한 정도확인 → 측정 장소의 확인, 요철제거 → Marker 등에 의한 측정점의 표시 → 측정, 20점 이상의 평균 → 타격 방향, 습윤 및 재령의 보정 → 강도추정식에 의한 압축강도 산출 → 압축강도의 추정

<반발경도법에 의한 강도추정 흐름도>

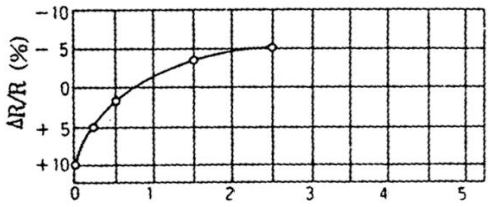
보정방법

- 타격방향에 따른 보정(ΔR1)

반발경도 (R)	수평과 이루는 각도				비고
	+90°	+45°	-45°	-90°	
10	-	-	+2.4	+3.2	상향수직 : +90° 하향수직 : -90°
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	

- 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정(ΔR3)
기건상태 : ΔR3 = 0, 습윤상태 ΔR3 = +5

- 압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정(ΔR2) 압축응력 0.1MPa인 경우 ΔR2 = -0.015R, 0.25MPa인 경우 ΔR2 = -0.05R 정도임



<압축응력에 따른 반발경도 보정곡선>

- 콘크리트 재령에 따른 보정(α)

구분	7일	14일	21일	28일	100일	500일	750일	1000일	2000일	3000일
재령(α)	1.72	1.36	1.12	1.00	0.78	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

- Ro = R + ΔR (⇒ ΔR = ΔR1 + ΔR2 + ΔR3)

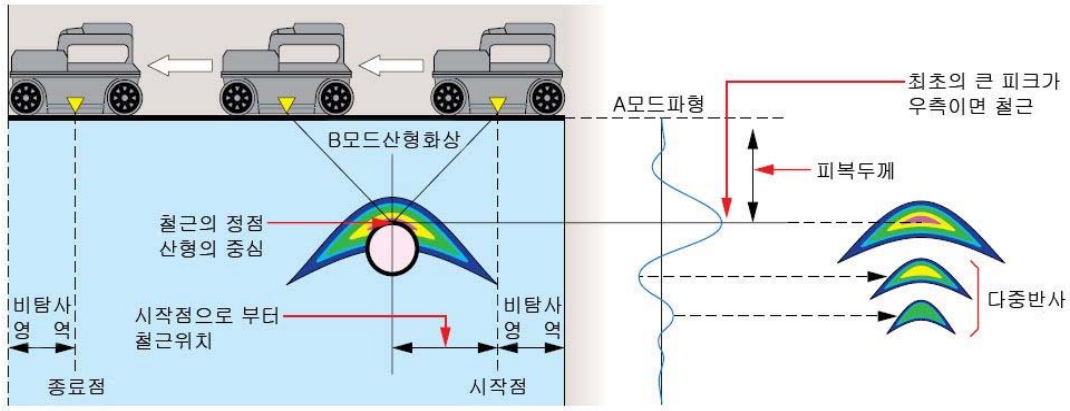
여기서, ΔR1 : 타격방향에 따른 보정값
ΔR2 : 압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정값
ΔR3 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

압축강도 추정식

- 방법 1 : Fc = -18.0+1.27×Ro (㎫) ⇒ 일본 재료학회 추정식
- 방법 2 : Fc = (7.3Ro + 100)×0.1 (㎫) ⇒ 일본건축학회 추정식

주) ● 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
● 콘크리트 내구성 평가절차 수립(국토해양부, 시설안전기술공단, 1999.12) 참조
● 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부, 한국시설안전공단, 2017.01) 참조

라. 철근탐사시험

<table>
<tr><td>개 요</td><td>• 본 탐사는 시공 상태평가를 위하여 설계도서에 기록된 피복두께와 동일 시공여부를 조사하여 비교하고 탄산화로 인한 구조물의 내구성 평가와 장기적인 내구성 확보를 위한 대책마련을 위해 실시</td></tr>
<tr><td>탐사조건</td><td>• 적용 가능한 조건
- 탐사심도 200㎜ 이내
- 탐사대상 철근지름이 6㎜ 이상
- 콘크리트의 질이 균일한 곳
- 철근이 안테나 진행 방향에 직교한 곳
• 적용 곤란한 조건
- 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑에 철근이 위치한 경우
- 100㎜ 이하의 피치에서 배근된 경우
- 철근이 안테나 진행 방향과 평행한 경우</td></tr>
<tr><td>측정방법</td><td>• 철근탐사장비 RC-Radar의 측정원리는 전자파를 콘크리트의 표면에서 내부로 방사하여 콘크리트와 전기적 성질이 다른 철근이나 공동 등의 대상물로부터 반사되는 전파를 다시 안테나에서 수신하여 철근의 배근상태나 공동 등의 위치 및 깊이를 화상으로 기록하는 장비로 레이다 방식(화면 모니터 방식)이며, 측정가능심도는 5~200㎜


<RC-Radar 측정원리></td></tr>
<tr><td>평가기준</td><td>• 철근의 피복두께는 콘크리트 표면에서 철근 최외측면까지의 거리로 함
• 철근의 피복두께 및 배근상태를 준공도면과 비교하여 적정성 여부를 판단
• 실측된 철근배근 간격과 피복두께는 평균적인 개념으로 판단함이 바람직함
<철근의 피복두께 기준>
<table>
<tr><th>구 분</th><th>조 건</th><th>부재종류</th><th>철근직경/구분</th><th>피복두께(㎜)</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="9">현장 타설 콘크리트</td><td rowspan="5">옥외 공기나 흙에 직접 접하지 않는 부위</td><td>슬래브
벽체, 장선</td><td>D35 초과</td><td>40</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>D35 이하</td><td>20</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">보
기둥</td><td>$f_{ck} \geq 40MPa$</td><td>30</td><td></td></tr>
<tr><td>$f_{ck} < 40MPa$</td><td>40</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">쉘, 절판 부재</td><td>20</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">수중에서 타설 되는 콘크리트</td><td>100</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">흙에 영구히 묻혀 있는 콘크리트</td><td>80</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3" colspan="2">흙에 접하거나 옥외공기에 직접 노출되는 콘크리트</td><td>D29 이상 철근</td><td>60</td><td></td></tr>
<tr><td>D25 이하 철근</td><td>50</td><td></td></tr>
<tr><td>D16 이하의 철근</td><td>40</td><td></td></tr>
</table>
주) 콘크리트 구조설계기준(한국콘크리트학회, 2007) 참조
<table>
<tr><th>유효깊이(d)</th><th>유효깊이의 허용오차</th><th>피복두께의 허용오차</th></tr>
<tr><td>d ≤ 200㎜</td><td>±10㎜</td><td>-10㎜</td></tr>
<tr><td>d > 200㎜</td><td>±13㎜</td><td>-13㎜</td></tr>
</table>
주) 피복두께의 허용오차는 도면 또는 설계기준에서 요구하는 최소 피복두께의 -1/3로 하여야 함</td></tr>
</table>

주) • 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
• 진단장비 활용·관리 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
• 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부, 한국시설안전공단, 2017.01) 참조

1.3 상태평가

1.3.1 상태평가 개요

상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2017년 01월)」의 상태평가 기준 및 방법에 따라 실시하며, 시설물 초기점검 실시결과는「시설물의안전관리에관한특별법」제10조의 2 및 동법「시행령」제11조의 5에 따라서 시설물에 대한 상태평가 및 안전성 평가 등을 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정하도록 명기되어 있다.

본 점검에서는 주요 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하고 결함의 발생 원인을 분석한 후 상태평가기준에 의해 주요 부재별로 상태평가를 실시하였고, 이를 기초로 시설물의 전체에 대한 상태평가등급을 부여하였다.

1.3.2 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가 기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 콘크리트의 탄산화와 염화물에 대한 평가항목을 포함하여 세분화하였으며, 아래의 표와 같이 부재별 상태평가 기준을 부재의 중요도를 감안하여 차등화 함으로써 가능한 전체 상태평가 기준과 부합하도록 조정하였다.

교량의 안전에 직접적인 영향을 미치는 바닥판, 거더, 하부구조 및 받침은 평가기준을 a~e로 범위를 적용하고, 내구성에 영향을 미치는 신축이음, 배수시설, 교면포장과 2차부재인 가로보와 세로보는 a~d로 범위를 조정하였다.

부재별 상태평가는 전체 수량에 대한 손상수량의 비율에 의해 평가하는 정량적 평가와 시설물의 상태에 대한 점검자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행하며, 정성적 평가 시 점검자에 의한 편차를 줄이기 위해 손상수량 및 손상현황에 대한 정도를 정확히 파악하여야 한다.

【표 1.1.8】 부재분류에 따른 등급 차등 적용범위

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 염화물	a,b,c,d

가. 구조형식에 따른 부재별 가중치

【표 1.1.9】 부재별 상태평가 적용범위

구분	결함도 평가항목		거더 교량						
			일반 거더교			바닥판·거더 일체형		아치, 트러스	
			일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크리트 바닥판	강 바닥판
상부	바닥판		18	18	-	20	20	15	
	주 형		20	25	37	18	20	23	
	2차부재		5	-	11	5	3	5	
하부	교대/교각		13	13	18	13		13	
	기초		7	7	7	7		7	
받침	교량받침		9	9	14	9		9	
기타	신축이음		9	9	-	9		9	
	교면포장		7	7	-	7		7	
	배수시설		3	3	-	3		3	
	난간/연석		2	2	6	2		2	
콘크리트	탄산화	상부	2(4)		-	-	2(4)	2(4)	-
		하부	2(3)		4(7)	4(7)	2(3)	2(3)	4(7)
	염화물	상부	2(0)		-	-	2(0)	2(0)	-
		하부	1(0)		3(0)	3(0)	1(0)	1(0)	3(0)

나. 상태평가 산정방법

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

2) 전체시설물의 상태평가 결과 산정

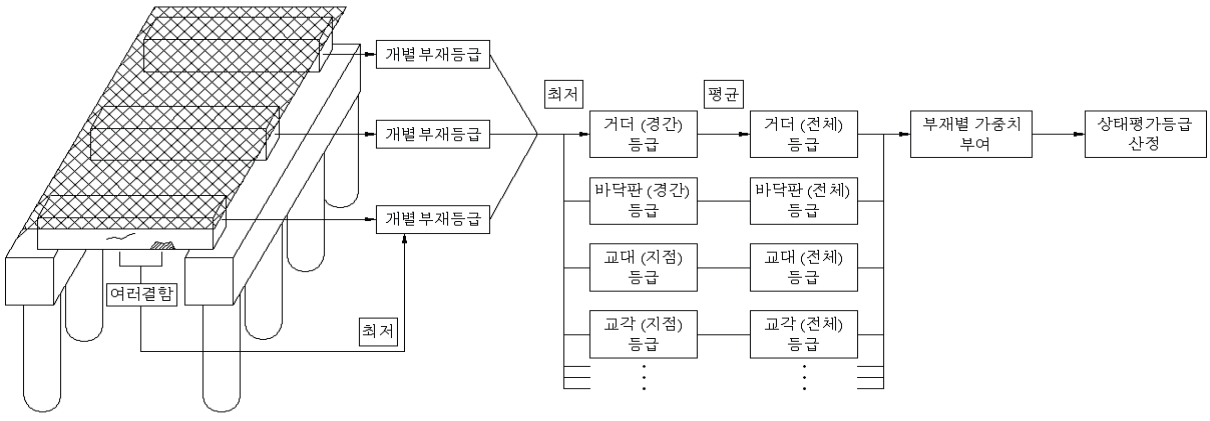
구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산결함도 점수를 구한다. 환산결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준 값이며, 【표 1.1.10】의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물전체에 대한 상태평가결과를 구한다.

【표 1.1.10】결함도 점수 범위에 따른 기준

등급	A	B	C	D	E
결함도범위	0≤ F <0.13	0.13≤ F <0.26	0.26≤ F <0.49	0.49≤ F <0.79	0.79≤ F

3) 상태평가 산정방법

본교, 접속교, 램프교로 구성된 교량의 전체상태평가결과 산정사례를 예시하였다.



【그림 1.1.2】전체교량의 상태평가결과 산정방법 예

다. 상태평가 기준

1) 상태등급

교량의 전산화를 위하여 각 부재에 대한 상태평가를 실시하여 손상상태 평가기준에 따라 상태등급을 기입한다. 점검항목에 대한 상태평가기준은 점검항목에 따라 상이하므로 정확한 평가기준에 의거 상태등급을 산정하며, 점검항목 손상 상태평가기준은 다음과 같다.

① A, B, C, D, E : 점검부재의 손상도에 따라 상태가 양호한 경우 A등급에서 손상이 심할 경우 E등급으로 손상의 정도에 따라 5등급으로 구분한다. 이에 대한 자세한 평가기준은 점검부재별로 세분한다.

② Q : 점검부재에 대한 접근이 불가능한 경우 등급 Q를 사용하여 점검되지 않은 부재임을 표시하고, 반드시 향후 실시하는 점검시에 접근장비를 동원하여 점검한다.

③ X : 점검대상 교량에 해당 점검부위가 없을 경우 등급 X를 사용하여 점검 필요성이 없음을 표시한다.

라. 부재별 상태평가 기준

1) 교면포장

교면포장의 상태는 차량의 주행성과 직접적인 연관이 있으며, 교면포장에 발생한 균열 및 함몰은 교면의 방수층을 파괴하여 상부구조의 누수를 발생시키는 원인이 될 수 있다. 교면포장에 사용되는 아스팔트 혼합물과 콘크리트는 재료적인 특성과 포장체 자체의 거동에서 상이한 면이 있으나 상태평가기준은 아스팔트와 콘크리트를 별도로 분리하지 않고 하나의 등급으로 평가한다.

경간단위로 평가하며, 균열, 보수흔적 등 전반적인 포장면의 불량정도를 나타내는 항목과 교량에 충격을 유발하는 요철, 단차, 파손 등의 손상항목으로 구분하여 평가한다.

포장불량율은 균열 발생부, 표면이 노화되어 마모된 부분, 기 보수된 부분 등의 면적을 전부 더한 값을 경간면적으로 나눈 비율이다. 균열율과 균열면적을 계산하는 방법은 아래에 기술하였다.

【표 1.1.11】 교면포장 점검부위 및 손상종류

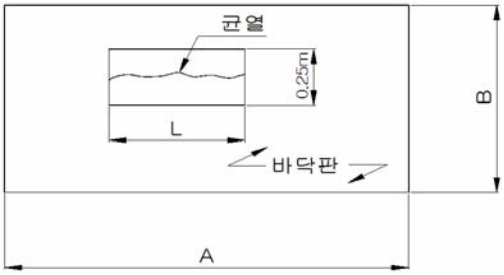
점 검 부 위		손 상 종 류
▷공통	▷아스팔트	• 균열, 함몰, 단차 및 요철, 블리딩, 마모
	▷콘크리트	• 균열, 마모, 박리, 파손
▷신축이음 전후, 구조물 경계부		• 단차, 파손
▷곡선부, 중차량 통행차로		• 마모, 바퀴자국
▷배수구 주변		• 물고임

【표 1.1.12】 교면포장 상태평가 기준

등급	포장불량		배 수
a	• 미세균열	• 없음	• 없음
b	• 포장불량 2% 미만	• 포장손상이 미미하여 주행에 영향 없음	• 배수구배 및 배수시설 불량에 의한 부분적 물고임
c	• 포장불량 2~10% 미만	• 포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향 있음	• 배수구배 및 배수시설 불량에 의한 물고임 발생으로 주행성 저하
d	• 포장불량 100% 이상	• 전반적인 재포장이 필요한 상태	• 배수불량에 의한 물고임으로 통행차량의 안전성 저하
e	-	-	-

※ 균열면적 및 균열율 계산

① 일방향 균열



$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{바닥판(점검단위)면적}} \times 100$$

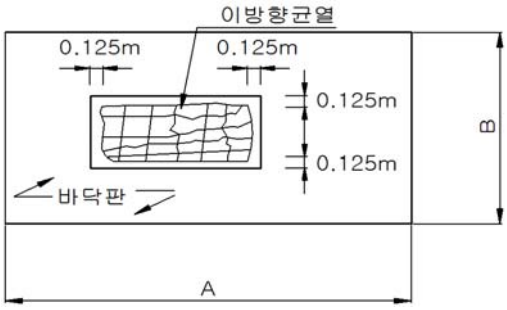
$$= \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A \times B(m)} \times 100 = \quad \%$$

a. 일방향 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.

b. 일방향 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 균열발생 면적을 구한다.

c. 균열발생 간격이 0.25m 이하로 발생할 경우에도 c의 기준을 적용한다.

② 이방향 균열



a. 이방향 균열의 발생면적은 균열발생부위를 가로, 세로의 최외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구분한 후 균열 발생면적(점선내부면적)은 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 계산한다.

b. 균열발생간격이 0.25m 이하로 발생할 경우에도 ①의 기준을 적용한다.

2) 배수시설

배수시설은 교면의 빗물을 배수하는 교량의 부속시설로서 배수시설의 상태가 불량하게 되면 교량을 주행하는 차량의 안전성을 위협하며, 누수로 인하여 구조물의 열화를 발생시키는 주요원인을 제공하게 된다.

경간단위로 평가하며, 한 경간에 두개이상의 배수시설이 있는 경우 각각의 등급을 평균하여 경간등급을 정한다.

【표 1.1.13】 배수시설 점검부위 및 손상종류

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)

【표 1.1.14】 배수시설 상태평가 기준

등급	상태등급 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	-

3) 난간 / 연석

교량의 난간과 연석은 구조적인 중요도는 낮으나, 파손되거나 재료적으로 열화된 경우 통행인에게 불안감을 느끼게 할 수 있다. 특히 차량충돌 등 외부의 강한 하중에 의한 손상일 경우에는 바닥판에도 손상이 발생할 수 있으므로 주의깊게 점검한다. 연석은 차량의 시선유도, 차량의 차도이탈방지, 사고 시 완충작용 등의 역할을 하는 것으로서 난간 점검 시 같이 조사를 한다.

경간단위로 평가하며, 난간, 연석, 중앙분리대를 대상으로 하고, 난간 및 연석의 등급은 손상 및 열화된 길이를 기준으로 정하며, 보충자료로서 강재와 콘크리트 재료의 손상에

대한 특징적인 내용들을 등급별로 부기하였다.

【표 1.1.15】 난간연석 점검부위 및 손상종류

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

【표 1.1.16】 난간연석 상태평가 기준

등급	강 재		콘크리트
a	• 양호	• 양호	• 양호
b	• 도장 불량 10%미만	• 고정장치 및 연결재의 이완이 국부적으로 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 • 낙석으로 인한 손상발생 • 고정부 열화 및 손상으로 인한 전도의 위험이 있음 (방음벽)	• 박리, 파손, 철근노출, 10%이상 • 철근부식손상 길이 2%이상
e	-	-	

4) 바닥판

바닥판은 교면포장으로부터 전달되는 차량의 윤하중을 거더로 직접 전달하는 역할을 한다. 바닥판은 차량의 윤하중이 직접 작용하므로 교량 구성부재 중 손상이 가장 많이 발생하는 부재로서 한번 손상이 생기면 급속히 악화되므로 조기에 조치를 취하는 것이 중요하다.

조사 시 에는 가능한 한 바닥판 밑면에 근접하여 점검하여야 하며, 표면에 경미한 손상이 발생한 경우라도 바닥판 내부 혹은 상부에 심각한 손상이 진행될 가능성이 있다는 것을 염두에 두고 점검하여야 한다. 또한 넓은 범위의 단면결손, 누수 또는 콘크리트 탈락이 의심스러운 경우 햄머로 여러 부위를 타격하여 소리를 들음으로서 건전성 여부를 판단하고 원인을 분석하여야 한다.

경간단위로 평가하며 콘크리트 바닥판을 대상으로 하고, 박스 거더의 상부플랜지는 구조적으로 바닥판과 거더의 역할을 같이 하지만 바닥판의 상태평가 기준안을 따른다.

상태평가 기준안에서 균열율은 폭 0.2㎜ 이상의 균열을 대상으로 산정한다.

【표 1.1.17】 바닥판 점검부위 및 손상종류

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

【표 1.1.18】 바닥판 상태평가 기준

등급	균 열		열화 및 손상
	1방향균열	2방향균열	
a	• 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~10미만	• 망상균열폭 0.3㎜이상	• 표면 손상면적 2%이상~10%미만 • 철근부식 손상면적 2%미만 • 데크플레이트 박리 및 누수 발생
d	• 균열폭 0.5㎜이상~1.0㎜미만 • 균열율 10%이상~20미만	• 망상균열의 진전으로 인한 콘크리트 박리 발생	• 표면 손상면적 10%이상 • 철근부식 손상면적 2%이상 • 데크플레이트 박리가 심하고 누수로 이한 부식 발생
e	• 균열폭 1.0㎜ 이상 • 균열율 20%이상	• 망상균열에 의한 박리가 심하여 펀칭파괴 발생 가능성 있음	• 부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우

5) 신축이음

교량의 신축이음은 온도변화, 건조수축, 활하중에 따른 상부구조의 신축을 원활하게 수용하고 상부구조 이음부에서 차량의 주행성을 확보하기 위한 중요한 부속시설이다. 신축이음은 교면에서 차량하중을 직접 받고 외부에 노출되어 있어서 변형 및 파손되기 쉽다.

신축이음의 점검에서는 재료적인 열화, 방수재의 기능, 신축유간의 확보, 외부충격에 의한 파손 등을 중점적으로 점검하여야 한다.

지점단위로 평가하며, 본체와 후타재로 구분하여 평가한다. 신축이음의 형식별, 재료별로는 별도의 구분 없이 하나의 등급으로 평가한다.

【표 1.1.19】 신축이음 점검부위 및 손상종류

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

【표 1.1.20】 신축이음 상태평가 기준

등급	본체	후타재
a	• 없음	• 양호
b	• 토사, 이물질 퇴적 • 고무판 노후화	• 미세균열이 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 부식발생	• 균열이 50㎝ 이하의 간격으로 발생 • 국부적인 박리, 박락, 파손
d	• 강판유동 및 연결불량으로 이상음 발생 • 신축유간 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	-	-

6) 교량받침

받침은 상, 하부구조 접속부에 있는 교량 부속물로서 교량의 구조 중 기계적 요소가 가장 강하며, 응력의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 응력전달을 위해 견고하게 연결되어야 한다. 받침을 점검할 때에는 받침이 설계시나 시공시 의도한 대로 작동하고 있는가에 유의하여야 하며, 재료에 따라 손상 특성이 다르므로 강재, 고무재 받침에 대한 특성을 고려하여 점검한다.

지점단위로 평가하며, 교량받침과 받침대콘크리트로 구분하여 평가한다. 단 받침본체 평가시 재료에 따른 특징적인 손상이 발견된 경우에는 아래 표를 참고로 하여 받침본체를 평가한다.

받침대의 연단부 균열 및 파손상태가 D급 이하로 교량의 기능에 심각한 영향을 초래할 경우 손상내용을 요약표에 별도 기록 관리한다.

【표 1.1.21】 교량받침 점검부위 및 손상종류①

점 검 부 위		손 상 종 류
▷본체	- 공통	• 가동받침의 신축유간 부족 • 가동받침 전·후방의 가동장애 요소 • 받침과 주거더의 밀착상태 • 수직보강재와 받침 편기상태 • 받침 물고임 및 부식
	- 강재받침	• 가동면 부식 • 부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)

【표 1.1.22】 교량받침 점검부위 및 손상종류②

점 검 부 위		손 상 종 류
▷본체	- 고무받침	• 고무재 부풀음 및 갈라짐 • 고무판의 과도한 변형
▷받침대		• 앵커볼트 파손, 절단 • 콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 • 교각두부 균열

【표 1.1.23】 교량받침 상태평가 기준

등급	받침본체		받침 콘크리트
	탄성받침	강재받침	
a	• 양호	• 양호	• 양호
b	• 미세균열, 갈라짐 등 경미한 열화	• 외부 도장탈락 및 부식 • 도장도색, 먼지 쌓임	• 부분적 박리, 탈락 등손상
c	• 측면 부풀음 • 받침두께의 0.3배 미만의 전단변형	• 미끄럼판 부식 발생 • 부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	• 받침 콘크리트에 0.3㎜이상 균열 발생 • 박리, 탈락 등 손상으로 지지단면 감소, 기능상 장애
d	• 고무재 파손 및 단차, 균열 심하 • 받침두께의 0.3배 이상의 전단변형 • 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 1/2 미만	• 받침 콘크리트 파손 및하부공동으로 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 1/2 이상	• 받침 신축기능 불량 인하여 거더등 주부재의 파손 발생 • 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상 • 작동불능 상태	-

7) 강재 거더

강재거더는 압연 또는 강재 후판으로 제작된 주거더를 의미하며, 제작방법 및 단면형상에 따라 압연 I형, 용접 또는 리벳 플레이트거더, 강박스거더로 구분한다. 강교의 점검은 주부재 또는 보조부재에 발생한 균열 및 변형, 연결부위의 결함, 강재표면의 상태 등을 조사하고 부재에 발생한 결함 및 손상을 조기에 발견하여야 한다.

압연 I형, 플레이트거더, 강박스거더, 강재바닥판을 대상으로 경간별로 점검하며 거더 각각을 하나의 평가단위로 한다. 평가항목은 부재의 균열, 변형, 연결부위의 이완 등을 나타내는 손상항목과 표면상태 항목으로 크게 구분한다.

가로보, 박스거더의 격벽(Diaphragm)과 같은 2차부재는 경간별로 점검하며, 거더와 인접거더 사이의 가로보 전부를 평균하여 하나의 평가단위로 한다. 가로보의 연결부위에 손상(이완, 탈락)이 발견될 경우 보조부재의 기준을 적용한다.

2거더 이하의 붕괴유발부재로서 주부재의 손상 및 연결부위 상태가 D급 이하로 심각할 경우 손상내용은 요약표에 별도기록 관리한다.

【표 1.1.24】 강재 거더 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	• 도장 손상 • 스플라이스 볼트 탈락 • 이상음 발생
▷받침부	• 복부판 부식 및 국부좌굴 • 거더와 받침연결부 부식 • 게르버교의 경우 핀 연결부 부식 • 지점보강재 하단 용접부 균열 • 박스내부 출입구 방치 • 박스내부 바닥 물고임 및 부식
▷중앙부	• 플랜지 부식 • 플랜지 변형 및 처짐 • 맞대기 용접부, 덮개판 덧댐부 끝부분 균열
▷2차부재	• 가로보, 세로보, 브레키트 및 브레이싱 변형 • 하중 집중점(가로보, 브레이싱 설치부), 가로보와 세로부 교차부 균열 • 거세트판 용접부 끝부분 균열
▷보수부위	• 용접부 및 용접부 주변 균열

【표 1.1.25】 강재거더 상태평가 기준

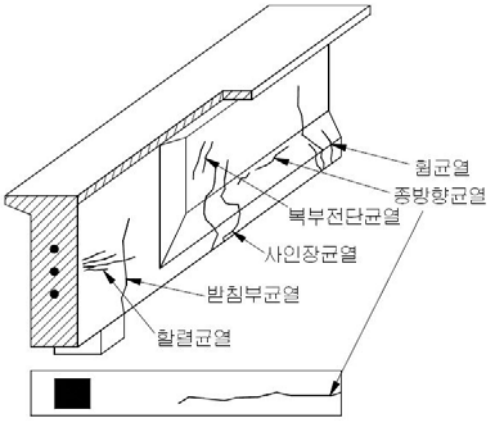
항목	모재 및 연결부 손상				표면열화
	균열	변형,파단	연결부위 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	• 없음	• 없음	• 없음	• 없음	• 없음
b	• 보조부재의 국부적 균열	• 보조부재의국부적 변형	• 보조부재 2%미만	• 부분적 용접불량(기공, 슬래그, 언더컷	• 도장탈락 면적 10%미만 • 부식발생 면적 2%미만
c	• 보조부재의전반적 균열 • 주부재의국부적 균열	• 보조부재의 전반적 변형 및 파단 • 주부재의 국부적 변형 • 주탑하단부 연결 볼트 부식	• 보조부재 2%이상~10%미만 • 주부재 2%미만	• 주부재의 심한 용접불량(기공, 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 • 주탑하단부 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 용접 연결부 균열 진전으로 인해 연결 기능 상실	• 부식에 의한 단면 손상 면적 10%이상

8) 프리스트레스 콘크리트 거더

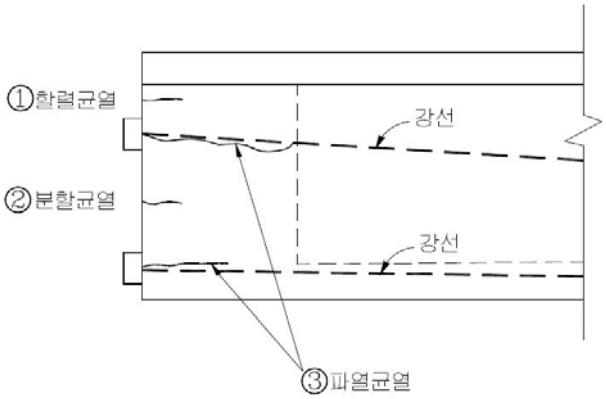
PSC I형 거더는 균열이 발생하지 않도록 설계되어 활하중에 대해 전단면이 저항하므로 효율성이 좋은 구조이나 RC 구조에 비하여 강성이 작으므로 변형이나 진동이 발생하기 쉽다. PSC 구조물은 제작 단계별로 응력상태를 점검하여야하며 특히 사용하중에서 결정된 단면이 파괴에 대하여 소정의 안전율을 가지는지 검토가 필요하다.

【표 1.1.26】 프리스트레스 콘크리트 거더 상태평가 기준

기준	균 열	열화 및 손상
a	• 양호	• 양호
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 • 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	• 표면손상면적 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 안정성 저하



【그림 1.1.3】 PSC I빔의 점검부위



【그림 1.1.4】 정착구역의 국부균열

9) 콘크리트 가로보

【표 1.1.27】 콘크리트 가로보 상태평가 기준

기준	균 열	열화 및 손상, 철근부식
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	-	-

10) 교대 및 교각, 기초

① 교대

교대 및 교각은 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성

을 위해 아주 중요한 역할을 수행하는 구조부재이다. 일반적으로 교량을 점검할 때에 하부구조의 점검을 소홀히 하는 경우가 있는데, 교량 형식에 따라서는 하부구조에 약간의 손상이 발생되더라도 교량 전체의 안전에 중대한 위험이 발생되므로 하부구조의 점검에는 특별한 주의를 필요로 한다.

하천에 놓여진 교량의 경우에는 특히 세굴과 같은 흐르는 물에 의한 손상이 흔히 발생하지만 물속에 발생한 손상은 점검자가 쉽게 파악할 수 없으므로 특히 세심한 점검을 필요로 한다.

교대를 대상으로 각 지점별로 점검하며, 각 지점을 하나의 평가단위로 한다.

받침 연단부의 균열, 날개벽 연결부의 변위가 D급 이하로 심각할 경우 손상내용을 별도 기록 관리한다.

【표 1.1.28】 교대 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	• 교대 회전(기울음), 침하(연직이동) • 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

【표 1.1.29】 교대 상태평가 기준

등급	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	• 구체균열폭 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

② 교각

교각을 대상으로 각 지점별로 점검하며, 각 지점을 하나의 평가단위로 하며, 교각 코핑부의 휨균열이나 전단균열, 받침 연단부의 균열이 D급 이하로 심각할 경우 손상내용을 별도 기록 관리한다.

【표 1.1.30】 교각 점검부위 및 손상종류

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

【표 1.1.31】 교각 상태평가 기준

등급	균열	열화 및 손상, 철근부식
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~1.0㎜미만 • 기초의 부등침하로 인한 교각 기울음	• 표면 손상면적 10% 이상 • 철근부식 손상면적 2%이상
e	• 균열폭 1.0㎜이상 • 부등침하로 인한 교각 안전성 저하	• 코핑부 파손으로 인하여 거더 탈락 가능성 있음 • 심한 철근부식으로 인하여 교각의 안전성이 저하됨

③ 기초

기초의 대표적인 손상은 세굴로 인하여 발생할 수 있다. 세굴이란 흐르는 물의 침식작용에 의한 결과로서 하천 바닥이나 제방으로부터 파인 물질이 이동되는 현상으로 정의되며 하상재료의 구성에 따라 서로 다른 세굴양상을 보여준다.

하천에서의 세굴은 시간에 따라 장기적인 변화와 단기적인 변화로 구분할 수 있다. 장기변화는 하상의 상승이나 저하로 하천과 유역의 수리특성과 하천 단면변화와 관련이 있고, 단기변화로는 교량 등의 인공구조물에 의한 하천내의 통수단면적이 축소되어 발생하는 세굴이 있다. 또한 국부세굴은 흐름 속에 설치된 구조물에 의한 흐름의 간섭에서 발생한다.

기초를 대상으로 각 지점별로 점검하며, 각 지점을 하나의 평가단위로 하며, 기초에서는 손상종류에 관계없이 D급 이하로 판정될 경우 손상내용을 요약표에 별도 기록 관리한다.

【표 1.1.32】 기초 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	• 박리, 박락, 철근노출, 백태 • 침식, 세굴, 이동, 침하
▷직접기초	• 수직방향 균열
▷말뚝기초	• 침식 및 말뚝 노출
▷케이슨기초	• 충돌파손

【표 1.1.33】 기초 상태평가 기준

등급	기초(직접, 말뚝, 케이슨) 손상	지반의 안전성
a	• 없음	• 없음
b	• 직접기초(확대기초)에 폭 0.3㎜ 미만의 균열 발생	• 매립된 직접기초(확대기초)의 상부가 세굴 등에 의해 노출됨
c	• 직접기초(확대기초)에 폭 0.3㎜ 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)의 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 의한교대/교각의 기울음으로 인해 상부구조의 단차 및 파손 발생

1.4 안전성평가 및 내하력평가

1.4.1 재하시험

가. 재하시험 일반

재하시험은 실험적인 방법으로 교량의 거동을 해석하는 방법으로서 정해진 규정에 따라 교량의 탄성거동에 영향을 주지 않는 크기로 결정된 기지의 하중을 교량의 특정부위에 직접 재하하여 교량을 구성하는 주요 부재들의 실제거동을 관찰 및 계측하는 시험이다.

재하시험의 목적은 교량의 실제 내하력을 정량화시키기 위함이며, 재하시험의 결과는 이론적인 방법으로 평가된 교량의 내하력을 보완하는데 적용된다.

재하시험은 정적 및 동적 재하시험으로 구분하여 실시하되 의사 정적재하시험을 실시하는 경우에는 정적 재하시험을 생략할 수 있다. 재하시험을 시행할 경우에는 시험방법, 시험하중, 계측기기의 운영, 시험원의 자격요건 및 안전조치계획 등을 포함한 신중한 계획이 이루어져야 한다.

내하력평가에서 재하시험의 세부목적은 다음과 같다.

- ㅇ 교량의 실제 정적 및 동적거동 평가
- ㅇ 처짐, 진동 등에 대한 사용성 검토
- ㅇ 새로운 해석방법 및 설계기법의 검증
- ㅇ 교량의 결함원인의 분석 및 규명
- ㅇ 해석에 의한 내하력이 작은 경우 실제거동을 반영한 내하력을 결정하여 교량 유지관리의 경제성 향상
- ㅇ 보수 보강 효과 확인
- ㅇ 교량의 동특성(진동수, 진동모드 및 감쇠비 및 충격계수)평가
- ㅇ 설계도서 및 보수 보강 이력자료가 미비한 교량의 내하력평가

나. 재하시험 계획

1) 재하시험 경간의 선정

① 시험경간은 최대응답이 발생할 것으로 예측되는 경간을 선택함을 원칙으로 하되 교량총 연장에 따라 시험경간 개소를 증가시킬 수 있다.

② 상부구조가 2개 이상의 형식으로 구성되었거나 연속교와 단순교의 조합으로 구성된 경우, 형식별로 1개 경간을 선정하여 재하시험을 실시하는 것이 바람직하다.

③ 단, 주 형식 이외의 나머지 형식이 주 형식의 일부로 분류 가능한 경우 예외로 한다.

2) 계측기 및 센서의 부착

① 대상교량의 구조형식 및 계측 목적에 따라 센서 및 계측기의 종류, 부착위치 및 개소수, 재하하중, 시험회수 등을 결정한다.

② 계측기와 센서는 압축 인장 휨변형률, 전단변형률, 최대처짐, 진동 및 동적특성, 균열거동 등을 계측하기 위하여 부착한다.

③ 4차선 이하 교량의 경우 계측기와 센서의 부착 위치는 시험경간 내 전 거더를 대상으로 하며 4차선 이상의 경우는 예외로 한다. 슬래브교의 경우 시험트럭의 축간거리 간격만큼 이격시켜 전폭에 대하여 계측기와 센서를 부착함을 원칙으로 하며, 특수교량이나 박스교의 경우는 시험목적에 맞게 결정한다.

④ 연속교의 경우 하중 영향범위를 고려하여 정 부 모멘트부에 공히 계측기와 센서를 부착하는 것을 원칙으로 한다.

⑤ 센서를 부착할 경우 직사광선, 습기, 이물질에 의한 손상 및 간섭을 받지 않도록 방습 및 보호처리를 한다.

3) 재하하중 선택

① 재하하중은 교량의 형식을 고려하여 하중재하로 인한 계측효과를 충분히 얻을 수 있도록 재하하중을 정하여야 한다. 그리고 전륜/후륜의 축중은 현행법상 과적기준을 초과하지 않으며, 도로교설계기준의 규정을 벗어나지 않는 범위 내에서 시험 중 중량의 변화가 없는 토사를 적재한 덤프트럭을 사용한다.

② 시험차량은 성능이 양호한 차량을 선택하며, 차량에 대한 제원과 축중을 정확히 파악한다. 3차선 이상의 교량은 2대 이상을 교폭 또는 교축방향으로 동시에 재하시켜 시험하는 것이 바람직하며, 이때 트럭간 총중량의 차이는 최소화하고 가급적 같은 모델의 차량을 사용하는 것이 좋다.

③ 우천시에는 우수로 인한 적재물의 중량 증가를 방지할 수 있도록 덮개를 씌우고, 시험종료후 하중증가가 우려되는 경우 축중을 재측정한다.

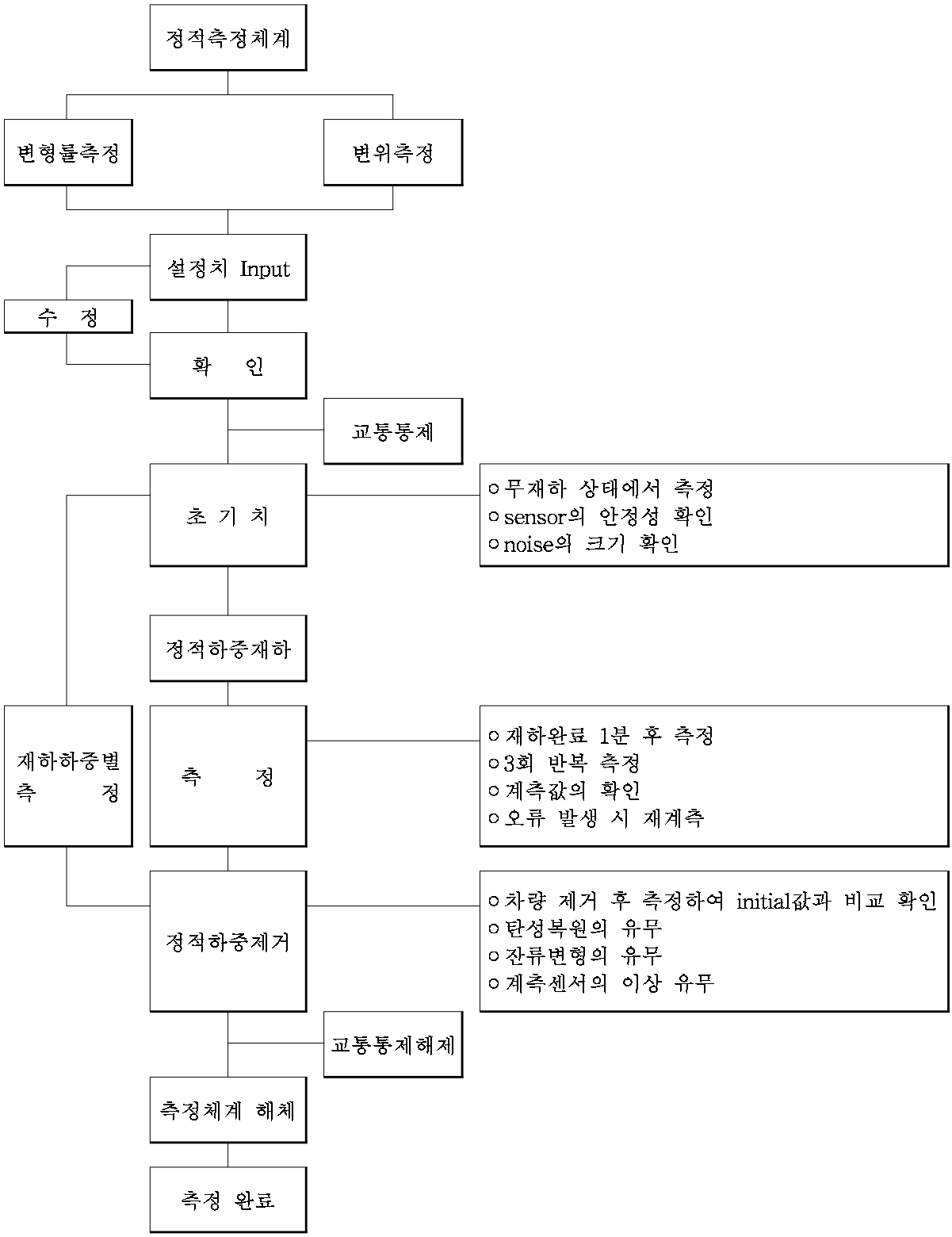
다. 정적재하시험

1) 개요

시험차량의 재하위치는 최대 휨모멘트 발생부와 최대 전단력 발생부에 재하하는 것을 원칙으로 하며, 시험차량을 횡방향으로 이동시키면서 하중 횡분배와 중첩의 효과를 측정할 수 있는 재하경우로 측정한다.

시험차량을 소정의 위치에 재하하며, 재하 완료 후 정적응답은 구조체의 응답시간을 고

려한 최소 1분간 대기하여 측정하며, 이 때 1분 간격으로 연속 3회 정도 측정한 값이 동일함을 확인 후 완료한다.



【그림 1.1.5】 정적재하시험 흐름도

2) 정적재하시험 수행절차

① 시험방법

㉠ 재하시험은 재하차량 이외에 일반차량이 완전히 통제된 상태에서 실시한다.

㉡ 재하경우별로 시험경간에 재하차량을 포함한 활하중이 전혀 재하되지 않은 상태에서 매 재하경우마다 0점 조정을 실시하여 시험결과를 정리할 때 반영토록 한다.

㉢ 상부구조의 진동, 소음, 충격 등이 측정결과에 영향을 미칠 수 있으므로 시험차량은 시동을 끈 후 구조체의 응답시간을 고려하여 약 1분 정도의 측정대기 시간을 가진 후 측정하는 것이 좋다.

㉣ 재하경우별로 2회 이상 반복측정을 실시하는 것이 바람직하다.

㉤ 활하중 재하위치는 설계조건, 차선조건을 고려하여 계측 대상부재에 최대응답이 발생하도록 결정하고, 대칭성과 중첩성을 확인할 수 있는 재하조건을 적어도 1회 이상 실시하는 것으로 한다.

㉥ 전면 교통통제에 따른 차량지체가 예상되고, 교통사고의 가능성이 높은 경우에는 재하횟수를 합리적으로 줄여서 시행할 수 있으며, 재하차량을 차선별로 주행시켜 시험하는 의사정적 재하시험을 수행할 수 있다.

3) 정적처짐

정적처짐의 측정위치는 대상교량의 규모와 재하시험의 목적에 따라 결정한다. 각 주형의 지간 중앙부에는 반드시 측점을 설치하고 필요에 따라 경간의 1/4지점, 3/4지점 (또는 1/3지점, 2/3지점) 등 측점수를 증가시킨다.

4) 정적변형률

정적변형률의 측정위치는 대상교량의 구조적 특성과 재하시험의 목적에 따라 결정한다.

5) 정적시험 Data 분석

교량 각 부재의 정적하중에 의한 처짐 및 변형률을 실측하여 교량의 실제거동을 분석하고 실측값과 이론에 의한 해석값을 비교하여 교량의 실제 내하력을 구할 수 있다.

계측된 정적처짐과 변형률을 이용하여 다음과 같은 내용을 분석한다.

- 중립축 위치 판단
- 하중의 횡분배
- 주형과 바닥판과의 합성 작용
- 부재의 강성

ㅇ 응력 및 처짐의 영향선

ㅇ 계산응력과 측정응력의 비교(응답비 산출) 등

6) 정적하중의 실측응답량 산정

시험차량의 축중량이 직접적으로 재하되는 주형들에 부착된 각종 센서들의 응답량은 안정된 값을 보이나, 재하된 위치로부터 멀링 떨어진 곳에서 측정된 응답량들은 변동량이 대체로 크게 증가하는 경향을 나타내고 있다.

실측응답량은 내하력 평가에 사용되는 응력보정계수(Ks)로 활용된다는 점에서 응답량이 안정된 값을 보이는 가장 큰 응답량을 선정하는 것이 구조물의 안전도 측면에서 바람직한 것으로 판단된다.

따라서 내하력 평가에서 실측응답량은 시험차량의 축중량이 직접적으로 재하되는 부위의 응답량을 이용하여 도출한 응답보정계수로 사용해야 한다.

7) 구조적 거동의 대칭 및 중첩성 분석

구조의 중첩거동 및 대칭거동 등의 분석으로 계측 결과의 신뢰성 확인과 이상거동 유무를 판단한다. 대칭성 분석은 재하하중을 주형 횡분배의 대칭으로 구조적 거동 분석이여, 중첩성 분석은 최대 휨모멘트 지점에서 시험차량의 각각 한 대 재하의 경우와 동시 두 대의 경우를 비교 분석함으로서 파악하고자하는 구조적 거동 분석이다.

8) 변형률을 이용한 중립축 위치

상부 슬래브 또는 주형 상·하부에서 계측된 변형률 값을 이용하여 직선으로 연결 도시하며, 구조해석 결과와 연계하여 분석한다. 단, 구하고자 하는 단면은 시험차량의 축중과 일치되는 지점이며, 중립축 위치를 구하기 위한 단면 제원은 게이지 부착위치를 기준으로 한다.

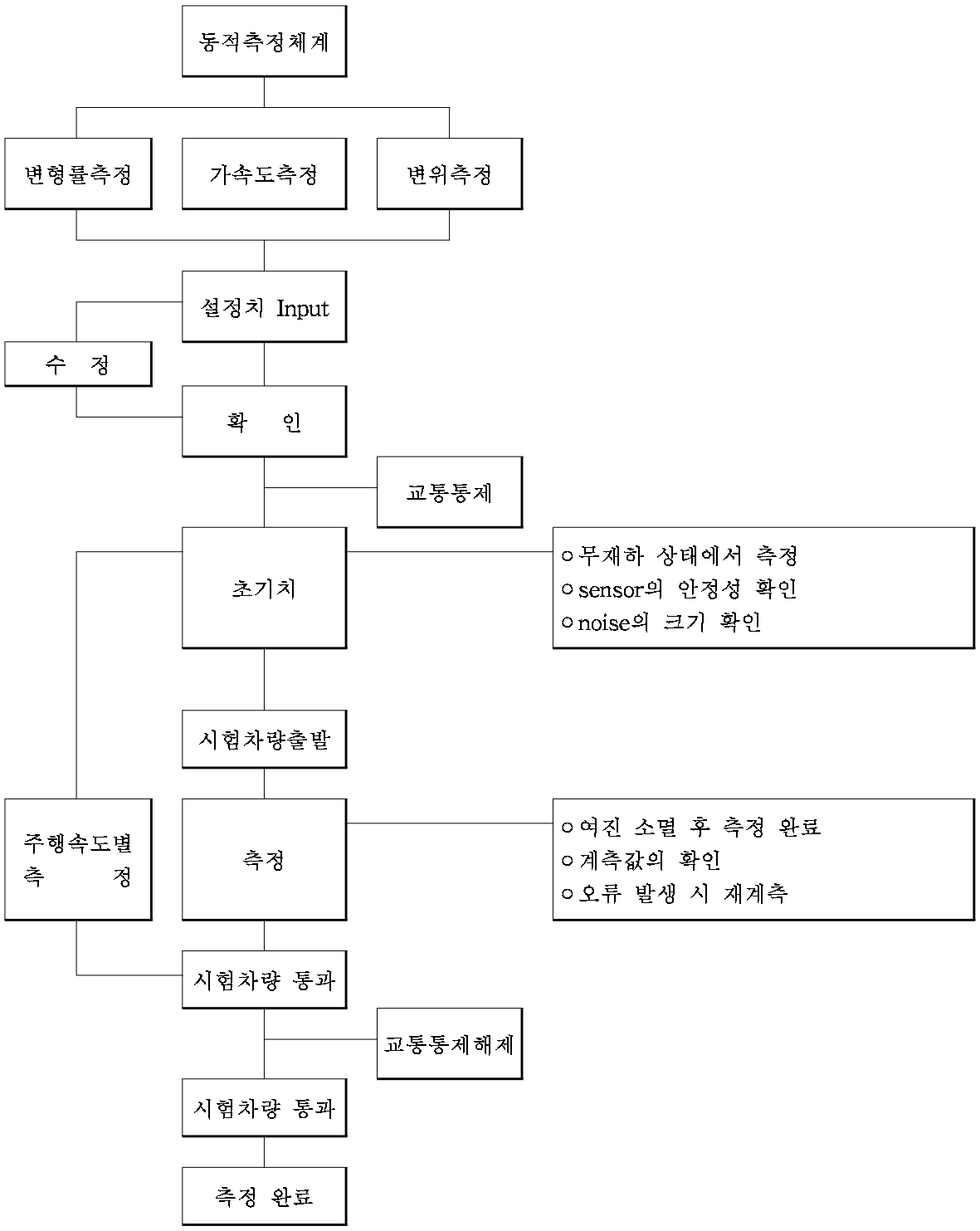
9) 합성작용의 평가

거더 상·하연의 측정된 변형률 결과로부터 판단이 가능하며, 계측된 변형률의 값이 같거나 거의 비슷한 경우는 합성교로, 차이가 많이 나면 그 정도에 따라 비합성교로 판정한다. 한편, 거더와 슬래브 인접부는 변형률 값이 작아 상대적으로 노이즈에 대한 영향이 크게 나타나며, 특히 콘크리트 구조물에서는 세심한 주의가 필요하다.

라. 동적재하시험

1) 개요

교량의 동적 재하시험은 시험차량의 주행속도에 따른 동적응답으로부터 실제 교량의 충격계수 및 진동평가를 위한 시험과 교량의 동적특성을 구하기 위한 시험이 있다.



【그림 1.1.6】 동적 재하시험 흐름도

2) 동적재하시험 수행절차

① 차량 주행시험

특수한 목적을 제외하고 동적재하시험은 재하차량 이외에 일반차량이 완전히 통제된 상태에서 실시한다.

정적재하시험용 계측기와 동적재하시험용 계측기가 상이한 경우 계측기의 측정오차를 검정하기 위하여 동적재하시험용 계측기를 사용하여 정적재하시험과 동일한 1개 재하 경우를 선택하여 정적재하시험을 실시한다.

측정결과를 이용하여 교량의 충격계수, 동적변형률, 가속도, 진동주기, 고유진동수에 따라 사용성 측면에서의 교량진동 특성을 분석한다.

② 동적특성 시험

교량의 동적특성 즉 고유진동수, 감쇠율, 모드형상을 구하는 시험으로써 상시 미진동, 주행차량에 의한 진동, 가진기에 의한 진동 등을 가속도계 및 변위계로 측정한다.

장대교의 경우 내진안전도, 내풍안전도를 평가함에 있어 대상교량의 동특성이 기본 자료로 활용되며 공용중인 교량에서 기간 경과에 따른 동특성의 차이는 교량의 손상정도를 평가하는데 사용될 수 있다.

3) 동적시험 Data 분석

계측된 동적응답으로부터 다음과 같은 내용을 분석한다.

- ㅇ 동적 증폭율
- ㅇ 충격계수
- ㅇ 고유 진동수
- ㅇ 진도의 크기(처짐, 가속도)

4) 충격계수 산정

- ㅇ 대상 교량의 내하력 평가에 이용
- ㅇ 포장의 요철, 신축이음의 단차 등 구조물의 전반적인 기능저하 상태평가

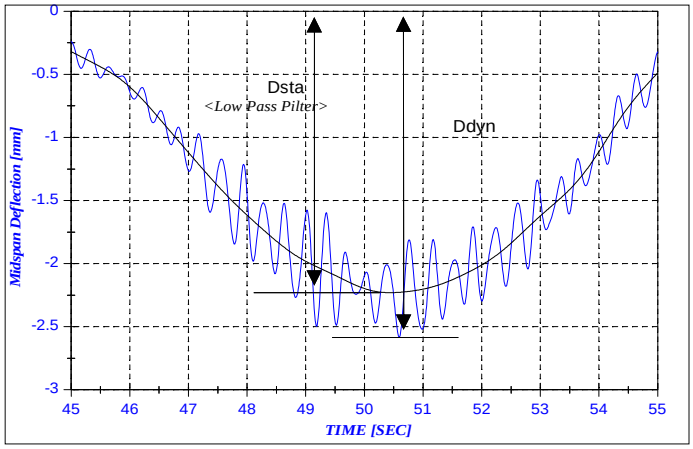
5) 실측충격계수 분석

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

정하는 방법을 이용하였다.

이는 주행시험에서 각 주행속도마다 운전자의 숙달, 습관 등에 의해서 시험차량은 정적재하시험에 이용된 부착 Gauge 상단으로 동일하게 주행하는 것은 어려운 상태이며, 의사정적 주행시에도 노면의 요철 등의 원인으로 대상 교량에 가해지는 충격이 각 속도별로 다르게 나타내고 있는 상태로 이들을 정적응답이력곡선이나, 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 최대동적응답<Ddyn(max)>과 비교하여 실측충격계수를 산정하여 대상 교량 안정성 평가에 적용하는데 목적이 있다.



【그림 1.1.7】 변위 응답곡선

$$\text{동적증폭율(Dynamic Load Factor : D.L.F)} = \frac{\text{Ddyn(max)}}{\text{Dsta(max)}}$$

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

6) 충격계수의 산정

실측충격계수를 적용하는데 시험차량이 주행한 상부구조 주형의 동적변형률 또는 동적처짐량의 최대 계측값이 발생되는 시험차량 속도를 기준으로 속도별로 계측된 파형에 Low Pass Filter의 필터링 범위를 0.6~1.0Hz로 순차적으로 수행 후 안정적인 값이 나타날 때의 정적최대변형률(처짐) <Dsta(max)>을 이용하여 교량의 안정성 평가에 적용한다.

7) 고유진동수 분석

① 대상 주파수의 결정

고유치 해석을 선행하여 진동수의 측정범위를 결정하여야 하며, 계측값의 신뢰성을 확보하기 위해서는 대상 물리량의 주파수를 미리 예상하는 것이 매우 중요하다. 측정된 주파수가 예상된 주파수를 크게 벗어나는 경우에는 반드시 원인을 분석하여야 한다.

② 진동 모드

고유진동수와 감쇠특성은 가속도에 대한 계측파형으로부터 구한다. 즉, 고유진동수가 다르면 진동모드도 다르기 때문에 진동모드는 고유진동수를 추정할 때 중요한 정보가 된다.

③ 고유진동수

시험차량에 의한 교량 각 부재의 진동 가속도 측정결과를 이용하여 교량의 고유진동수를 도출한다. 또한, 진동주기에 대한 분석으로 1sec에 주기(T)가 몇 회 발생하였는가를 계산하여 고유진동수를 분석하는 것으로 처짐 계측파형은 단순조화운동을 나타낸다.

단위시간 동안에 이루어지는 운동의 사이클 수를 진동수, 또는 주파수라고 하며, 주기의 역수가 된다. 따라서 순환진동수 f는 다음과 같다.

$$f = \frac{w}{2\pi} \qquad T = \frac{2\pi}{w} = \frac{1}{f}$$

여기서, w는 원진동수 또는 운동의 가속도이고 시간당 라디안으로 측정

진동수 f의 단위는 1초당 사이클 수(c.p.s), 또는 Hz를 쓴다.

1.4.2 내하력평가

가. 허용응력법에 의한 공용내하력 평가

1) 내하율의 평가

허용응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시에 하중조합으로는 D+L(1.0+i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.0이 된다.

사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따른 항복응력을 사용하여 도로교 표준시방서와 철도건설공사 표준시방서 규정에 의거 부재종류에 따라 결정한다.

고정하중과 활하중에 의한 응력은 대상 부재단면에 있어서 철근 및 강재부식, 콘크리트의 탄산화, 염해, 동해 등에 의한 강도저하와 단면손실 등을 고려하여 계산한다. 이때 고

정하중은 현재 교량에 작용하고 있는 모든 고정하중을 가능한 한 정확히 고려한다. 활하중은 현행 도로교 표준시방서와 철도건설공사 표준시방서의 설계활하중을 사용한다.

허용응력법에 의한 내하율은 강 부재의 내하력 산정 시 적용하는 것이 바람직하며, 허용응력법에 의한 교량부재의 내하율은 다음 식으로 계산한다.

○ 내하율$(RF) = \dfrac{f_a - f_d}{f_l\,(1+i)}$

여기서, f_a = 실측 허용응력

f_d = 실측 고정하중에 의한 응력

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

i = 충격계수는 도로교 표준시방서에서 제시한 설계 충격계수를 적용한다.

2) 공용내하력의 산정

허용응력법에 의한 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

○ 공용내하력$(P) = K_s \times RF \times P_r$

여기서, K_S = 응답 보정계수 $= \dfrac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \cdot \dfrac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

또는 응답 보정계수 $= \dfrac{\epsilon_{계산}}{\epsilon_{실측}} \cdot \dfrac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

$i_{계산}$ = 도로교의 경우 도로교표준시방서에 의한 충격계수

$i_{실측}$ = 동적재하시험으로부터 평가된 최대 충격계수

Pr = 설계 활하중(도로교의 경우 DB 또는 DL하중)

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

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

나. 강도설계법에 의한 공용내하력 평가

1) 내하율의 평가

강도설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시 하중조합으로는 1.3D+2.15L(1.0+i)를 사

용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15가 된다.

단면강도는 단면의 현재 상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교 표준시방서와 철도건설공사 표준시방서의 공칭강도와 강도감소 계수에 따라 계산한다.

교량 설계시의 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차 등을 고려하는 계수이나 내하력 평가 시에는 그러한 불확실성은 상당히 감소하므로 오히려 공용 중에 부재단면의 손상정도에 따라 결정한다.

그러나 부재단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기가 어려우므로 공칭강도의 산정 시는 교량의 현재 상태에 따른 단면감소와 코어 강도에 따른 재료강도를 고려하고 강도감소계수는 설계시의 값을 그대로 사용한다.

고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 도로교 표준시방서의 설계 활하중(DB 또는 DL하중)을 사용하여 구조해석을 통하여 구한다.

강도설계법에 의한 내하율은 콘크리트 부재의 내하력 산정에 적용하는 것이 바람직하다.

○ 내하율$(RF) = \dfrac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l\ (1+i)}$

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

M_d = 실측 고정하중모멘트

M_l = 설계 활하중에 의한 모멘트(도로교의 경우 DB 또는 DL하중)

γ_l = 활하중 계수 = 2.15

γ_d = 고정하중 계수 = 1.30

i = 도로교 표준시방서에서 제시한 설계 충격계수를 적용한다.

2) 공용내하력의 산정

강도설계법에 의한 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

○ 공용내하력$(P) = K_s \times RF \times P_r$

여기서, K_S = 응답 보정계수 $= \dfrac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \cdot \dfrac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

또는 응답 보정계수 $= \dfrac{\epsilon_{계산}}{\epsilon_{실측}} \cdot \dfrac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

P_r = 설계활하중(도로교의 경우 DB 또는 DL하중)

1.4.3 안전성평가 기준

가. 개요

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀외관조사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교의 경우 허용응력설계법, 콘크리트교는 강도설계법으로 설계되고 있다.

안전성 검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고, 최근 도입되고 있는 신뢰성이론에 의한 평가방법은 충분한 통계자료가 뒷받침되어야 하므로 참고자료로 활용한다.

또한 교량의 안전성평가는 내하력평가 개념으로 규정되어 왔으나 내하력은 활하중 여유도로서 하중비에 따라 내하력의 변동폭이 크게 변하므로 교량의 안전성을 일관되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다.

따라서 안전성평가는 교량의 안전율 개념을 도입하여 평가하였다. 그러나 안전율이 0.9에서 1.0 사이에 있어 재하시험에 의한 공용내하력 평가를 실시한 경우 공용내하력 산정결과에 따라 안전성평가 결과를 산정한다.

【표 1.1.34】 구조물의 안전성평가 기준

등급	안전성평가 기준	비 고
A	SF > 1.0	◦ 허용응력설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}}$ ◦ 강도설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\Phi Mn}{Mu}$
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	

나. 안전성평가 산정 방법

1) 안전성평가의 고려사항

① 상부구조의 고려사항

상부구조의 안전성 평가 시 다음 사항을 충분히 고려하여 엄밀한 판정이 되도록 한다.

ㅇ콘크리트 및 강재 등 재료의 실제강도

ㅇ균열, 박리, 박락, 층분리

ㅇ강재, 철근, 프리스트레싱 텐던의 부식

ㅇ구조부재의 실제단면적과 철근의 위치

ㅇ처짐

ㅇ볼트, 리벳, 용접 등 연결부위의 상태

ㅇ신축 이음부와 받침부의 구속력

강교의 경우, 교량에 발생하는 결함 및 손상의 대부분이 용접부 및 절취부 등의 불연속면에 작용하는 응력집중에 의한 국부적인 추가손상 및 피로파손에 기인하므로 피로응력에 대한 평가를 필요로 하는 경우가 있다.

② 하부구조의 고려사항

교량의 안전성에 영향을 주는 모든 하부구조 부재의 불안정한 흔적에 대하여 특별히 관리를 하여야 하며, 하부구조의 평가는 정확한 공학적 판단 하에 실시한다. 하부 구조물의 적정성 여부는 준공도면, 시공도면, 구조 계산, 점검 결과 및 기타 적절한 자료를 토대로 한다. 교각 및 교대를 포함한 하부구조는 상부구조를 지지할 수 있는 최소한의 안전성 확보 유무가 점검되어야 하며, 우물통과 교각기초 사이의 거동, 기초가 암반에 근입된 상태, 교대의 부등침하, 전방이동 등을 고려한다.

③ 여유도가 없는 구조물 (Nonredundant Structure)

구조물에는 부분적인 부재의 파괴가 교량 전체의 붕괴를 일으킬 것으로 예상되는 주요 구조부재가 존재한다. 이러한 구조물의 안전성평가 시에는 이들 여유도가 없는 부재에 특별히 유의한다.

④ 복잡한 구조물

현수교, 사장교, 곡선 거더교, 아치, 연속트러스 및 변단면 거더 교량과 같이 복잡한 구조물의 안전성검토에는 특별한 해석법 및 절차를 필요로 하며, 사교의 경우에는 부반력도 검토한다.

1.5 종합평가 및 안전등급

1.5.1 종합평가 기준

가. 일반

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 안전성평가를 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.

따라서 상태평가와 안전성평가가 동시에 실시되는 경우에 대하여 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 객관적이고 정량적이며 통일성 있는 종합평가가 이루어지고 합리적인 종합평가 결과가 결정될 수 있도록 종합평가 기준을 설정하고 그 평가방법 및 절차를 수립하였다.

나. 종합평가 기준

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

다. 종합평가 결과 산정 방법

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

○종합평가 결과 = MIN(상태평가 결과, 안전성평가 결과)

【그림 1.1.8】 종합평가 결과의 산정흐름도

1.5.2 안전등급 산정

초기점검을 실시하는 경우 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여「법」제10조의 2 및 「영」제11조의 5에 따라서 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 하고, 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정하여야 하며, 안전등급에 따른 시설물의 상태는 다음과 같다.

【표 1.1.35】 시설물의 안전등급

안전등급	시설물의 상태 및 안전성
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 저하방지를 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

1.6 과업의 적용기준

1) 시설물의 안전관리에 관한 특별법
2) 건설기술진흥법
3) 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부 제정)
4) 콘크리트구조설계기준
5) 콘크리트 표준시방서
6) 도로교 표준시방서 및 도로교 설계기준
7) 콘크리트 구조물의 균열, 누수 보수·보강 전문 시방서
8) 도로설계편람

제2편 시설물편

제1장 옥산JCT Ramp-A교
제2장 옥산JCT Ramp-C교
제3장 옥산JCT Ramp-D교
제4장 병천천교
제5장 용두천교
제6장 호죽2교
제7장 성산교
제8장 서오창IC Ramp-A1교
제9장 산수교
제10장 복현1교
제11장 복현3교
제12장 오창JCT Ramp-A교
제13장 오창JCT Ramp-C교
제14장 오창JCT Ramp-D교

제1장 옥산JCT Ramp-A교

1.1 시설물의 개요
1.2 현장조사 및 시험
1.3 상태평가
1.4 교량 재하시험
1.5 안전성평가 및 내하력평가
1.6 종합평가 및 안전등급
1.7 종합결론

제1장 옥산JCT Ramp-A교

1.1 시설물의 개요

1.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 옥산JCT Ramp-A교에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

【표 2.1.1】 과업대상 시설물의 개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		옥산JCT Ramp-A교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 1. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 82.0 + 93.0 + 82.0 = 257.0m			
	폭	B = 12.6m			
구조형식	상부	DCB GIRDER교 (강재)	기초형식	교대	직접기초(A1) 말뚝기초(A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	직접기초(P1,P2)
교량받침		에너지분산받침(EDS)	신축이음		Finger Joint
교차시설물		도로(경부선, 옥산JCT R-C교, 청주휴게소 진입로)	통과높이		5.0m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

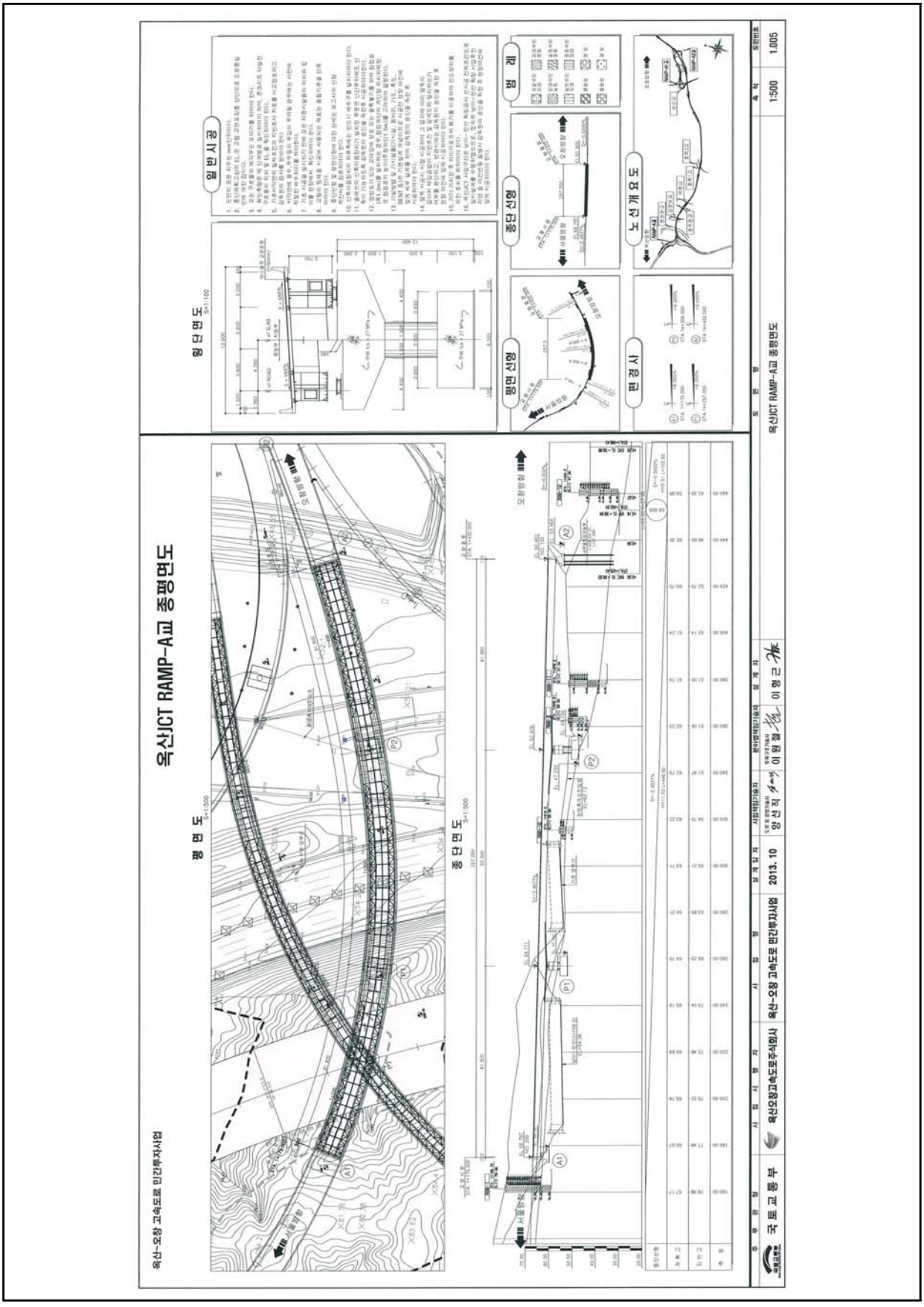


상면전경

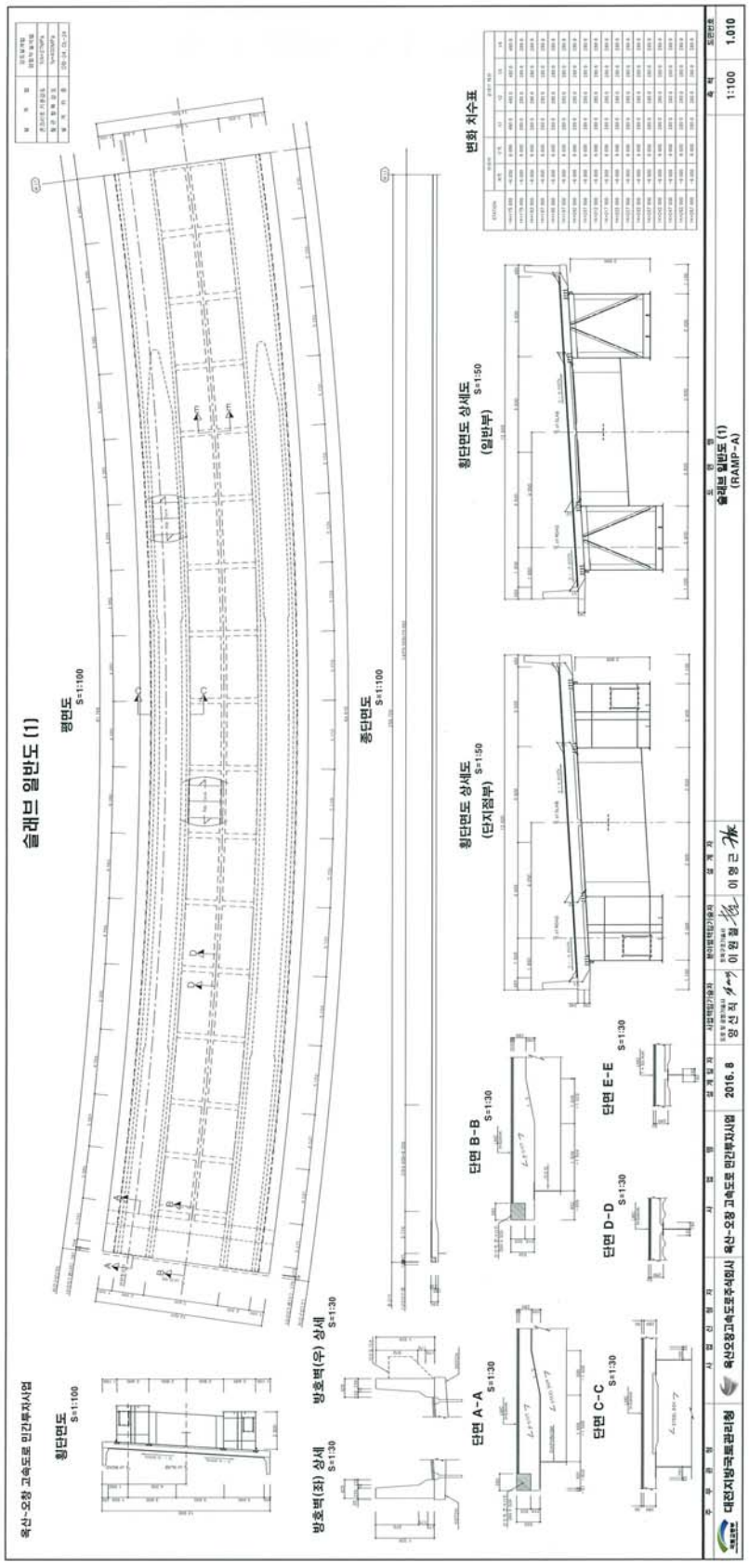


측면전경

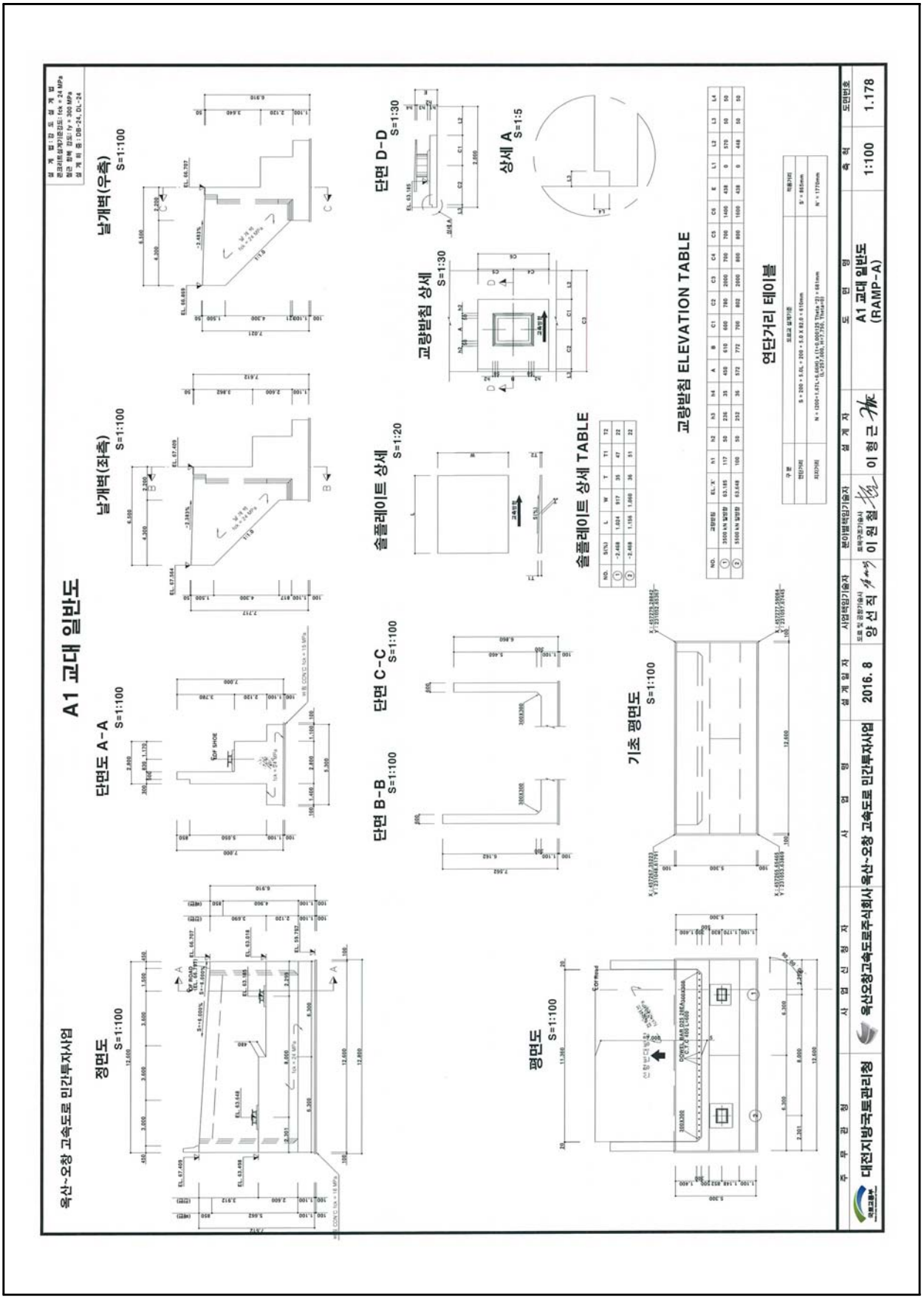
1.1.2 관련도면



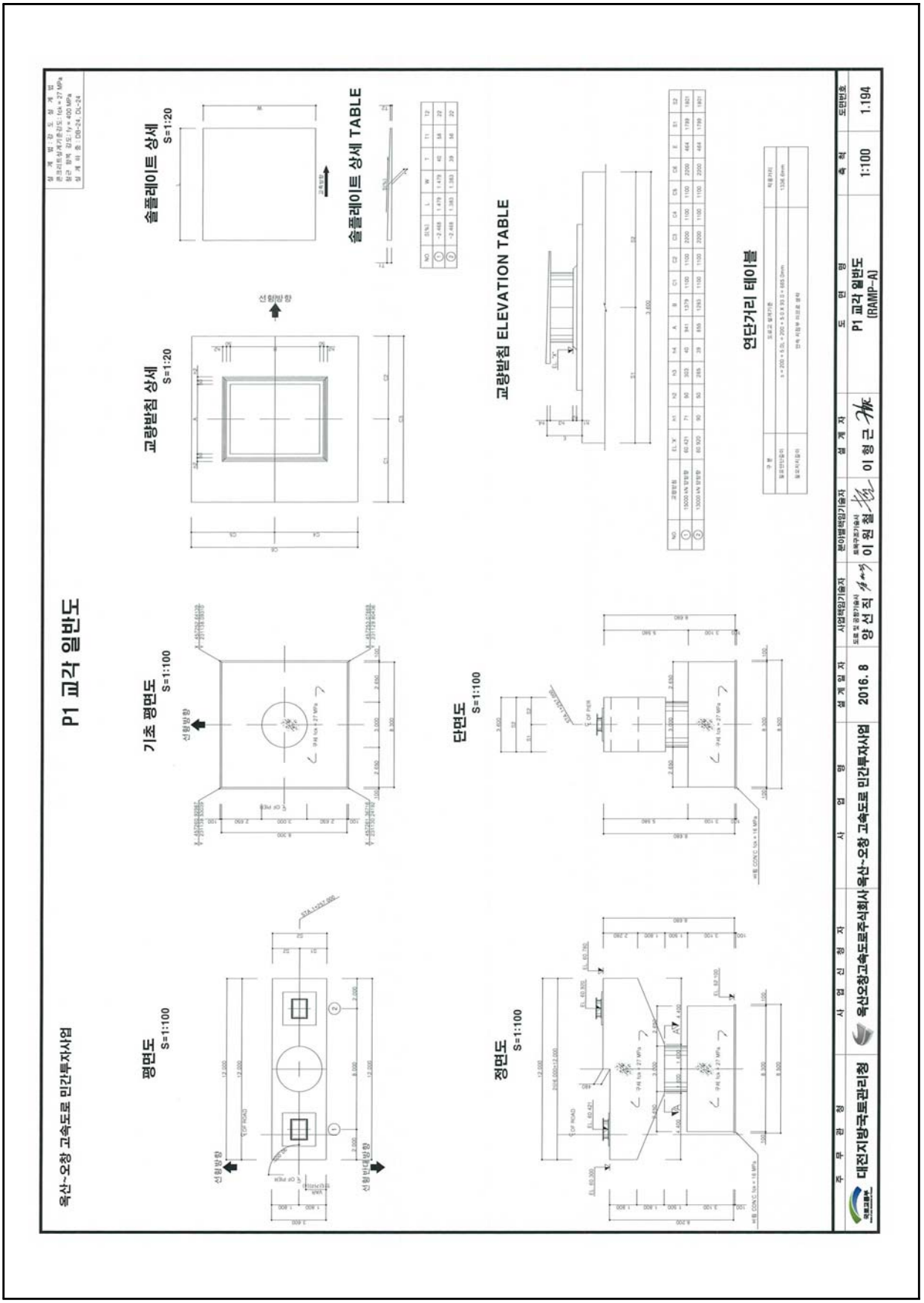
【그림 2.1.1】 종평면도



【그림 2.1.2】 슬래브 일반도



【그림 2.1.3】 교대(A1) 일반도



【그림 2.1.4】 교각(P1) 일반도

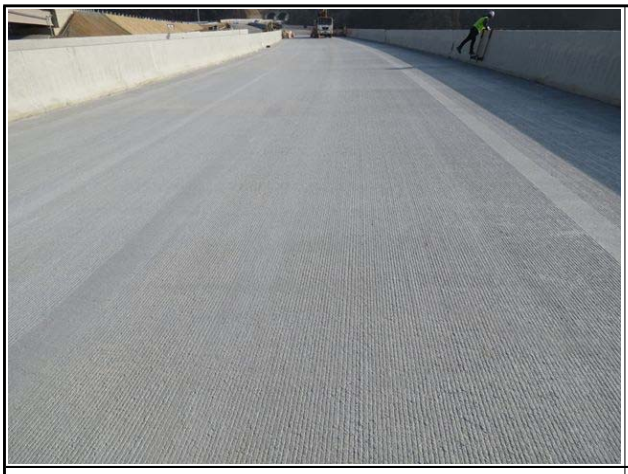
1.2 현장조사 및 시험

1.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 옥산JCT Ramp-A교에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교면포장 상태양호



교면포장 상태양호

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



배수구 상태양호



배수관 설치상태 양호

다. 난간 및 연석

본 교량의 좌·우측 방호벽은 콘크리트 구조로 시공되어있다. 방호벽에 대한 외관조사 결과 균열, 파손, 박리, 박락 등의 손상이 없는 양호한 상태이다.



방호벽 상태양호



방호벽 상태양호

라. 신축이음

본 교량의 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있으며, 모두 Finger형 조인트로 구성되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동상태도 양호한 것으로 나타났다.



신축이음 상태양호(A1)



신축이음 상태양호(A2)

마. 바닥판 하면

바닥판의 캔틸레버부는 철근콘크리트 구조이며, 중앙부는 Rib Deak가 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과, 균열, 박리 및 박락, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



바닥판 중앙부 Rib Dek 상태양호



바닥판 하면 캔틸레버부 상태양호

바. 강재 거더

본 교량의 거더는 DCB 거더 형식이며, 거더 내·외부에 대한 용접상태, 도장상태, 부식상태, 변형여부 등에 대한 외관조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



강재 거더 외부 상태양호



강재 거더 내부 상태양호

사. 강재 가로보

강재 가로보의 외관조사 결과 볼트 체결상태, 도장상태, 표면상태, 변형여부 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
강재 가로보 상태양호	강재 가로보 상태양호

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정성에 관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

본 교량의 받침장치는 에너지분산받침(EDS) 형식으로 설치되어있다. 외관조사결과 받침콘크리트는 균열, 박리 등의 손상이 없는 양호한 상태이며, 받침본체는 부식, 도장손상 등이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
받침장치 상태양호	받침장치 상태양호

자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 외관조사 결과 균열(0.3mm미만) 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교대	균열(0.3mm미만)	0.3m/1ea	보수완료



교대 A1 상태양호



교대 A2 균열(0.3mm미만)(보수완료)

차. 교각

교각은 T형으로 시공되어 있다. 외관조사 결과, 건조수축에 의한 균열(0.3mm미만), 망상균열 등의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교각	균열(폭 0.3mm미만)	11.80m/25ea	보수완료
	망상균열	10.0㎡/4ea	보수완료



교각 균열(0.3mm미만)(보수완료)

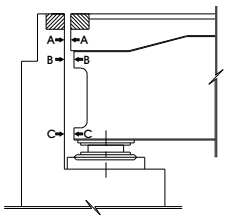


교각 망상균열(보수완료)

1.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

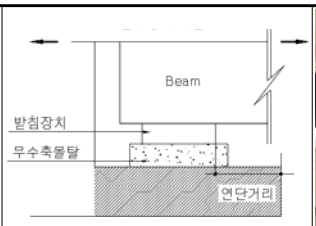
부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법



유간거리 측정전경



연단거리 측정방법



연단거리 측정전경

【그림 2.1.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.1.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 11일		
온도변화 범위	-10℃~+40℃(보통지방)	선팽창 계수(α)	1.2×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (강교=1/150)		
주형높이(h)	3,000m		
지간장(L)	A1~P1, P2~A2 : 82.0m, P1~P2 : 93.0m		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 1일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 보통지방, 강교 : -10~+40℃ 적용

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(-9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-10℃)=0.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.2×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=82.0m, 93.0m)

{[A1, A2지점] = 128.5m}

▷ A1, A2지점 = (76.02mm - 신장 / 1.08mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 (Δℓt)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.1.3】 유간거리 검토결과

위치		계산 신축량 (mm)			옥산JCT Ramp-A교		
					측정유간 (mm)	판정	
		Δℓt	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A1	신장	76.02	5.0	81.02	140.0	OK	OK
	수축	1.08	5.0	6.08	40.0	OK	OK
A2	신장	76.02	5.0	81.02	93.0	OK	OK
	수축	1.08	5.0	6.08	7.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A1=180㎜, A2=120㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이

  * 82.0m : S = 200 + (5 × 82.0) = 610.0(㎜)

  * 93.0m : S = 200 + (5 × 93.0) = 665.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 950㎜~1,400㎜로 도로교 설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 610.0㎜~665.0㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.1.4】 연단거리 측정결과

구 분		실측거리(mm)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(mm)	평 가
옥산JCT Ramp-A교	A1	1,100	82.0	610.0	O.K
	P1	1,400	93.0	665.0	O.K
	P2	1,400	93.0	665.0	O.K
	A2	950~1,020	82.0	610.0	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.1.5】 교량받침 이동량 측정결과

측정당시 온도	3.3℃ (2017년 11월 20일)		교량받침 종류	에너지분산받침 (EDS)
구분	가동단 변위량(mm)			허용이동량 (mm)
	SH1	SH2		
A1	0	0		±60
P1	↓ 5.0	↓ 5.0		±66
-	Fix			-
P2	0	0		±66
A2	↓ 5.0	↓ 5.0		±60

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.3℃(2017년 11월 20일)

2) 온도변화 : -10℃~40℃(강교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 40℃-(3.3℃)=36.7℃(신장), 3.3℃-(-10℃)=13.3℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.2×10-5

L : 신축들보의 길이(L=82.0m, 93.0m)

위 치	신축길이(m)	이론신축량		비 고
		신장량(mm)	수축량(mm)	
A1, A2	128.5	56.59	20.51	
P1, P2	46.5	20.48	7.42	

【표 2.1.6】 교량 받침 이동량 검토

구 분	신축장 (mm)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판정
		신장	수축	신장	수축	
A1	128,500	56.59	20.51	60	60	O.K
P1	46,500	20.48	7.42	71	61	O.K
-	-	-	-	-	-	Fix
P2	46,500	20.48	7.42	66	66	O.K
A2	128,500	56.59	20.51	55	65	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▸검토결과 : 온도 3.3℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.

1.2.3 내구성조사

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대, 교각의 총 5개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.1.7】 반발경도시험 결과

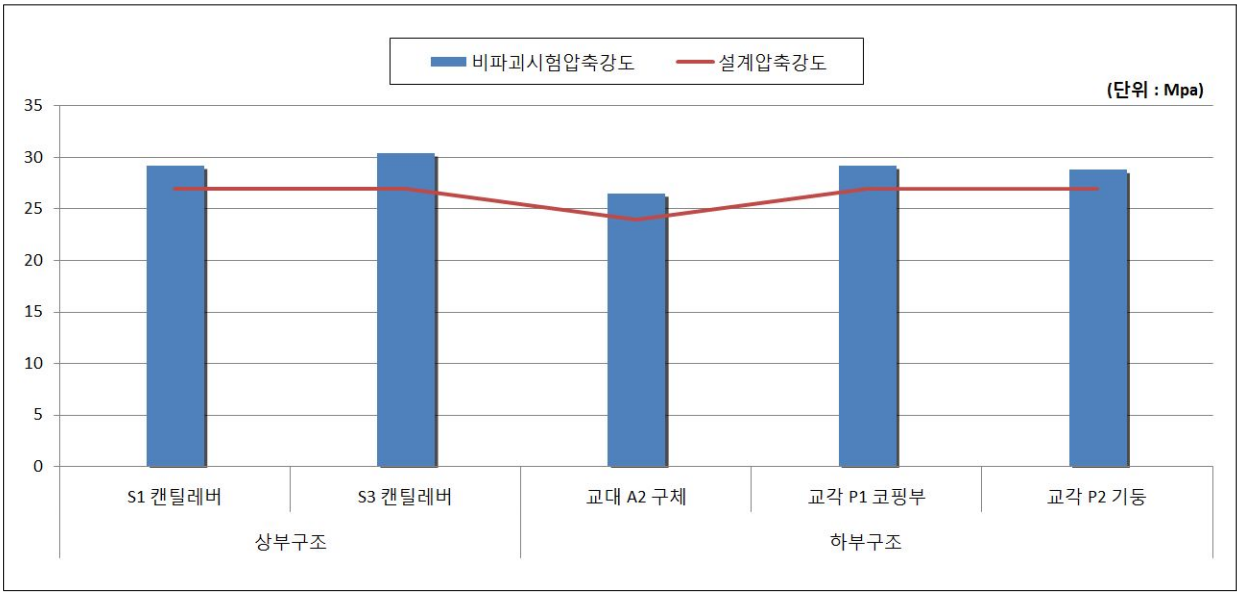
구 분		설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
상부구조	바닥판	27.0	29.2 ~ 30.4	108.1 ~ 112.6
하부구조	교 대	24.0	26.5	110.2
	교 각	27.0	28.8 ~ 29.2	106.7 ~ 108.1

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.1.8】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치		평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	재령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (MPa)	설계압축강도(MPa)
상부구조	S1 캔틸레버	45.4	-3.5	41.9	0.77	27.1	31.2	29.2	27.0
	S3 캔틸레버	46.9	-3.4	43.5	0.77	28.7	32.1	30.4	27.0
하부구조	교대 A2 구체	42.9	0	42.9	0.68	24.8	28.1	26.5	24.0
	교각 P1 코핑부	46.9	0	46.9	0.68	28.3	30.1	29.2	27.0
	교각 P2 기둥	46.4	0	46.4	0.68	27.8	29.8	28.8	27.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.1.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.1.9】 철근탐사시험 결과

탐사위치		배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	S1 캔틸레버 (지점부)	주 철 근	@200	32	≒@200	≒45
		배력철근	@125	48	≒@125	≒65
	S3 캔틸레버 (중앙부)	주 철 근	@200	30.5	≒@200	≒40
		배력철근	@250	49.5	≒@250	≒60
하부구조	교대 A2 흉벽	수직철근	@250	70.5	≒@250	≒70
		수평철근	@300	51.5	≒@300	≒50
	교각 P1 기둥	수직철근	@125	87.5	≒@125	≒95
		수평철근	@150	62.5	≒@150	≒70
	교각 P2 기둥	수직철근	@125	85.5	≒@125	≒95
		수평철근	@150	66.5	≒@150	≒70

1.3 상태평가

1.3.1 상태평가 결과

본 옥산JCT Ramp-A교에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는『A등급』으로 평가되었다.

【표 2.1.10】 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	DCB(강재)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	DCB(강재)	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
3	DCB(강재)	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
4	DCB(강재)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.1.11】 상태평가 결과표

교 량 명	옥산JCT Ramp-A교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	180.0	2	360.0	1.000	0.100
합계(Σ)			180.0		360.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

1.4 교량 재하시험

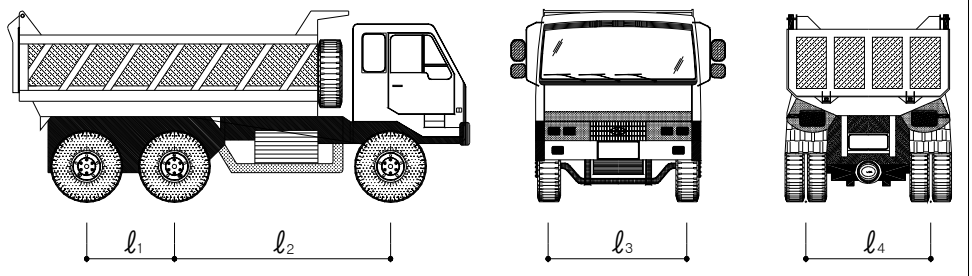
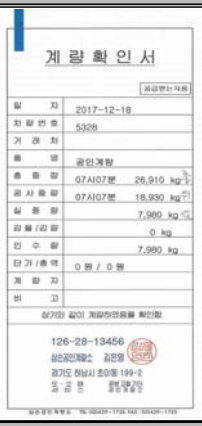
1.4.1 개 요

가. 현장시험의 개요

구 분		내 용
시험일자		2017. 12. 22
시험시간		AM 09:00 ~ AM 11:00
시험위치		S1(최대 정모멘트가 작용하는 지점)
재하시험차량 대수		1대
하중 경우 수	정적재하시험	Load Case 1~3 (3회)
	동적재하시험	10km/hr ~ 60km/hr

나. 재하시험 차량의 제원 및 하중

대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN 트럭 1대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

차 량 제 원	계량증명서
	

구 분	재하차량 제원(m)			
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
15ton 덤프트럭	1.30	3.20	2.10	1.85
구 분	**총 중 량 (kN)**	**전륜축중량 (kN)**	**중륜축중량 (kN)**	**후륜축중량 (kN)**
덤프트럭 (5328)	269.10	79.80	94.65	94.65

다. 교량 재하시험 사진



변형률계 설치 현황



처짐계 설치 현황



가속도계 설치 현황



재하시험 계측 전경



정적 재하시험 전경



동적 재하시험 전경

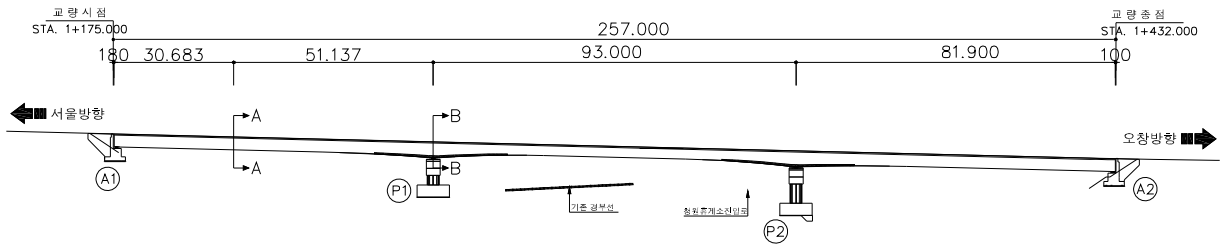
라. 계측센서 사양 및 수량

구분	센서명	모델명	사 양	수량(ea)
계측센서	강재 변형률게이지	FLA-5 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20~+80℃ • 형식 : 전기저항식	10
	처짐계	OU-30	• 범위 : ±30mm • 민감도: ($x10^{-6}$/mm) : 1000 • 허용온도범위 : 0~+60℃ • 형식 : 전기저항식	2
	가속도계	ARF-20A	• 용량 : 2.04g • 응답주파수 : 80hz • 고유주파수 : 150hz • 형식 : 전기저항식	1
소 계				13
측정장비	정, 동적 시험장비	DRA-30A	• 측정점수 : 30채널 • 측정대상 : Dynamic Strian, 전압 • 각 채널별 112k word 데이터메모리 탑재 (정적스트레인측정시 30000scans)	1
소 계				1

마. L/C별 재하시험 방법

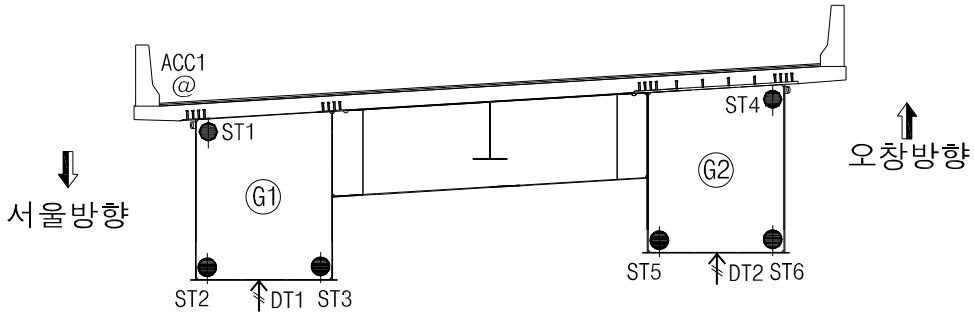
재하시험 위치	재하목적	비 고
외측경간(S1)	· 최대 정·부모멘트가 작용하는 지점	

바. 계측센서 설치도

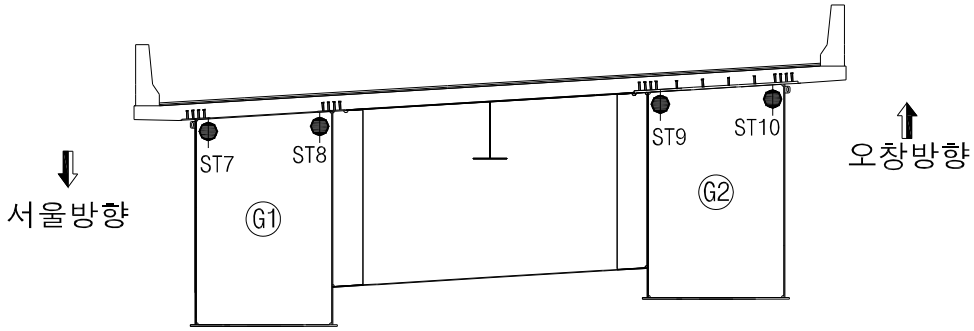


재하시험 경간

A-A단면 부착위치



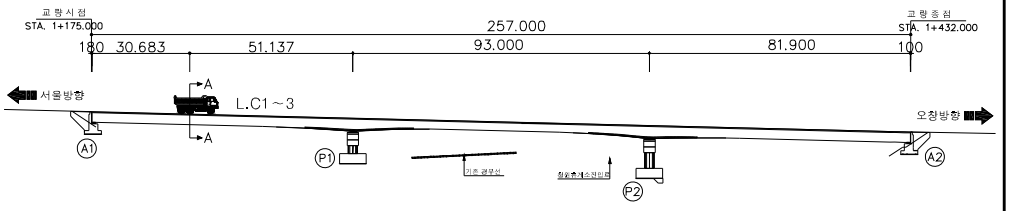
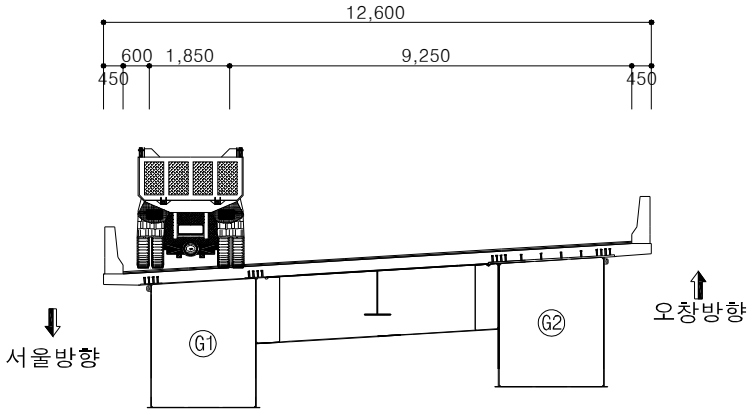
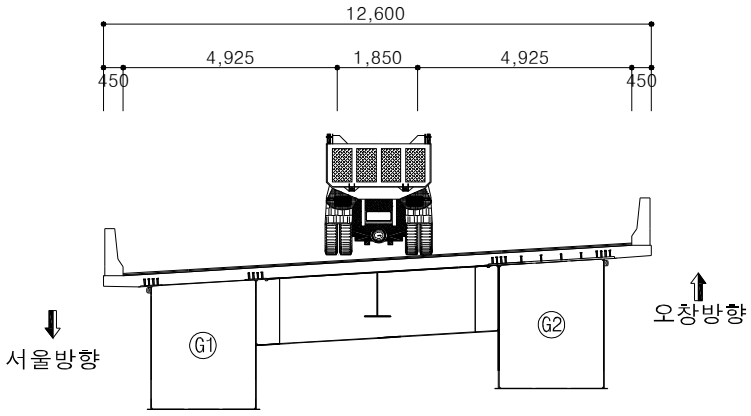
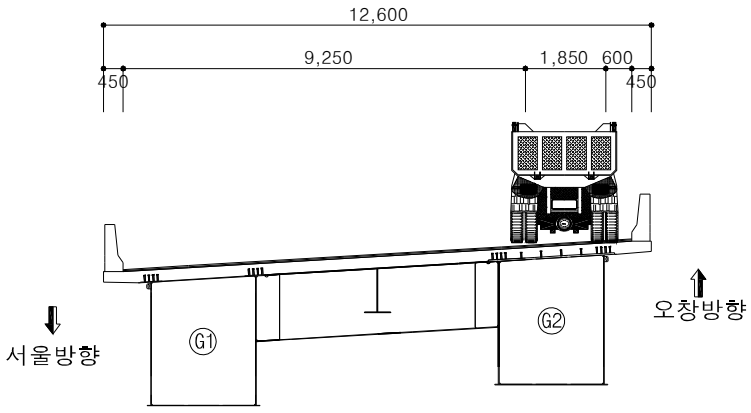
B-B단면 부착위치



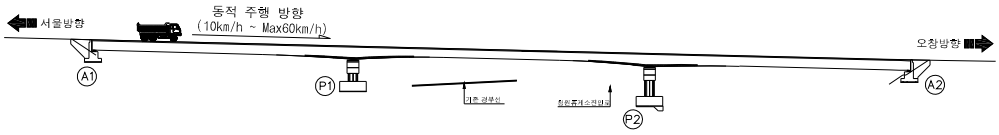
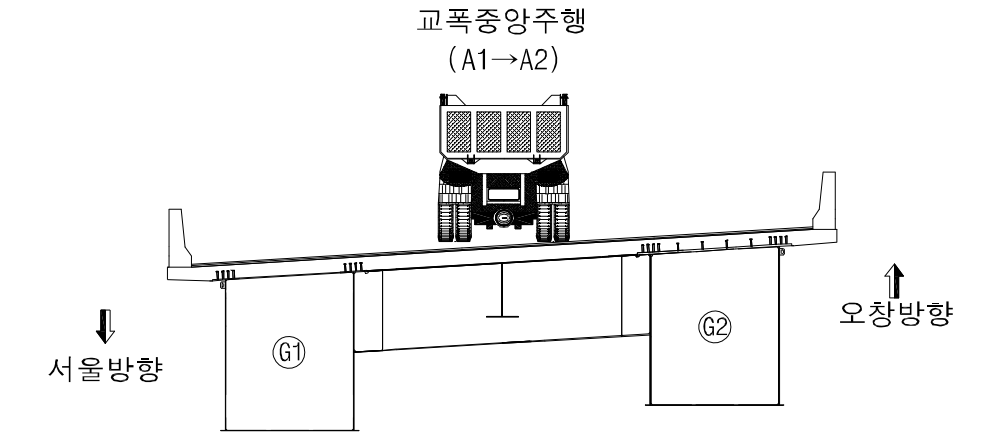
구 분	계측기명	설치수량	비 고
●	강재 변형률계	10	교축방향
⇑	처짐계	2	연직방향
@	가속도계	1	연직방향
계측센서 총 수량		13	

* S2경간 하부는 경부선 횡단구간으로서 센서 설치 불가.

사. 정적 재하시험 LOAD CASE

종방향 재하위치	
L.C 1	
L.C 2	
L.C 3	

아. 동적 재하시험 LOAD CASE

차량주행방향	
주행위치	

재하경우	주행방향	주행위치	비 고
10km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
20km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
30km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
40km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
50km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
60km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대

1.4.2 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

가. 재하시험에서 측정된 계측DATA

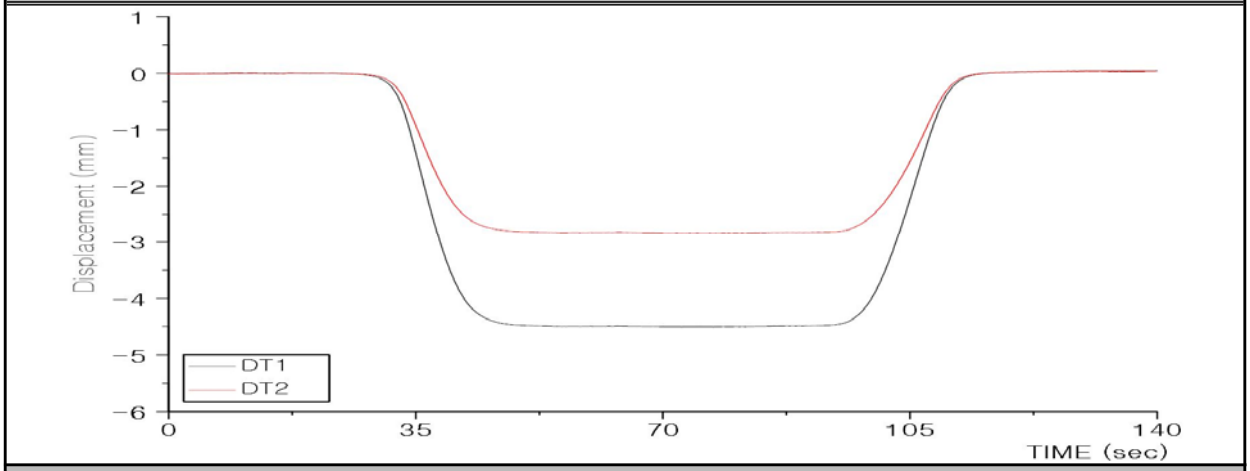
1) 1경간

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
ST1	-3.42	-5.70	-3.39	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST2	26.88	17.20	11.57	
ST3	26.60	21.21	8.77	
ST4	-4.24	-5.60	-3.28	
ST5	13.38	23.42	31.35	
ST6	14.25	19.31	29.39	
DT1	-4.503	-3.848	-3.079	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT2	-2.828	-4.164	-5.516	

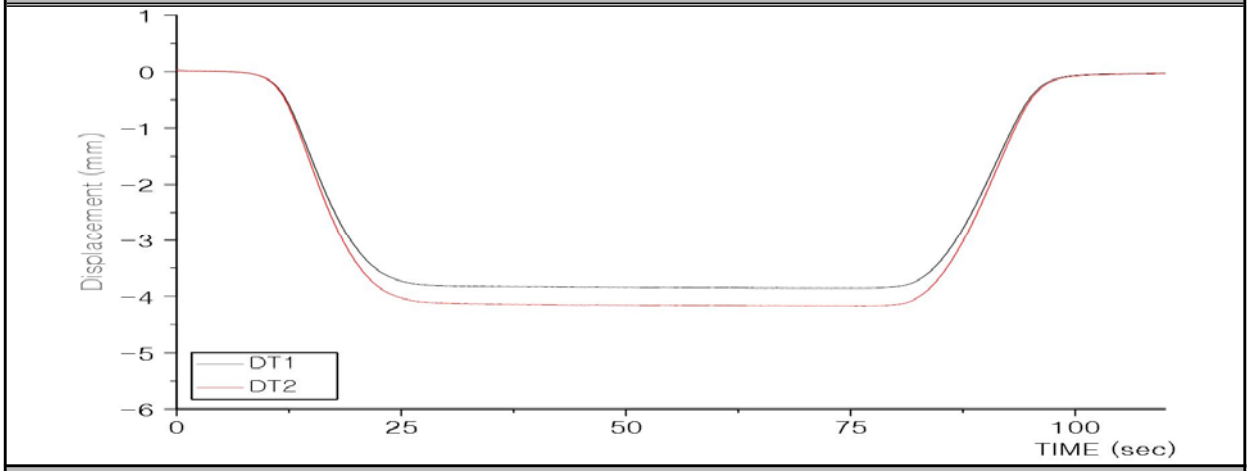
2) P1 지점

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
ST7	1.50	0.78	0.91	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST8	0.77	0.78	1.68	
ST9	0.85	0.98	2.34	
ST10	0.76	1.14	2.58	

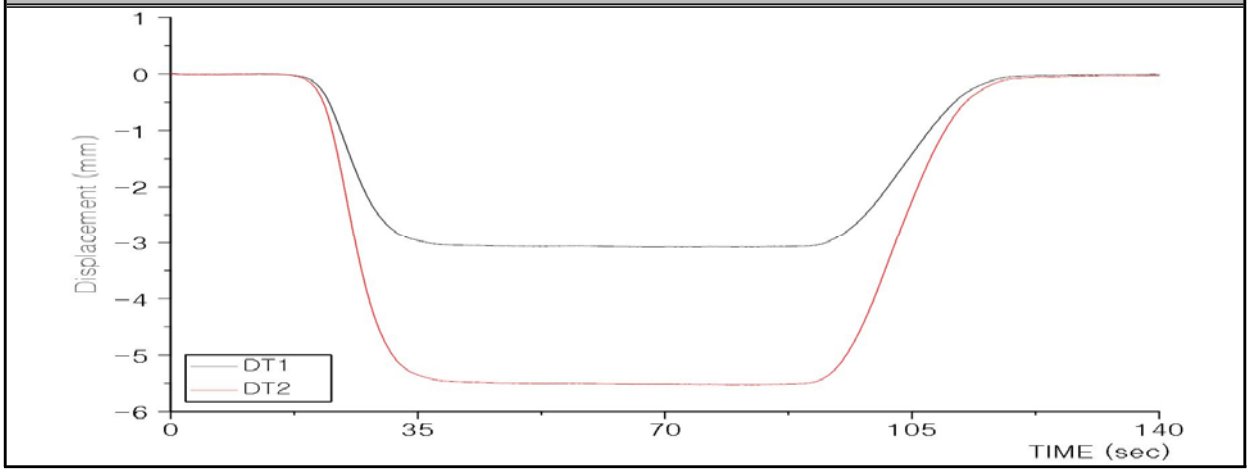
L.C1 처짐



L.C2 처짐



L.C3 처짐

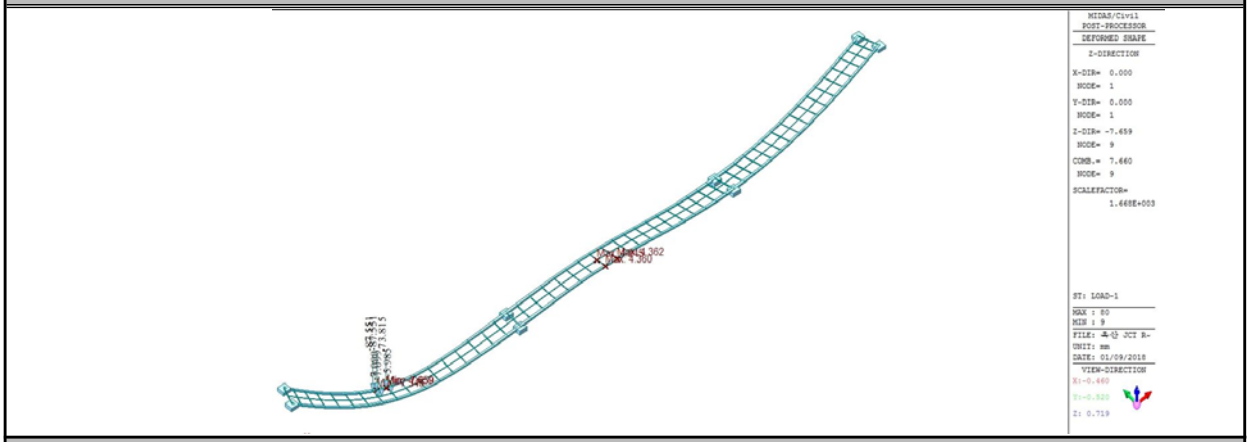


* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

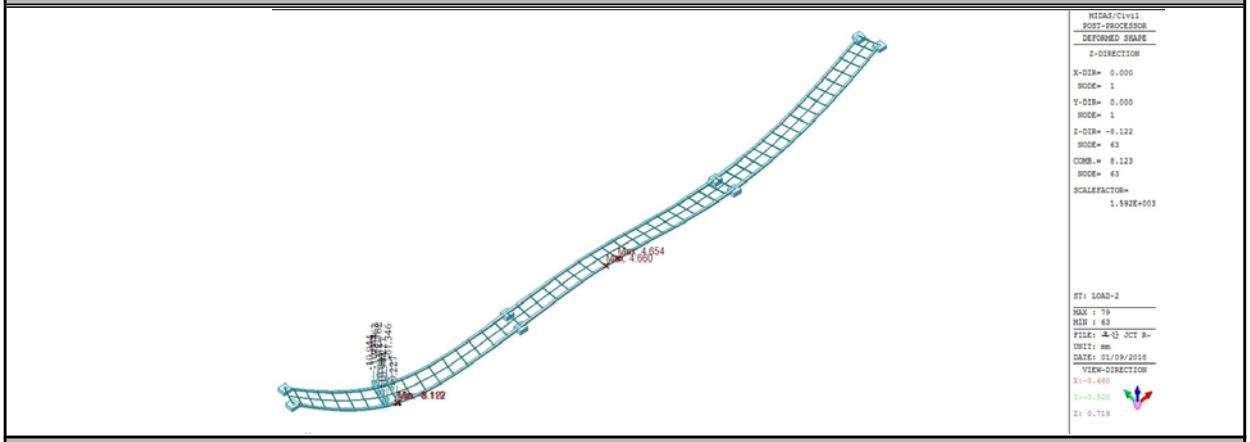
나. 구조해석에 의한 변위량

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
G1(DT1)	-7.659	-7.218	-6.763	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
G2(DT2)	-6.825	-8.122	-9.446	

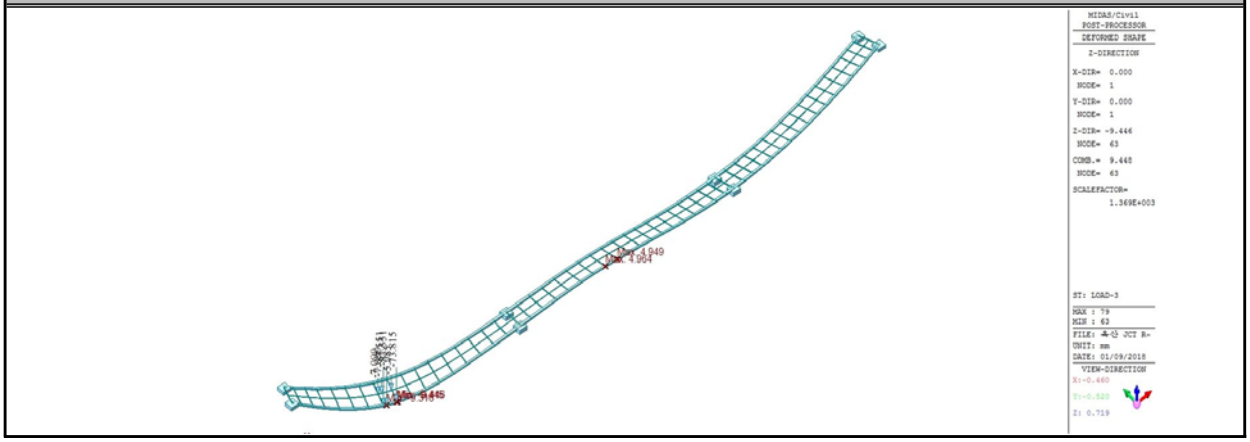
L.C1 하중재하 및 처짐



L.C2 하중재하 및 처짐

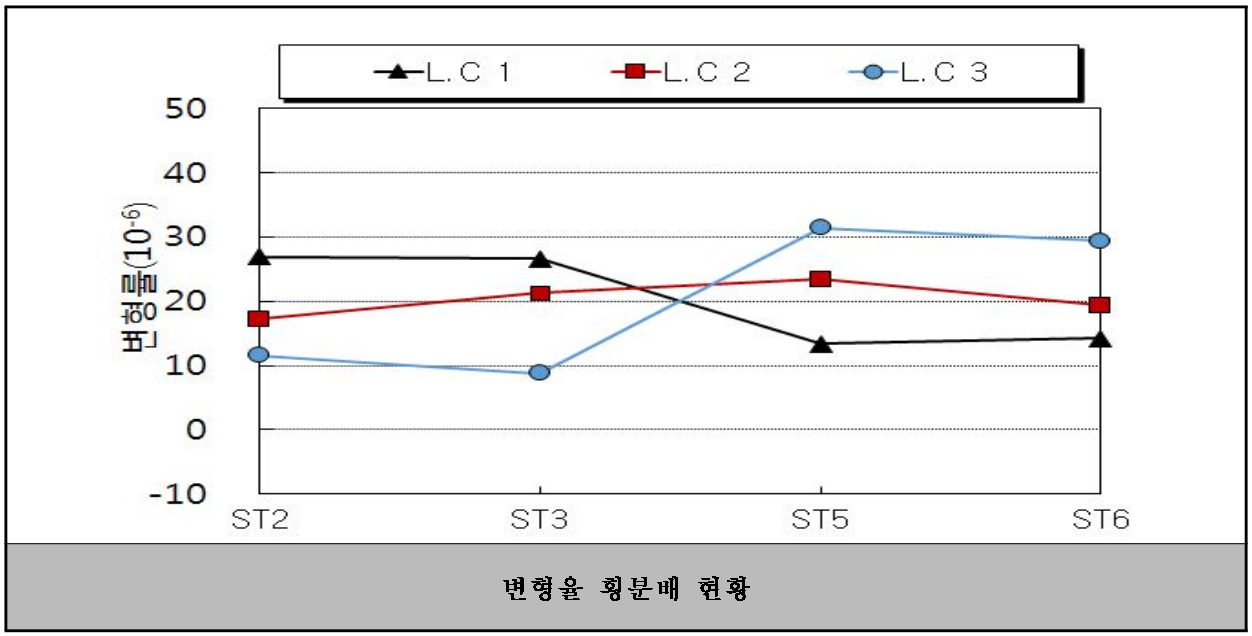


L.C3 하중재하 및 처짐

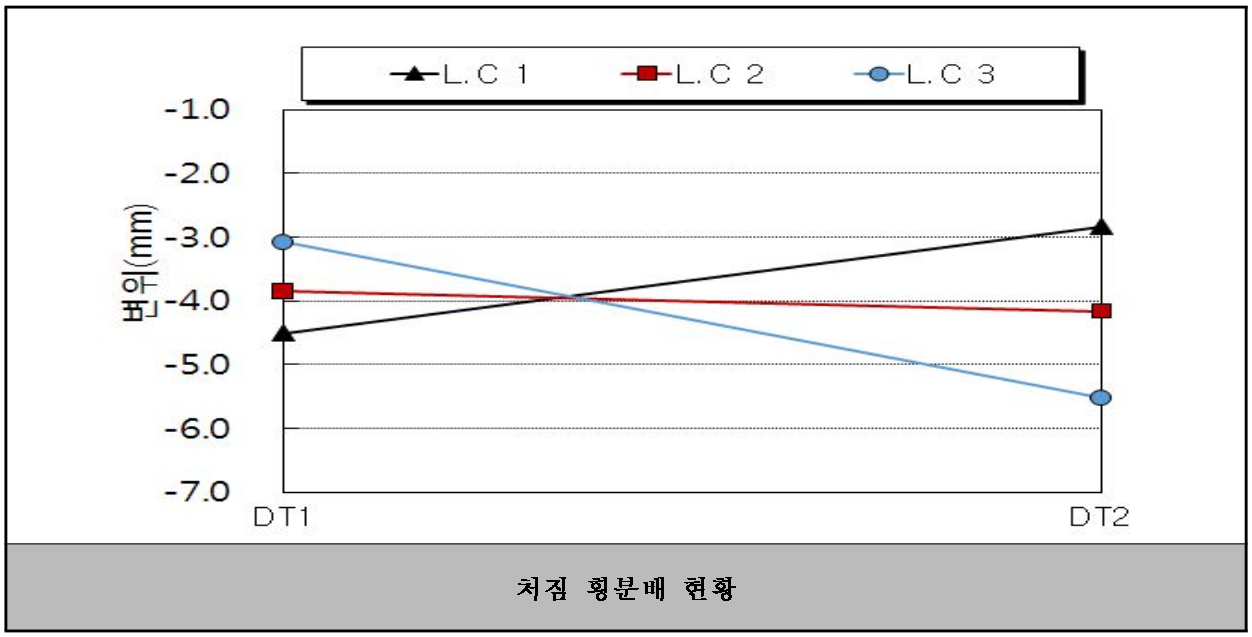


다. 하중 횡분배 검토 결과

거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단면응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 곡선교로서 좌, 우측 경간장이 상이하여 약간의 차이는 있으나 하중 횡분배는 대체로 대칭성을 보이고 있는 양호한 것으로 평가되었다.



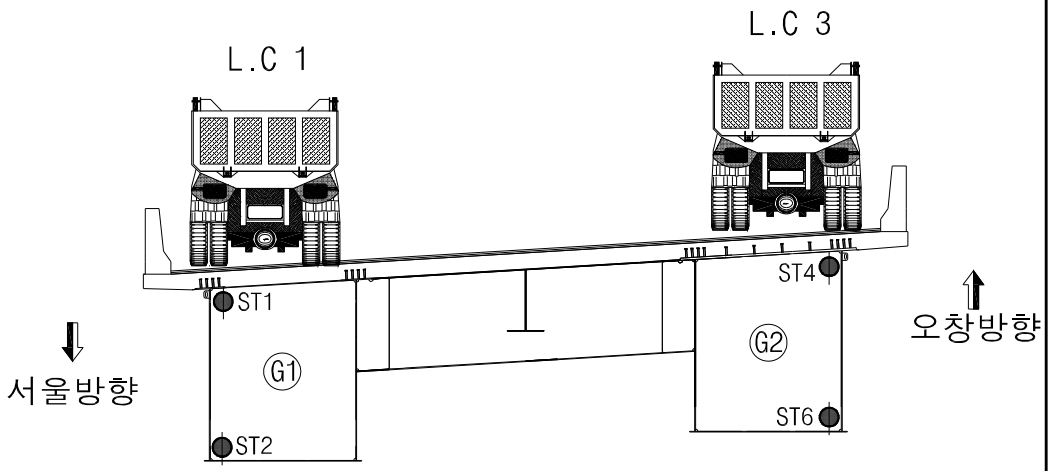
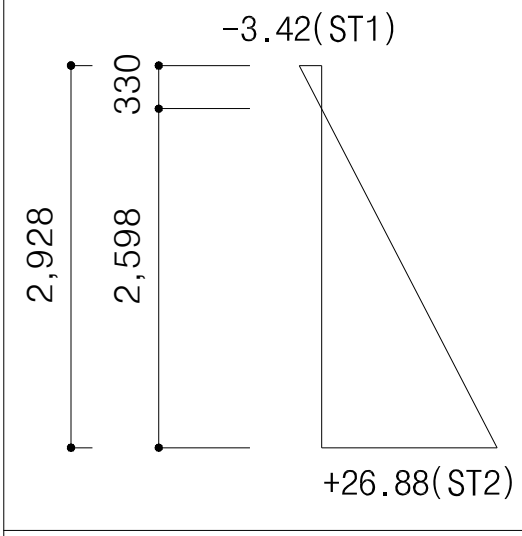
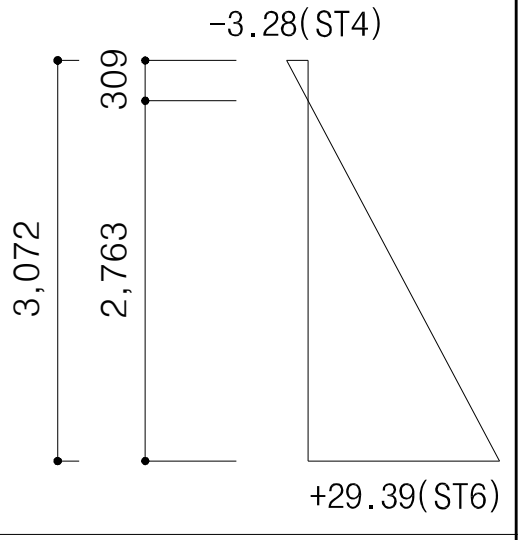
변형율 횡분배 현황



처짐 횡분배 현황

라. 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

<table>
<tr><td>구 분</td><td colspan="2">L.C 1/L.C 3</td></tr>
<tr><td>재하위치</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">중립축</td><td>L.C 1(1경간 - G1)</td><td>L.C 3(1경간 - G2)</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2"><table>
<tr><td rowspan="2">구분</td><td colspan="2">이론중립축위치 (mm)</td><td colspan="2">실측중립축위치 (mm)</td></tr>
<tr><td>G1</td><td>G2</td><td>G1</td><td>G2</td></tr>
<tr><td>1경간</td><td>2,490</td><td>2,490</td><td>2,598</td><td>2,763</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>검토 의견</td><td colspan="2">* 실측중립축이 이론중립축 대비 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.</td></tr>
</table>

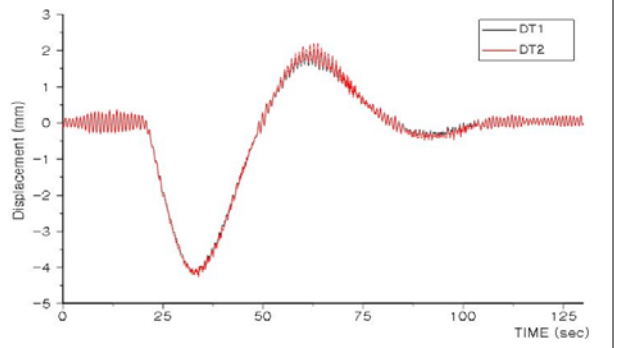
1.4.3 동적 재하시험 결과

가. 동적처짐

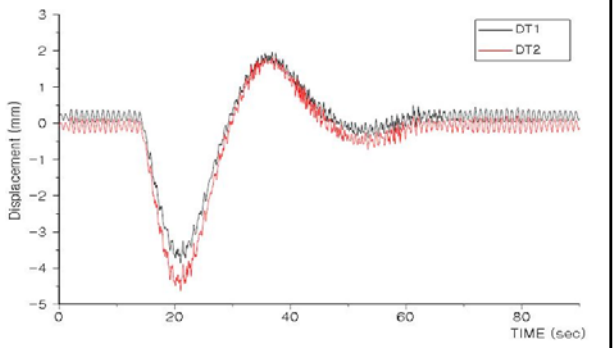
동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

구 분		주행속도 (km/h)						비고
		10	20	30	40	50	60	
1경간	G1(DT1)	-4.206	-3.863	-4.147	-4.138	-4.042	-4.095	단위 : ㎜
	G2(DT2)	-4.269	-4.620	-4.226	-4.194	-4.327	-4.445	

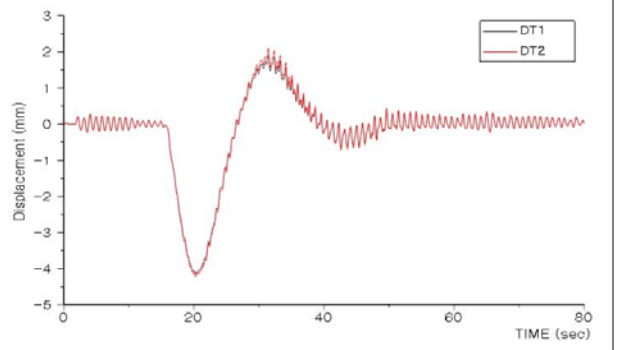
10km/hr



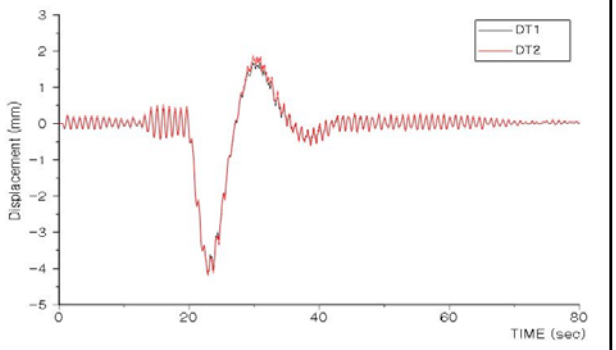
20km/hr



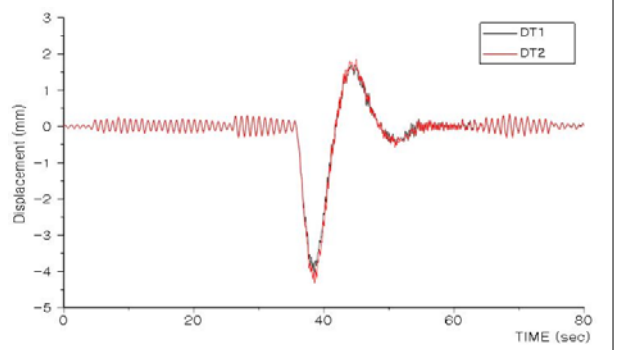
30km/hr



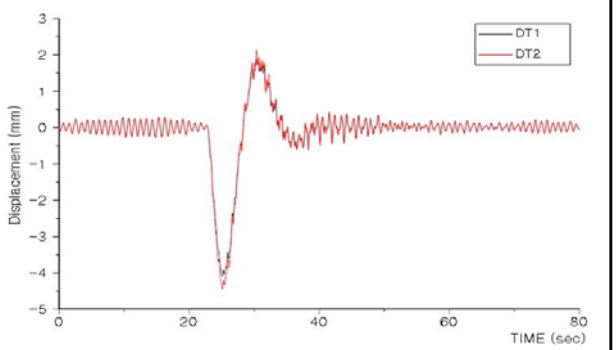
40km/hr



50km/hr



60km/hr



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

나. 충격계수 산정 결과

1) 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

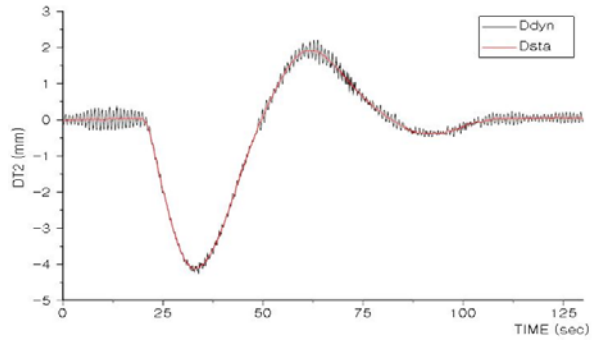
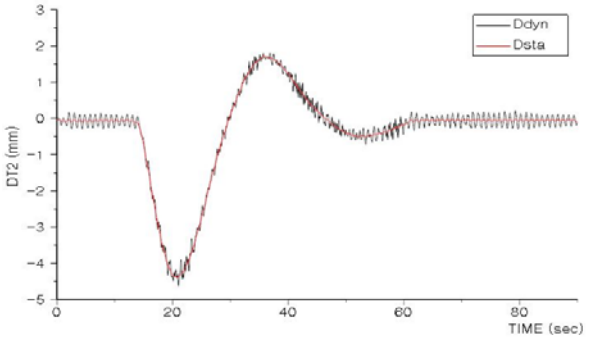
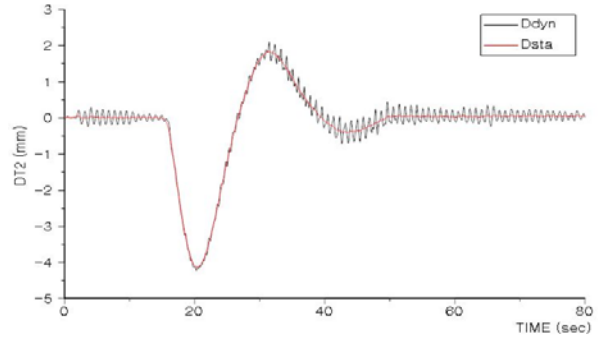
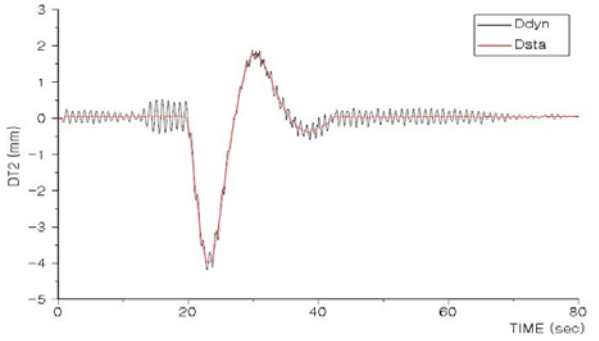
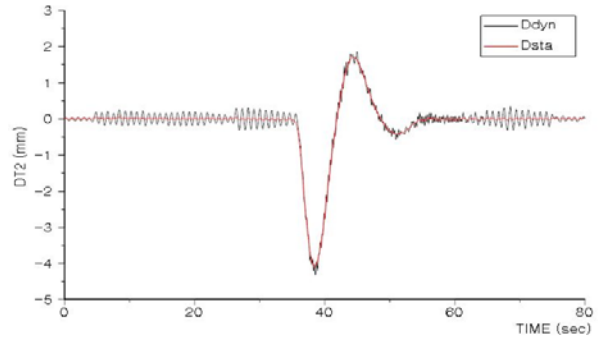
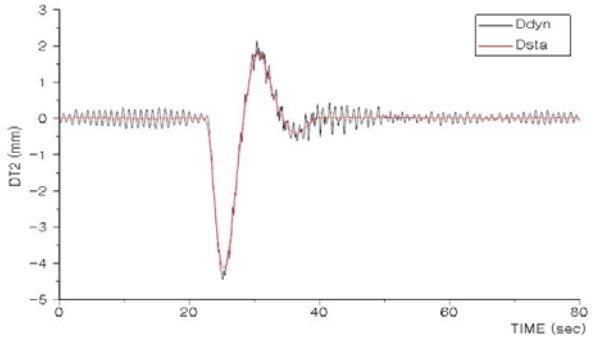
· 실측충격계수 i = (D－1)

여기서, D $=(\delta_{\mathrm{dynamic}})_{\max}/(\delta_{static})_{\max}$

구 분			주행속도 (km/h)						대표 충격계수
			10	20	30	40	50	60	
1경간	DT1	$\delta_{dyn(max)}$	-4.206	-3.863	-4.147	-4.138	-4.042	-4.095	**0.062**
		$\delta_{sta(max)}$	-4.102	-3.651	-4.070	-3.932	-3.816	-3.856	
		충격계수(i)	0.025	0.058	0.019	0.053	0.059	**0.062**	
	DT2	$\delta_{dyn(max)}$	-4.269	-4.620	-4.226	-4.194	-4.327	-4.445	**0.072**
		$\delta_{sta(max)}$	-4.126	-4.382	-4.130	-3.973	-4.080	-4.146	
		충격계수	0.035	0.054	0.023	0.056	0.060	**0.072**	
계측결과			• 계산충격계수 : i = 15/(40+L) = **0.123**(1경간, L=81.82) • 실측충격계수 : 1경간-**0.072**(60km, DT2)						

2) 산정 결과

동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 교폭중앙으로 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT1, DT2(1경간)를 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.072(1경간)으로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계기준 0.123(1경간)보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행 시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

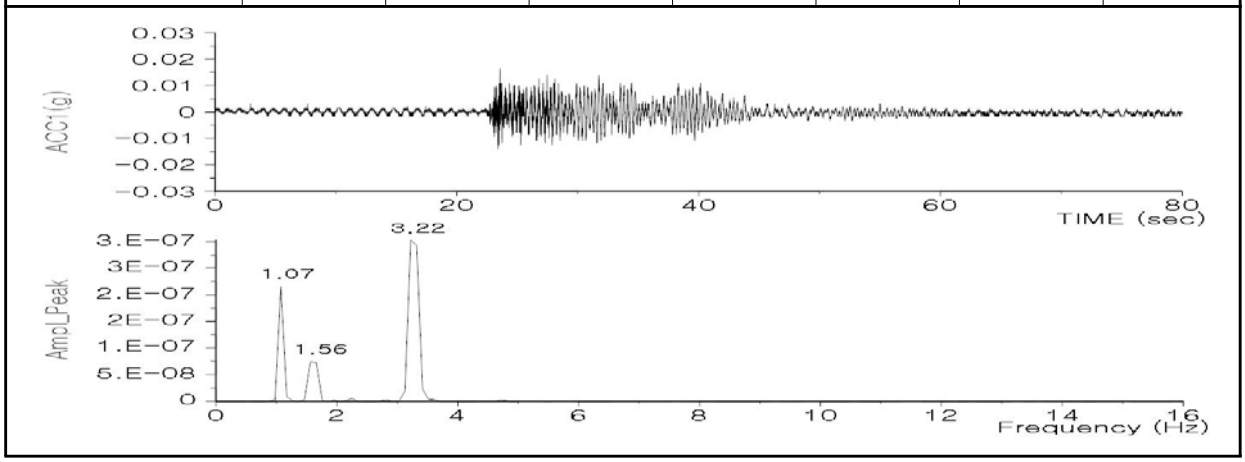
10km/hr, DT2	20km/hr, DT2
	
30km/hr, DT2	**40km/hr, DT2**
	
50km/hr, DT2	**60km/hr, DT2**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

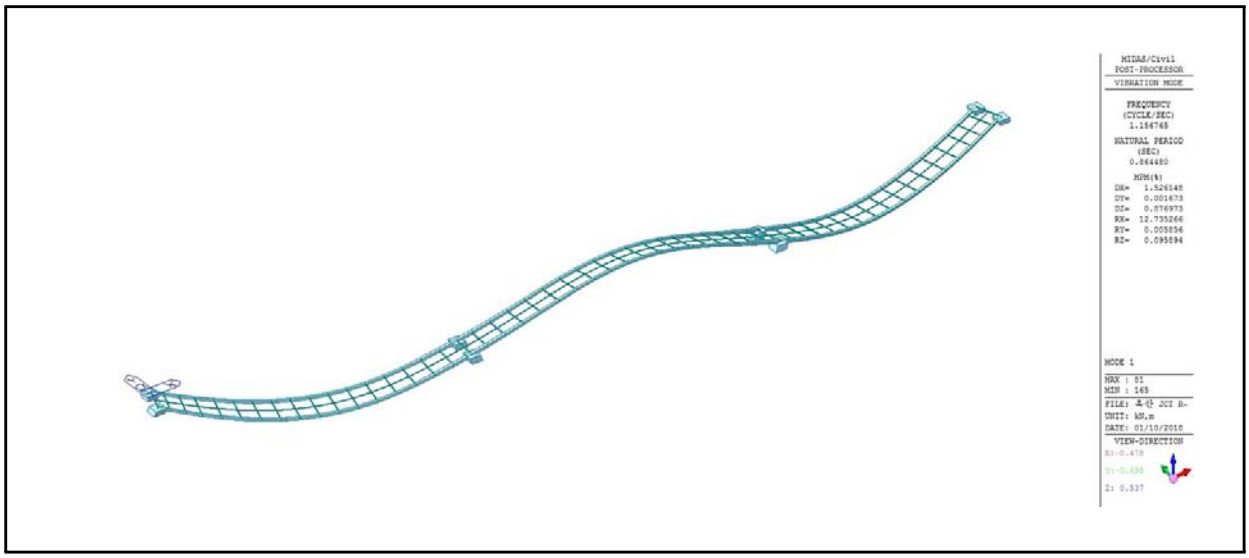
다. 고유진동수 산정 결과

1) 재하시험에 의한 고유진동수 산정

구 분	10km	20km	30km	40km	50km	60km	비 고
고유진동수 (cycle/sec(Hz))	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	



2) 구조해석에 의한 고유진동수 계산



3) 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 1.07Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 1.157Hz와 비슷하게 해석되어 해석모델이 대상교량의 거동을 합리적으로 표현하고 있는 것을 알 수 있다.

라. 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 멀어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

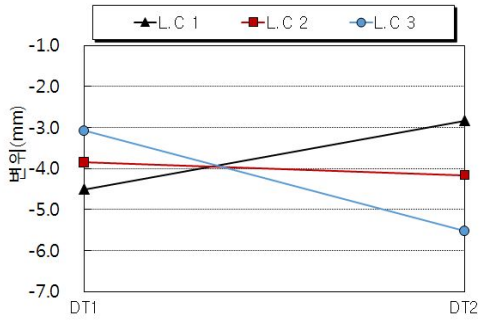
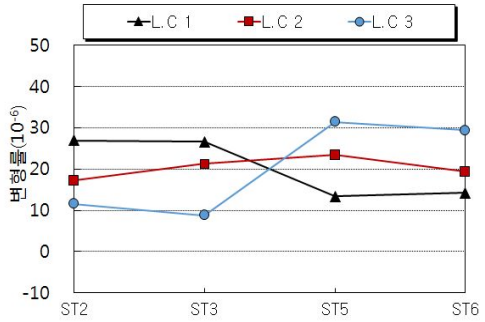
1) 응답비 산정

구 분		처 짐(㎜)			비고
		L.C1	L.C2	L.C3	
G1	계산처짐	-7.659	-7.218	-6.763	DT1
	실측처짐	-4.503	-3.848	-3.079	
	응답비	**1.701**	1.876	2.196	
G2	계산처짐	-6.825	-8.122	-9.446	DT2
	실측처짐	-2.828	-4.164	-5.516	
	응답비	2.413	1.951	**1.712**	

2) 응답보정계수 산정

구 분		응답비	i(충격계수)		$\frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$	위치별 Ks
			계산	실측max		
응답 보정 계수	DT1(G1)	1.701	0.123	0.072	1.048	1.783
	DT2(G2)	1.712				1.794

1.4.4 정·동적 재하시험 고찰

<table>
<tr><th colspan="2">분석항목</th><th>분석결과</th></tr>
<tr><td colspan="2">시험트럭</td><td>• 재하하중 : 설계하중의 약 62%
• 총 중 량 : 269.10kN</td></tr>
<tr><td rowspan="4">정적
재하
시험</td><td>최대
응답</td><td>• 처 짐 : -5.516 ㎜
• 변형률 : 31.35 με</td></tr>
<tr><td rowspan="3">횡방향
거동특성</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>처짐</td><td>변형률</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">동적
재하
시험</td><td>충격
계수</td><td>• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.072(DT2)로 이론 충격계수 0.123보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td>고유
진동수</td><td>• 실측고유진동수(1.07Hz)와 이론 고유진동수(1.157Hz)의 해석치가 비슷하게 산정되어 해석모델이 대상교량의 거동을 합리적으로 표현함.</td></tr>
</table>

1.5 안전성평가 및 내하력평가

1.5.1 구조해석 방법 및 개요

옥산JCT Ramp-A교는 연장 257.000m, 총폭 12.600m, 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 90.000°이며 평면 선형 R=300m인 곡선교 이다. 상부구조는 DCB 거더로 이루어져 있으며, 하부구조는 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

1.5.2 검토 조건

가. 기본 사항

1) 형　　식 : DCB GIRDER교
2) 연　　장 : 257.000m
3) 교　　폭 : B = 12.600m
4) 거더높이 : H = 2.500m
5) 거더간격 : 5.600m
6) 사　　각 : 90.000°
7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
8) 단위중량
   - 철근 콘크리트 : W_{c1} = 2500.0kg/㎥
   - 무근 콘크리트 : W_{c2} = 2350.0kg/㎥
   - 아 스 팔 트 : W_a = 2300.0kg/㎥
9) 사용 프로그램 : MIDAS CIVIL 2016
10) 구조 검토방식 : 강도설계법+경험적설계법(바닥판), 허용응력설계법/강도설계법(거더)
11) 참고문헌
   ① 도로교 설계기준(2010)
   ② 콘크리 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
   ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

나. 사용재료 및 허용응력

1) 콘크리트

- 설계기준강도(f_{ck}) : 27.0MPa
- 탄성계수(E_c) : 28,693MPa
- 전단탄성계수(G_c) : 12,297MPa

2) 철근(SD400)

- 항복강도(f_y) : 400.0MPa
- 탄성계수(E_s) : 200,000MPa

3) 강재

- 주부재 : SM520B
- 부부재 : SM400B
- 탄성계수(E_{st}) : 205,000MPa
- 전단탄성계수(G_{st}) : 79,000MPa
- 허용축방향인장응력 및 허용휨인장응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	140	190	210	260
40초과 75이하	130	175	200	250
75초과 100이하			195	245

• 허용축방향압축응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM 570 SMA 58
40이하	140 : $\ell/r \leq 20$ 140-0.84(ℓ/r-20) : $20 < \ell/r \leq 93$ $\frac{1,200,000}{6,700+(\ell/r)^2}$: $93 < \ell/r$	190 : $\ell/r \leq 15.0$ 190-1.3(ℓ/r-15.0): $15.0 < \ell/r \leq 80$ $\frac{1,200,000}{5,000+(\ell/r)^2}$: $80 < \ell/r$	210 : $\ell/r \leq 14$ 210-1.3(ℓ/r-14): $15 < \ell/r \leq 76$ $\frac{1,200,000}{4,500+(\ell/r)^2}$: $76 < \ell/r$	260 : $\ell/r \leq 18$ 260-2.2(ℓ/r-18): $18 < \ell/r \leq 67$ $\frac{1,200,000}{3,500+(\ell/r)^2}$: $67 < \ell/r$
40초과 75이하	130 : $\ell/r \leq 2$ 130-0.75(ℓ/r-20) : $20 < \ell/r \leq 97$	175 : $\ell/r \leq 15$ 175-1.1(ℓ/r-15) : $15 < \ell/r \leq 83$	200 : $\ell/r \leq 14$ 200-1.40(ℓ/r-14): $14 < \ell/r \leq 78$ $\frac{1,200,000}{4,700+(\ell/r)^2}$: $78 < \ell/r$	250 : $\ell/r \leq 18$ 250-2.1(ℓ/r-18) : $18 < \ell/r \leq 69$ $\frac{1,200,000}{3,600+(\ell/r)^2}$: $69 < \ell/r$
75초과 100이하	$\frac{1,200,000}{7,300+(\ell/r)^2}$: $97 < \ell/r$	$\frac{1,200,000}{5,300+(\ell/r)^2}$: $83 < \ell/r$	195 : $\ell/r \leq 14$ 195-1.3(ℓ/r-14): $14 < \ell/r \leq 79$ $\frac{1,200,000}{4,900+(\ell/r)^2}$: $79 < \ell/r$	245 : $\ell/r \leq 18$ 245-2.2(ℓ/r-18) : $18 < \ell/r \leq 69$ $\frac{1,200,000}{3,700+(\ell/r)^2}$: $69 < \ell/r$

여기서, ℓ : 부재의 유효좌굴길이(mm)

r : 부재 총단면의 단면회전반경(mm)

• 허용휨압축응력(MPa)

ⓐ 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 직접 고정되어 있는 경우, 상자형 단면, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	140	190	210	260
40초과 75이하	130	175	200	250
75초과 100이하			195	245

ⓑ ⓐ에 규정한 이외의 경우

강종 / 판두께(mm)		SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
$\frac{A_w}{A_c} \le 2$	40이하	140 : $\ell/b \le 4.5$ 140-2.4(ℓ/b-4.5) : 4.5 < $\ell/b \le 30$	190 : $\ell/b \le 4.0$ 190-3.8(ℓ/b-4.0) : 4.0 < $\ell/b \le 30$	210 : $\ell/b \le 3.5$ 210-4.4(ℓ/b-3.5): 3.5 < $\ell/b \le 27$	260 : $\ell/b \le 5.0$ 260-6.6(ℓ/b-5.0): 5.0 < $\ell/b \le 25$
	40초과 75이하	130 : $\ell/b \le 5.0$	175 : $\ell/b \le 4.0$	200 : $\ell/b \le 4.0$ 200-4.2(ℓ/b-4.0): 4.0 < $\ell/b \le 27$	260 : $\ell/b \le 3.4$ 260-6.25(ℓ/b-3.4): 3.4 < $\ell/b \le 25$
	75초과 100이하	130-2.2(ℓ/b-5.0): 5.0 < $\ell/b \le 30$	175-3.5(ℓ/b-4.0): 4.0 < $\ell/b \le 30$	195 : $\ell/b \le 4.0$ 195-4.0(ℓ/b-4.0): 4.0 < $\ell/b \le 27$	250 : $\ell/b \le 5.0$ 250-6.0(ℓ/b-5.0): 5.0 < $\ell/b \le 25$
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40이하	140 : $\ell/b \le 9/K$ 140-1.2(Kℓ/b-9): 9/K < $\ell/b \le 30$	190 : $\ell/b \le 8.0/K$ 190-1.9(Kℓ/b-8): 8/K < $\ell/b \le 30$	210 : $\ell/b \le 7/K$ 210-2.2(Kℓ/b-7): 7/K< $\ell/b \le 27$	260 : $\ell/b \le 10/K$ 260-3.3(Kℓ/b-10): 10/K < $\ell/b \le 25$
	40초과 75이하	130 : $\ell/b \le 10/K$	175 : $\ell/b \le 8/K$	200 : $\ell/b \le 8/K$ 200-2.1(Kℓ/b-8): 8/K< $\ell/b \le 27$	250 : $\ell/b \le 10/K$ 250-3.1(Kℓ/b-1): 10/K< $\ell/b \le 25$
	75초과 100이하	130-1.1(Kℓ/b-10): 10/K < $\ell/b \le 30$	175-1.75(Kℓ/b-8): 8/K < $\ell/b \le 30$	195 : $\ell/b \le 8/K$ 195-2.0(Kℓ/b-8): 8/K< $\ell/b \le 27$	245 : $\ell/b \le 10/K$ 245-3(Kℓ/b-10): 10/K< $\ell/b \le 25$
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적(㎟) A_c : 압축플랜지의 총 단면적(㎟) ℓ : 압축플랜지의 고정점간의 거리(㎜) b : 압축플랜지의 폭(㎜)		K : $\sqrt{3+\frac{A_w}{2A_c}}$	

• 허용전단응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	80	110	120	150
40초과 75이하	75	100	115	145
75초과 100이하			110	140

• 항복응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	240	320	360	460
40초과 75이하	220	300	340	440
75초과 100이하			330	430

• 강재 주거더의 허용응력 증가율

하중의 조합			증가율(%)	
			정의 휨모멘트를 받는 부분	부의 휨모멘트를 받는 부분
1	크리프의 영향과 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중+바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15
4	가설시 하중	압축연	25	25
		인장연	25	25

1.5.3 구조해석

가. 바닥판 검토

1) 개요

옥산JCT Ramp-A교의 바닥판은 설계당시 도로교설계기준 등의 적용기준에 따라 캔틸레버부는 강도설계법으로 설계하고, 중앙부는 경험적 설계방법으로 설계된 것으로 확인되었다.

2) 경험적 설계법에 의한 바닥판 슬래브 계산

㉠ 설계조건

- 지지부재 : 강재 주거더
- 주거더 플랜지부의 헌치와 같이 국부적으로 두껍게 한 곳을 제외한 상태에서 전체적으로 바닥판의 두께가 일정함
- 바닥판 두께에 대한 유효지간의 비가 6이상 15이하
- 바닥판의 상부와 하부에 배근된 철근의 외측면 사이의 두께가 150㎜ 이상
- 유효지간이 표준차선폭 3.6m이하
- 바닥판의 흠집, 마모면, 그리고 보호덮개층을 제외한 바닥판의 최소두께가 240㎜
- 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 5배 이상이거나, 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 3배 이상이고 구조적으로 연속적인 콘크리트 방호책과 합성이 된 경우
- 콘크리트의 28일 압축강도는 27㎫이상
- 철근 콘크리트 바닥판은 바닥판을 지지하는 구조부재들과 완전합성거동

㉡ 철근배근량

- 지간방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.4% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상
- 지간방향에 직각방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

㉢ 사용철근량

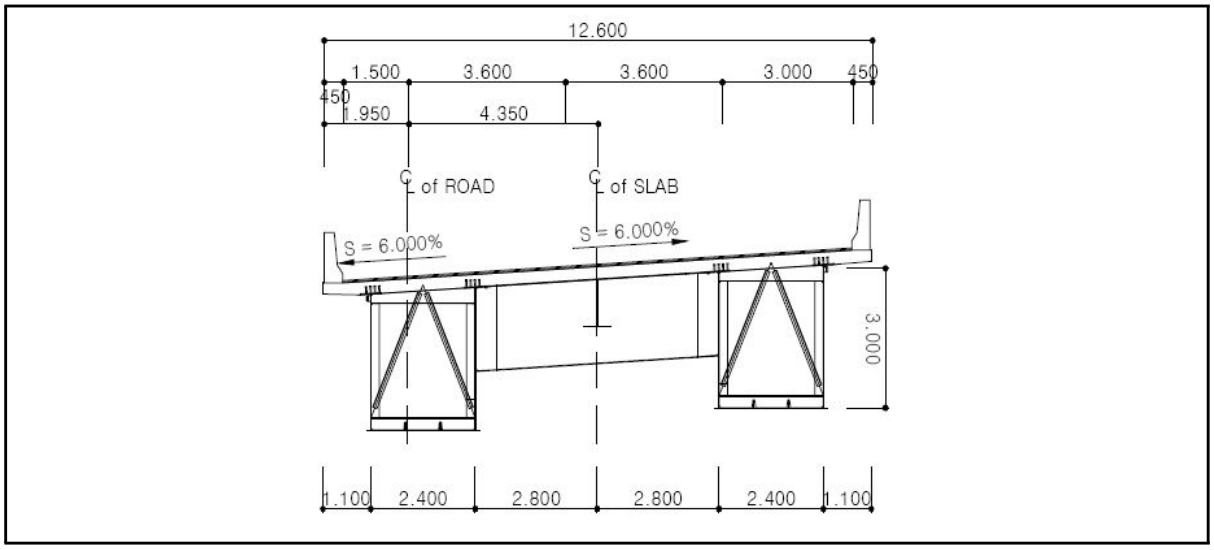
구 분			산 정 식	검 토
주철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.4% = 960.0㎟	o.k
		현장배근철근	H13@400 = 316.8㎟	
		패널내부철근	H13@180 = 703.9㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
배력 철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
• 바닥판 슬래브 단면적 = 1,000㎜ × 240㎜ = 240,000㎟				

3) 바닥판 슬래브 검토결과

옥산JCT Ramp-A교의 바닥판슬래브는 경험적 설계방법으로 설계 시공된 상태로, 현장조사 및 관련자료를 검토한 결과 철근배근간격 및 철근량이 적정하게 시공된 것으로 조사되었다.

나. 거더 검토

1) 해석단면



【그림 2.1.7】 해석단면

2) 하중산정

① 합성전 고정하중

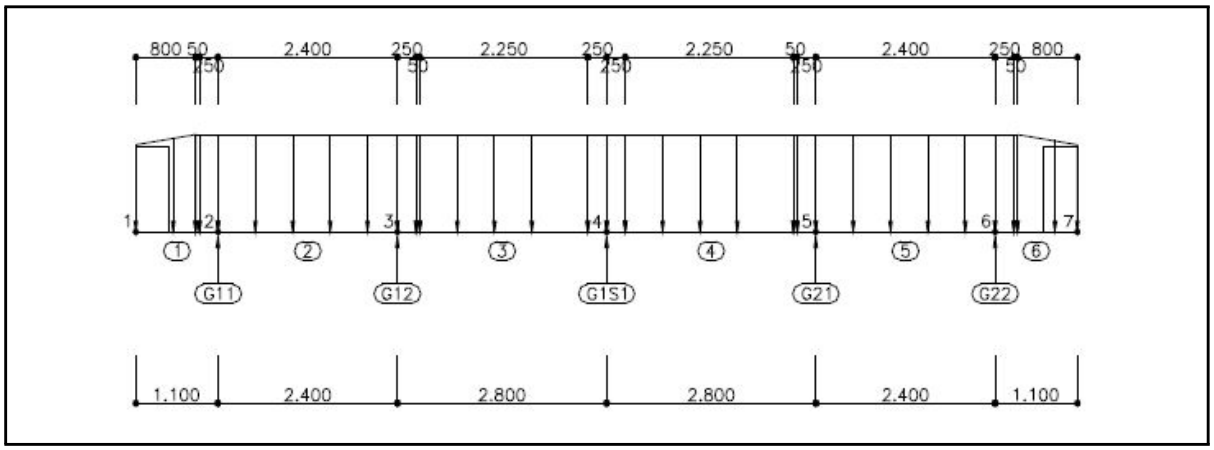
- 강재 자중 : 프로그램 내에서 자동 고려

- 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재 자중을 29.307% 할증 적용

- 총 강재중량 / 모델링 강재중량 = 12161.300kN / 9404.960kN = 1.29307

- 바닥판 자중(Sta 1+175.730, Sta 1+431.250)

- 횡방향 하중분배

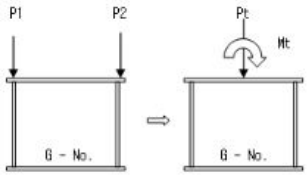


【그림 2.1.8】 바닥판 자중 횡방향 하중분배

하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치(m)	하중(kN/m²)	위치(m)	하중(kN/m²)	
W1	1	0.000	-11.000	0.800	-12.000	분포하중
W2	1	0.800	-11.550	0.850	-11.550	분포하중
W3	1	0.850	-11.550	1.100	-11.550	분포하중
W4	2	0.000	-11.550	2.400	-11.550	분포하중
W5	3	0.000	-11.550	0.250	-11.550	분포하중
W6	3	0.250	-11.550	0.300	-11.550	분포하중
W7	3	0.300	-11.550	2.600	-11.550	분포하중
W8	3	2.600	-11.550	2.800	-11.550	분포하중
W9	4	0.000	-11.550	0.200	-11.550	분포하중
W10	4	0.200	-11.550	2.500	-11.550	분포하중
W11	4	2.500	-11.550	2.550	-11.550	분포하중
W12	4	2.550	-11.550	2.800	-11.550	분포하중
W13	5	0.000	-11.550	2.400	-11.550	분포하중
W14	6	0.000	-11.550	0.250	-11.550	분포하중
W15	6	0.250	-11.550	0.300	-11.550	분포하중
W16	6	0.300	-12.000	1.100	-11.000	분포하중

② 합성후 고정하중

• 거더별 작용하중(Sta 1+175.730, Sta 1+431.250)

구 분	거더폭 (m)	바닥판 자중				기호 정의
		P1 (kN/m)	P2 (kN/m)	Pt (kN/m)	Mt (kN · m)	
G1	2.400	26.848	28.953	55.801	2.526	
G2	2.400	28.953	26.848	55.801	-2.526	
ST-1		33.848		33.848		

③ 활하중

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="4">활 하 중</th></tr>
<tr><td>• 교 폭</td><td colspan="4">• 12.600m</td></tr>
<tr><td>• 지간장(L)</td><td colspan="4">• 81.300m + 93.000m + 81.320m</td></tr>
<tr><td>• 연석간 교폭(W_c)</td><td colspan="4">• 11.700m</td></tr>
<tr><td>• 설계 차로수(N)</td><td colspan="4">• 9.1 ≤ W_c < 12.8 m ∴ 3차로 재하</td></tr>
<tr><td>• 설계 차로폭(W)</td><td colspan="4">• 11.700m / 3 = 3.900m > 3.600m 이므로, ∴ W = 3.600m
→ 설계차로폭 W=3.0m</td></tr>
<tr><td rowspan="5">• 충격계수(i)</td><td colspan="4">• 제1지간 15 / (40+81.30) = 0.124 < 0.3 ∴ i = 0.124 적용</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 제2지간 15 / (40+93.00) = 0.113 < 0.3 ∴ i = 0.113 적용</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 제3지간 15 / (40+81.32) = 0.124 < 0.3 ∴ i = 0.124 적용</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 제1 내부지점
15 / {40+(81.300+93.000)/2} = 0.118 < 0.3 ∴ i = 0.118 적용</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 제2 내부지점
15 / {40+(93.000+81.320)/2} = 0.118 < 0.3 ∴ i = 0.118 적용</td></tr>
<tr><td rowspan="4">• 활하중 크기</td><td colspan="2">표준차로하중(DL-24)</td><td colspan="2">표준트럭하중(DB-24)</td></tr>
<tr><td>P_m</td><td>36.0kN</td><td>P_f</td><td>24 kN</td></tr>
<tr><td>P_s</td><td>52.0kN</td><td>P_r</td><td>96 kN</td></tr>
<tr><td>W_ℓ</td><td>4.23kN/m</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>• 재하방법</td><td colspan="4">• 해석프로그램의 이동하중해석 기능을 사용
• DB-24, DL-24
• DB-24, DL-24하중에 대하여 독립적으로 1~3개 차로에 경간별로 가장 불리한 부재력이 산출되도록 재하
• 각 CASE별 하중재하도 및 각 거더별 작용하중은 부록 참조.</td></tr>
</table>

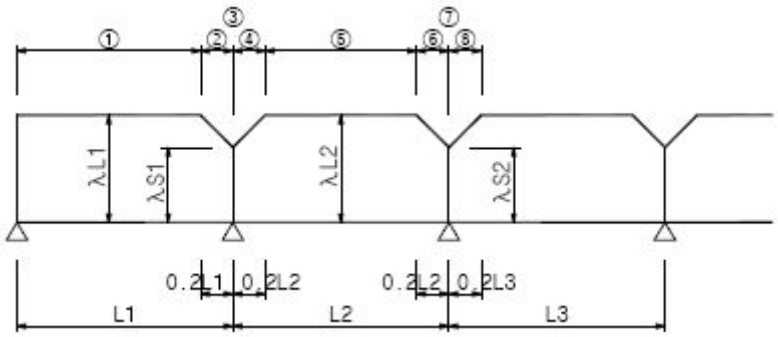
3) 플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

전단지연(Shear Lag) 현상의 영향으로 인한 플랜지 및 바닥판의 유효폭은 다음과 같으며, 단면응력 검토 시 적용하였다.(상세한 계산과정은 부록 참조)

① 플랜지 유효폭

【표 2.1.12】 플랜지의 유효폭 산정

구 분	플랜지(m)		비 고
	상부	하부	
제1지간 중앙부	0.600	2.600	
제1중간 지점부	2.793	2.493	
제2지간 중앙부	0.500	2.600	
제2중간 지점부	2.793	2.493	
제3지간 중앙부	0.600	2.600	



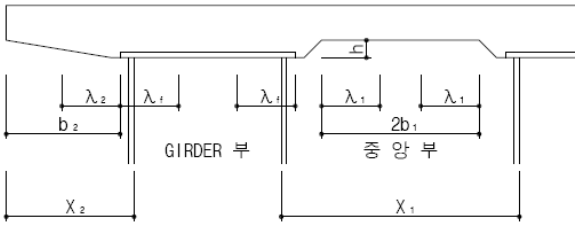
위 치 구 분	복부간격 or 플랜지폭 (2b)		플랜지 돌출폭 (be)	
	상 부	하 부	상 부	하 부
교대부	0.500 m	2.400 m	0.000 m	0.100 m
측경간중앙부	0.600 m	2.400 m	0.000 m	0.100 m
교번구간	0.500 m	2.400 m	0.000 m	0.100 m
내부지점부	2.400 m	2.400 m	0.250 m	0.100 m
중 앙 부	0.500 m	2.400 m	0.000 m	0.100 m

L1 = 82.000m, L2 = 93.000m, L3 = 82.000m

② 바닥판 유효폭

【표 2.1.13】 바닥판의 유효폭 산정

구 분	바닥판(m)
	G1, G2
개 요	
제1지간 중앙부	6.300
제1중간 지점부	5.888
제2지간 중앙부	6.300
제2중간 지점부	5.888
제3지간 중앙부	6.300



위치구분	X1	X2	X3	be (플랜지 돌출폭)
교대부	5.600 m	1.100 m	2.400 m	0.250 m
측경간중앙부	5.600 m	1.100 m	2.400 m	0.250 m
교번구간	5.600 m	1.100 m	2.400 m	0.250 m
내부지점부	5.600 m	1.100 m	2.400 m	0.250 m
중 앙 부	5.600 m	1.100 m	2.400 m	0.200 m

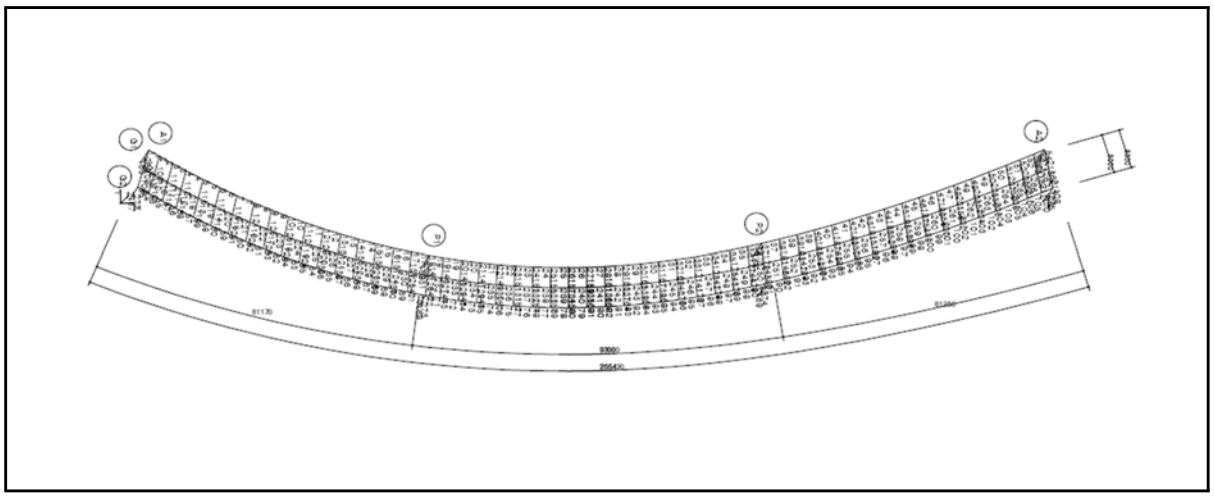
4) 모델링 및 단면 제정수

① 모델링

본 교량의 구조해석은 시공단계를 고려하기 위해 구조해석 모델을 합성전과 합성후로 구분하여 실시하였다. 합성전 모델링시 강박스 거더와 세로보 및 가로보는 보요소(Frame Element)를 사용한 격자형태로 모델링하였으며, 강재(강박스 거더, 세로보 및 가로보) 및 바닥판의 자중을 하중으로 고려하였다.

합성후 모델링은 바닥판 상부에 작용하는 하중을 실제 교량의 하중조건과 비교적 정확히 모사하기 위해 강박스 거더와 세로보 및 가로보는 보요소(Frame Element)로, 바닥판은 판요소(Plate Element)를 사용하여 3차원으로 모델링하였으며, 바닥판과 강재(강박스 거더, 세로보 및 가로보)의 도심 사이를 강체요소(Rigid Element)로 연결하였다. 또한, 시공단계별로 대상교량의 실제 강성과 최대한 근접할 수 있도록 모델링하였으며, 기타 세부내용은 다음과 같다.

- 합성전 모델링 시 바닥판 콘크리트는 단면의 강성에 기여하는 바 없이 고정하중만을 추가시키는 역할만을 함으로 바닥판에 의한 횡분배 효과는 고려하지 않는 것으로 하였다. 활하중은 해석프로그램 내의 이동하중해석 기능을 사용하였으며 도로교 설계기준을 참조하여 가장 불리한 하중조합이 되도록 설정하였다.
- 경계조건은 현장조사 시 확인된 각 지점의 가동, 고정 상태를 고려하여 설정하였다.



【그림 2.1.9】 해석모델링(상부구조)

5) 구조해석 결과

① 단면력 산정결과

판요소와 보요소를 합성시킨 합성후 모델(합성후 고정하중, 활하중 등)에서 산출된 휨모멘트는 해당 휨모멘트 발생시 동시에 발생되는 축력(우력모멘트)을 고려한 값이며, 아래 표와 같다.

㉠ 중앙부 정모멘트부(외측거더 단면-1)

【표 2.1.14】 중앙부 정모멘트부 단면력 산정결과

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
휨모멘트(kN・m)	5003.8	9088.2	4478.8	7925.8	85.7	26582.4
전단력(kN)	-512.7	-877.3	-428.4	-898.4	-10.0	-2726.8
비틀림모멘트(kN・m)	667.6	1022.0	646.8	2212.5	7.5	4556.60

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

㉡ 지점부 부모멘트부(외측거더 단면-7)

【표 2.1.15】 지점부 부모멘트부 단면력 산정결과

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
휨모멘트(kN・m)	-1300.9	-6832.0	-2673.8	-12805.8	-463.2	-24075.8
전단력(kN)	747.4	1492.1	687.8	1095.3	5.3	4027.8
비틀림모멘트(kN・m)	-436.1	-554.0	-523.3	-2169.2	-42.5	-3725.05

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

6) 강박스 거더의 응력 검토

강박스 거더에 대한 응력검토는 내・외측경간 최대 정모멘트부 및 지점부 최대 부모멘트부 단면에 대하여 실시하였으며, 이에 대한 상세 검토결과는 부록에 첨부하였다.

휨응력조합	하중조합
하중종류1	합성전단계 : 강거더 자중 + 하부콘크리트 자중 + 상부바닥판 자중
하중종류2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
하중종류3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
하중종류4	합성후단계 : 3 + (온도차)
하중종류5	합성후단계 : 3 - (온도차)

① 중앙부 정모멘트부

㉠ 외측거더(단면-1)

- 휨응력

【표 2.1.16】 외측경간 정모멘트부 휨응력 검토결과

하중조합	휨 응 력								안전율	
	작용응력(MPa)				허용응력(MPa)					
	Concrete		Steel		Concrete		Steel			
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-144.040	110.004	-	-	-155.520	287.500	1.080	2.614
2	-3.062	-	-163.025	180.818	-10.800	-	-230.000	230.000	1.411	1.272
3	-1.925	-	-202.089	186.638	-10.800	-	-264.500	230.000	1.309	1.232
4	-2.211	-	-182.620	184.312	-12.420	-	-299.000	264.500	1.637	1.435
5	-1.639	-	-221.558	188.964	-12.420	-	-299.000	264.500	1.350	1.400

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

- 전단 및 비틀림

$$\nu = S/A_w + T/(2Ft_3)$$

$$= 34.760\,\mathrm{MPa} \quad < \quad \nu_a = 135.000\,\mathrm{MPa} \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

- 합성응력의 검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.926	0.383	29.014	168.8	0.17	0.89
	2	0.284	-	0.709	0.786	63.774	135.0	0.47	0.84
	3	0.178	-	0.764	0.811	63.774	155.3	0.41	0.83
	4	0.178	-	0.611	0.697	63.774	175.5	0.36	0.62
	5	0.132	-	0.741	0.714	63.774	175.5	0.36	0.68

② 지점부 부모멘트부

㉠ 외측거더(단면-7)

• 휨응력

【표 2.1.17】 지점부 부모멘트부 휨응력 검토결과

하중조합	휨 응 력								안전율	
	작용응력(MPa)				허용응력(MPa)					
	RE-BAR	콘크리트	Steel		RE-BAR	콘크리트	Steel			
	상 연	하 연	상연	하연	상연	하연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	10.1	-6.5	-	-	287.5	-257.2	28.465	39.569
2	-	0.0	62.9	-40.9	-	0.0	230.0	-205.7	3.657	5.029
3	83.5	0.0	137.2	-110.8	160.0	0.0	230.0	-205.7	1.676	1.856
4	65.3	0.0	122.4	-121.8	160.0	0.0	230.0	-205.7	1.879	1.689
5	69.4	0.0	150.7	-98.4	184.0	0.0	264.5	-236.6	1.755	2.404
6	61.3	0.0	94.0	-145.3	184.0	0.0	264.5	-236.6	2.814	1.628

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

• 전단 및 비틀림

$$\nu = S/A_w + T/(2Ft_3)$$

$$= 29.223\,\mathrm{MPa} \quad < \quad \nu_a = 135.000\,\mathrm{MPa} \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

• 합성응력의 검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.035	0.025	9.384	168.8	0.06	0.00
	2	-	0.000	0.273	0.199	26.797	135.0	0.20	0.11
	3	0.522	0.000	0.596	0.538	56.02	135.0	0.41	0.53
	4	0.408	0.000	0.532	0.592	56.02	135.0	0.41	0.52
	5	0.377	0.000	0.570	0.416	56.02	155.3	0.36	0.46
	6	0.333	0.000	0.355	0.614	56.02	155.3	0.36	0.51

7) 강박스 거더의 안전성 검토결과

① 휨응력

【표 2.1.18】 강박스 거더의 휨응력 검토결과

구 분		휨 응 력				안전율		검토결과
		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)				
		상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	
외측 거더	중앙부 정모멘트부	-144.040	186.638	-155.520	230.0	1.080	1.232	O.K
	지점부 부모멘트부	137.2	-145.3	230.0	-236.6	1.676	1.628	O.K

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

② 전단응력

【표 2.1.19】 강박스 거더의 전단응력 검토결과

구 분		전 단 응 력		안전율	검토결과
		작용응력(MPa)	허용응력(MPa)		
외측거더	중앙부 정모멘트부	34.760	135.000	3.884	O.K
	지점부 부모멘트부	29.223	135.000	4.620	O.K

허용응력법에 의한 강박스 거더의 응력 검토결과, 거더 상·하연에 발생되는 최대응력은 허용응력 이내로 검토되었으며, 강박스 거더는 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

다. 안전성평가 결과

1) 바닥판

바닥판 슬래브는 경험적 설계방법으로 설계 시공된 상태로 현장조사 및 관련자료를 검토한 결과, 철근배근간격 및 철근량이 적정하게 시공된 것으로 조사되었다.

2) 거더

허용응력설계법 및 강도설계법에 의한 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 "A"로 검토되었다.

【표 2.1.20】 거더의 안전성 평가 결과

구 분		계산식	판정	비고
강박스 거더	휨응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{230.000}{186.638} = 1.080$	O.K	MPa
	전단응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{135.000}{34.760} = 3.884$	O.K	MPa
	합성응력	$\left(\frac{186.638}{230.000}\right)^2 + \left(\frac{34.760}{135.000}\right)^2 = 0.725 < 1.2$	O.K	

1.5.4 내하력 평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

가. 개요

1) 강도설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서, ϕM_n = 설계휨강도 M_d = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$ = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d = 고정하중 계수 (1.30) γ_ℓ = 활하중 계수 (2.15)

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수 P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24)

2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서, f_ℓ = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

f_a = 재료의 허용응력 f_d = 고정하중 응력

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수

P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

나. 기본내하율 산정

【표 2.1.21】 강박스 거더 기본내하율(허용응력법) 산정결과

구 분		정모멘트부				부모멘트부				비 고
		허용 응력	고정하중 응력	활하중 응력	내하율 (R.F)	허용 응력	고정하중 응력	활하중 응력	내하율 (R.F)	
외측 거더	상연	230.000	153.374	9.651	7.940	230.000	77.520	59.680	2.555	
	하연	230.000	136.228	44.590	2.103	205.700	54.726	56.074	2.692	

다. 내하력평가 결과

【표 2.1.22】 강박스 거더의 공용내하력(허용응력법) 산정결과

구 분		기본내하율 (R.F)	응답보정계수 (K_s)	공용내하율 (K_s×RF)	공용내하력
정모멘트부 외측거더	상연	7.940	1.794	14.244	DB-24 이상
	하연	2.103	1.794	3.773	DB-24 이상
부모멘트부 외측거더	상연	2.555	1.794	4.584	DB-24 이상
	하연	2.692	1.794	4.829	DB-24 이상
결 과 분석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨.			

1.6 종합평가 및 안전등급

1.6.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

옥산JCT Ramp-A교의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.1.23】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

1.6.2 안전등급 지정

옥산JCT Ramp-A교에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.1.24】 옥산JCT Ramp-A교 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	옥산JCT Ramp-A교	A등급(우수)

1.7 종합결론

옥산JCT Ramp-A교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

제2장 옥산JCT Ramp-C교

2.1 시설물의 개요

2.2 현장조사 및 시험

2.3 상태평가

2.4 교량 재하시험

2.5 안전성평가 및 내하력평가

2.6 종합평가 및 안전등급

2.7 종합결론

제2장 옥산JCT Ramp-C교

2.1 시설물의 개요

2.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 옥산JCT Ramp-C교에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

【표 2.2.1】 과업대상 시설물의 개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		옥산JCT Ramp-C교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 82.0 + 93.0 + 82.0 = 257.0m			
	폭	B = 9.0m			
구조형식	상부	DCB GIRDER교 (강재)	기초형식	교대	말뚝기초(A1) 직접기초(A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	직접기초(P1,P2)
교량받침		에너지분산받침(EDS)	신축이음		Finger Joint
교차시설물		도로(경부선, 옥산JCT R-C교, 옥산JCT R-D교, 청주휴게소 진입로)	통과높이		5.0m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

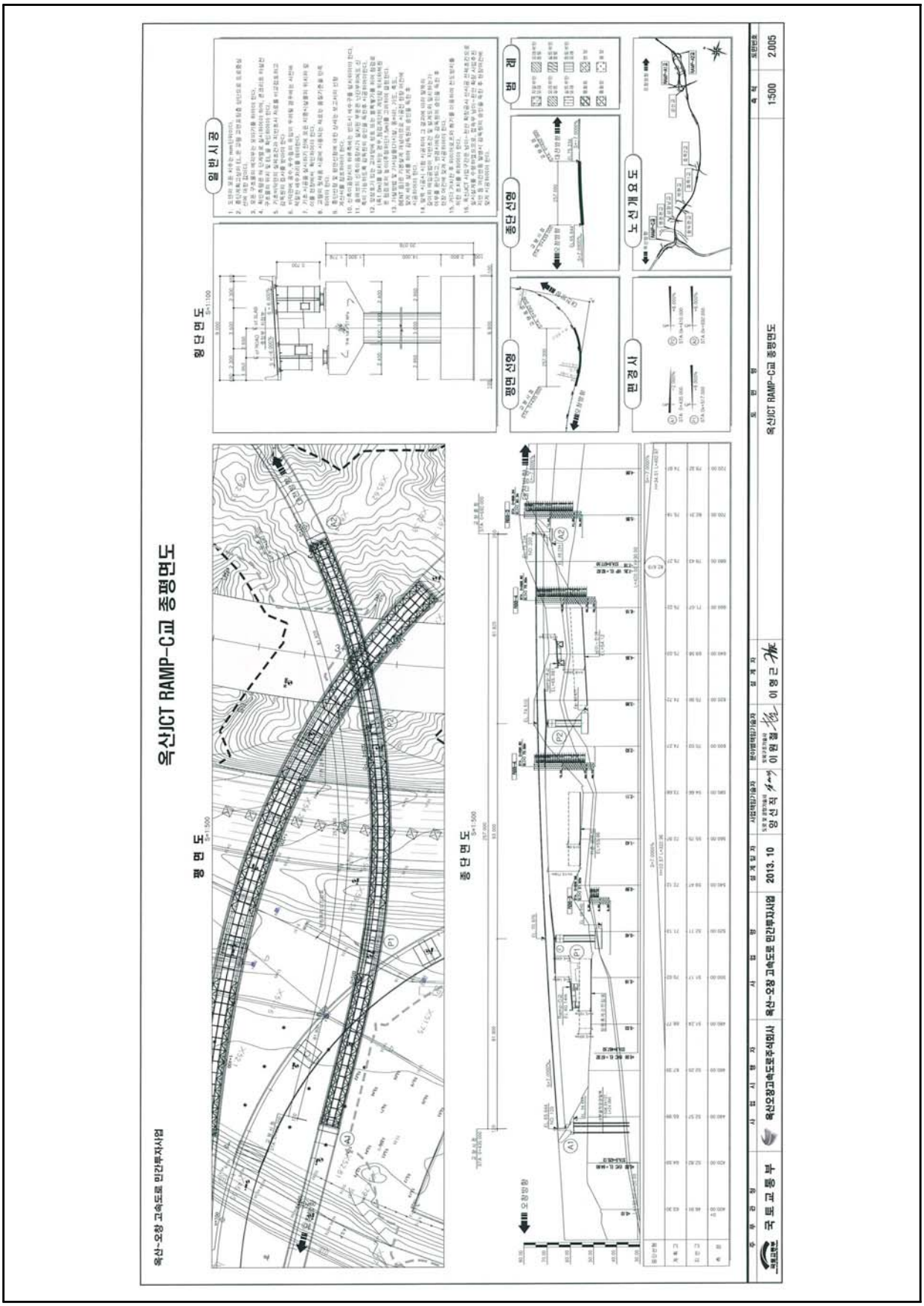


상면전경

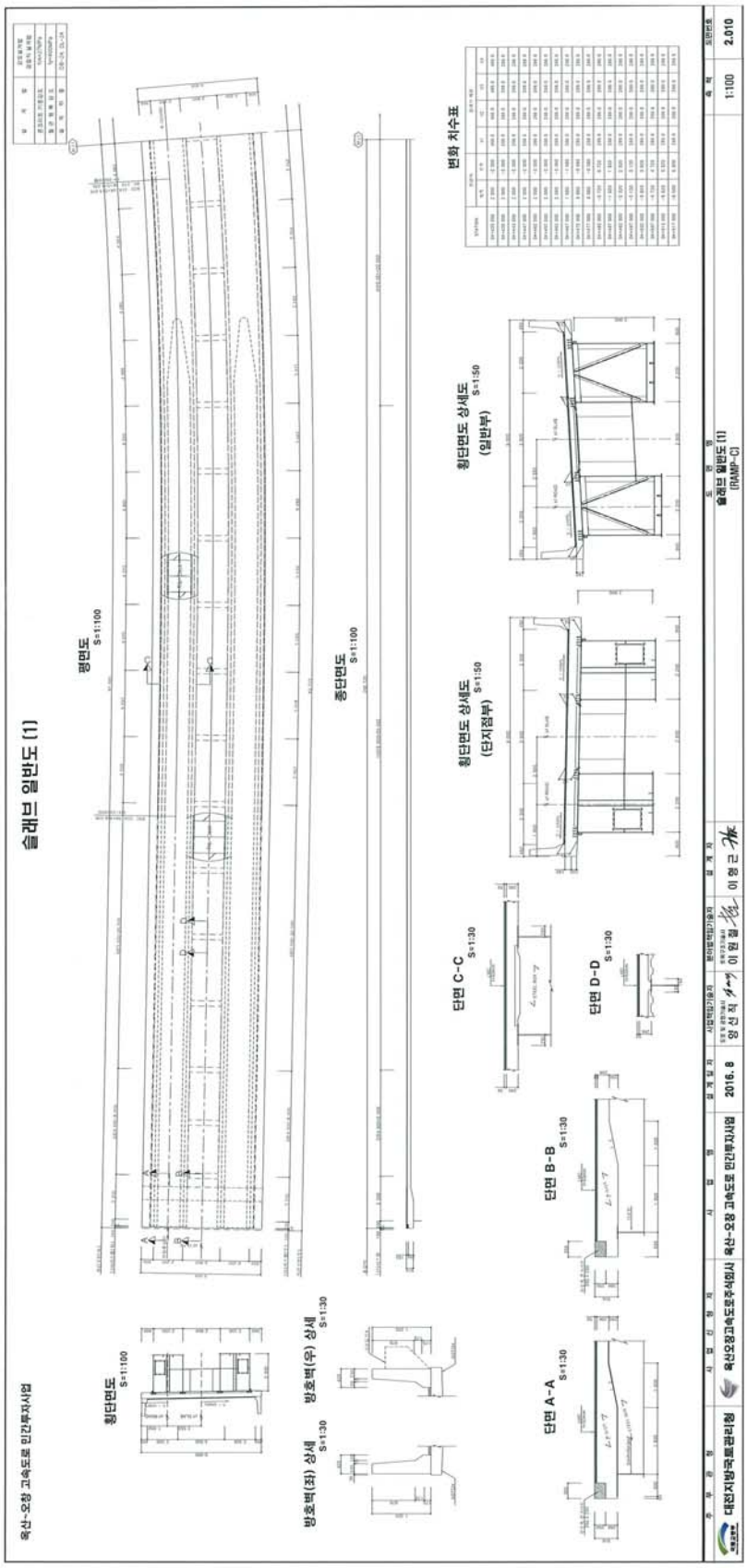


측면전경

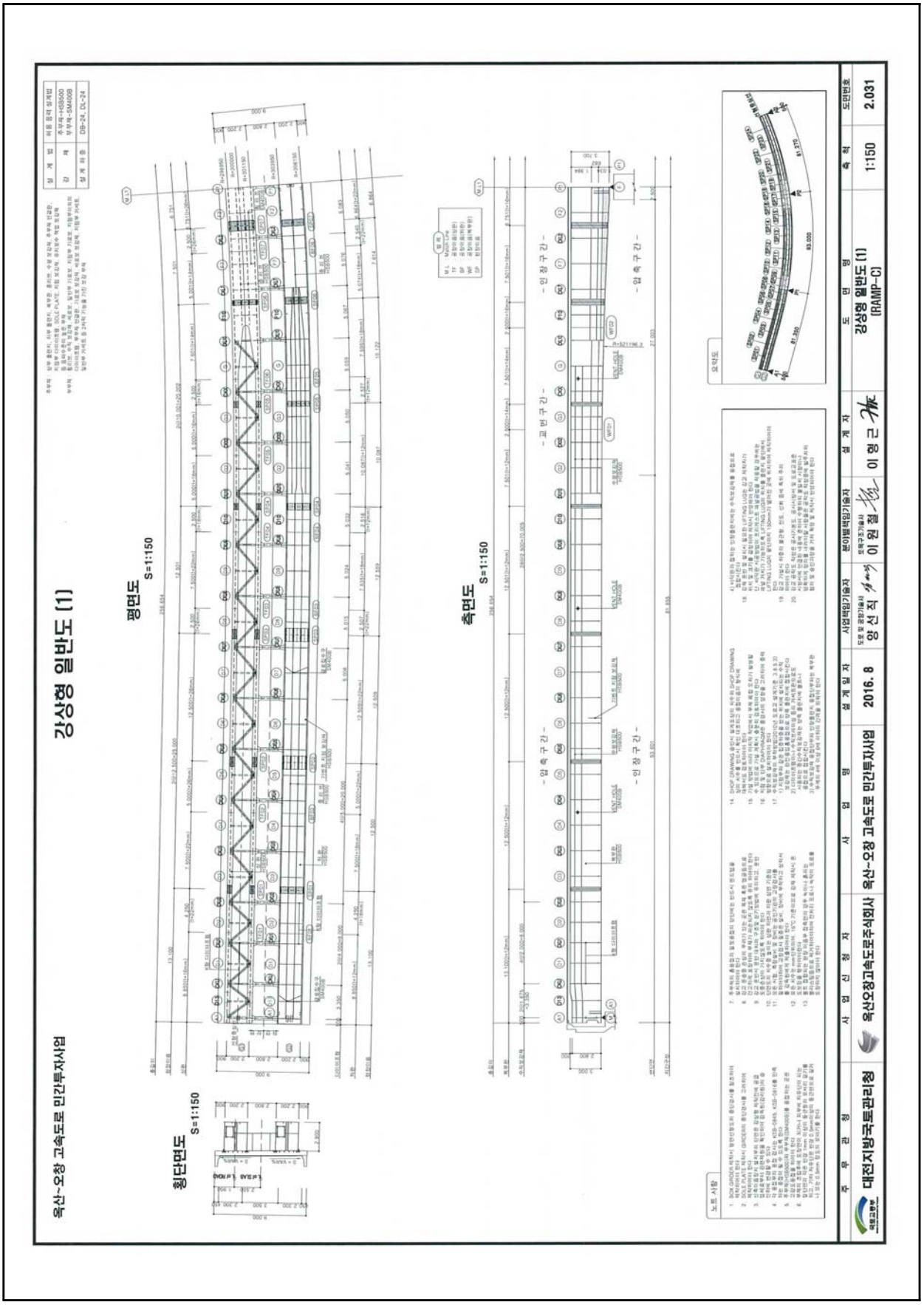
2.1.2 관련도면



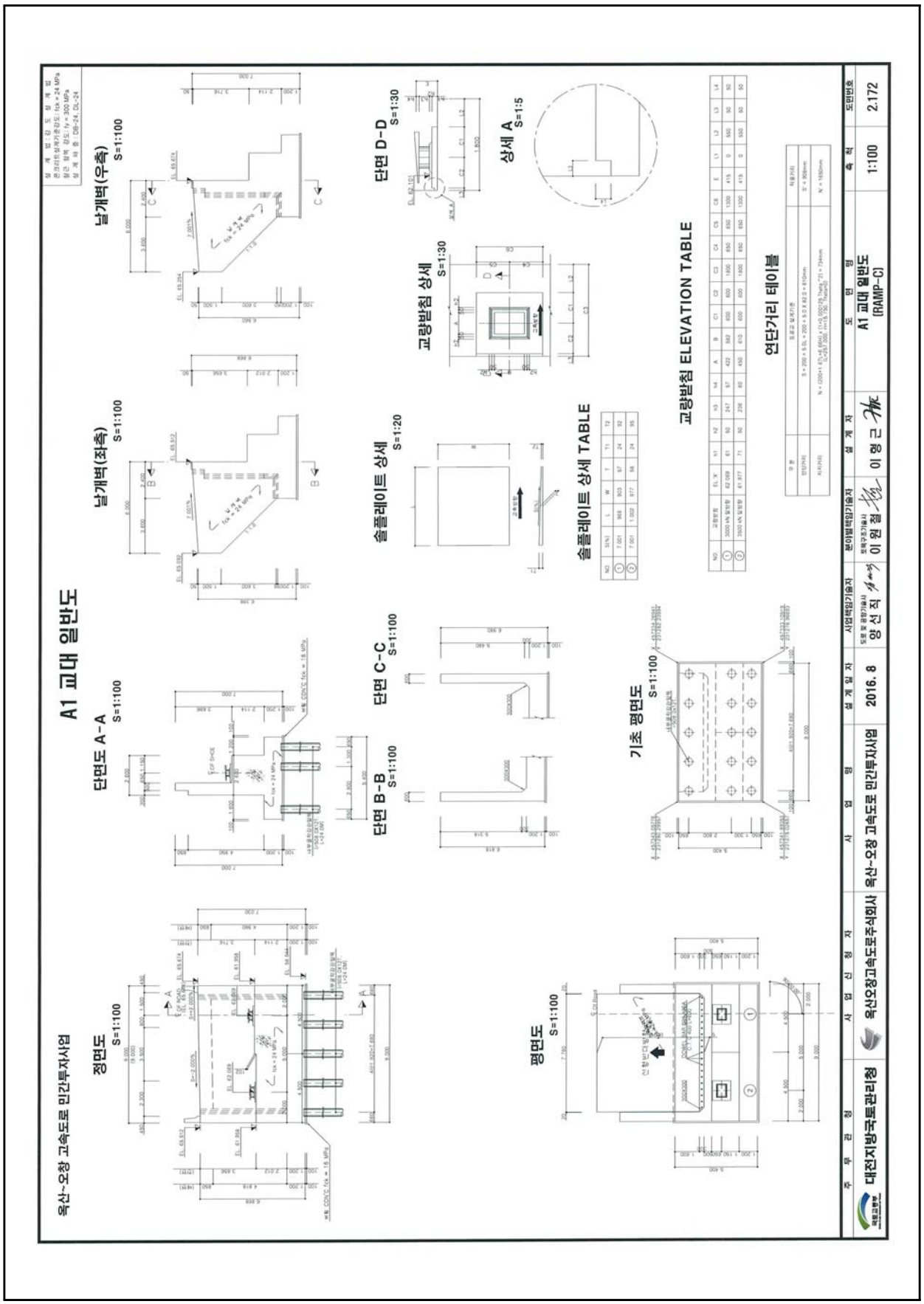
【그림 2.2.1】 종평면도



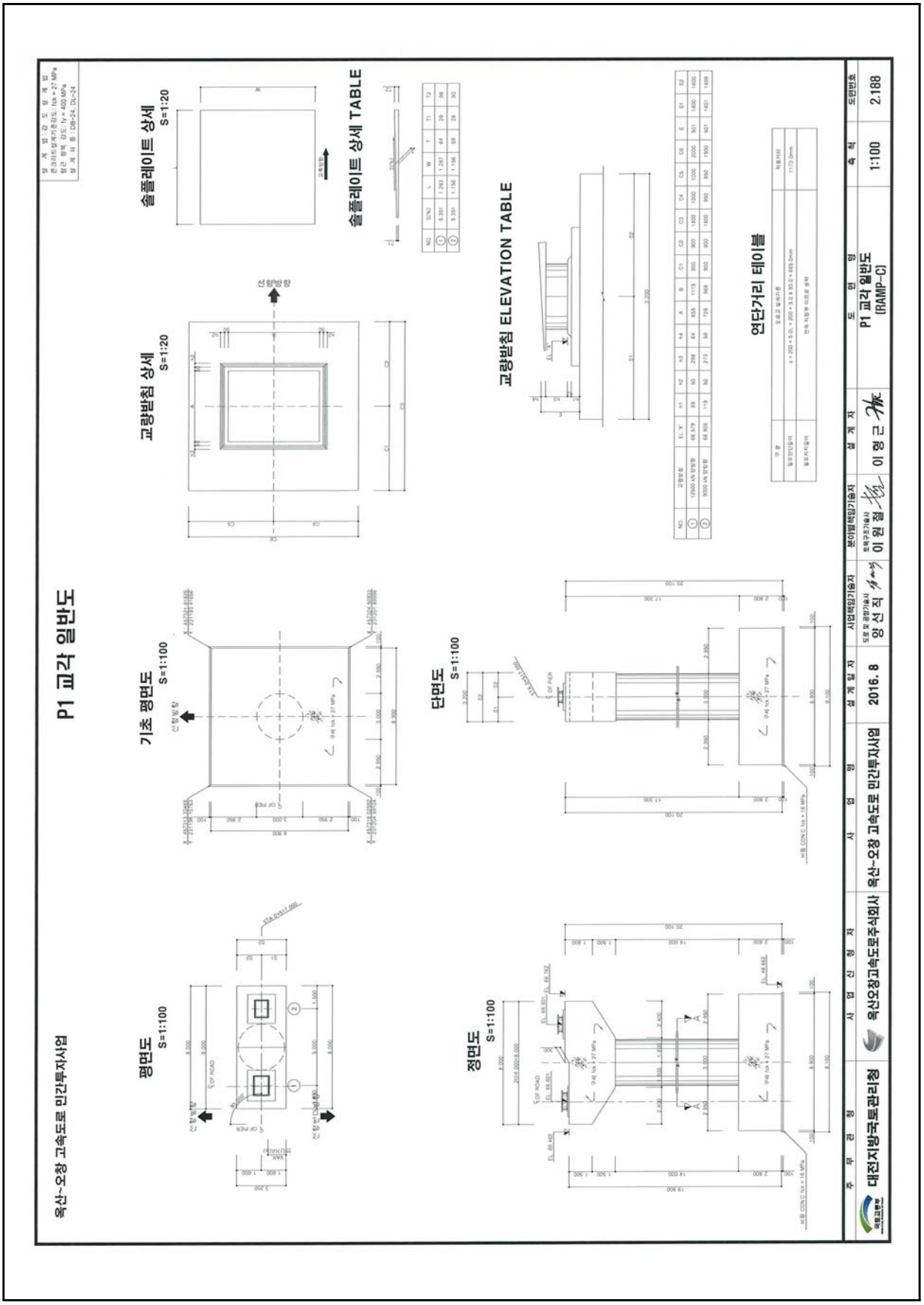
【그림 2.2.2】 슬래브 일반도



【그림 2.2.3】 강상형 일반도



【그림 2.2.4】 교대(A1) 일반도



【그림 2.2.5】 교각(P1) 일반도

2.2 현장조사 및 시험

2.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 옥산JCT Ramp-C교에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교면포장 상태양호



교면포장 상태양호

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



배수구 상태양호



배수관 설치상태 양호

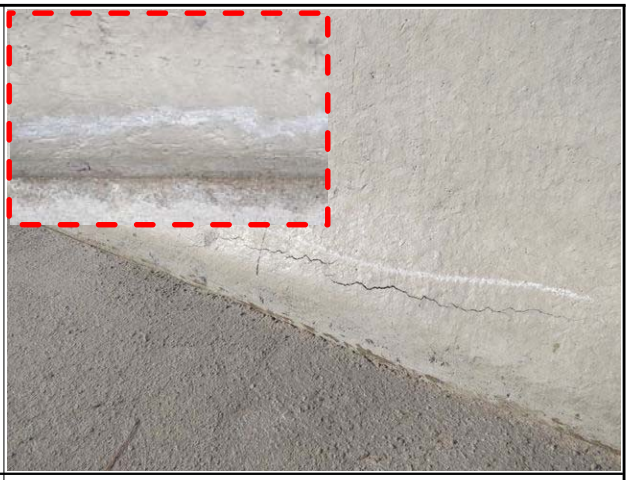
다. 난간 및 연석

본 교량의 좌·우측 방호벽은 콘크리트 구조로 시공되어있다. 방호벽에 대한 외관조사 결과, 균열(폭 0.3mm미만 및 이상)이 국부적으로 발생된 것으로 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
방호벽	균열(폭 0.3mm미만)	44.2m/23ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	31.2m/77ea	보수완료



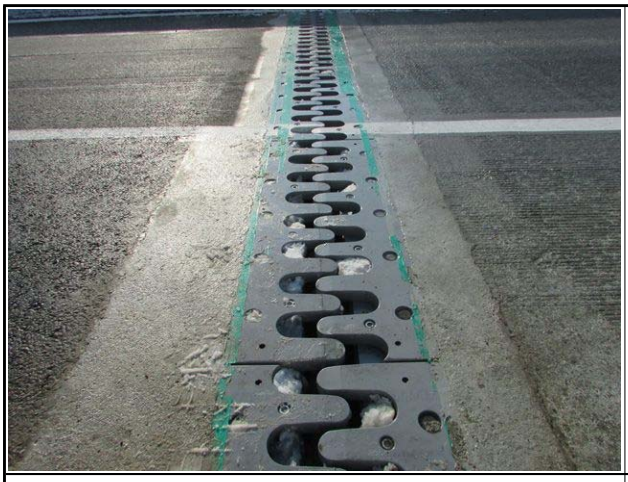
방호벽 균열(폭 0.3mm)(보수완료)



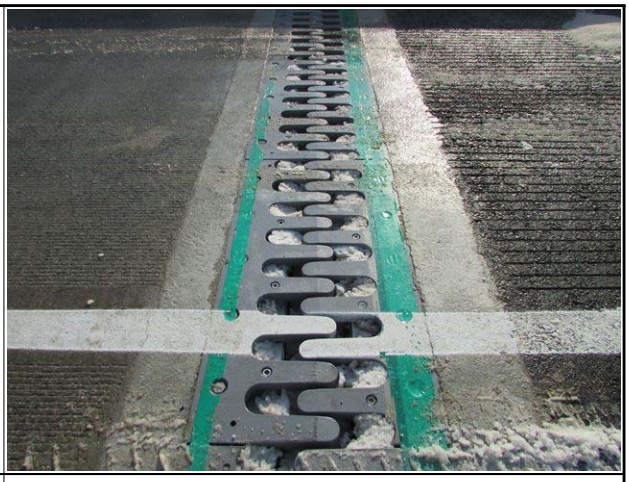
방호벽 균열(폭 0.3mm)(보수완료)

라. 신축이음

본 교량의 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2) 설치되어 있으며, 모두 Finger형 조인트로 구성되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동상태도 양호한 것으로 나타났다.



신축이음 상태양호(A1)



신축이음 상태양호(A2)

마. 바닥판 하면

바닥판의 캔틸레버부는 철근콘크리트 구조이며, 중앙부는 Rib Deak로 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과 균열, 박리 및 박락, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



바닥판 중앙부 Rib Dek 상태양호



바닥판 하면 캔틸레버부 상태양호

바. 강재 거더

본 교량의 거더는 DCB 거더 형식이며, 거더 내·외부에 대한 용접상태, 도장상태, 부식상태, 변형여부 등에 대한 외관조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



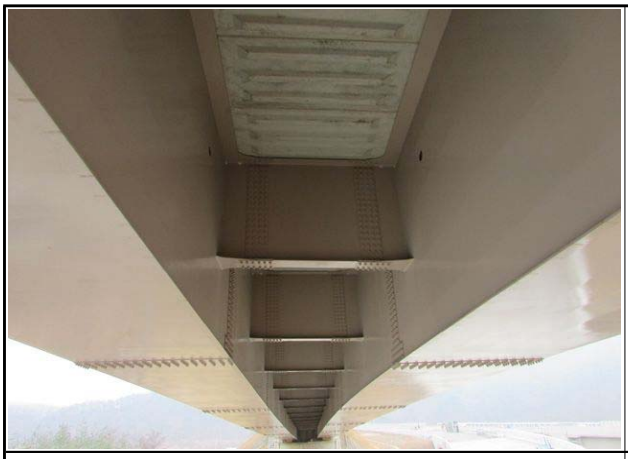
강재 거더 외부 상태양호



강재 거더 내부 상태양호

사. 강재 가로보

강재 가로보의 외관조사 결과 볼트 체결상태, 도장상태, 표면상태, 변형여부 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



강재 가로보 상태양호



강재 가로보 상태양호

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정성에 관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

본 교량의 받침장치는 에너지분산받침(EDS) 형식으로 설치되어있다. 외관조사결과 받침콘크리트는 균열, 박리 등의 손상이 없는 양호한 상태이며, 받침본체는 부식, 도장손상 등이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



받침장치 상태양호



받침장치 상태양호

자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 교대 점검결과, 균열(폭 0.3mm미만)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교대	균열(0.3mm미만)	1.80m/2ea	보수완료



교대 A1 전경



교대 A2 전경



교대 A1 균열(폭 0.1mm)(보수완료)



교대 A2 균열(폭 0.1mm)(보수완료)

차. 교각

교각은 T형으로 시공되어 있다. 교각 점검결과, 균열(폭 0.3mm미만), 망상균열, 재료분리, 파손이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

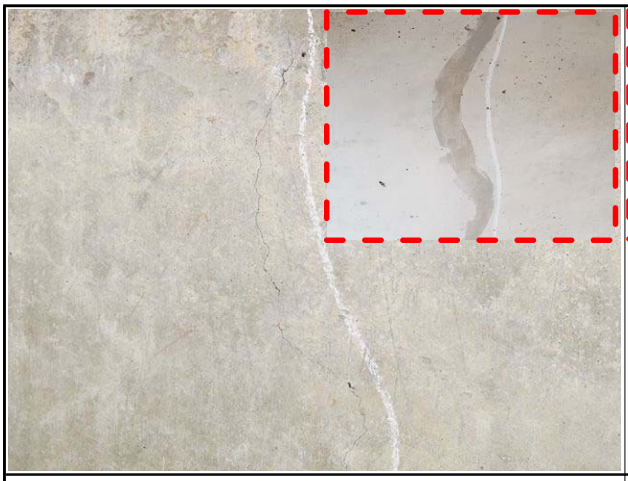
구 분	손상상태	손상물량	비 고
교각	균열(폭 0.3mm미만)	8.70m/16ea	보수완료
	망상균열	2.0㎡/1ea	보수완료
	재료분리	0.06㎡/1ea	보수완료
	파손	0.25㎡/1ea	보수완료



교각 P1 전경



교각 P2 전경



교각 균열(폭 0.1mm)(보수완료)

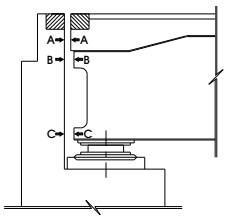


교각 파손(보수완료)

2.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

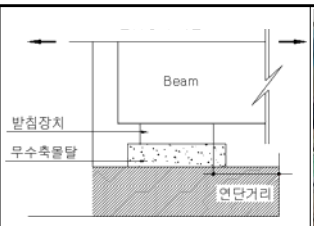
부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법



유간거리 측정전경



연단거리 측정방법



연단거리 측정전경

【그림 2.2.6】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.2.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 11일		
온도변화 범위	-10℃~+40℃(보통지방)	선팽창 계수(α)	1.2×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (강교=1/150)		
주형높이(h)	2,800m		
지간장(L)	A1~P1, P2~A2 : 82.0m, P1~P2 : 93.0m		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 보통지방, 강교 : -10~+40℃ 적용

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(-9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-10℃)=0.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.2×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=82.0m, 93.0m)

{[A1, A2지점] = 128.5m}

▷ A1, A2지점 = (76.02mm - 신장 / 1.08mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 (Δℓt)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.2.3】 유간거리 검토결과

위치		계산 신축량 (mm)			옥산JCT Ramp-C교		
					측정유간 (mm)	판정	
		Δℓt	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A1	신장	76.02	5.0	81.02	145.0	OK	OK
	수축	1.08	5.0	6.08	35.0	OK	OK
A2	신장	76.02	5.0	81.02	90.0	OK	OK
	수축	1.08	5.0	6.08	10.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A1=180㎜, A2=100㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이
  * 82.0m : S = 200 + (5 × 82.0) = 610.0(㎜)
  * 93.0m : S = 200 + (5 × 93.0) = 665.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 800㎜~1,300㎜로 도로교 설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 610.0㎜~665.0㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.2.4】 연단거리 측정결과

구 분		실측거리(mm)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(mm)	평 가
옥산JCT Ramp-C교	A1	950~970	82.0	610.0	O.K
	P1	1,230~1,260	93.0	665.0	O.K
	P2	1,200~1,300	93.0	665.0	O.K
	A2	800	82.0	610.0	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.2.5】 교량받침 이동량 측정결과

측정당시 온도	3.3℃ (2017년 11월 20일)	교량받침 종류	에너지분산받침 (EDS)

구분	가동단 변위량(mm)		허용이동량 (mm)
	SH1	SH2	
A1	↓ 5.0	↓ 5.0	±60
P1	↓ 5.0	↓ 5.0	±66
-	Fix		-
P2	0	0	±66
A2	↓ 15.0	↓ 15.0	±60

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.3℃(2017년 11월 20일)

2) 온도변화 : -10℃~40℃(강교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 40℃-(3.3℃)=36.7℃(신장), 3.3℃-(-10℃)=13.3℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.2×10-5

L : 신축들보의 길이(L=82.0m, 93.0m)

위 치	신축길이(m)	이론신축량		비 고
		신장량(mm)	수축량(mm)	
A1, A2	128.5	56.59	20.51	
P1, P2	46.5	20.48	7.42	

【표 2.2.6】 교량 받침 이동량 검토

구 분	신축장 (mm)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판정
		신장	수축	신장	수축	
A1	128,500	56.59	20.51	65	55	O.K
P1	46,500	20.48	7.42	71	61	O.K
-	-	-	-	-	-	Fix
P2	46,500	20.48	7.42	66	66	O.K
A2	128,500	56.59	20.51	45	75	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▸검토결과 : 온도 3.3℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.

2.2.3 내구성조사

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대, 교각의 총 5개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.2.7】 반발경도시험 결과

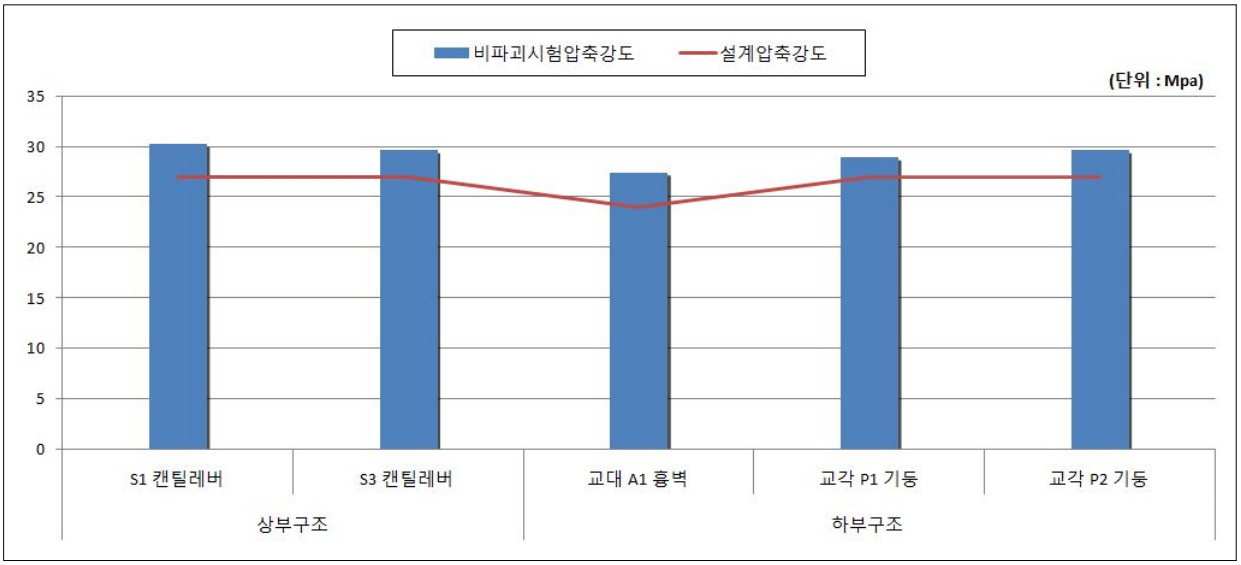
구 분		설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
상부구조	바닥판	27.0	29.6 ~ 30.2	109.6 ~ 111.9
하부구조	교 대	24.0	27.4	114.2
	교 각	27.0	28.9 ~ 29.6	107.0 ~ 109.6

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.2.8】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치		평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	재령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (MPa)	설계압축강도(MPa)
상부구조	S1 캔틸레버	44.4	-3.6	40.8	0.82	27.7	32.6	30.2	27.0
	S3 캔틸레버	43.8	-3.7	40.1	0.82	27.0	32.2	29.6	27.0
하부구조	교대 A1 흉벽	44.9	0	44.9	0.67	26.1	28.7	27.4	24.0
	교각 P1 기둥	47.1	0	47.1	0.67	28.0	29.7	28.9	27.0
	교각 P2 기둥	48.1	0	48.1	0.67	28.9	30.2	29.6	27.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.2.7】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.2.9】 철근탐사시험 결과

탐사위치		배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	S1 캔틸레버	주 철 근	@200	32	≒@200	≒40
		배력철근	@250	45	≒@250	≒55
	S3 캔틸레버	주 철 근	@200	32	≒@200	≒40
		배력철근	@250	45	≒@250	≒55
하부구조	교대 A1 흉벽	수직철근	@250	70.5	≒@250	≒80
		수평철근	@300	51.5	≒@300	≒50
	P1 교각 기둥	수직철근	@125	85.5	≒@125	≒95
		수평철근	@300	66.5	≒@300	≒70
	P2 교각 기둥	수직철근	@125	85.5	≒@125	≒95
		수평철근	@300	66.5	≒@300	≒75

2.3 상태평가

2.3.1 상태평가 결과

본 옥산JCT Ramp-C교에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 **「A등급」**으로 평가되었다.

【표 2.2.10】 상태평가 결과

옥산JCT Ramp-C교													
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	DCB	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	DCB	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
3	DCB	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
4	DCB	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
5	DCB	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.2.11】 상태평가 결과표

교 량 명	옥산JCT Ramp-C교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	257.0	1	257.0	1.000	0.100
합계(Σ)							
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

2.4 교량 재하시험

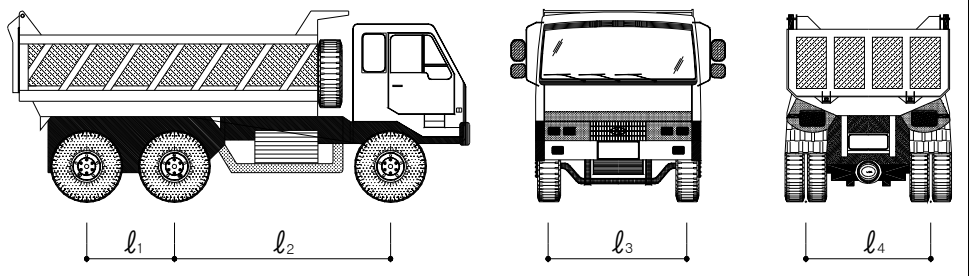
2.4.1 개 요

가. 현장시험의 개요

구 분		내 용
시험일자		2017. 12. 22
시험시간		PM 01:00 ~ PM 03:00
시험위치		S1(최대 정모멘트가 작용하는 지점)
재하시험차량 대수		1대
하중 경우 수	정적재하시험	Load Case 1~3 (3회)
	동적재하시험	10km/hr ~ 50km/hr

나. 재하시험 차량의 제원 및 하중

대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN 트럭 1대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

차 량 제 원	계량증명서
	

구 분	재하차량 제원(m)			
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
15ton 덤프트럭	1.30	3.20	2.10	1.85
구 분	**총 중 량 (kN)**	**전륜축중량 (kN)**	**중륜축중량 (kN)**	**후륜축중량 (kN)**
덤프트럭 (5328)	269.10	79.80	94.65	94.65

다. 교량 재하시험 사진



변형률계 설치 현황



처짐계 설치 현황



가속도계 설치 현황



재하시험 계측 전경



정적 재하시험 전경



동적 재하시험 전경

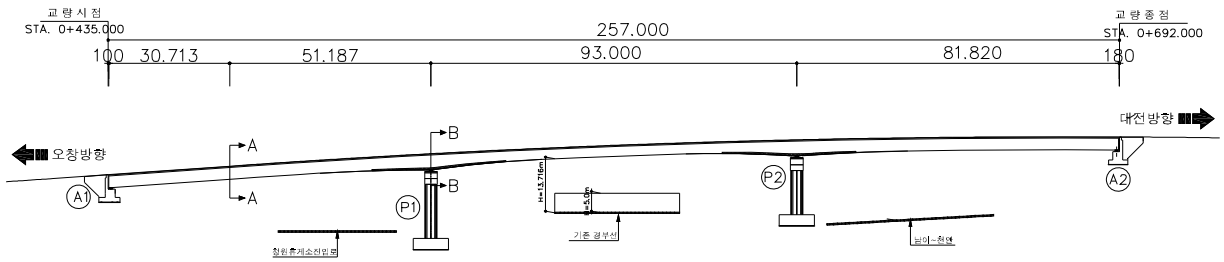
라. 계측센서 사양 및 수량

구분	센서명	모델명	사 양	수량(ea)
계측센서	강재 변형률게이지	FLA-5 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20~+80℃ • 형식 : 전기저항식	10
	처짐계	OU-30	• 범위 : ±30mm • 민감도: ($x10^{-6}$/mm) : 1000 • 허용온도범위 : 0~+60℃ • 형식 : 전기저항식	2
	가속도계	ARF-20A	• 용량 : 2.04g • 응답주파수 : 80hz • 고유주파수 : 150hz • 형식 : 전기저항식	1
소 계				13
측정장비	정, 동적 시험장비	DRA-30A	• 측정점수 : 30채널 • 측정대상 : Dynamic Strian, 전압 • 각 채널별 112k word 데이터메모리 탑재 (정적스트레인측정시 30000scans)	1
소 계				1

마. L/C별 재하시험 방법

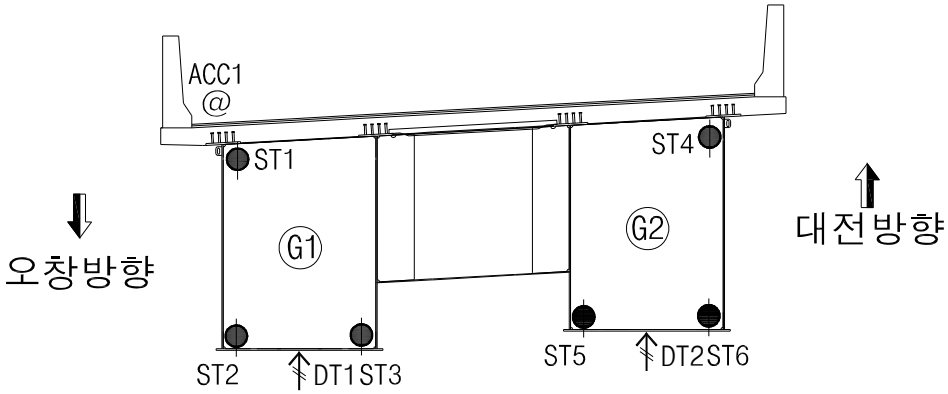
재하시험 위치	재하목적	비 고
외측경간(S1)	· 최대 정·부모멘트가 작용하는 지점	

바. 계측센서 설치도

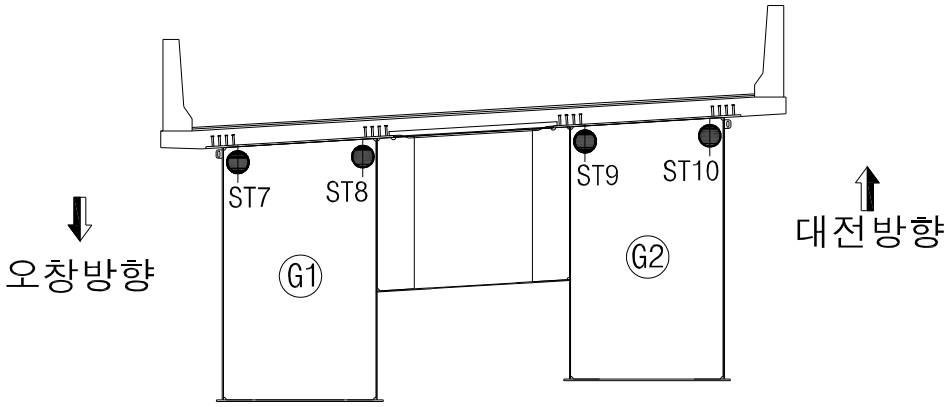


재하시험 경간

A-A단면 부착위치



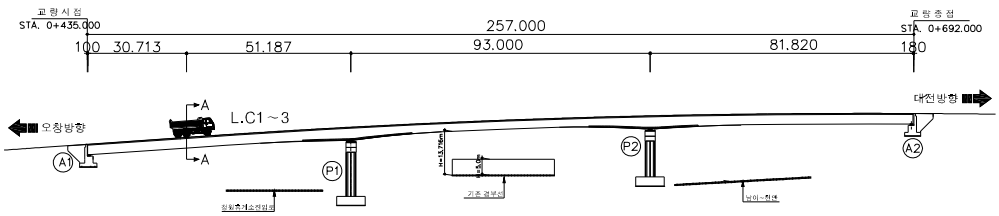
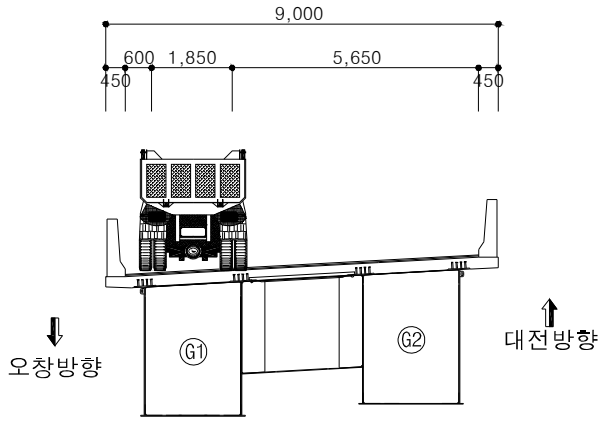
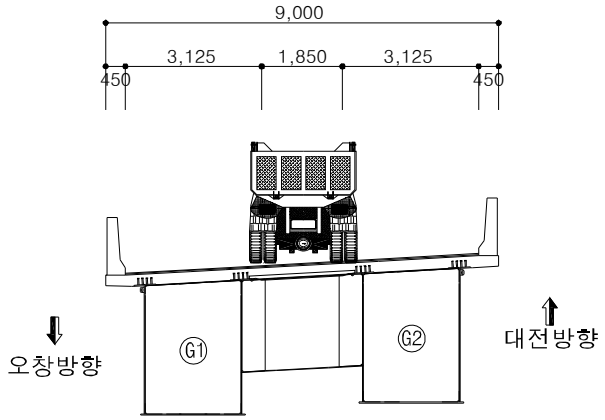
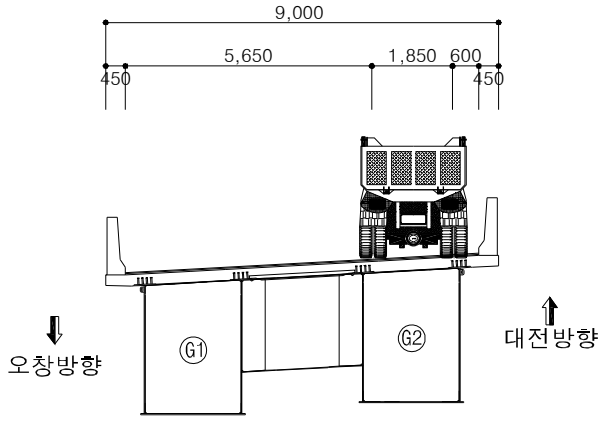
B-B단면 부착위치



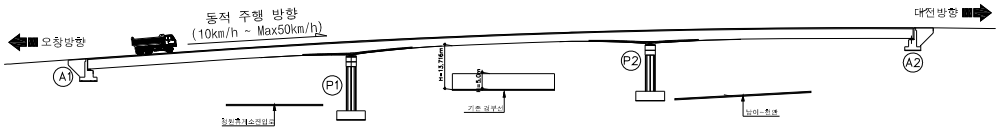
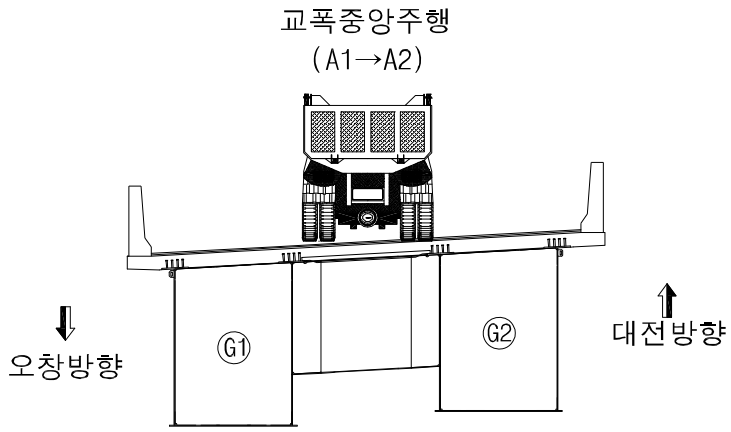
구 분	계측기명	설치수량	비 고
●	강재 변형률계	10	교축방향
↑	처짐계	2	연직방향
@	가속도계	1	연직방향
계측센서 총 수량		13	

* S2경간 하부는 경부선 횡단구간으로서 센서 설치 불가.

사. 정적 재하시험 LOAD CASE

종방향 재하위치	
L.C 1	
L.C 2	
L.C 3	

아. 동적 재하시험 LOAD CASE

차량주행방향	
주행위치	

재하경우	주행방향	주행위치	비 고
10km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
20km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
30km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
40km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
50km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대

2.4.2 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

가. 재하시험에서 측정된 계측DATA

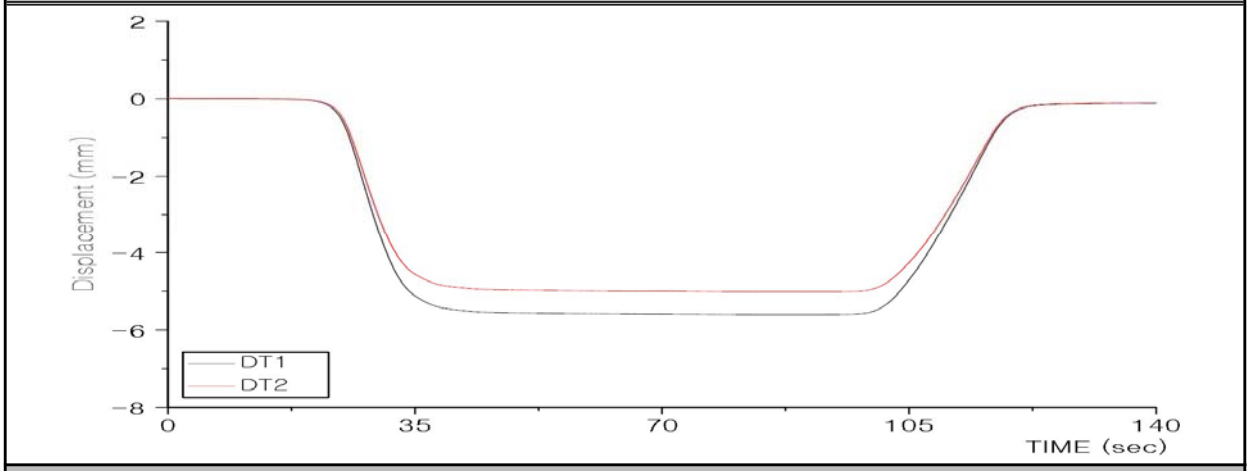
1) 1경간

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
ST1	-3.54	-5.79	-4.82	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST2	38.12	30.50	26.99	
ST3	40.13	35.47	24.86	
ST4	-6.05	-6.46	-3.92	
ST5	23.40	37.75	41.86	
ST6	26.83	30.60	38.88	
DT1	-5.598	-5.071	-4.685	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT2	-5.009	-5.545	-6.132	

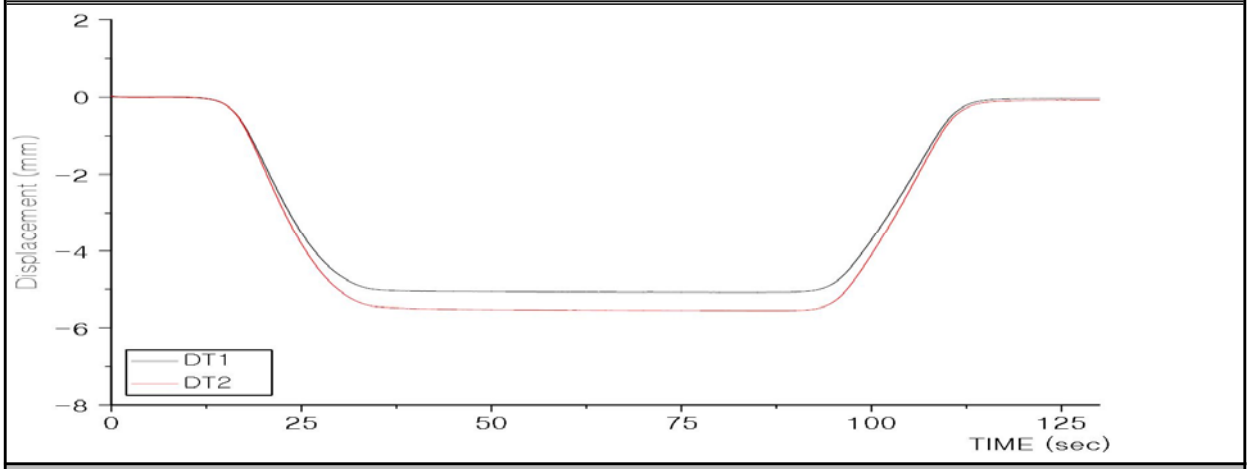
2) P1 지점

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
ST7	3.12	3.72	2.78	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST8	2.67	3.92	2.69	
ST9	2.44	3.16	2.39	
ST10	1.54	3.50	3.27	

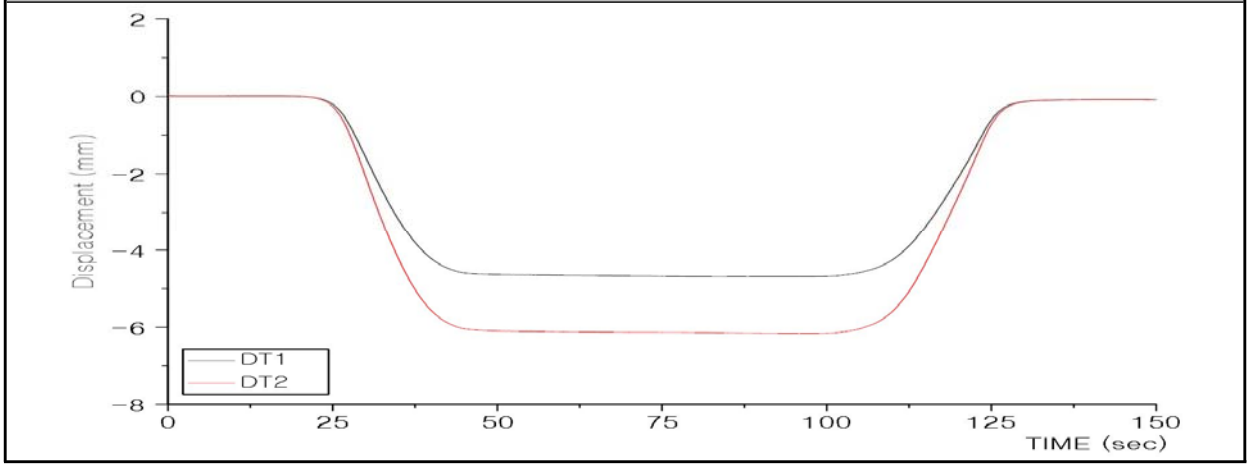
L.C1 처짐



L.C2 처짐



L.C3 처짐

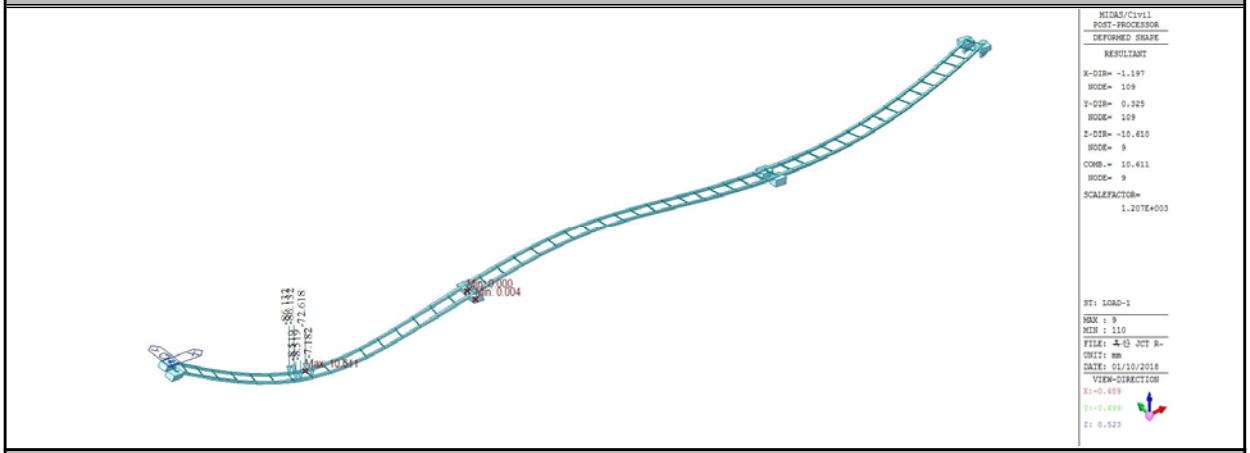


* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

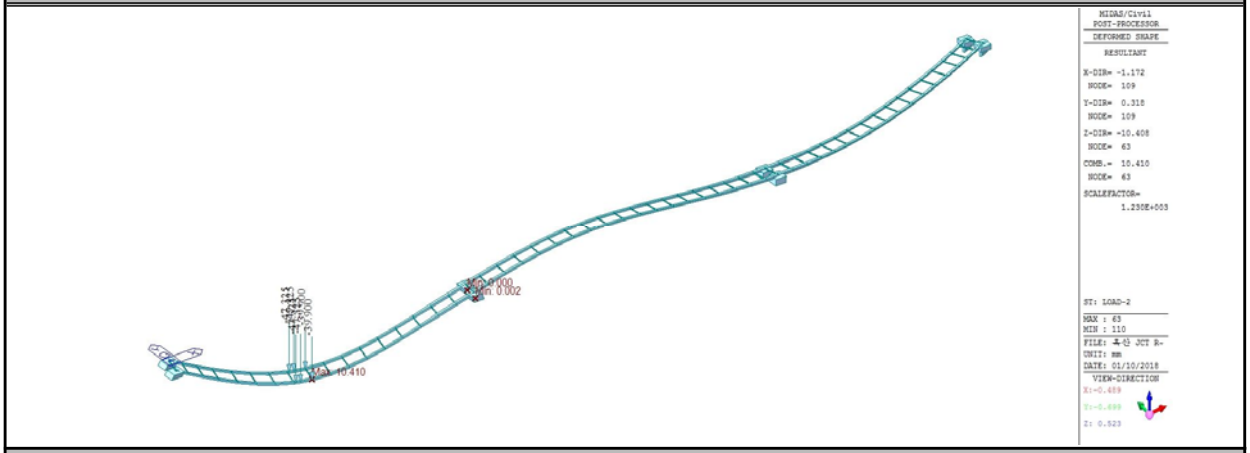
나. 구조해석에 의한 변위량

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
G1(DT1)	-10.610	-10.255	-9.900	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
G2(DT2)	-9.928	-10.408	-10.889	

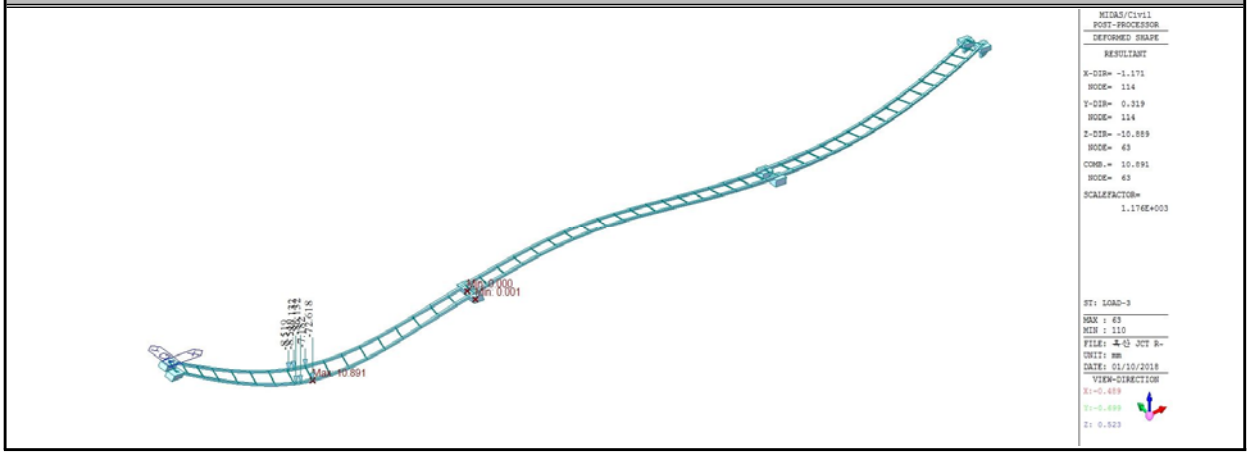
L.C1 하중재하 및 처짐



L.C2 하중재하 및 처짐

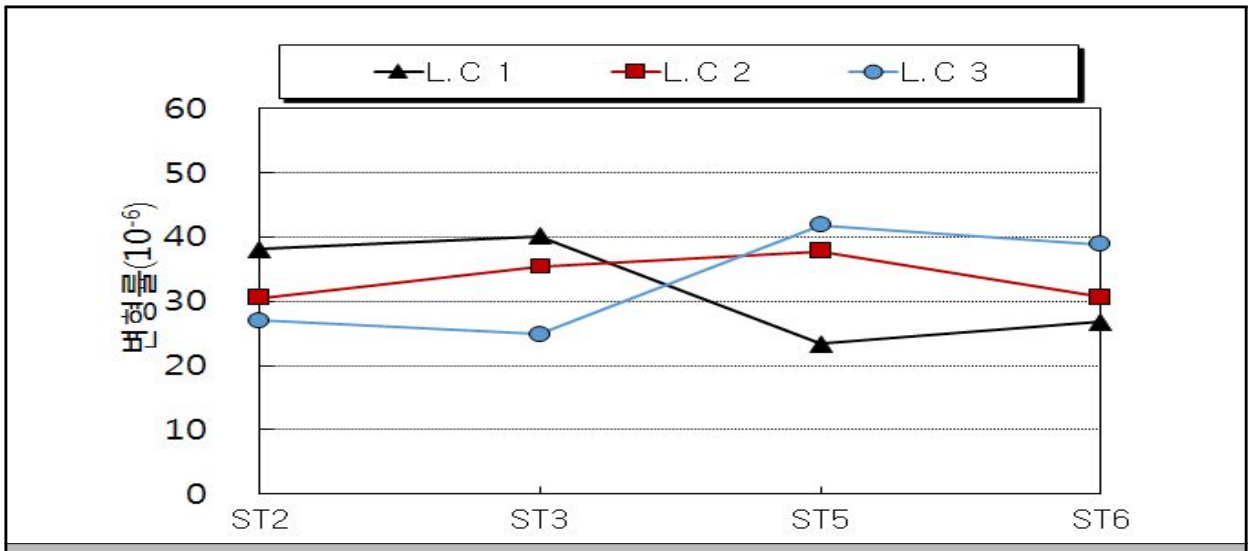


L.C3 하중재하 및 처짐

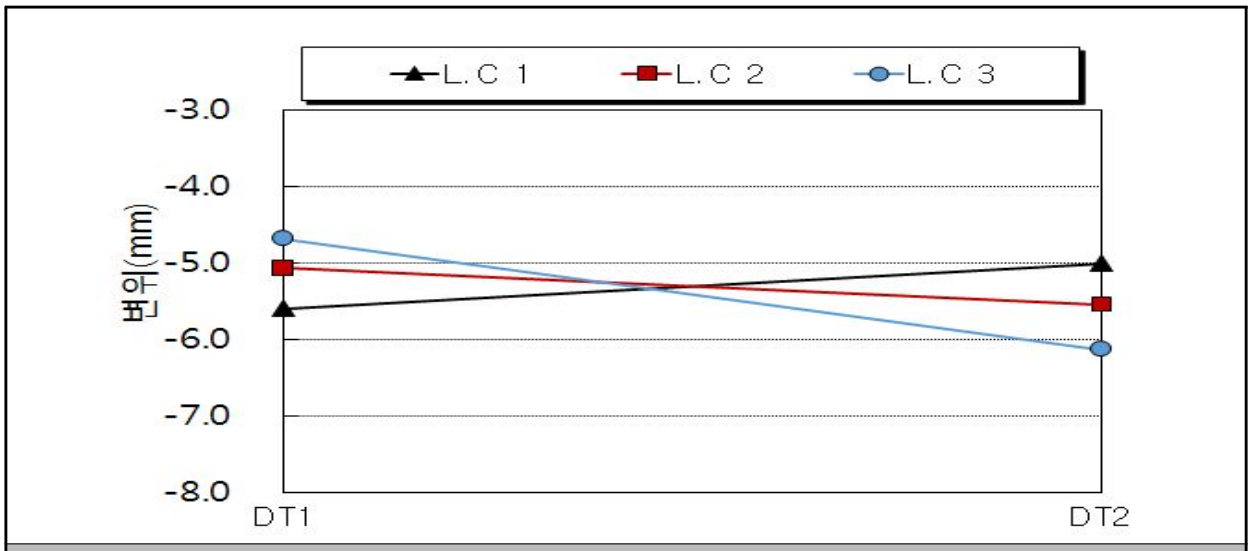


다. 하중 횡분배 검토 결과

거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단면응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 곡선교로서 좌, 우측 경간장이 상이하여 약간의 차이는 있으나 하중 횡분배는 대체로 대칭성을 보이고 있는 양호한 것으로 평가되었다.



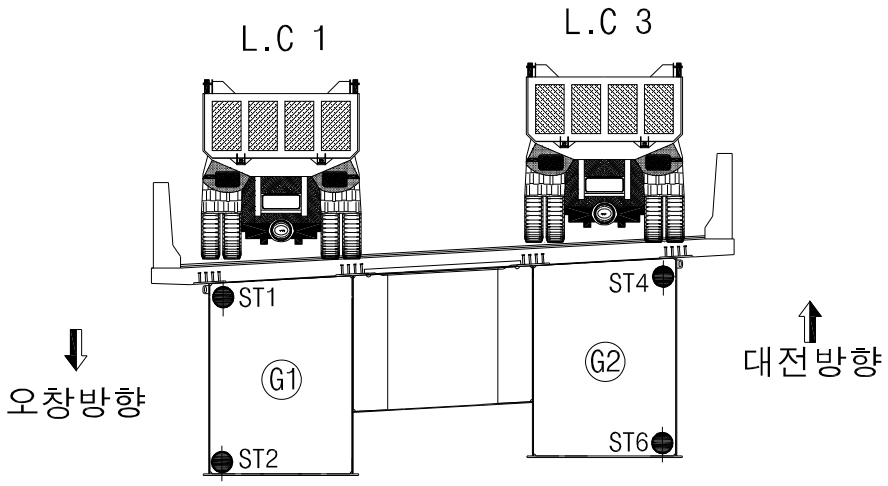
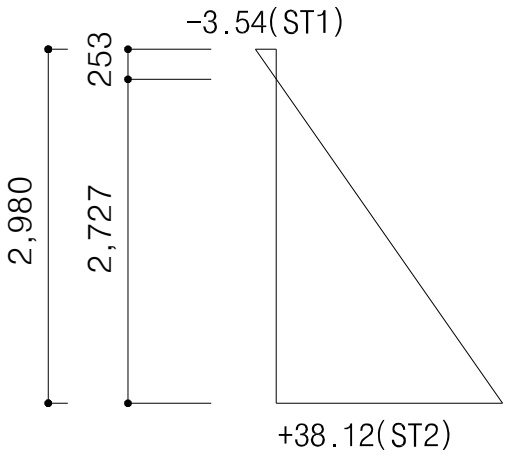
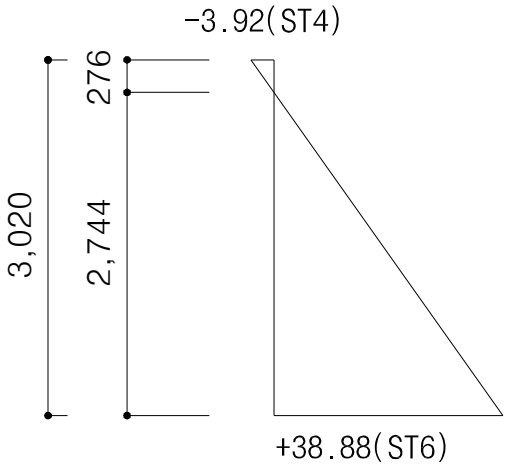
변형율 횡분배 현황



처짐 횡분배 현황

라. 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

<table>
<tr><td>구 분</td><td colspan="2">L.C 1/L.C 3</td></tr>
<tr><td>재하위치</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">중립축</td><td>L.C 1(1경간 - G1)</td><td>L.C 3(1경간 - G2)</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2"><table>
<tr><td rowspan="2">구분</td><td colspan="2">이론중립축위치 (mm)</td><td colspan="2">실측중립축위치 (mm)</td></tr>
<tr><td>G1</td><td>G2</td><td>G1</td><td>G2</td></tr>
<tr><td>1경간</td><td>2,347</td><td>2,347</td><td>2,727</td><td>2,744</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>검토 의견</td><td colspan="2">* 실측중립축이 이론중립축 대비 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.</td></tr>
</table>

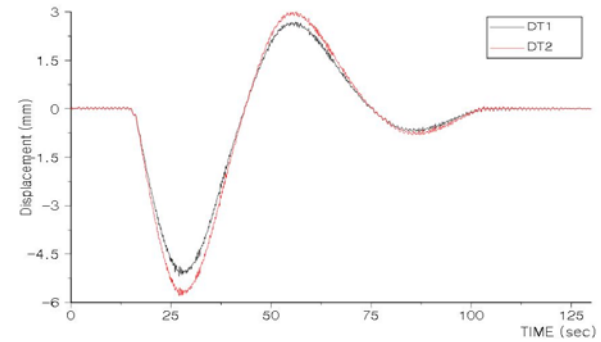
2.4.3 동적 재하시험 결과

가. 동적처짐

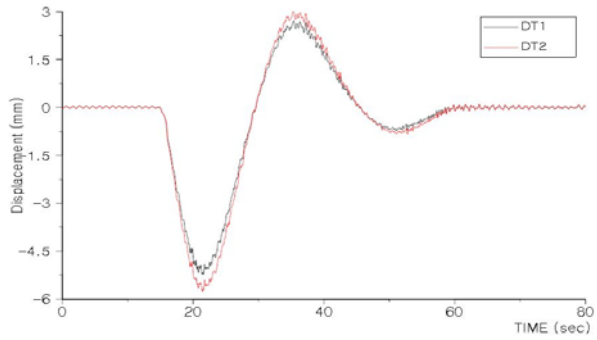
동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

구 분		주행속도 (km/h)					비고
		10	20	30	40	50	
1경간	G1(DT1)	-5.188	-5.239	-5.293	-5.113	-5.120	단위 : ㎜
	G2(DT2)	-5.779	-5.770	-5.975	-5.663	-5.811	

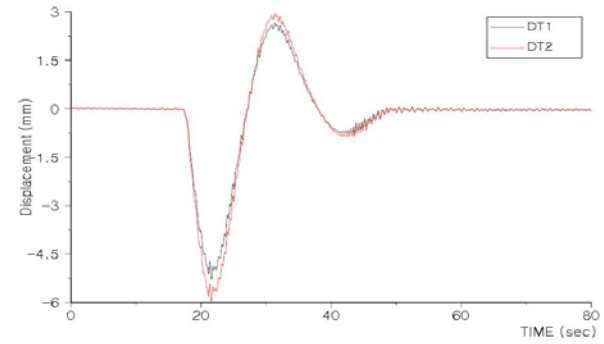
10km/hr



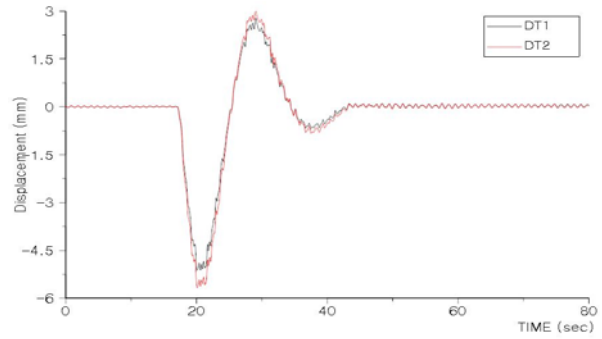
20km/hr



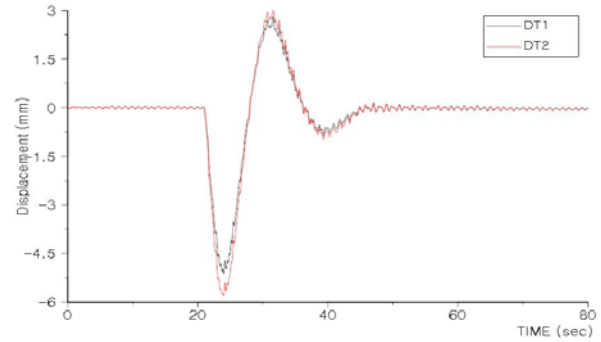
30km/hr



40km/hr



50km/hr



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

나. 충격계수 산정 결과

1) 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

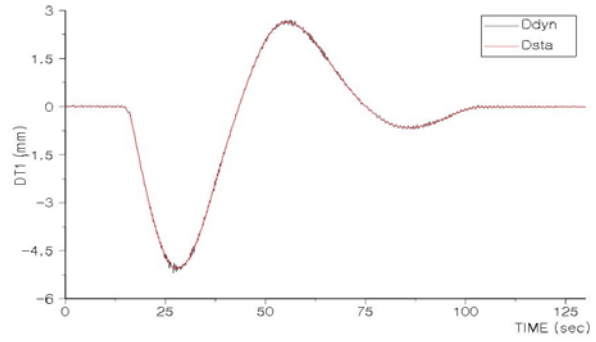
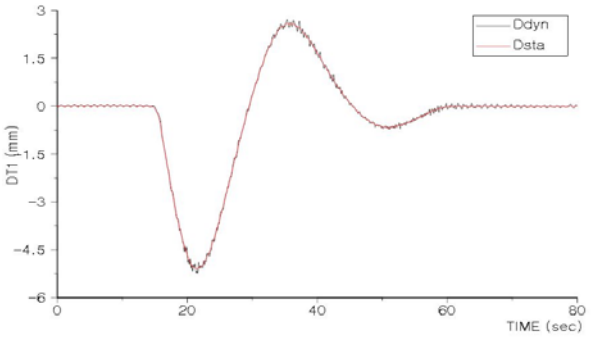
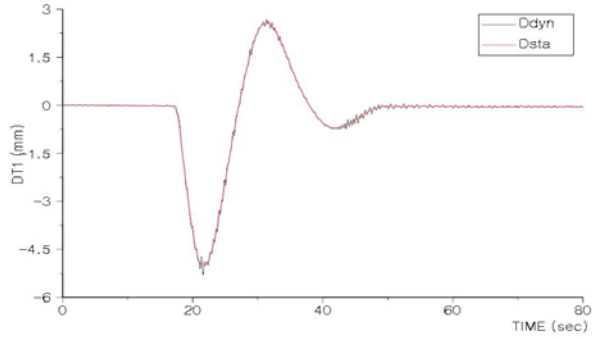
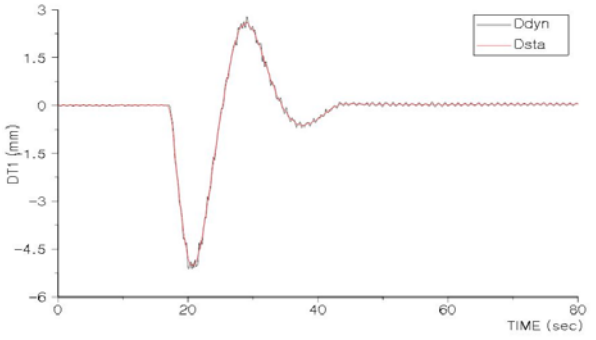
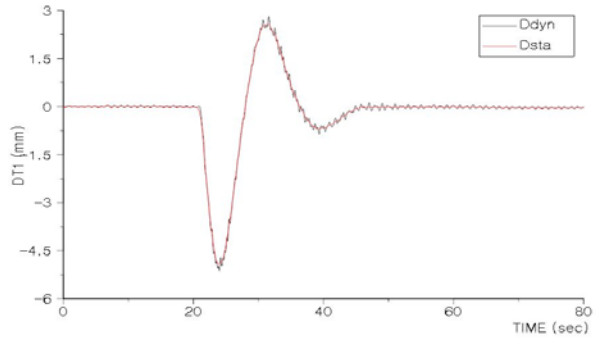
· 실측충격계수 i = (D－1)

여기서, D $=(\delta_{\mathrm{dynamic}})_{\max}/(\delta_{static})_{\max}$

구 분			주행속도 (km/h)					대표 충격계수
			10	20	30	40	50	
1경간	DT1	$\delta_{dyn(max)}$	-5.188	-5.239	-5.293	-5.113	-5.120	**0.053**
		$\delta_{sta(max)}$	-5.055	-5.090	-5.026	-4.993	-4.918	
		충격계수(i)	0.026	0.029	**0.053**	0.024	0.041	
	DT2	$\delta_{dyn(max)}$	-5.779	-5.770	-5.975	-5.663	-5.811	**0.048**
		$\delta_{sta(max)}$	-5.690	-5.611	-5.699	-5.499	-5.633	
		충격계수	0.016	0.028	**0.048**	0.030	0.032	
계측결과			• 계산충격계수 : i = 15/(40+L) = **0.123**(1경간, L=81.90) • 실측충격계수 : 1경간-**0.053**(30km, DT1)					

2) 산정 결과

동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 교폭중앙으로 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT1, DT2(1경간)를 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.053(1경간)으로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계기준 0.123(1경간)보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행 시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

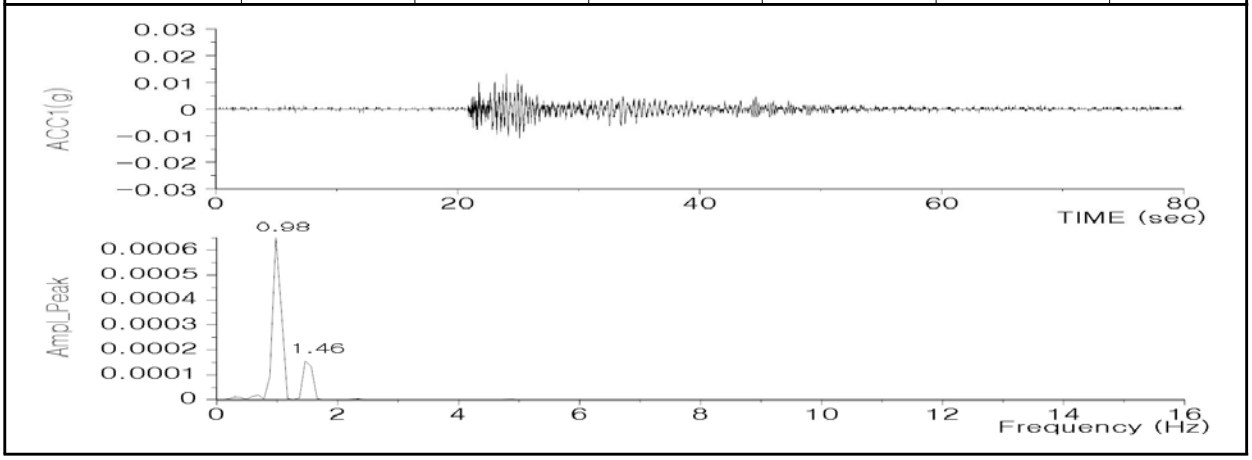
10km/hr, DT1	20km/hr, DT1
	
30km/hr, DT1	**40km/hr, DT1**
	
50km/hr, DT1	
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

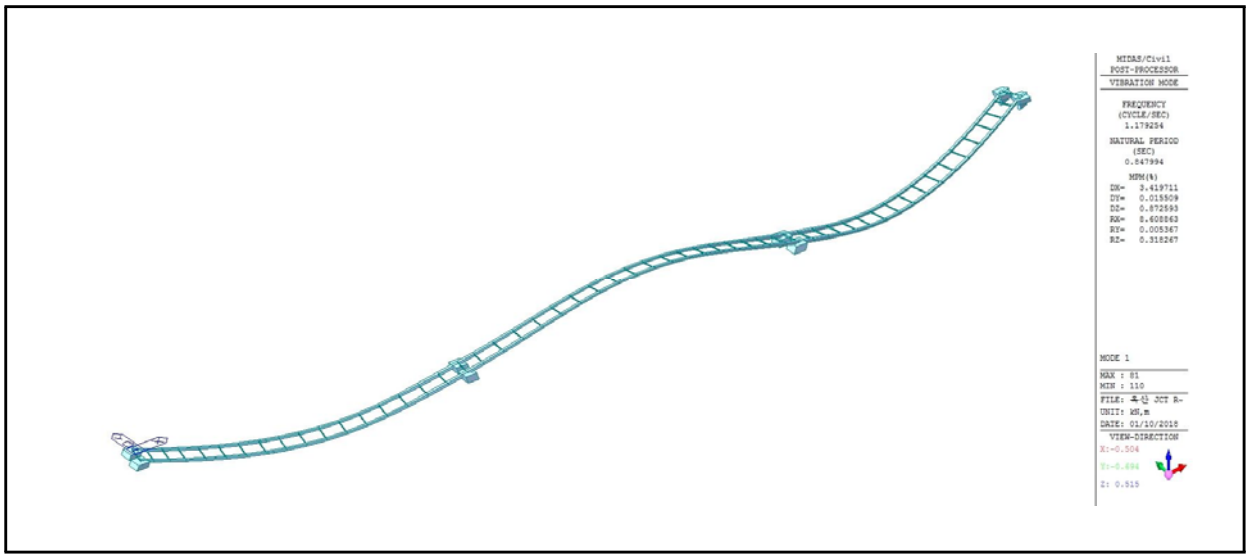
다. 고유진동수 산정 결과

1) 재하시험에 의한 고유진동수 산정

구 분	10km	20km	30km	40km	50km	비 고
고유진동수 (cycle/sec(Hz))	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	



2) 구조해석에 의한 고유진동수 계산



3) 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 0.98Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 1.179Hz와 비슷하게 해석되어 해석모델이 대상교량의 거동을 합리적으로 표현하고 있는 것을 알 수 있다.

라. 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 멀어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

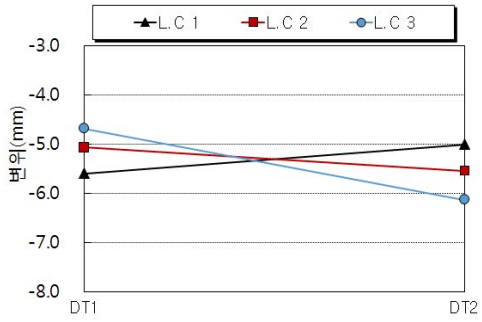
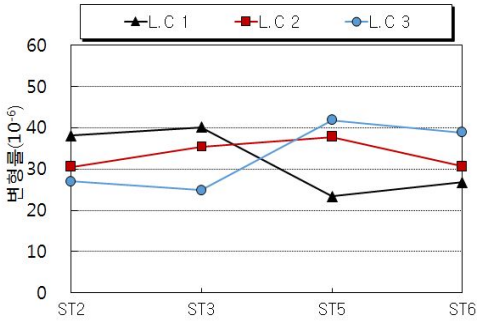
1) 응답비 산정

구 분		처 짐(㎜)			비고
		L.C1	L.C2	L.C3	
G1	계산처짐	-10.610	-10.255	-9.900	DT1
	실측처짐	-5.598	-5.071	-4.685	
	응답비	**1.895**	2.022	2.113	
G2	계산처짐	-9.928	-10.408	-10.889	DT2
	실측처짐	-5.009	-5.545	-6.132	
	응답비	1.982	1.877	**1.776**	

2) 응답보정계수 산정

구 분		응답비	i(충격계수)		$\frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$	위치별 Ks
			계산	실측max		
응답 보정 계수	DT1(G1)	1.895	0.123	0.053	1.066	2.020
	DT2(G2)	1.776				1.893

2.4.4 정·동적 재하시험 고찰

<table>
<tr><th colspan="2">분석항목</th><th>분석결과</th></tr>
<tr><td colspan="2">시험트럭</td><td>• 재하하중 : 설계하중의 약 62%
• 총 중 량 : 269.10kN</td></tr>
<tr><td rowspan="4">정적
재하
시험</td><td>최대
응답</td><td>• 처 짐 : -6.132 ㎜
• 변형률 : 41.86 με</td></tr>
<tr><td rowspan="3">횡방향
거동특성</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>처짐</td><td>변형률</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">동적
재하
시험</td><td>충격
계수</td><td>• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.053(DT1)로 이론 충격계수 0.123보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td>고유
진동수</td><td>• 실측고유진동수(0.98Hz)와 이론 고유진동수(1.179Hz)의 해석치가 비슷하게 산정되어 해석모델이 대상교량의 거동을 합리적으로 표현함.</td></tr>
</table>

2.5 안전성평가 및 내하력평가

2.5.1 구조해석 방법 및 개요

옥산JCT Ramp-C교는 연장 257.00m, 총폭 9.000m, 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 0°이며 평면 선형 R=300m 인 곡선교 이다. 상부구조는 DCB 거더로 이루어져 있으며, 하부구조는 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

2.5.2 검토 조건

가. 기본 사항

1) 형　　식 : DCB GIRDER교
2) 연　　장 : 257.000m
3) 교　　폭 : B = 9.000m
4) 거더높이 : H = 2.200m
5) 거더간격 : 3.000m
6) 사　　각 : 0°(시·종점 동일)
7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
8) 단위중량
   - 철근 콘크리트 : W_{c1} = 2500.0kg/㎥
   - 무근 콘크리트 : W_{c2} = 2350.0kg/㎥
   - 아 스 팔 트 : W_a = 2300.0kg/㎥
9) 사용 프로그램 : MIDAS CIVIL 2016
10) 구조 검토방식 : 강도설계법+경험적설계법(바닥판), 허용응력설계법/강도설계법(거더)
11) 참고문헌
   ① 도로교 설계기준(2010)
   ② 콘크리 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
   ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

나. 사용재료 및 허용응력

1) 콘크리트

- 설계기준강도(f_{ck}) : 27.0MPa
- 탄성계수(E_c) : 28,693MPa
- 전단탄성계수(G_c) : 12,297MPa

2) 철근(SD400)

- 항복강도(f_y) : 400.0MPa
- 탄성계수(E_s) : 200,000MPa

3) 강재

- 주부재 : SM520B
- 부부재 : SM400B
- 탄성계수(E_{st}) : 205,000MPa
- 전단탄성계수(G_{st}) : 79,000MPa
- 허용축방향인장응력 및 허용휨인장응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	140	190	210	260
40초과 75이하	130	175	200	250
75초과 100이하			195	245

• 허용축방향압축응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM 570 SMA 58
40이하	$140 : \ell/r \le 20$ $140-0.84(\ell/r-20) : 20 < \ell/r \le 93$ $\frac{1,200,000}{6,700+(\ell/r)^2} : 93 < \ell/r$	$190 : \ell/r \le 15.0$ $190-1.3(\ell/r-15.0) : 15.0 < \ell/r \le 80$ $\frac{1,200,000}{5,000+(\ell/r)^2} : 80 < \ell/r$	$210 : \ell/r \le 14$ $210-1.3(\ell/r-14) : 15 < \ell/r \le 76$ $\frac{1,200,000}{4,500+(\ell/r)^2} : 76 < \ell/r$	$260 : \ell/r \le 18$ $260-2.2(\ell/r-18) : 18 < \ell/r \le 67$ $\frac{1,200,000}{3,500+(\ell/r)^2} : 67 < \ell/r$
40초과 75이하	$130 : \ell/r \le 2$ $130-0.75(\ell/r-20) : 20 < \ell/r \le 97$ $\frac{1,200,000}{7,300+(\ell/r)^2} : 97 < \ell/r$	$175 : \ell/r \le 15$ $175-1.1(\ell/r-15) : 15 < \ell/r \le 83$ $\frac{1,200,000}{5,300+(\ell/r)^2} : 83 < \ell/r$	$200 : \ell/r \le 14$ $200-1.40(\ell/r-14) : 14 < \ell/r \le 78$ $\frac{1,200,000}{4,700+(\ell/r)^2} : 78 < \ell/r$	$250 : \ell/r \le 18$ $250-2.1(\ell/r-18) : 18 < \ell/r \le 69$ $\frac{1,200,000}{3,600+(\ell/r)^2} : 69 < \ell/r$
75초과 100이하			$195 : \ell/r \le 14$ $195-1.3(\ell/r-14) : 14 < \ell/r \le 79$ $\frac{1,200,000}{4,900+(\ell/r)^2} : 79 < \ell/r$	$245 : \ell/r \le 18$ $245-2.2(\ell/r-18) : 18 < \ell/r \le 69$ $\frac{1,200,000}{3,700+(\ell/r)^2} : 69 < \ell/r$

여기서, ℓ : 부재의 유효좌굴길이(mm)

r : 부재 총단면의 단면회전반경(mm)

• 허용휨압축응력(MPa)

ⓐ 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 직접 고정되어 있는 경우, 상자형 단면, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	140	190	210	260
40초과 75이하	130	175	200	250
75초과 100이하			195	245

ⓑ ⓐ에 규정한 이외의 경우

강종 / 판두께(mm)		SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
$\frac{A_w}{A_c} \le 2$	40이하	140 : $\ell/b \le 4.5$ 140-2.4(ℓ/b-4.5) : 4.5 < $\ell/b \le 30$	190 : $\ell/b \le 4.0$ 190-3.8(ℓ/b-4.0) : 4.0 < $\ell/b \le 30$	210 : $\ell/b \le 3.5$ 210-4.4(ℓ/b-3.5): 3.5 < $\ell/b \le 27$	260 : $\ell/b \le 5.0$ 260-6.6(ℓ/b-5.0): 5.0 < $\ell/b \le 25$
	40초과 75이하	130 : $\ell/b \le 5.0$	175 : $\ell/b \le 4.0$	200 : $\ell/b \le 4.0$ 200-4.2(ℓ/b-4.0): 4.0 < $\ell/b \le 27$	260 : $\ell/b \le 3.4$ 260-6.25(ℓ/b-3.4): 3.4 < $\ell/b \le 25$
	75초과 100이하	130-2.2(ℓ/b-5.0): 5.0 < $\ell/b \le 30$	175-3.5(ℓ/b-4.0): 4.0 < $\ell/b \le 30$	195 : $\ell/b \le 4.0$ 195-4.0(ℓ/b-4.0): 4.0 < $\ell/b \le 27$	250 : $\ell/b \le 5.0$ 250-6.0(ℓ/b-5.0): 5.0 < $\ell/b \le 25$
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40이하	140 : $\ell/b \le 9/K$ 140-1.2(Kℓ/b-9): 9/K < $\ell/b \le 30$	190 : $\ell/b \le 8.0/K$ 190-1.9(Kℓ/b-8): 8/K < $\ell/b \le 30$	210 : $\ell/b \le 7/K$ 210-2.2(Kℓ/b-7): 7/K< $\ell/b \le 27$	260 : $\ell/b \le 10/K$ 260-3.3(Kℓ/b-10): 10/K < $\ell/b \le 25$
	40초과 75이하	130 : $\ell/b \le 10/K$	175 : $\ell/b \le 8/K$	200 : $\ell/b \le 8/K$ 200-2.1(Kℓ/b-8): 8/K< $\ell/b \le 27$	250 : $\ell/b \le 10/K$ 250-3.1(Kℓ/b-1): 10/K< $\ell/b \le 25$
	75초과 100이하	130-1.1(Kℓ/b-10): 10/K < $\ell/b \le 30$	175-1.75(Kℓ/b-8): 8/K < $\ell/b \le 30$	195 : $\ell/b \le 8/K$ 195-2.0(Kℓ/b-8): 8/K< $\ell/b \le 27$	245 : $\ell/b \le 10/K$ 245-3(Kℓ/b-10): 10/K< $\ell/b \le 25$
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적(㎟) A_c : 압축플랜지의 총 단면적(㎟) ℓ : 압축플랜지의 고정점간의 거리(㎜) b : 압축플랜지의 폭(㎜)		K : $\sqrt{3+\frac{A_w}{2A_c}}$	

• 허용전단응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	80	110	120	150
40초과 75이하	75	100	115	145
75초과 100이하			110	140

• 항복응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	240	320	360	460
40초과 75이하	220	300	340	440
75초과 100이하			330	430

• 강재 주거더의 허용응력 증가율

하중의 조합			증가율(%)	
			정의 휨모멘트를 받는 부분	부의 휨모멘트를 받는 부분
1	크리프의 영향과 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중+바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15
4	가설시 하중	압축연	25	25
		인장연	25	25

2.5.3 구조해석

가. 바닥판 검토

1) 개요

옥산JCT Ramp-C교의 바닥판은 설계당시 도로교설계기준 등의 적용기준에 따라 캔틸레버부는 강도설계법으로 설계하고, 중앙부는 경험적 설계방법으로 설계된 것으로 확인되었다.

2) 경험적 설계법에 의한 바닥판 슬래브 계산

㉠ 설계조건

- 지지부재 : 강재 주거더
- 주거더 플랜지부의 헌치와 같이 국부적으로 두껍게 한 곳을 제외한 상태에서 전체적으로 바닥판의 두께가 일정함
- 바닥판 두께에 대한 유효지간의 비가 6이상 15이하
- 바닥판의 상부와 하부에 배근된 철근의 외측면 사이의 두께가 150㎜ 이상
- 유효지간이 표준차선폭 3.6m이하
- 바닥판의 흠집, 마모면, 그리고 보호덮개층을 제외한 바닥판의 최소두께가 240㎜
- 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 5배 이상이거나, 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 3배 이상이고 구조적으로 연속적인 콘크리트 방호책과 합성이 된 경우
- 콘크리트의 28일 압축강도는 27㎫이상
- 철근 콘크리트 바닥판은 바닥판을 지지하는 구조부재들과 완전합성거동

㉡ 철근배근량

- 지간방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.4% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상
- 지간방향에 직각방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

㉣ 사용철근량

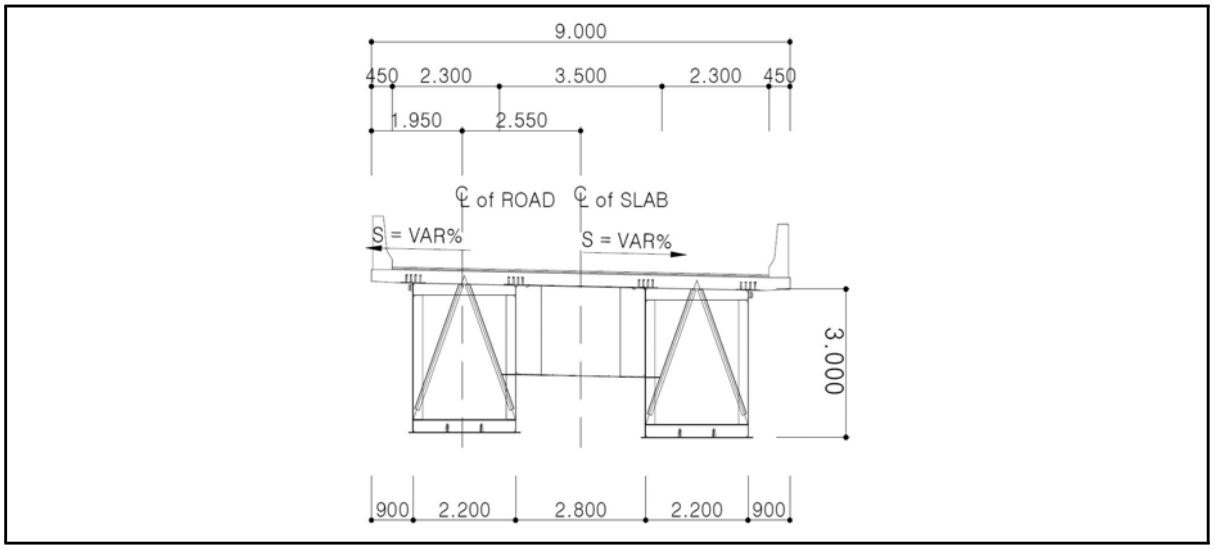
구 분			산 정 식	검 토
주철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.4% = 960.0㎟	o.k
		현장배근	H13@400 = 316.8㎟	
		프리캐스트	H13@180 = 703.9㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
배력 철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
• 바닥판 슬래브 단면적 = 1,000㎜ × 240㎜ = 240,000㎟				

3) 바닥판 슬래브 검토결과

오창JCT Ramp-C교의 바닥판슬래브는 경험적 설계방법으로 설계 시공된 상태로, 현장조사 및 관련자료를 검토한 결과 철근배근간격 및 철근량이 적정하게 시공된 것으로 조사되었다.

나. 거더 검토

1) 해석단면



【그림 2.2.8】 해석단면

2) 하중산정

① 합성전 고정하중

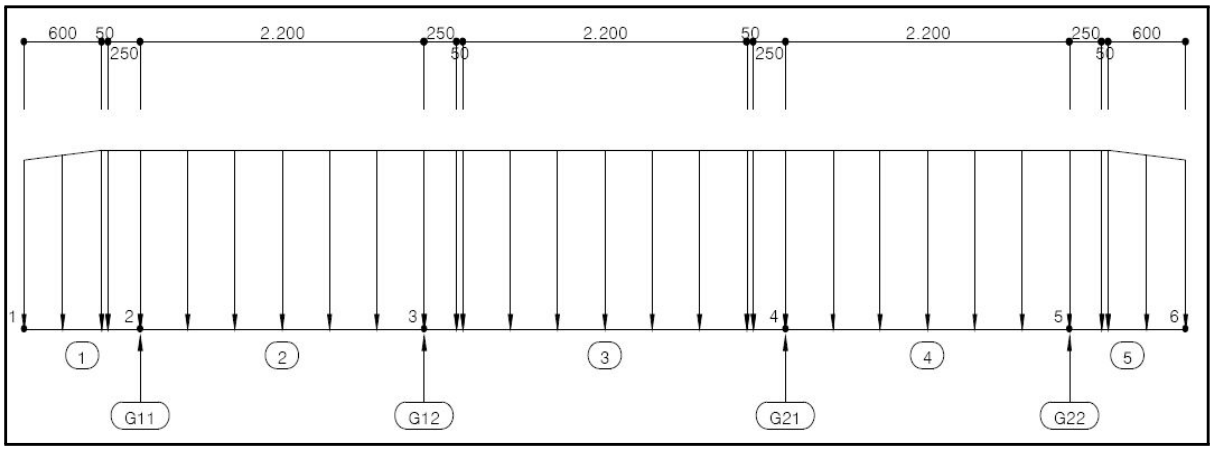
- 강재 자중 : 프로그램 내에서 자동 고려

- 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재 자중을 32.000% 할증 적용

- 총 강재중량 / 모델링 강재중량 = 6636.702kN / 5027.805kN = 1.32000

- 바닥판 자중

- 횡방향 하중분배(STA. 0k+435.650, STA. 0k+691.270)

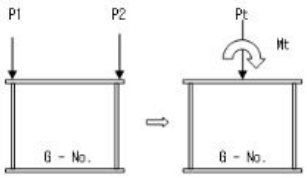


【그림 2.2.9】 바닥판 자중 횡방향 하중분배

하 중 명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		비 고
		위치(m)	하중(kN/m²)	위치(m)	하중(kN/m²)	
W1	1	0.000	-11.000	0.600	-11.650	분포하중
W2	1	0.600	-11.650	0.650	-11.650	분포하중
W3	1	0.650	-11.650	0.900	-11.650	분포하중
W4	2	0.000	-11.650	2.200	-11.650	분포하중
W5	3	0.000	-11.650	0.250	-11.650	분포하중
W6	3	0.250	-11.650	0.300	-11.650	분포하중
W7	3	0.300	-11.650	2.500	-11.650	분포하중
W8	3	2.500	-11.650	2.550	-11.650	분포하중
W9	3	2.550	-11.650	2.800	-11.650	분포하중
W10	4	0.000	-11.650	2.200	-11.650	분포하중
W11	5	0.000	-11.650	0.250	-11.650	분포하중
W12	5	0.250	-11.650	0.300	-11.650	분포하중
W13	5	0.300	-11.650	0.900	-11.000	분포하중

② 합성후 고정하중

• 거더별 작용하중(STA. 0k+435.650, STA. 0k+691.270)

구 분	거더폭 (m)	바닥판 자중				기호 정의
		P1 (kN/m)	P2 (kN/m)	Pt (kN/m)	Mt (kN · m)	
G1	2.000	22.177	30.053	52.230	8.664	
G2	2.000	30.053	22.177	52.230	-8.664	

③ 활하중

구 분	활 하 중			
• 교 폭	• 9.000m			
• 지간장(L)	• 81.350m+93.000m+81.270m			
• 연석간 교폭(W_c)	• 8.100m			
• 설계 차로수(N)	• 6.0 ≤ W_c < 9.1 m ∴ 2차로 재하			
• 설계 차로폭(W)	• 8.100m / 2 = 4.050m > 3.600m 이므로, ∴ W = 3.600m → **설계차로폭 W=3.0m**			
• 충격계수(i)	• 제1지간 15/(40+81.350) = 0.124 < 0.3 ∴ i = 0.124 적용			
	• 제2지간 15/(40+93.000) = 0.113 < 0.3 ∴ i = 0.113 적용			
	• 제3지간 15/(40+81.270) = 0.124 < 0.3 ∴ i = 0.124 적용			
	• 제1 내부지점 15/{40+(81.350+93.000)/2} = 0.118 < 0.3 ∴ i = 0.118 적용			
	• 제2 내부지점 15/{40+(93.000+81.270)/2} = 0.118 < 0.3 ∴ i = 0.118 적용			
• 활하중 크기	표준차로하중(DL-24)		표준트럭하중(DB-24)	
	P_m	36.0kN	P_f	24 kN
	P_s	52.0kN	P_r	96 kN
	W_ℓ	4.23kN/m		
• 재하방법	• 해석프로그램의 이동하중해석 기능을 사용 • DB-24, DL-24 • DB-24, DL-24하중에 대하여 독립적으로 1~2개 차로에 경간별로 가장 불리한 부재력이 산출되도록 재하 • 각 CASE별 하중재하도 및 각 거더별 작용하중은 부록 참조.			

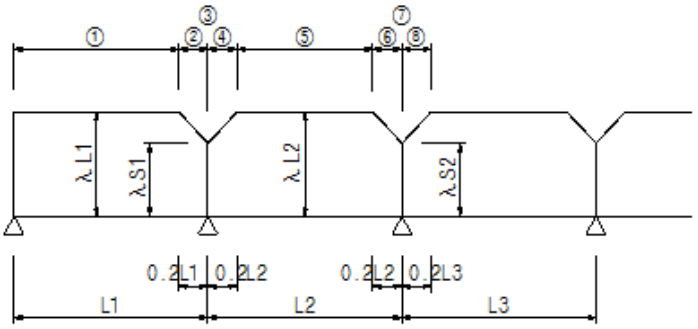
3) 플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

전단지연(Shear Lag) 현상의 영향으로 인한 플랜지 및 바닥판의 유효폭은 다음과 같으며, 단면응력 검토 시 적용하였다.(상세한 계산과정은 부록 참조)

① 플랜지 유효폭

【표 2.2.12】 플랜지의 유효폭 산정

구 분	플랜지(m)		비 고
	상부	하부	
제1지간 중앙부	0.500	2.400	
제1중간 지점부	2.621	2.321	
제2지간 중앙부	0.500	2.400	
제2중간 지점부	2.621	2.321	
제3지간 중앙부	0.500	2.400	



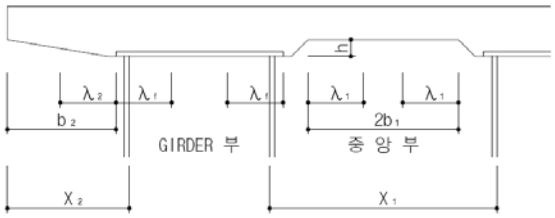
위 치 구 분	복부간격 or 플랜지폭 (2b)		플랜지 돌출폭 (be)	
	상 부	하 부	상 부	하 부
교대부	0.500 m	2.200 m	0.000 m	0.100 m
측경간중앙부	0.500 m	2.200 m	0.000 m	0.100 m
교번구간	0.500 m	2.200 m	0.000 m	0.100 m
내부지점부	2.200 m	2.200 m	0.250 m	0.100 m
중 앙 부	0.500 m	2.200 m	0.000 m	0.100 m

L1 = 82.000m, L2 = 93.000m, L3 = 82.000m

② 바닥판 유효폭

【표 2.2.13】 바닥판의 유효폭 산정

구 분	바닥판(m)
	G1, G2
개 요	



위치구분	X1	X2	X3	be (플랜지 돌출폭)
교대부	2.800 m	0.900 m	2.200 m	0.250 m
측경간중앙부	2.800 m	0.900 m	2.200 m	0.250 m
교번구간	2.800 m	0.900 m	2.200 m	0.250 m
내부지점부	2.800 m	0.900 m	2.200 m	0.250 m
중 앙 부	2.800 m	0.900 m	2.200 m	0.200 m

제1지간 중앙부	4.500
제1중간 지점부	4.443
제2지간 중앙부	4.500
제2중간 지점부	4.443
제3지간 중앙부	4.500

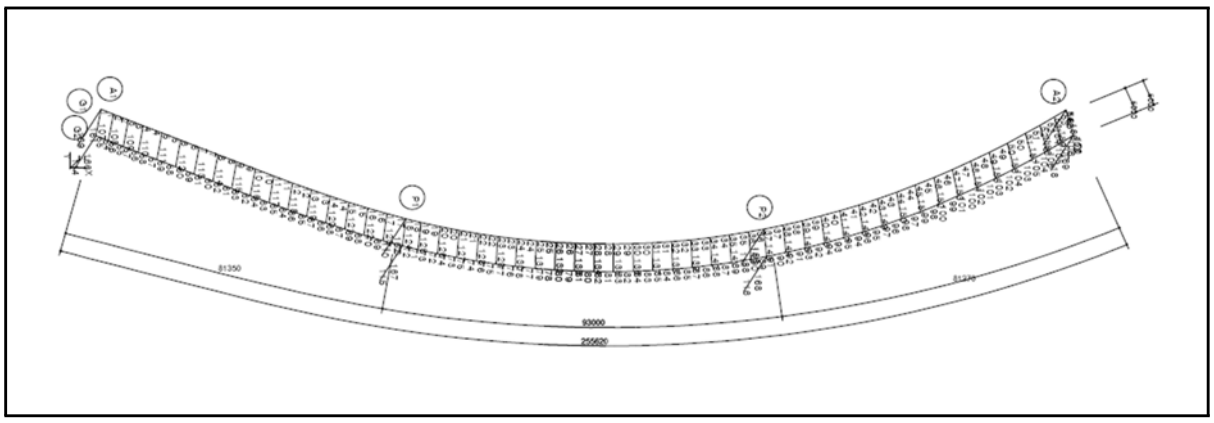
4) 모델링 및 단면 제정수

① 모델링

본 교량의 구조해석은 시공단계를 고려하기 위해 구조해석 모델을 합성전과 합성후로 구분하여 실시하였다. 합성전 모델링시 강박스 거더와 세로보 및 가로보는 보요소(Frame Element)를 사용한 격자형태로 모델링하였으며, 강재(강박스 거더, 세로보 및 가로보) 및 바닥판의 자중을 하중으로 고려하였다.

합성후 모델링은 바닥판 상부에 작용하는 하중을 실제 교량의 하중조건과 비교적 정확히 모사하기 위해 강박스 거더와 세로보 및 가로보는 보요소(Frame Element)로, 바닥판은 판요소(Plate Element)를 사용하여 3차원으로 모델링하였으며, 바닥판과 강재(강박스 거더, 세로보 및 가로보)의 도심 사이를 강체요소(Rigid Element)로 연결하였다. 또한, 시공단계별로 대상교량의 실제 강성과 최대한 근접할 수 있도록 모델링하였으며, 기타 세부내용은 다음과 같다.

- 합성전 모델링 시 바닥판 콘크리트는 단면의 강성에 기여하는 바 없이 고정하중만을 추가시키는 역할만을 함으로 바닥판에 의한 횡분배 효과는 고려하지 않는 것으로 하였다. 활하중은 해석프로그램 내의 이동하중해석 기능을 사용하였으며 도로교 설계기준을 참조하여 가장 불리한 하중조합이 되도록 설정하였다.
- 경계조건은 현장조사 시 확인된 각 지점의 가동, 고정 상태를 고려하여 설정하였다.



【그림 2.2.10】 해석모델링(상부구조)

5) 구조해석 결과

① 단면력 산정결과

판요소와 보요소를 합성시킨 합성후 모델(합성후 고정하중, 활하중 등)에서 산출된 휨모멘트는 해당 휨모멘트 발생시 동시에 발생되는 축력(우력모멘트)을 고려한 값이며, 아래 표와 같다.

㉠ 중앙부 정모멘트부(외측거더 단면-1)

【표 2.2.14】 중앙부 정모멘트부 단면력 산정결과

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
휨모멘트(kN · m)	3664.4	6315.6	3707.3	5486.5	61.8	19235.6
전단력(kN)	372.0	623.2	362.2	656.9	7.3	2021.6
비틀림모멘트(kN · m)	-473.1	-754.3	-567.4	-1667.8	-7.2	-3469.91

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

㉡ 지점부 부모멘트부(외측거더 단면-7)

【표 2.2.15】 지점부 부모멘트부 단면력 산정결과

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
휨모멘트(kN · m)	-1480.4	-3967.6	-2112.7	-8882.6	-335.2	-16778.4
전단력(kN)	-567.1	-1051.9	-579.7	-788.7	-4.3	-2991.6
비틀림모멘트(kN · m)	322.8	470.7	403.4	1510.2	35.2	2742.29

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

6) 강박스 거더의 응력 검토

강박스 거더에 대한 응력검토는 내·외측경간 최대 정모멘트부 및 지점부 최대 부모멘트부 단면에 대하여 실시하였으며, 이에 대한 상세 검토결과는 부록에 첨부하였다.

휨응력조합	하중조합
하중종류1	합성전단계 : 강거더 자중 + 하부콘크리트 자중 + 상부바닥판 자중
하중종류2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
하중종류3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
하중종류4	합성후단계 : 3 + (온도차)
하중종류5	합성후단계 : 3 - (온도차)

① 중앙부 정모멘트부

㉠ G1(단면-17)

- 휨응력

【표 2.2.16】 외측경간 정모멘트부 휨응력 검토결과

하중조합	휨 응 력								안전율	
	작용응력(MPa)				허용응력(MPa)					
	Concrete		Steel		Concrete		Steel			
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-108.483	82.671	-	-	-122.880	287.500	1.133	3.478
2	-2.953	-	-128.518	139.015	-10.800	-	-230.000	230.000	1.790	1.654
3	-1.581	-	-164.346	144.836	-10.800	-	-264.500	230.000	1.609	1.588
4	-2.021	-	-145.808	142.358	-12.420	-	-299.000	264.500	2.051	1.858
5	-1.141	-	-182.884	147.314	-12.420	-	-299.000	264.500	1.635	1.795

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

• 전단 및 비틀림

$$\nu = S/A_w + T/(2Ft_3)$$

$$= 28.075\,\mathrm{MPa} \quad < \quad \nu_a = 135.000\,\mathrm{MPa} \quad \therefore \ O.K$$

• 합성응력의 검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.883	0.288	21.513	168.8	0.13	0.80
	2	0.273	-	0.559	0.604	49.588	135.0	0.37	0.50
	3	0.146	-	0.621	0.630	49.588	155.3	0.32	0.50
	4	0.163	-	0.488	0.538	49.588	175.5	0.28	0.37
	5	0.092	-	0.612	0.557	49.588	175.5	0.28	0.45

② 지점부 부모멘트부

㉠ 외측거더(단면-7)

• 휨응력

【표 2.2.17】 지점부 부모멘트부 휨응력 검토결과

하중조합	휨 응 력								안전율	
	작용응력(MPa)				허용응력(MPa)					
	RE-BAR	콘크리트	Steel		RE-BAR	콘크리트	Steel			
	상 연	하 연	상연	하연	상연	하연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	14.2	-10.7	-	-	287.5	-192.2	20.246	17.963
2	-	0.0	52.3	-39.3	-	0.0	230.0	-153.7	4.398	3.911
3	78.1	0.0	121.8	-111.0	160.0	0.0	230.0	-153.7	1.888	1.385
4	62.0	0.0	108.4	-121.2	160.0	0.0	230.0	-153.7	2.122	1.268
5	63.7	0.0	134.4	-99.5	184.0	0.0	264.5	-176.8	1.968	1.777
6	60.4	0.0	82.4	-142.8	184.0	0.0	264.5	-176.8	3.210	1.238

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

• 전단 및 비틀림

$$\nu = S/A_w + T/(2Ft_3)$$

$$= 25.743\,MPa \quad < \quad \nu_a = 135.000\,MPa \quad \therefore \ O.K$$

• 합성응력의 검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.049	0.056	8.242	168.8	0.05	0.01
	2	-	0.000	0.227	0.256	22.862	135.0	0.17	0.09
	3	0.488	0.000	0.529	0.722	48.605	135.0	0.36	0.65
	4	0.388	0.000	0.471	0.788	48.605	135.0	0.36	0.75
	5	0.346	0.000	0.508	0.563	48.605	155.3	0.31	0.41
	6	0.328	0.000	0.311	0.808	48.605	155.3	0.31	0.75

7) 강박스 거더의 안전성 검토결과

① 휨응력

【표 2.2.18】 강박스 거더의 휨응력 검토결과

구 분		휨 응 력				안전율		검토결과
		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)				
		상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	
외측 거더	중앙부 정모멘트부	-108.483	144.836	-122.880	230.000	1.133	1.588	O.K
	지점부 부모멘트부	121.8	-121.2	230.0	-153.7	1.888	1.268	O.K

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

② 전단응력

【표 2.2.19】 강박스 거더의 전단응력 검토결과

구 분		전 단 응 력		안전율	검토결과
		작용응력(MPa)	허용응력(MPa)		
외측거더	중앙부 정모멘트부	28.075	135.000	4.809	O.K
	지점부 부모멘트부	25.743	135.000	5.244	O.K

허용응력법에 의한 강박스 거더의 응력 검토결과, 거더 상·하연에 발생되는 최대응력

은 허용응력 이내로 검토되었으며, 강박스 거더는 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

다. 안전성평가 결과

1) 바닥판

바닥판 슬래브는 경험적 설계방법으로 설계 시공된 상태로 현장조사 및 관련자료를 검토한 결과, 철근배근간격 및 철근량이 적정하게 시공된 것으로 조사되었다.

2) 거더

허용응력설계법 및 강도설계법에 의한 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 "A"로 검토되었다.

【표 2.2.20】 거더의 안전성 평가 결과

구 분		계산식	판정	비고
강박스 거더	휨응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{122.880}{108.483} = 1.133$	O.K	MPa
	전단응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{135.000}{28.075} = 4.809$	O.K	MPa
	합성응력	$\left(\frac{108.483}{122.880}\right)^2 + \left(\frac{28.075}{135.000}\right)^2 = 0.823 < 1.2$	O.K	

2.5.4 내하력 평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

가. 개요

1) 강도설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서, ϕM_n = 설계휨강도 M_d = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$ = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d = 고정하중 계수 (1.30) γ_ℓ = 활하중 계수 (2.15)

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수 P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24)

2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서, f_ℓ = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

f_a = 재료의 허용응력 f_d = 고정하중 응력

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수

P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

나. 기본내하율 산정

【표 2.2.21】 강박스 거더 기본내하율(허용응력법) 산정결과

구 분		정모멘트부				부모멘트부				비 고
		허용 응력	고정하중 응력	활하중 응력	내하율 (RF)	허용 응력	고정하중 응력	활하중 응력	내하율 (RF)	
외측 거더	상연	230.000	118.946	9.572	11.602	230.000	67.349	54.451	2.987	
	하연	230.000	105.977	33.038	3.754	153.700	54.780	56.220	1.760	

다. 내하력평가 결과

【표 2.2.22】 강박스 거더의 공용내하력(허용응력법) 산정결과

구 분		기본내하율 (R.F)	응답보정계수 (K_s)	공용내하율 (K_s×RF)	공용내하력
정모멘트부 외측거더	상연	11.602	1.794	20.814	DB-24 이상
	하연	3.754	1.794	6.735	DB-24 이상
부모멘트부 외측거더	상연	2.987	1.794	5.359	DB-24 이상
	하연	1.760	1.794	3.157	DB-24 이상
결 과 분석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨.			

2.6 종합평가 및 안전등급

2.6.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

옥산JCT Ramp-C교의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.2.23】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

2.6.2 안전등급 지정

옥산JCT Ramp-C교에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.2.24】 옥산JCT Ramp-C교 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	옥산JCT Ramp-C교	A등급(우수)

2.7 종합결론

옥산JCT Ramp-C교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

제3장 옥산JCT Ramp-D교

3.1 시설물의 개요
3.2 현장조사 및 시험
3.3 상태평가
3.4 교량 재하시험
3.5 안전성평가 및 내하력평가
3.6 종합평가 및 안전등급
3.7 종합결론

제3장 옥산JCT Ramp-D교

3.1 시설물의 개요

3.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 옥산JCT Ramp-D교에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

【표 2.3.1】 과업대상 시설물의 개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		옥산JCT Ramp-D교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.12 + 70 + 50.12 = 170.24m			
	폭	B = 12.6m			
구조형식	상부	SEB GIRDER교 (강재)	기초형식	교대	말뚝기초(A1,A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	말뚝기초(P1) 직접기초(P2)
교량받침		에너지분산받침(EDS)	신축이음		Finger Joint
교차시설물		-	통과높이		-
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

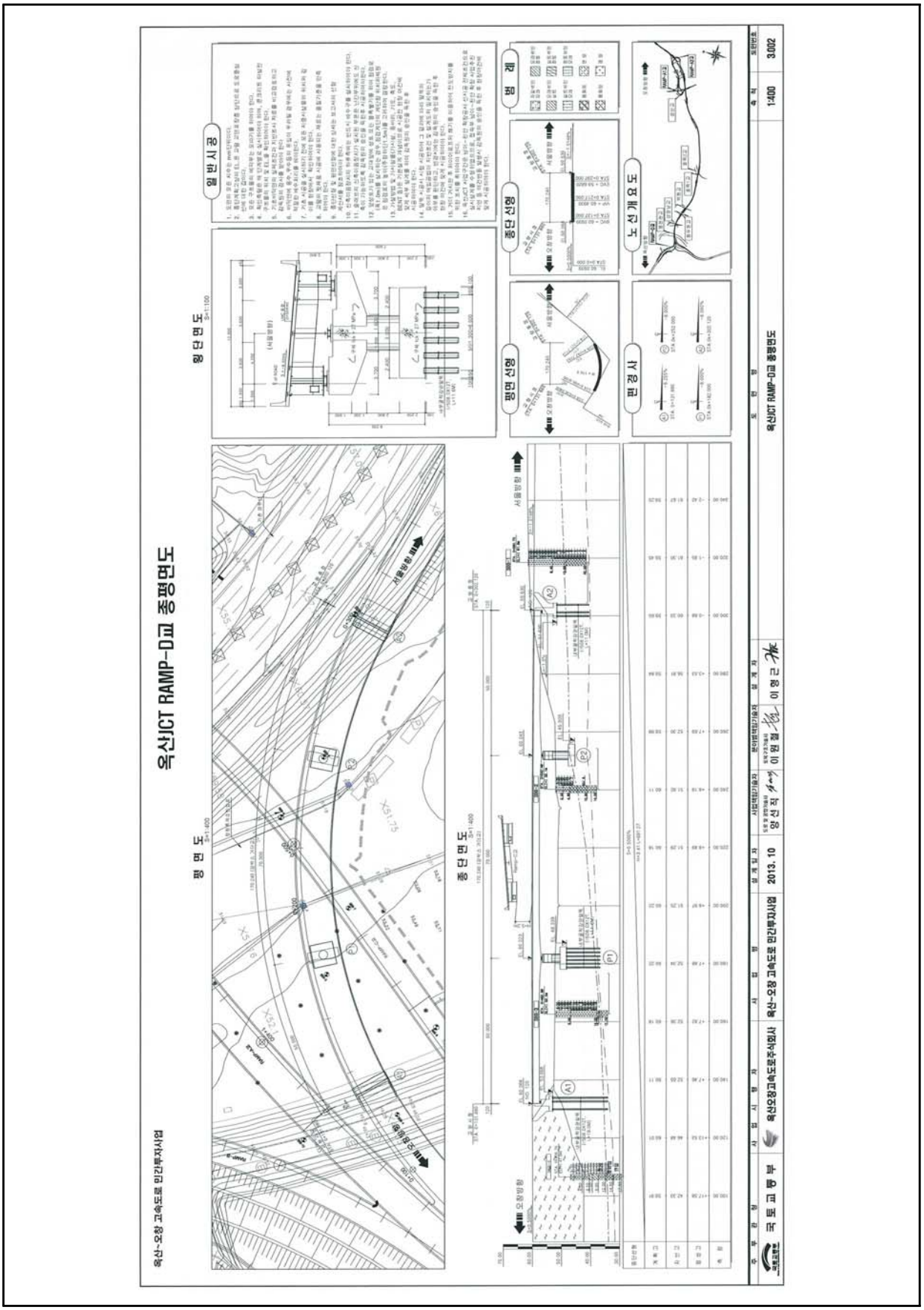


상면전경

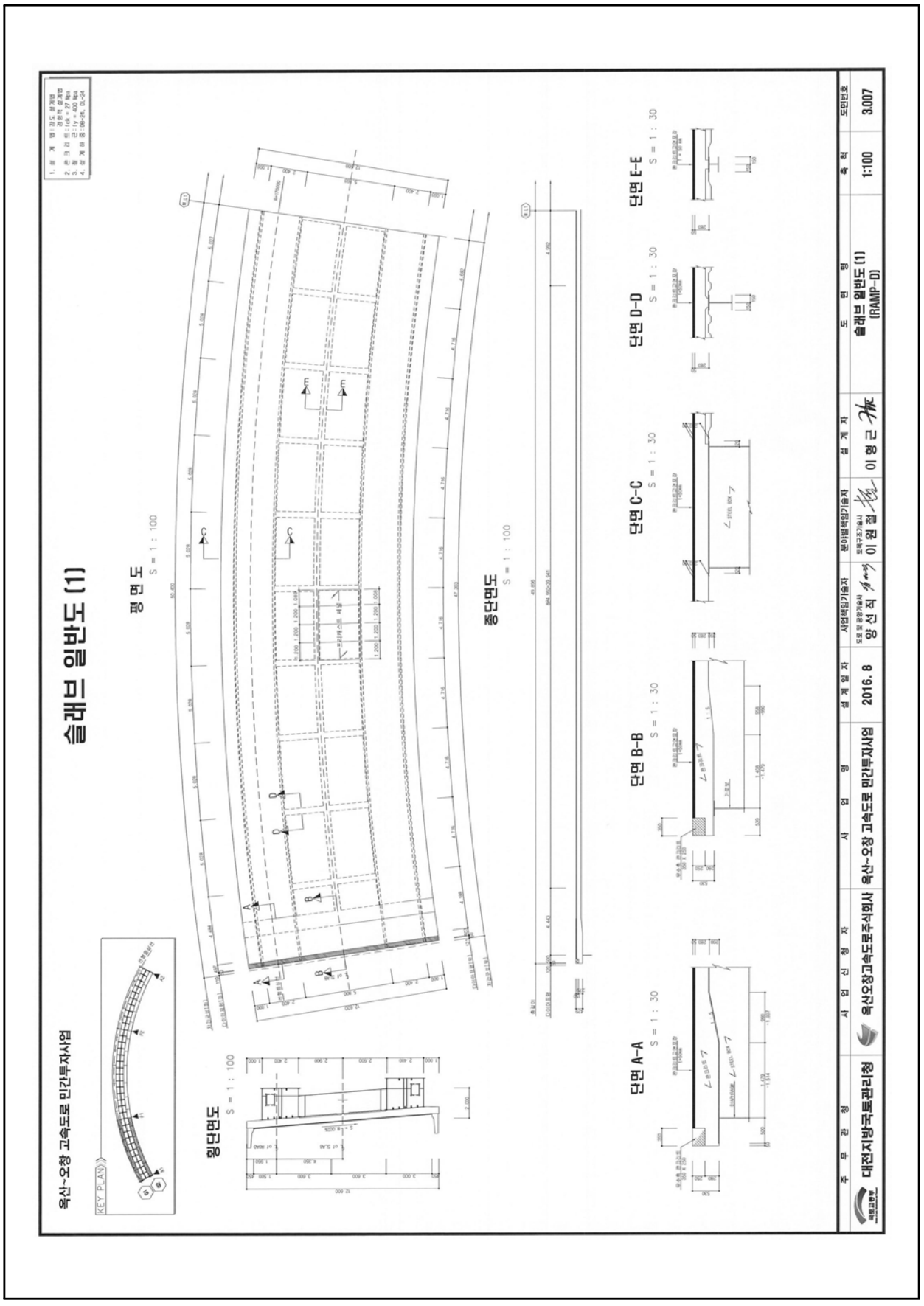


측면전경

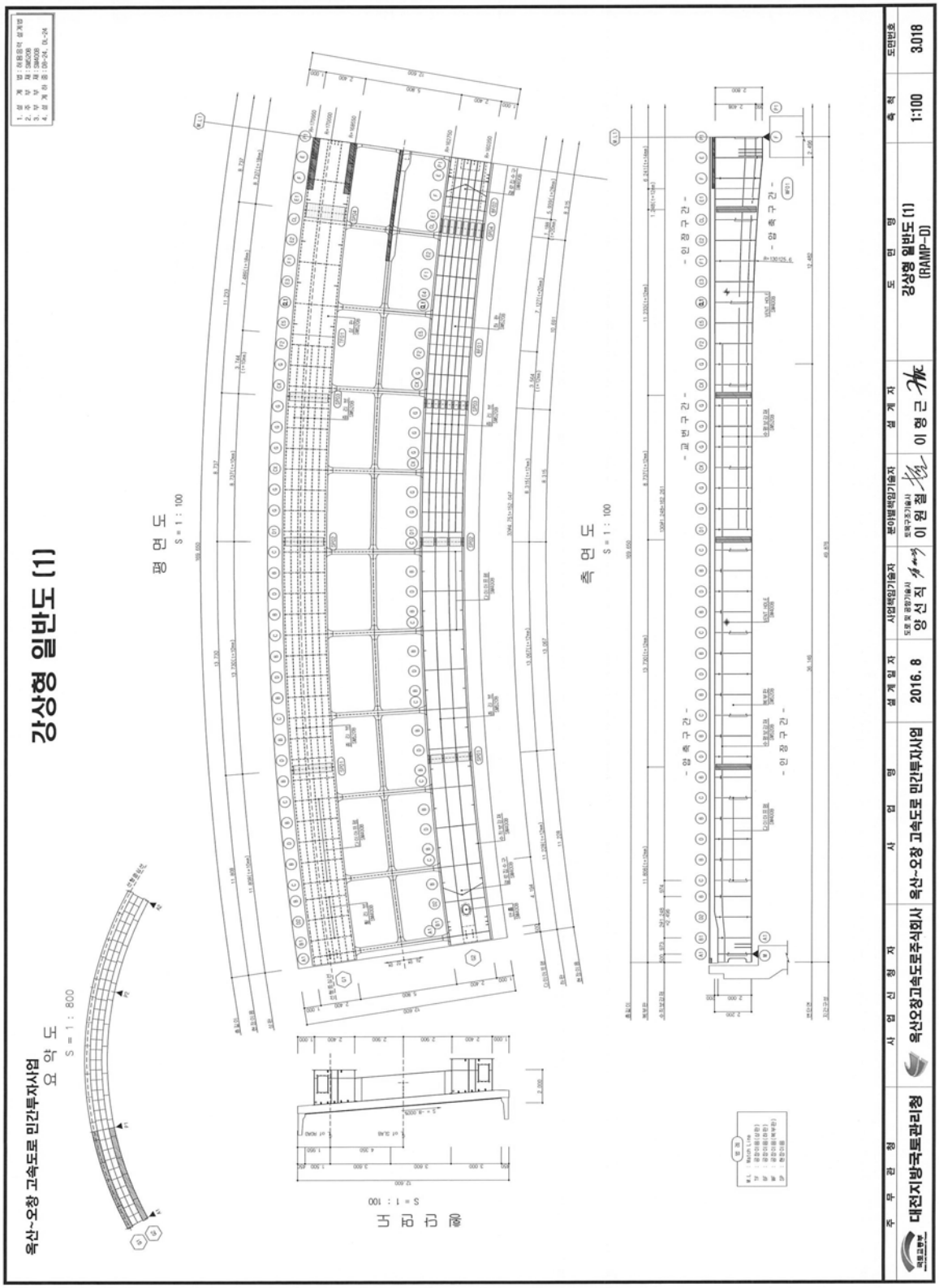
3.1.2 관련도면



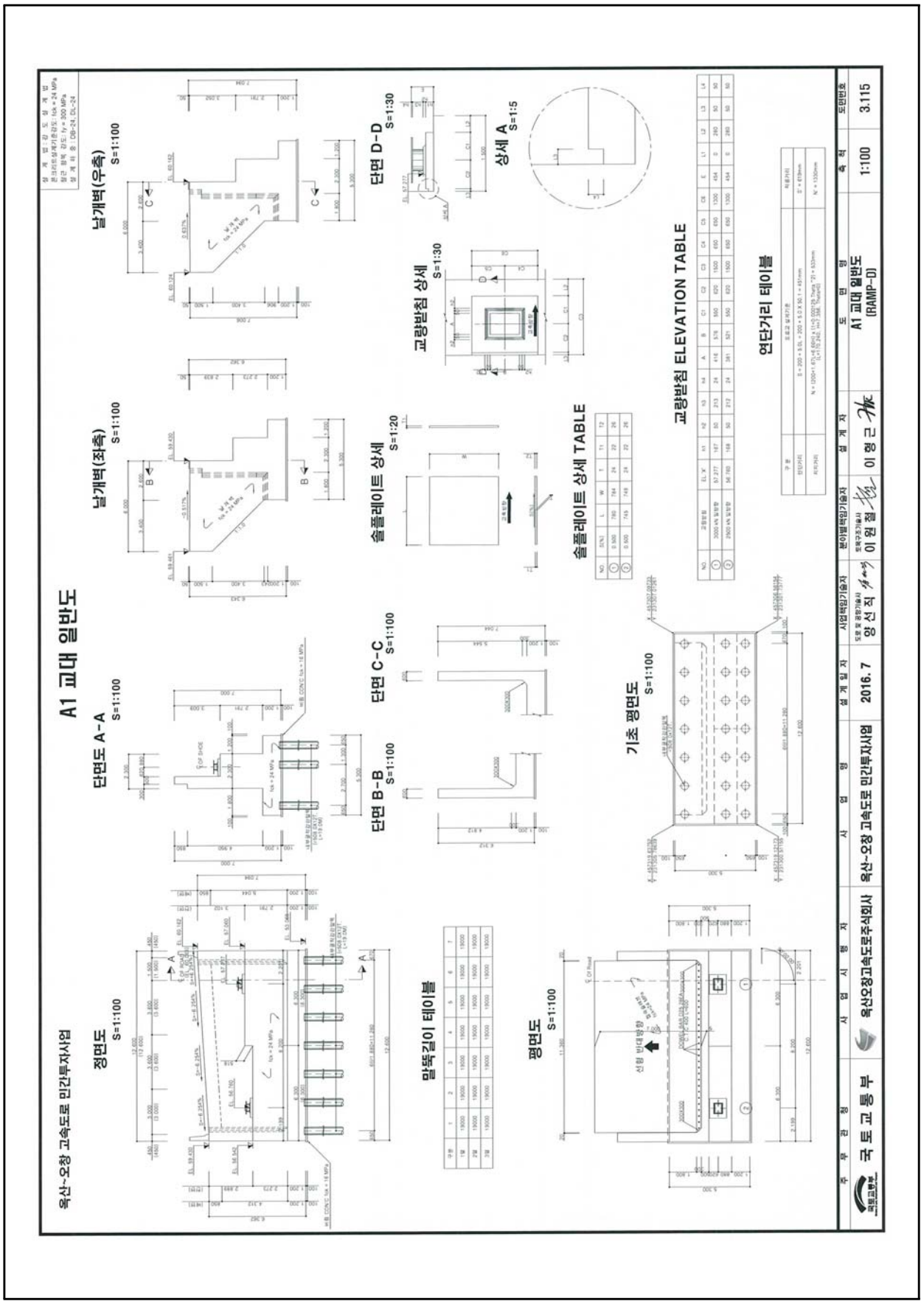
【그림 2.3.1】 종평면도



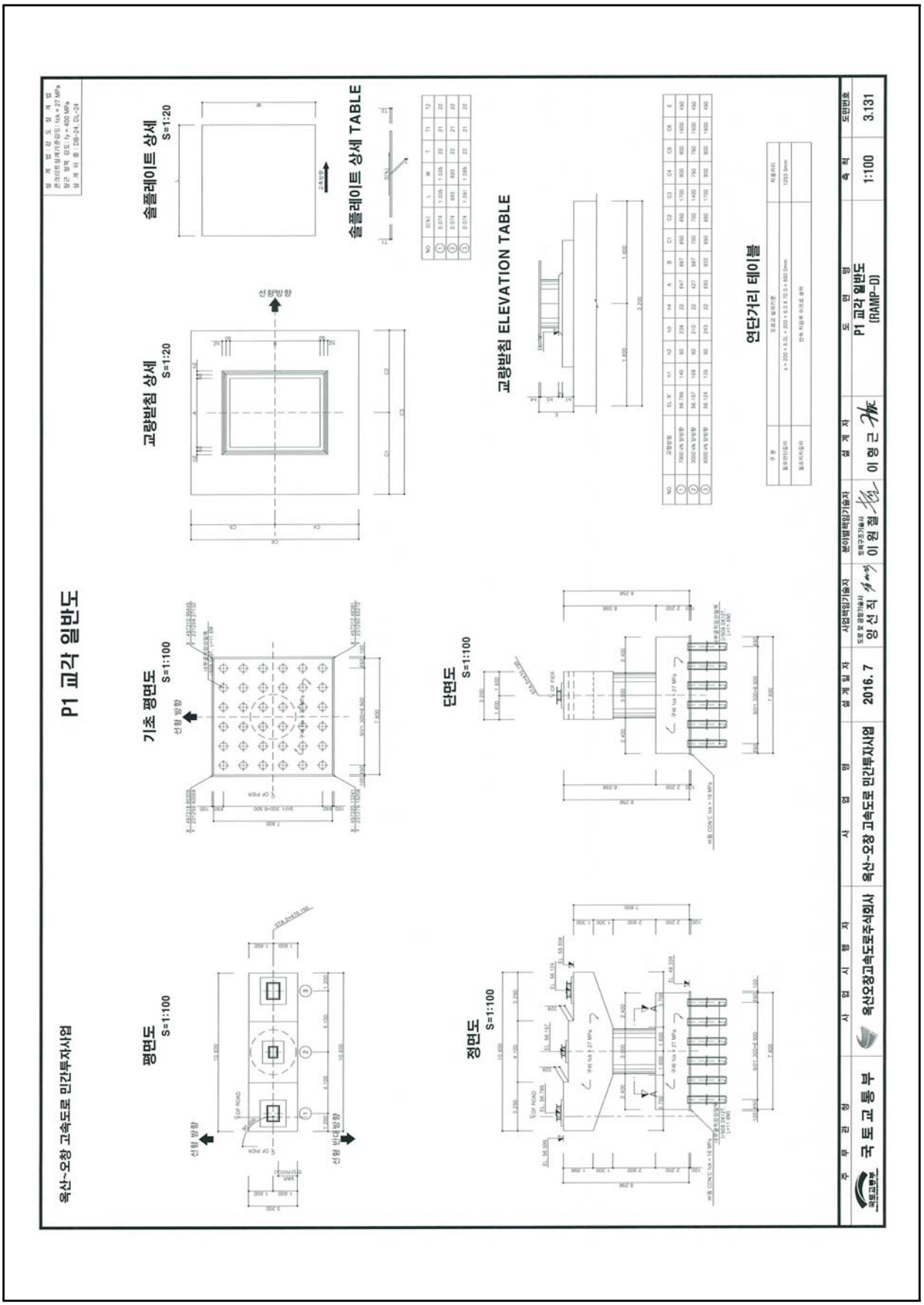
【그림 2.3.2】 슬래브 일반도



【그림 2.3.3】 강상자형 일반도



【그림 2.3.4】 교대A2 일반도



【그림 2.3.5】 교각(P1) 일반도

3.2 현장조사 및 시험

3.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 옥산JCT Ramp-D교에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>교면포장 상태양호</td><td>교면포장 상태양호</td></tr>
</table>

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>배수구 상태양호</td><td>배수관 설치상태 양호</td></tr>
</table>

다. 난간 및 연석

본 교량의 좌·우측 방호벽은 콘크리트 구조로 시공되어있다. 방호벽에 대한 외관조사 결과, 균열(폭 0.3mm미만)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
방호벽	균열(폭 0.3mm미만)	1.8m/6ea	보수완료



방호벽 전경



방호벽 균열(폭 0.3㎜미만)(보수완료)

라. 신축이음

본 교량의 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있으며, 모두 Finger형 조인트로 구성되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동상태도 양호한 것으로 나타났다.



신축이음 상태양호(A1)



신축이음 상태양호(A2)

마. 바닥판 하면

바닥판의 캔틸레버부는 철근콘크리트 구조이며, 중앙부는 Rib Deak가 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과 균열, 박리 및 박락, 재료분리, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
바닥판 중앙부 Rib Dek 상태양호	바닥판 캔틸레버부 상태양호

바. 강재 거더

본 교량의 거더는 SEB 거더 형식이며, 거더 내·외부에 대한 용접상태, 도장상태, 부식상태, 변형여부 등에 대한 외관조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
강재 거더 외부 상태양호	강재 거더 내부 상태양호

사. 강재 가로보

본 교량의 가로보는 강재 가로보로 시공되어 있다. 가로보에 대한 점검결과, 구조적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
강재 가로보 상태양호	강재 가로보 상태양호

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

본 교량의 받침장치는 에너지분산받침(EDS) 형식으로 총 10개소(2개소/교대 1EA당, 3개소/교각 1EA당)가 설치되어 있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받침 본체 및 받침콘크리트에 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

	
교량받침 상태 양호	교량받침 상태 양호

자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 외관조사 결과 건조수축에 의한 균열(폭 0.3mm미만 및 이상), 백태 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교대	균열(폭 0.3mm미만)	2.0m/3ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	1.5m/1ea	보수완료
	백태	0.03㎡/1ea	보수완료



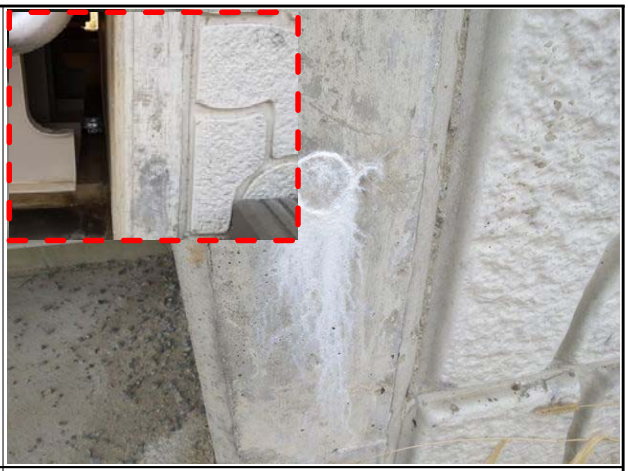
교대 A1 전경



교대 A2 전경



교대 A1 균열(폭 0.3mm)(보수완료)



교대 A2 백태(보수완료)

차. 교각

교각은 T형으로 시공되어 있다. 외관조사 결과 균열(폭 0.3mm미만)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

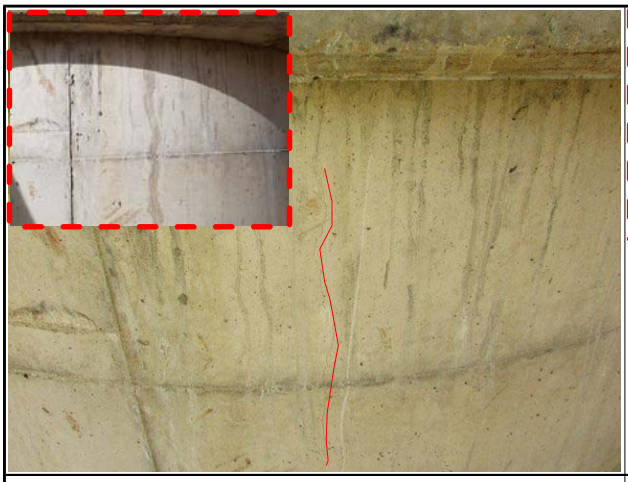
구 분	손상상태	손상물량	비 고
교각	균열(폭 0.3mm미만)	11.9m/14ea	보수완료



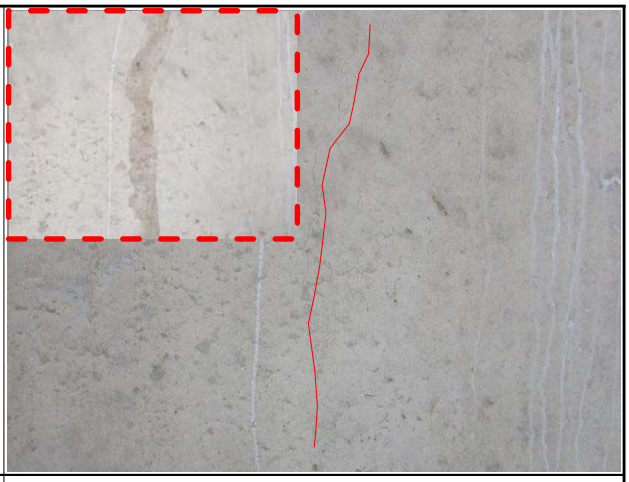
교각 P1 전경



교각 P2 전경



교각 P1 균열(폭 0.1mm)(보수완료)

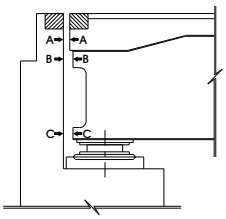


교각 P2 균열(폭 0.1mm)(보수완료)

3.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

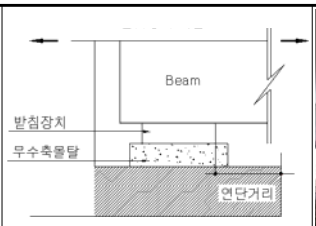
부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법



유간거리 측정전경



연단거리 측정방법



연단거리 측정전경

【그림 2.3.6】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.3.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 11월 11일		
온도변화 범위	-10℃~+40℃(보통지방)	선팽창 계수(α)	1.2×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (강교=1/150)		
주형높이(h)	2,200m		
지간장(L)	A1~P1, P2~A2 : 50.0m, P1~P2 : 70.0m		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 보통지방, 강교 : -10~+40℃ 적용

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(-9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-10℃)=0.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.2×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=50.0m, 70.0m)

{[A1, A2지점] = 85.0m}

▷ A1, A2지점 = (50.29mm - 신장 / 0.71mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 (Δℓt)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간과 바닥판의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.3.3】 유간거리 검토결과

위치		계산 신축량 (mm)			옥산JCT Ramp-D교		
					측정유간 (mm)	판정	
		Δℓt	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A1	신장	50.29	5.0	55.29	90.0	OK	OK
	수축	0.71	5.0	5.71	30.0	OK	OK
A2	신장	50.29	5.0	55.29	95.0	OK	OK
	수축	0.71	5.0	5.71	25.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A1=120㎜, A2=120㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이

  * 50.0m : S = 200 + (5 × 50.0) = 450.0(㎜)

  * 70.0m : S = 200 + (5 × 70.0) = 550.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 650㎜~1,400㎜로 도로교 설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 450.0㎜~550.0㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.3.4】 연단거리 측정결과

구 분		실측거리(㎜)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(㎜)	평 가
옥산JCT Ramp-D교	A1	650~680	50	450	O.K
	P1	1,400	70	550	O.K
	P2	1,300~1,400	70	550	O.K
	A2	650	50	450	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.3.5】 교량받침 이동량 측정결과

측정당시 온도	3.3℃ (2017년 11월 20일)	교량받침 종류	에너지분산받침(EDS)

구분	가동단 변위량(mm)		허용이동량 (mm)
	SH1	SH2	
A1	0	0	±60
P1	0	0	±60
-	Fix		-
P2	0	0	±60
A2	↑ 5.0	↑ 5.0	±60

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.3℃(2017년 11월 20일)

2) 온도변화 : -10℃~40℃(강교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 40℃-(3.3℃)=36.7℃(신장), 3.3℃-(-10℃)=13.3℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.2×10-5

L : 신축들보의 길이(L=85.0m, 35.0m)

위 치	신축길이(m)	이론신축량		비 고
		신장량(mm)	수축량(mm)	
A1, A2	85.0	37.43	13.57	
P1, P2	35.0	15.41	5.59	

【표 2.3.6】 교량 받침 이동량 검토

구 분	신축장 (mm)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판정
		신장	수축	신장	수축	
A1	85,000	37.43	13.57	60	60	O.K
P1	35,000	15.41	5.59	60	60	O.K
-	-	-	-	-	-	Fix
P2	35,000	15.41	5.59	60	60	O.K
A2	85,000	37.43	13.57	65	55	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▸검토결과 : 온도 3.3℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.

3.2.3 내구성조사

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대, 교각의 총 6개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.3.7】 반발경도시험 결과

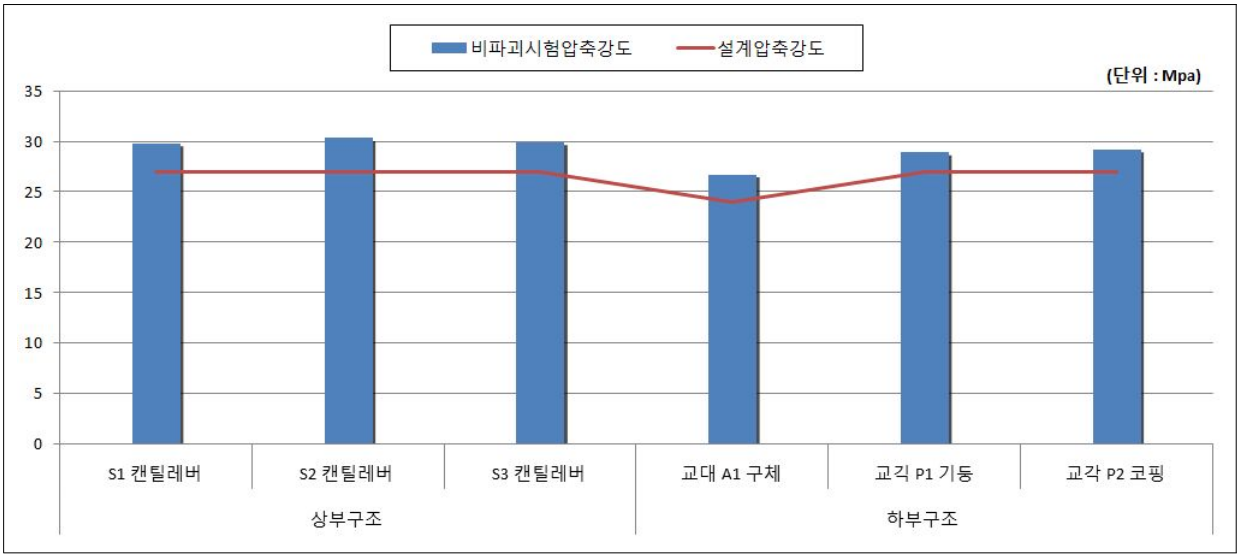
구 분		설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
상부구조	바닥판	27.0	29.8 ~ 30.3	110.4 ~ 112.2
하부구조	교 대	24.0	26.7	110.0
	교 각	27.0	28.9 ~ 29.2	107.0 ~ 108.1

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.3.8】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치		평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	재령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (MPa)	설계압축강도(MPa)
상부구조	S1 캔틸레버	48.1	-3.3	44.8	0.73	28.4	31.2	29.8	27.0
	S2 캔틸레버	48.8	-3.3	45.5	0.73	29.0	31.5	30.3	27.0
	S3 캔틸레버	48.2	-3.3	44.9	0.73	28.5	31.2	29.9	27.0
하부구조	교대 A1 구체	42.2	0.0	42.2	0.7	24.9	28.5	26.7	24.0
	교각 P1 기둥	45.3	0.0	45.3	0.7	27.6	30.1	28.9	27.0
	교각 P2 코핑	45.7	0.0	45.7	0.7	28.0	30.3	29.2	27.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.3.7】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.3.9】 철근탐사시험 결과

탐사위치		배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	S3 캔틸레버	주 철 근	@200	89	≒@200	≒80
		배력철근	@125	105	≒@125	≒100
하부구조	교대 A1 흉벽	수직철근	@250	70.5	≒@250	≒65
		수평철근	@300	51.5	≒@300	≒45
	P1 교각 기둥	수직철근	@125	87.5	≒@125	≒110
		수평철근	@300	68.5	≒@300	≒90
	P2 교각 코핑	수직철근	@200	87.5	≒@200	≒90
		수평철근	@200	112.5	≒@200	≒115

3.3 상태평가

3.3.1 상태평가 결과

본 옥산JCT Ramp-D교에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 **「A등급」**으로 평가되었다.

【표 2.3.10】 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	SEB	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	SEB	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
3	SEB	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
4	SEB	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.3.11】 상태평가 결과표

교 량 명	옥산JCT Ramp-D교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본 교	0.100	A	170.0	2	340.0	1.000	0.100
합계(Σ)			170.0		340.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

3.4 교량 재하시험

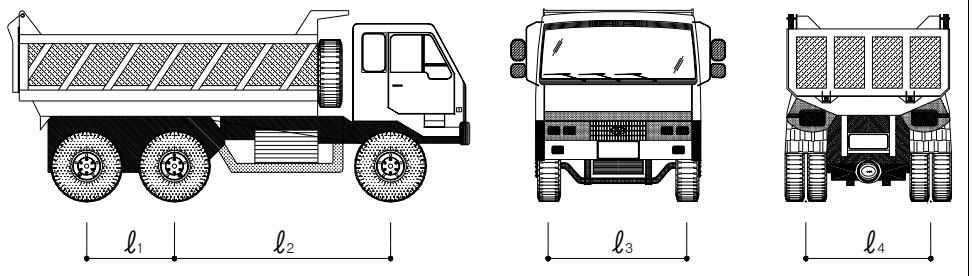
3.4.1 개 요

가. 현장시험의 개요

구 분		내 용
시험일자		2017. 12. 22
시험시간		PM 04:00 ~ PM 06:00
시험위치		S1, S2(최대 정모멘트가 작용하는 지점)
재하시험차량 대수		1대
하중 경우 수	정적재하시험	Load Case 1~6 (6회)
	동적재하시험	10㎞/hr ~ 70㎞/hr

나. 재하시험 차량의 제원 및 하중

대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN 트럭 1대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

차 량 제 원	계량증명서
	

구 분	재하차량 제원(m)			
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
15ton 덤프트럭	1.30	3.20	2.10	1.85
구 분	**총 중 량 (kN)**	**전륜축중량 (kN)**	**중륜축중량 (kN)**	**후륜축중량 (kN)**
덤프트럭 (5328)	269.10	79.80	94.65	94.65

다. 교량 재하시험 사진

<table>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td>변형률계 설치 현황</td><td>처짐계 설치 현황</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가속도계 설치 현황</td><td>재하시험 계측 전경</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>정적 재하시험 전경</td><td>동적 재하시험 전경</td></tr>
</table>

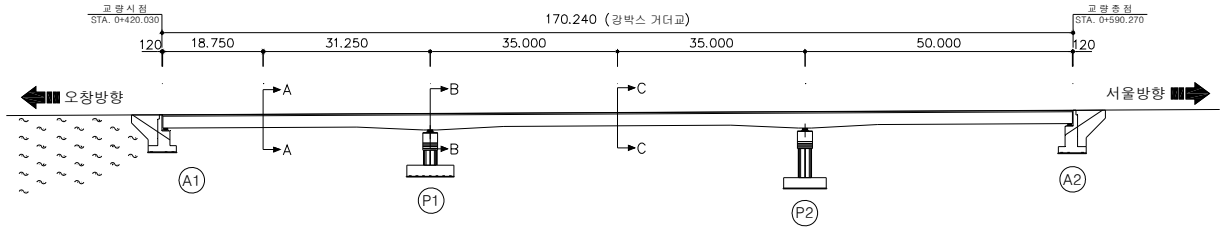
라. 계측센서 사양 및 수량

구분	센서명	모델명	사 양	수량(ea)
계측센서	강재 변형률게이지	FLA-5 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20~+80℃ • 형식 : 전기저항식	14
	처짐계	OU-30	• 범위 : ±30mm • 민감도: ($x10^{-6}$/mm) : 1000 • 허용온도범위 : 0~+60℃ • 형식 : 전기저항식	4
	가속도계	ARF-20A	• 용량 : 2.04g • 응답주파수 : 80hz • 고유주파수 : 150hz • 형식 : 전기저항식	1
소 계				19
측정장비	정, 동적 시험장비	DRA-30A	• 측정점수 : 30채널 • 측정대상 : Dynamic Strian, 전압 • 각 채널별 112k word 데이터메모리 탑재 (정적스트레인측정시 30000scans)	1
소 계				1

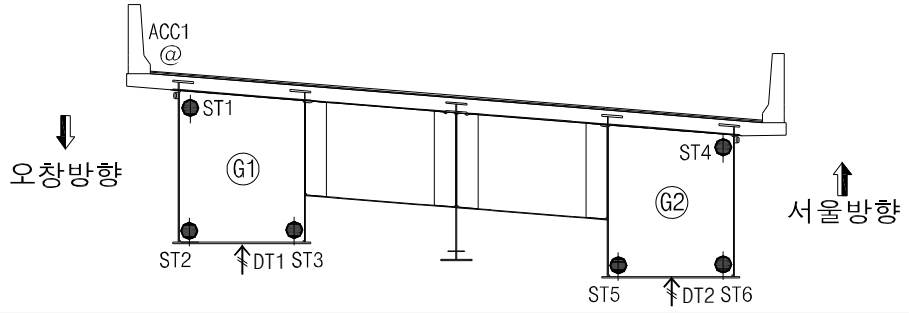
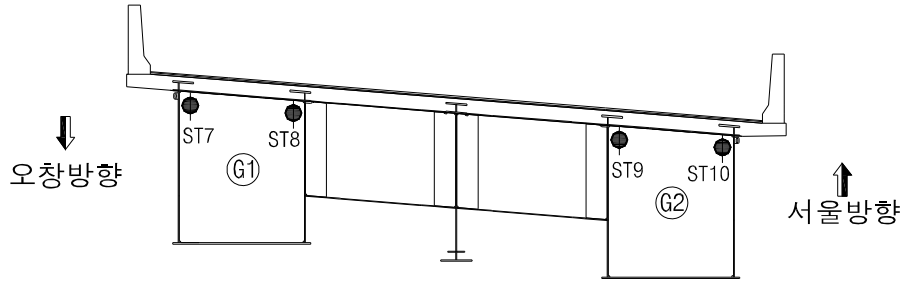
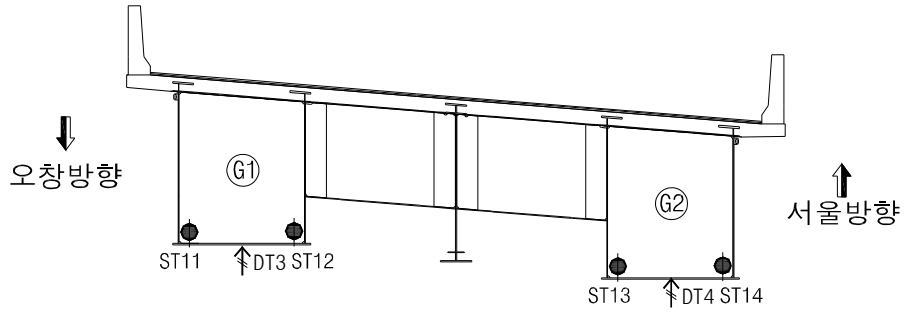
마. L/C별 재하시험 방법

재하시험 위치	재하목적	비 고
외측경간(S1)	• 최대 정·부모멘트가 작용하는 지점	
내측경간(S2)		

바. 계측센서 설치도

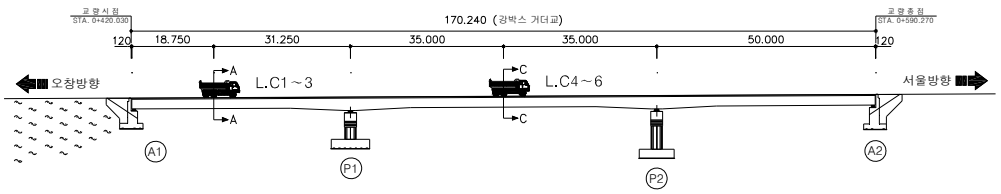
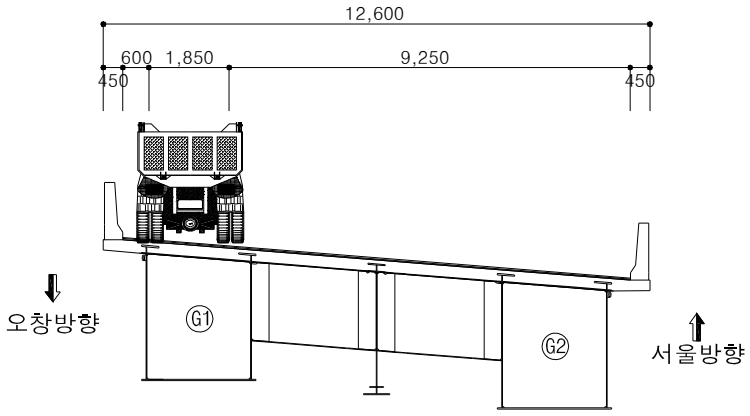
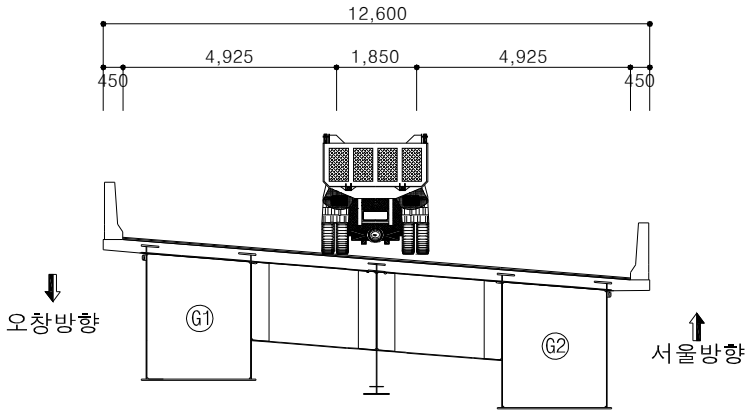
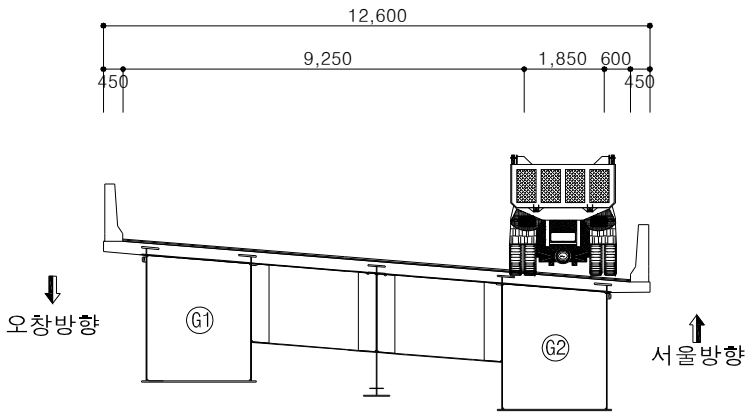


재하시험 경간

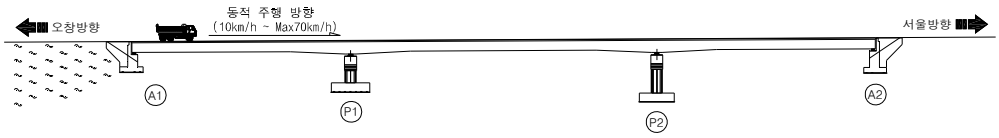
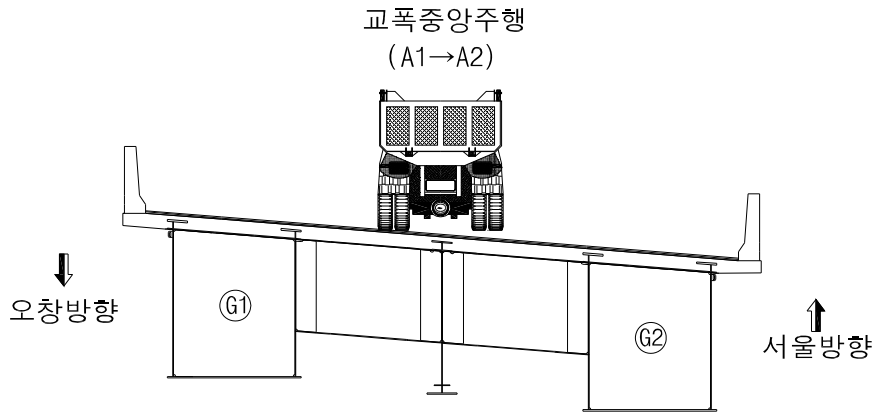
A-A단면 부착위치	
B-B단면 부착위치	
C-C단면 부착위치	

구 분	계측기명	설치수량	비 고
●	강재 변형률계	14	교축방향
⇑	처짐계	4	연직방향
@	가속도계	1	연직방향
계측센서 총 수량		19	

사. 정적 재하시험 LOAD CASE

종방향 재하위치	
L.C 1, 4	
L.C 2, 5	
L.C 3, 6	

아. 동적 재하시험 LOAD CASE

차량주행방향	
주행위치	

재하경우	주행방향	주행위치	비 고
10km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
20km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
30km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
40km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
50km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
60km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
70km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대

3.4.2 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

가. 재하시험에서 측정된 계측DATA

1) 1경간

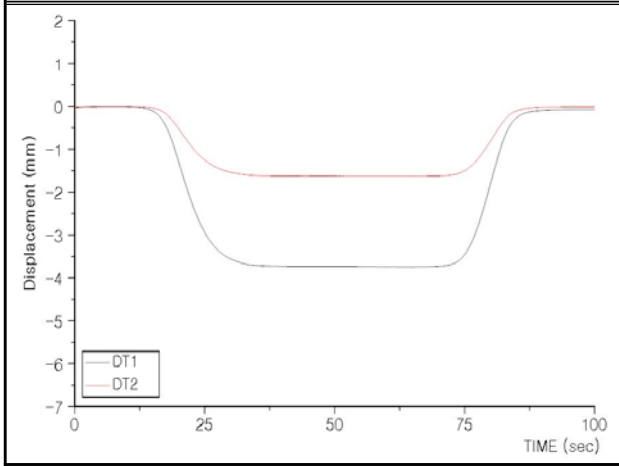
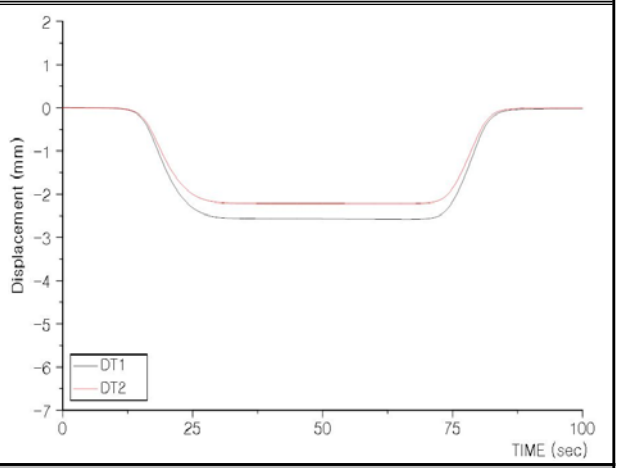
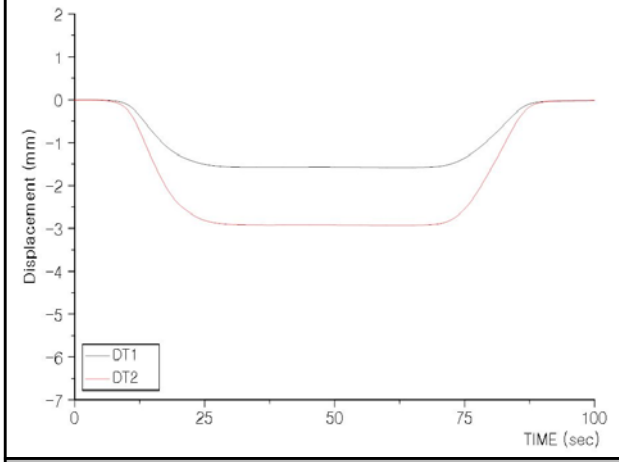
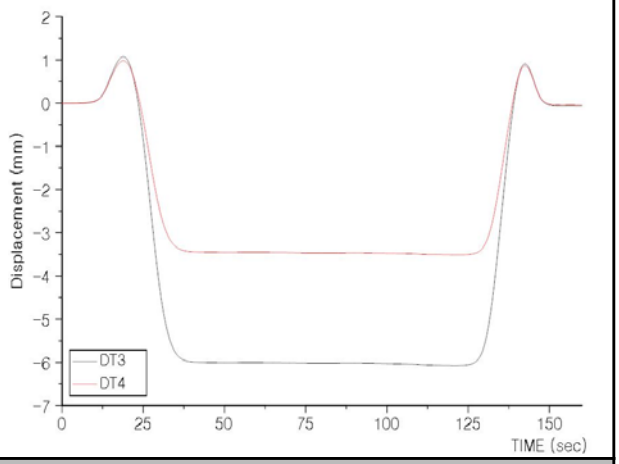
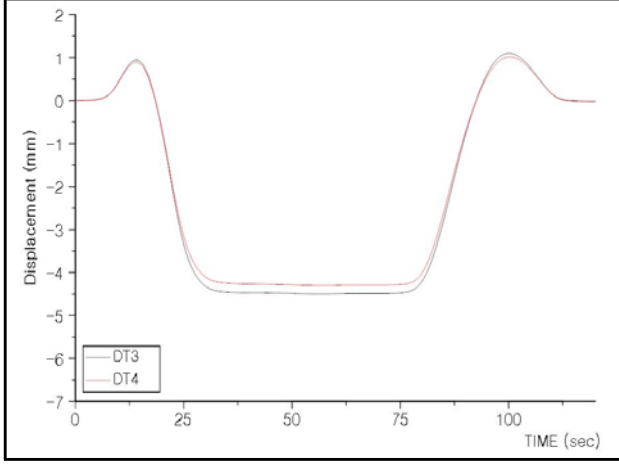
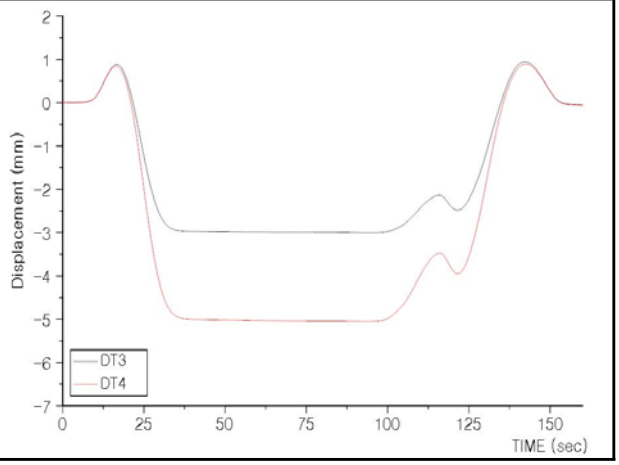
구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
ST1	-1.93	-1.85	-1.21	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST2	48.26	31.93	19.22	
ST3	47.52	32.54	17.12	
ST4	-1.31	-1.30	-1.69	
ST5	16.82	30.41	45.13	
ST6	15.96	28.39	41.86	
DT1	-3.739	-2.570	-1.578	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT2	-1.627	-2.219	-2.926	

2) 2경간

구 분	L.C4	L.C5	L.C6	비 고
ST11	45.28	37.26	22.58	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST12	44.55	30.16	15.97	
ST13	14.89	31.40	44.85	
ST14	18.18	30.75	39.65	
DT3	-6.013	-4.483	-2.995	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT4	-3.467	-4.291	-5.046	

3) P1 지점

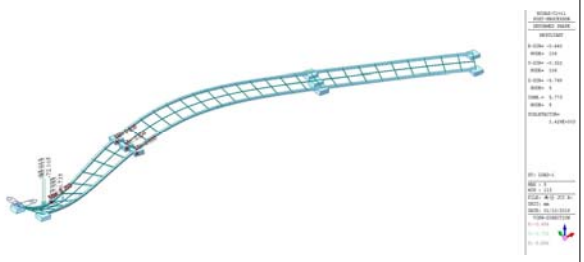
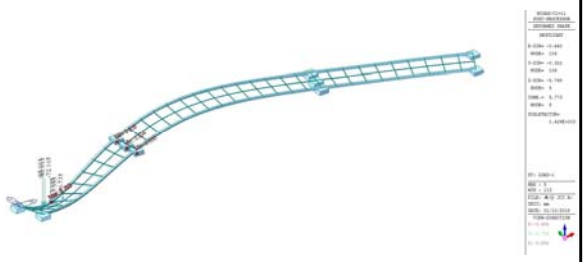
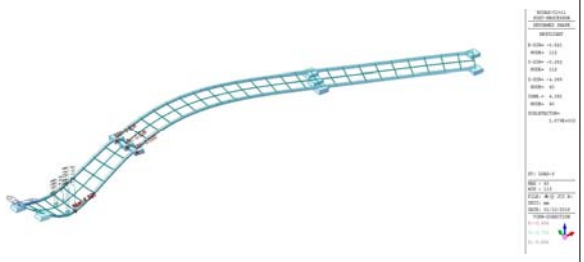
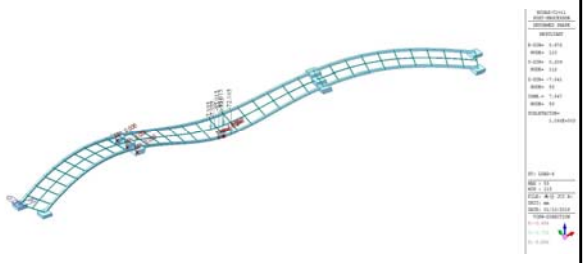
구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
ST7	2.61	1.52	0.57	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST8	0.46	0.39	0.52	
ST9	0.85	0.76	0.35	
ST10	0.23	1.97	2.20	

L.C1 처짐	L.C2 처짐
	
L.C3 처짐	**L.C4 처짐**
	
L.C5 처짐	**L.C6 처짐**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

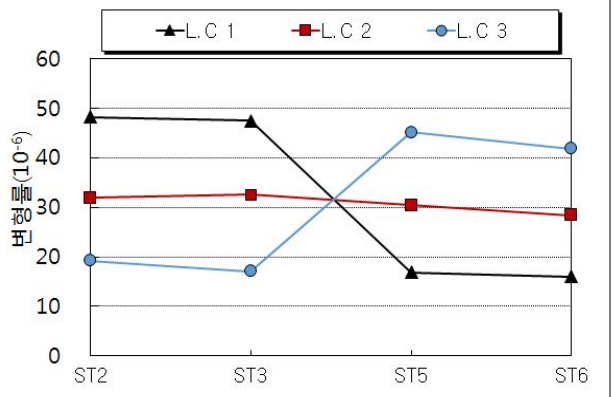
나. 구조해석에 의한 변위량

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	L.C5	L.C6	비 고
G1(DT1)	-5.765	-4.419	-3.149	-	-	-	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
G2(DT2)	-3.109	-3.764	-4.385	-	-	-	
G1(DT3)	-	-	-	-9.730	-7.919	-6.179	
G2(DT4)	-	-	-	-6.095	-6.840	-7.541	

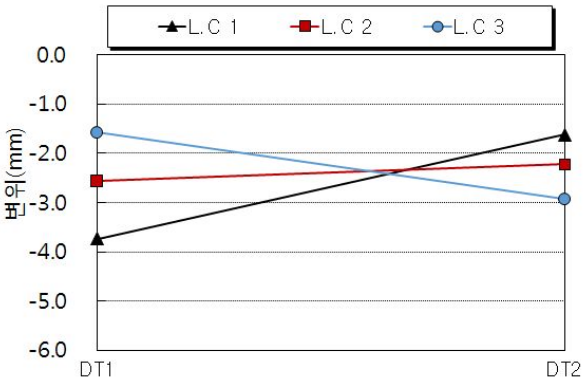
L.C1 하중재하 및 처짐	L.C2 하중재하 및 처짐
	
L.C3 하중재하 및 처짐	**L.C4 하중재하 및 처짐**
	
L.C5 하중재하 및 처짐	**L.C6 하중재하 및 처짐**
	

다. 하중 횡분배 검토 결과

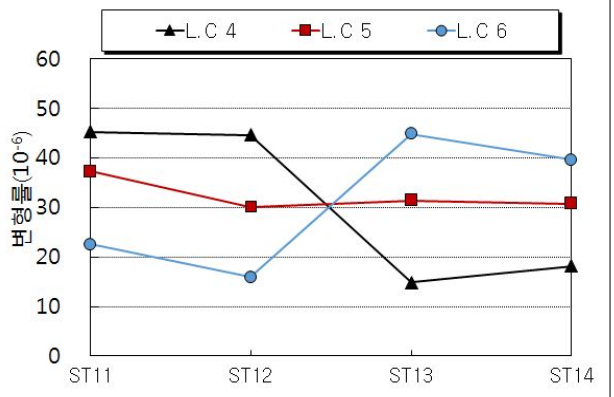
거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단면응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 곡선교로서 좌, 우측 경간장이 상이하여 약간의 차이는 있으나 하중 횡분배는 대체로 대칭성을 보이고 있는 양호한 것으로 평가되었다.



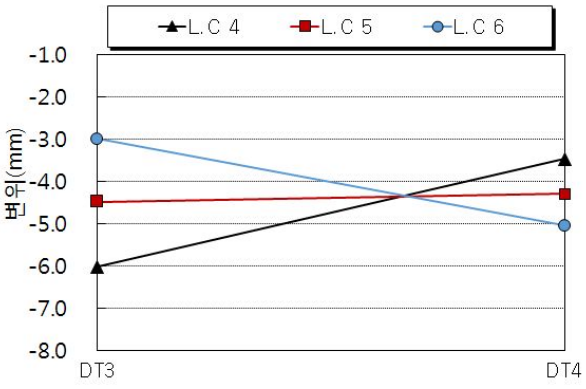
변형율 횡분배 현황(1경간)



처짐 횡분배 현황(1경간)



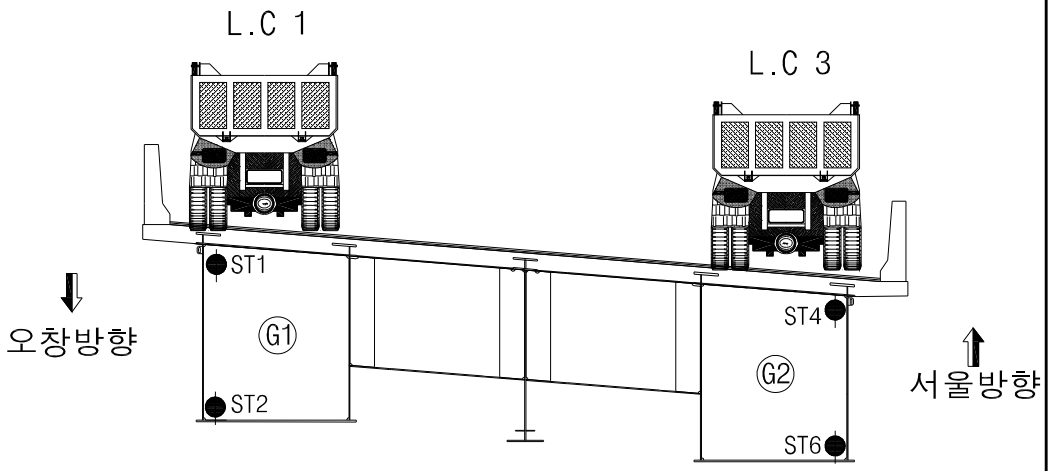
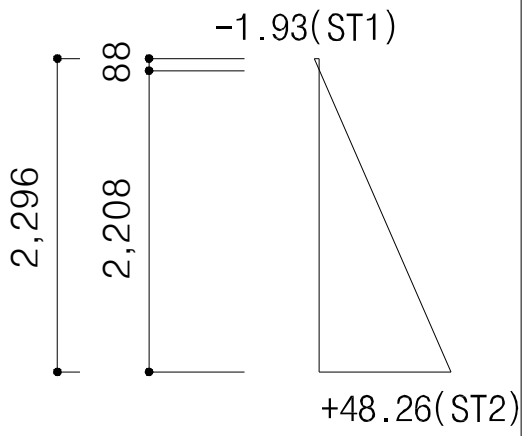
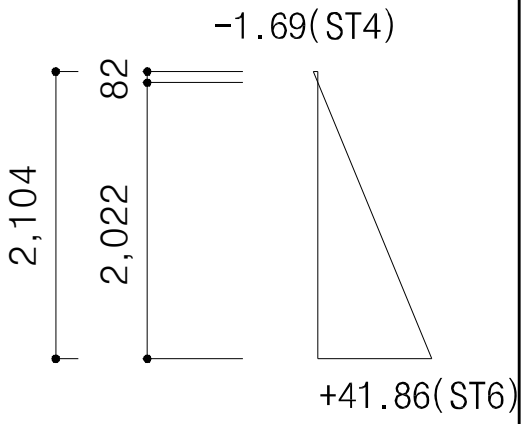
변형율 횡분배 현황(2경간)



처짐 횡분배 현황(2경간)

라. 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

<table>
<tr><td>구 분</td><td colspan="2">L.C 1/L.C 3</td></tr>
<tr><td>재하위치</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">중립축</td><td>L.C 1(1경간 - G1)</td><td>L.C 3(1경간 - G2)</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2"><table>
<tr><td rowspan="2">구분</td><td colspan="2">이론중립축위치 (mm)</td><td colspan="2">실측중립축위치 (mm)</td></tr>
<tr><td>G1</td><td>G2</td><td>G1</td><td>G2</td></tr>
<tr><td>1경간</td><td>1,954</td><td>1,954</td><td>2,208</td><td>2,022</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>검토 의견</td><td colspan="2">* 실측중립축이 이론중립축 대비 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.</td></tr>
</table>

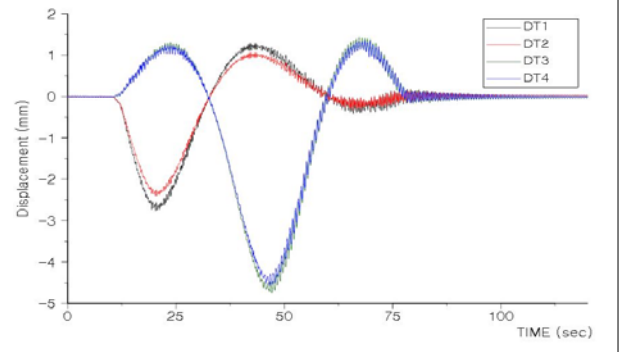
3.4.3 동적 재하시험 결과

가. 동적처짐

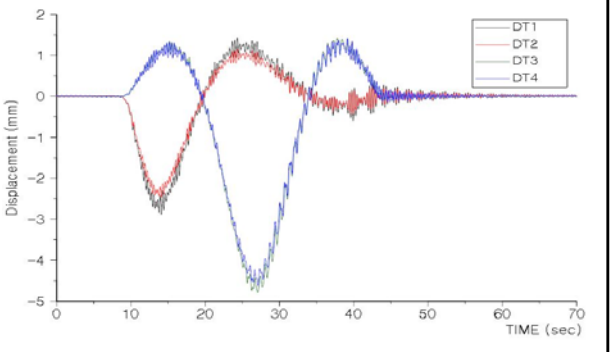
동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

구 분		주행속도 (km/h)							비고
		10	20	30	40	50	60	70	
1경간	G1(DT1)	-2.758	-2.884	-2.532	-2.790	-2.931	-3.037	-3.002	단위 : ㎜
	G2(DT2)	-2.399	-2.459	-2.421	-2.438	-2.571	-2.594	-2.571	
2경간	G1(DT3)	-4.755	-4.788	-4.465	-4.639	-4.544	-4.750	-4.610	
	G2(DT4)	-4.571	-4.616	-4.433	-4.425	-4.498	-4.493	-4.592	

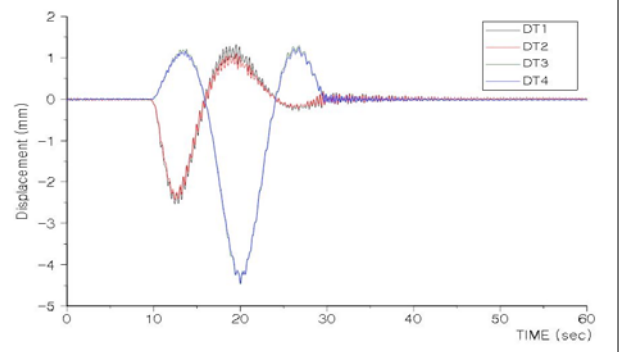
10km/hr



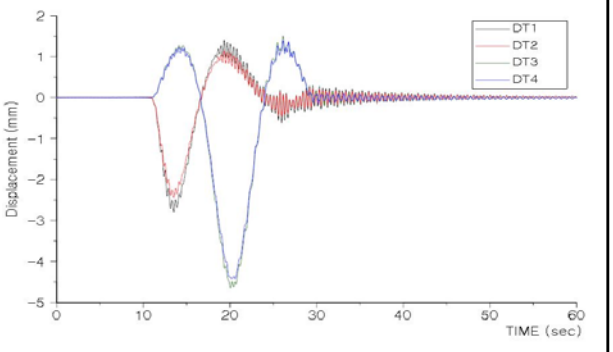
20km/hr



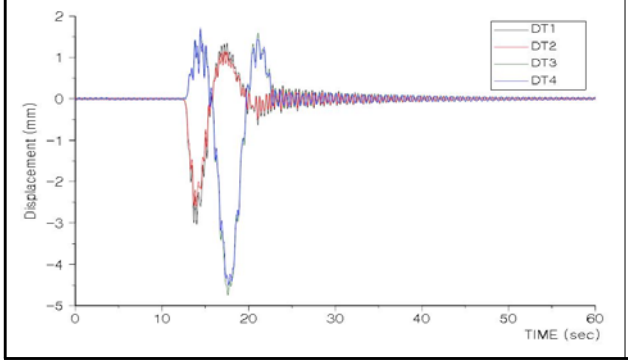
30km/hr



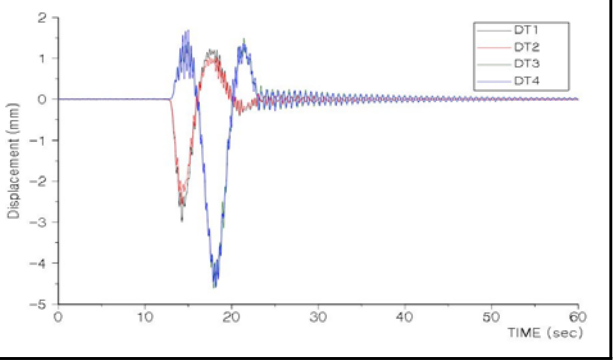
40km/hr



60km/hr



70km/hr



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

나. 충격계수 산정 결과

1) 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

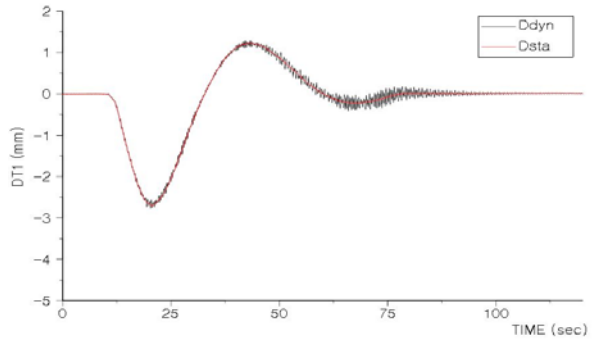
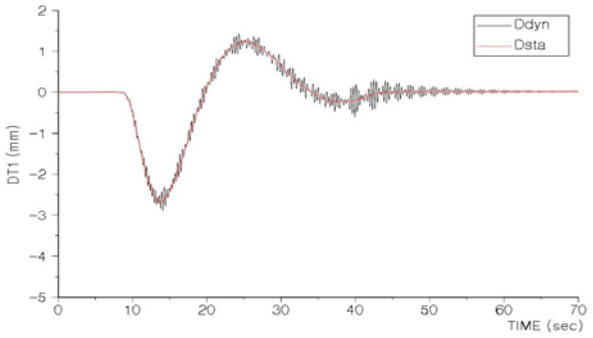
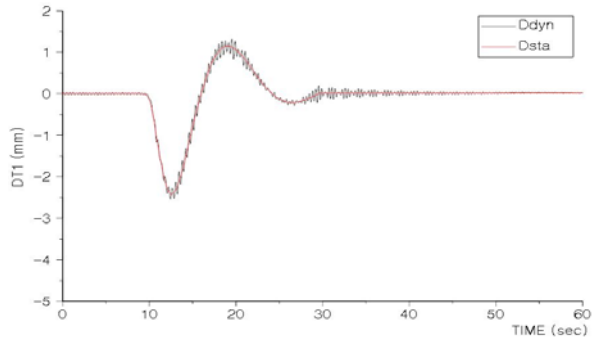
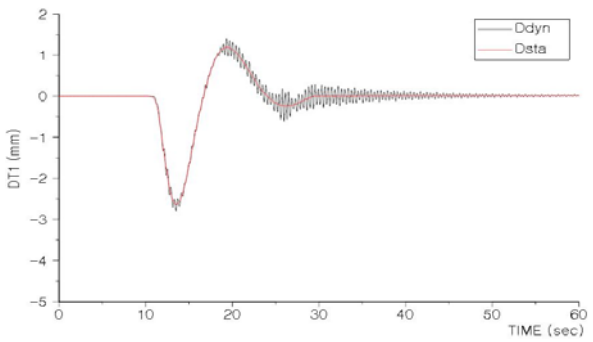
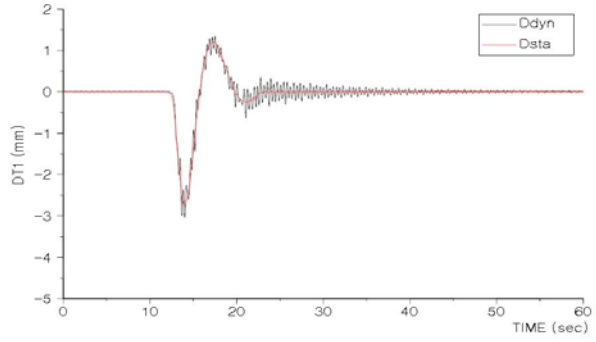
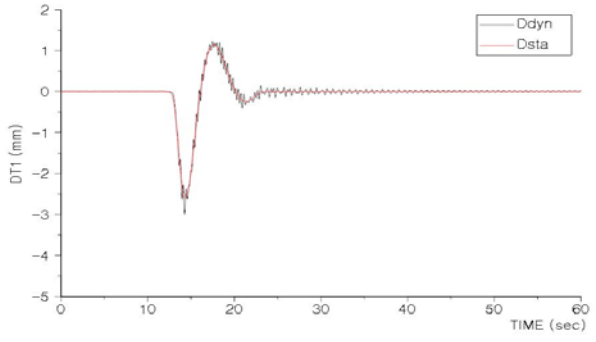
· 실측충격계수 i = (D－1)

여기서, D $=(\delta_{\mathrm{dynamic}})_{\max}/(\delta_{static})_{\max}$

구 분			주행속도 (km/h)							대표 충격계수
			10	20	30	40	50	60	70	
1경간	DT1	$\delta_{dyn(max)}$	-2.758	-2.884	-2.532	-2.790	-2.931	-3.037	-3.002	
		$\delta_{sta(max)}$	-2.693	-2.674	-2.414	-2.640	-2.576	-2.723	-2.600	**0.154**
		충격계수(i)	0.024	0.078	0.049	0.057	0.138	0.115	**0.154**	
	DT2	$\delta_{dyn(max)}$	-2.399	-2.459	-2.421	-2.438	-2.571	-2.594	-2.571	
		$\delta_{sta(max)}$	-2.355	-2.349	-2.327	-2.342	-2.324	-2.386	-2.288	**0.124**
		충격계수	0.019	0.047	0.040	0.041	0.106	0.087	**0.124**	
2경간	DT3	$\delta_{dyn(max)}$	-4.755	-4.788	-4.465	-4.639	-4.544	-4.750	-4.610	
		$\delta_{sta(max)}$	-4.646	-4.621	-4.297	-4.541	-4.318	-4.500	-4.278	**0.077**
		충격계수	0.023	0.036	0.039	0.021	0.052	0.056	**0.077**	
	DT4	$\delta_{dyn(max)}$	-4.571	-4.616	-4.433	-4.425	-4.498	-4.493	-4.592	
		$\delta_{sta(max)}$	-4.462	-4.412	-4.287	-4.379	-4.210	-4.313	-4.270	**0.076**
		충격계수	0.024	0.046	0.034	0.010	0.068	0.042	**0.076**	
계측결과			• 계산충격계수 : i = 15/(40+L) = **0.167**(1경간, L=50.00), **0.136**(2경간, L=70.00) • 실측충격계수 : 1경간-**0.154**(70km, DT1), 2경간 - **0.077**(70km, DT3)							

2) 산정 결과

동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 교폭중앙으로 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT1, DT2(1경간), DT3, DT4(2경간)를 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.154(1경간), 0.077(2경간)으로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계기준 0.167(1경간), 0.136(2경간)보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행 시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

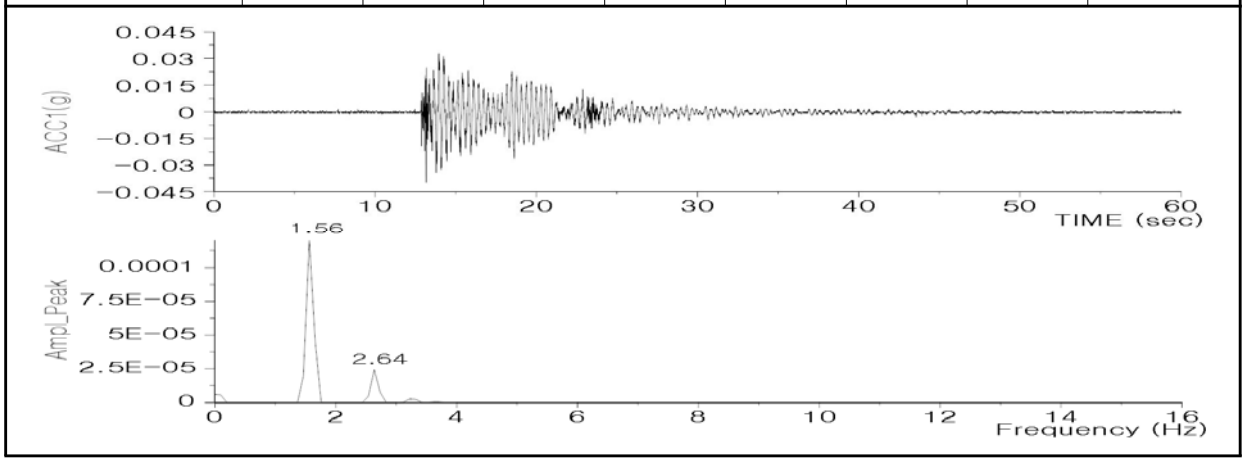
10km/hr, DT1	20km/hr, DT1
	
30km/hr, DT1	**40km/hr, DT1**
	
60km/hr, DT1	**70km/hr, DT1**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

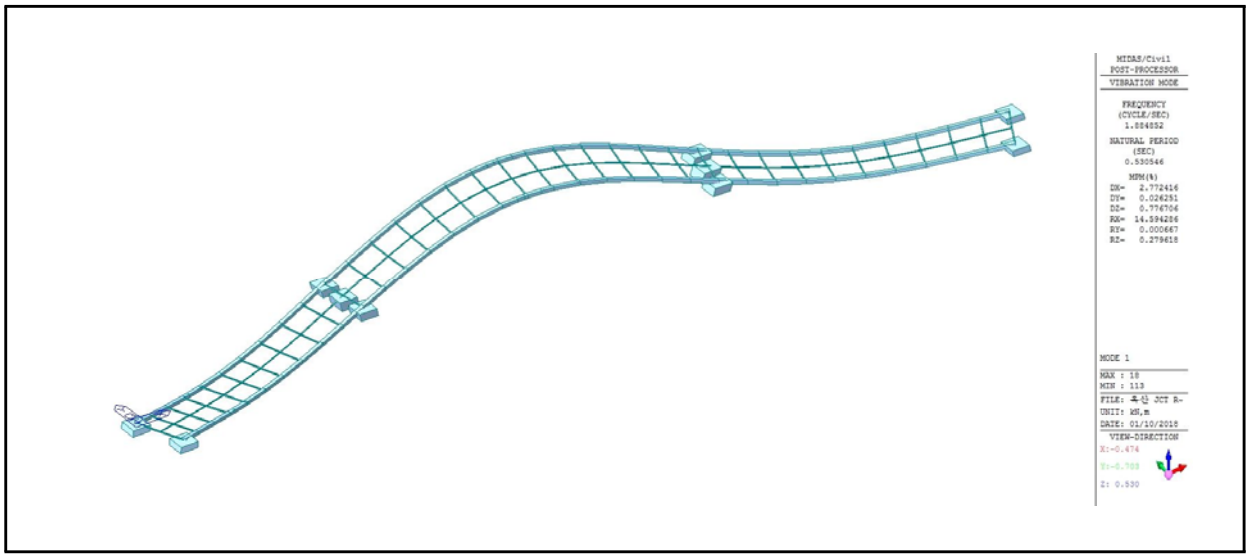
다. 고유진동수 산정 결과

1) 재하시험에 의한 고유진동수 산정

구 분	10km	20km	30km	40km	50km	60km	70km	비 고
고유진동수 (cycle/sec(Hz))	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	



2) 구조해석에 의한 고유진동수 계산



3) 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 1.56Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 1.885Hz와 비슷하게 해석되어 해석모델이 대상교량의 거동을 합리적으로 표현하고 있는 것을 알 수 있다.

라. 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 멀어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

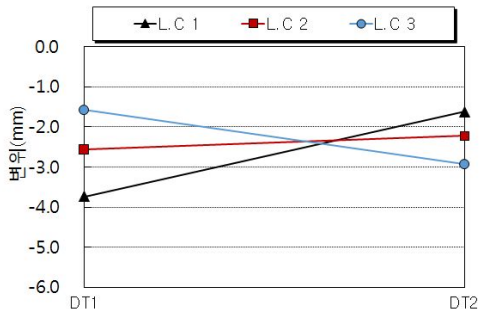
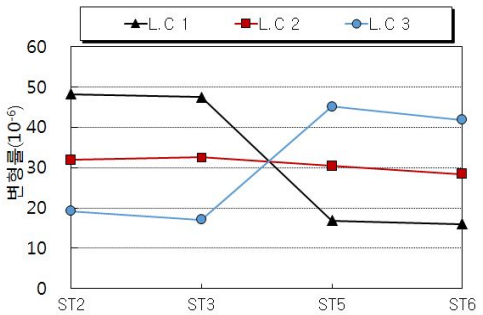
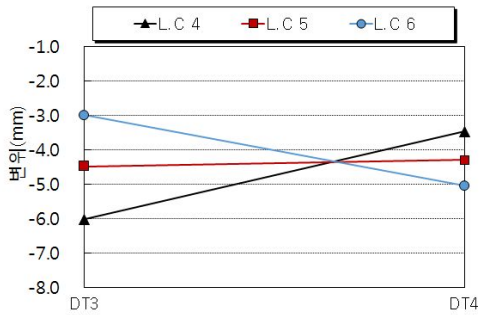
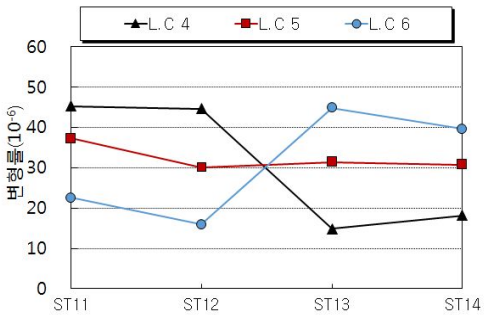
1) 응답비 산정

구 분		처 짐(㎜)						비고
		1경간			2경간			
		L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	L.C5	L.C6	
G1	계산처짐	-5.765	-4.419	-3.149	-9.730	-7.919	-6.179	DT1 / DT3
	실측처짐	-3.739	-2.570	-1.578	-6.013	-4.483	-2.995	
	응답비	**1.542**	1.719	1.996	**1.618**	1.766	2.063	
G2	계산처짐	-3.109	-3.764	-4.385	-6.095	-6.840	-7.541	DT2 / DT4
	실측처짐	-1.627	-2.219	-2.926	-3.467	-4.291	-5.046	
	응답비	1.911	1.696	**1.499**	1.758	1.594	**1.494**	

2) 응답보정계수 산정

구 분		응답비	i(충격계수)		$\frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$	위치별 Ks
			계산	실측max		
응답 보정 계수	DT1(G1)	1.542	0.167	0.154	1.011	1.559
	DT2(G2)	1.499				1.515
	DT3(G1)	1.618	0.136	0.077	1.055	1.636
	DT4(G2)	1.494				1.510

3.4.4 정·동적 재하시험 고찰

<table>
<tr><th colspan="2">분석항목</th><th>분석결과</th></tr>
<tr><td colspan="2">시험트럭</td><td>• 재하하중 : 설계하중의 약 62%
• 총 중 량 : 269.10kN</td></tr>
<tr><td rowspan="5">정적
재하
시험</td><td>최대
응답</td><td>• 처 짐 : -3.739 ㎜(1경간), -6.013 ㎜(2경간)
• 변형률 : 48.26 με(1경간), 45.28 με(2경간)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">횡방향
거동특성</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>처짐(1경간)</td><td>변형률(1경간)</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>처짐(2경간)</td><td>변형률(2경간)</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">동적
재하
시험</td><td>충격
계수</td><td>• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.154(1경간), 0.077(2경간)로 이론 충격계수 0.167(1경간), 0.136(2경간)보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td>고유
진동수</td><td>• 실측고유진동수(1.56Hz)와 이론 고유진동수(1.885Hz)의 해석치가 비슷하게 산정되어 해석모델이 대상교량의 거동을 합리적으로 표현함.</td></tr>
</table>

3.5 안전성평가 및 내하력평가

3.5.1 구조해석 방법 및 개요

옥산JCT Ramp-D교는 연장 170.300m, 총폭 12.600m, 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 90.000°이며 평면 선형 R=170m 인 곡선교 이다. 상부구조는 SEB 거더로 이루어져 있으며, 하부구조는 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

3.5.2 검토 조건

가. 기본 사항

1) 형　　식 : SEB거더
2) 연　　장 : 170.300m
3) 교　　폭 : B = 12.600m
4) 거더높이 : H = 2.200m
5) 거더간격 : 3.000m
6) 사　　각 : 90000°
7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
8) 단위중량
   - 철근 콘크리트 : W_{c1} = 2500.0kg/㎥
   - 무근 콘크리트 : W_{c2} = 2350.0kg/㎥
   - 아 스 팔 트 : W_a = 2300.0kg/㎥
9) 사용 프로그램 : MIDAS CIVIL 2016
10) 구조 검토방식 : 강도설계법+경험적설계법(바닥판), 허용응력설계법/강도설계법(거더)
11) 참고문헌
   ① 도로교 설계기준(2010)
   ② 콘크리 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
   ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

나. 사용재료 및 허용응력

1) 콘크리트

- 설계기준강도(f_{ck}) : 27.0MPa
- 탄성계수(E_c) : 28,693MPa
- 전단탄성계수(G_c) : 12,297MPa

2) 철근(SD400)

- 항복강도(f_y) : 400.0MPa
- 탄성계수(E_s) : 200,000MPa

3) 강재

- 주부재 : SM520B
- 부부재 : SM400B
- 탄성계수(E_{st}) : 205,000MPa
- 전단탄성계수(G_{st}) : 79,000MPa
- 허용축방향인장응력 및 허용휨인장응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	140	190	210	260
40초과 75이하	130	175	200	250
75초과 100이하			195	245

• 허용축방향압축응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM 570 SMA 58
40이하	140 : $\ell/r \leq 20$ $140-0.84(\ell/r-20)$: $20 < \ell/r \leq 93$ $\frac{1,200,000}{6,700+(\ell/r)^2}$: $93 < \ell/r$	190 : $\ell/r \leq 15.0$ $190-1.3(\ell/r-15.0)$: $15.0 < \ell/r \leq 80$ $\frac{1,200,000}{5,000+(\ell/r)^2}$: $80 < \ell/r$	210 : $\ell/r \leq 14$ $210-1.3(\ell/r-14)$: $15 < \ell/r \leq 76$ $\frac{1,200,000}{4,500+(\ell/r)^2}$: $76 < \ell/r$	260 : $\ell/r \leq 18$ $260-2.2(\ell/r-18)$: $18 < \ell/r \leq 67$ $\frac{1,200,000}{3,500+(\ell/r)^2}$: $67 < \ell/r$
40초과 75이하	130 : $\ell/r \leq 2$ $130-0.75(\ell/r-20)$: $20 < \ell/r \leq 97$ $\frac{1,200,000}{7,300+(\ell/r)^2}$: $97 < \ell/r$	175 : $\ell/r \leq 15$ $175-1.1(\ell/r-15)$: $15 < \ell/r \leq 83$ $\frac{1,200,000}{5,300+(\ell/r)^2}$: $83 < \ell/r$	200 : $\ell/r \leq 14$ $200-1.40(\ell/r-14)$: $14 < \ell/r \leq 78$ $\frac{1,200,000}{4,700+(\ell/r)^2}$: $78 < \ell/r$	250 : $\ell/r \leq 18$ $250-2.1(\ell/r-18)$: $18 < \ell/r \leq 69$ $\frac{1,200,000}{3,600+(\ell/r)^2}$: $69 < \ell/r$
75초과 100이하			195 : $\ell/r \leq 14$ $195-1.3(\ell/r-14)$: $14 < \ell/r \leq 79$ $\frac{1,200,000}{4,900+(\ell/r)^2}$: $79 < \ell/r$	245 : $\ell/r \leq 18$ $245-2.2(\ell/r-18)$: $18 < \ell/r \leq 69$ $\frac{1,200,000}{3,700+(\ell/r)^2}$: $69 < \ell/r$

여기서, ℓ : 부재의 유효좌굴길이(mm)

r : 부재 총단면의 단면회전반경(mm)

• 허용휨압축응력(MPa)

ⓐ 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 직접 고정되어 있는 경우, 상자형 단면, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	140	190	210	260
40초과 75이하	130	175	200	250
75초과 100이하			195	245

ⓑ ⓐ에 규정한 이외의 경우

강종 / 판두께(mm)		SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
$\frac{A_w}{A_c} \le 2$	40이하	140 : $\ell/b \le 4.5$ 140-2.4(ℓ/b-4.5) : 4.5 < $\ell/b \le 30$	190 : $\ell/b \le 4.0$ 190-3.8(ℓ/b-4.0) : 4.0 < $\ell/b \le 30$	210 : $\ell/b \le 3.5$ 210-4.4(ℓ/b-3.5): 3.5 < $\ell/b \le 27$	260 : $\ell/b \le 5.0$ 260-6.6(ℓ/b-5.0): 5.0 < $\ell/b \le 25$
	40초과 75이하	130 : $\ell/b \le 5.0$	175 : $\ell/b \le 4.0$	200 : $\ell/b \le 4.0$ 200-4.2(ℓ/b-4.0): 4.0 < $\ell/b \le 27$	260 : $\ell/b \le 3.4$ 260-6.25(ℓ/b-3.4): 3.4 < $\ell/b \le 25$
	75초과 100이하	130-2.2(ℓ/b-5.0): 5.0 < $\ell/b \le 30$	175-3.5(ℓ/b-4.0): 4.0 < $\ell/b \le 30$	195 : $\ell/b \le 4.0$ 195-4.0(ℓ/b-4.0): 4.0 < $\ell/b \le 27$	250 : $\ell/b \le 5.0$ 250-6.0(ℓ/b-5.0): 5.0 < $\ell/b \le 25$
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40이하	140 : $\ell/b \le 9/K$ 140-1.2(Kℓ/b-9): 9/K < $\ell/b \le 30$	190 : $\ell/b \le 8.0/K$ 190-1.9(Kℓ/b-8): 8/K < $\ell/b \le 30$	210 : $\ell/b \le 7/K$ 210-2.2(Kℓ/b-7): 7/K< $\ell/b \le 27$	260 : $\ell/b \le 10/K$ 260-3.3(Kℓ/b-10): 10/K < $\ell/b \le 25$
	40초과 75이하	130 : $\ell/b \le 10/K$	175 : $\ell/b \le 8/K$	200 : $\ell/b \le 8/K$ 200-2.1(Kℓ/b-8): 8/K< $\ell/b \le 27$	250 : $\ell/b \le 10/K$ 250-3.1(Kℓ/b-1): 10/K< $\ell/b \le 25$
	75초과 100이하	130-1.1(Kℓ/b-10): 10/K < $\ell/b \le 30$	175-1.75(Kℓ/b-8): 8/K < $\ell/b \le 30$	195 : $\ell/b \le 8/K$ 195-2.0(Kℓ/b-8): 8/K< $\ell/b \le 27$	245 : $\ell/b \le 10/K$ 245-3(Kℓ/b-10): 10/K< $\ell/b \le 25$
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적(㎟) A_c : 압축플랜지의 총 단면적(㎟) ℓ : 압축플랜지의 고정점간의 거리(㎜) b : 압축플랜지의 폭(㎜)		K : $\sqrt{3+\frac{A_w}{2A_c}}$	

• 허용전단응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	80	110	120	150
40초과 75이하	75	100	115	145
75초과 100이하			110	140

• 항복응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	240	320	360	460
40초과 75이하	220	300	340	440
75초과 100이하			330	430

• 강재 주거더의 허용응력 증가율

하중의 조합			증가율(%)	
			정의 휨모멘트를 받는 부분	부의 휨모멘트를 받는 부분
1	크리프의 영향과 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중+바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15
4	가설시 하중	압축연	25	25
		인장연	25	25

3.5.3 구조해석

가. 바닥판 검토

1) 개요

옥산JCT Ramp-C교의 바닥판은 설계당시 도로교설계기준 등의 적용기준에 따라 캔틸레버부는 강도설계법으로 설계하고, 중앙부는 경험적 설계방법으로 설계된 것으로 확인되었다.

2) 경험적 설계법에 의한 바닥판 슬래브 계산

㉠ 설계조건

- 지지부재 : 강재 주거더
- 주거더 플랜지부의 헌치와 같이 국부적으로 두껍게 한 곳을 제외한 상태에서 전체적으로 바닥판의 두께가 일정함
- 바닥판 두께에 대한 유효지간의 비가 6이상 15이하
- 바닥판의 상부와 하부에 배근된 철근의 외측면 사이의 두께가 150㎜ 이상
- 유효지간이 표준차선폭 3.6m이하
- 바닥판의 흠집, 마모면, 그리고 보호덮개층을 제외한 바닥판의 최소두께가 240㎜
- 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 5배 이상이거나, 캔틸레버부의 길이가 내측바닥판 두께의 3배 이상이고 구조적으로 연속적인 콘크리트 방호책과 합성이 된 경우
- 콘크리트의 28일 압축강도는 27㎫이상
- 철근 콘크리트 바닥판은 바닥판을 지지하는 구조부재들과 완전합성거동

㉡ 철근배근량

- 지간방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.4% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상
- 지간방향에 직각방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

㉢ 사용철근량

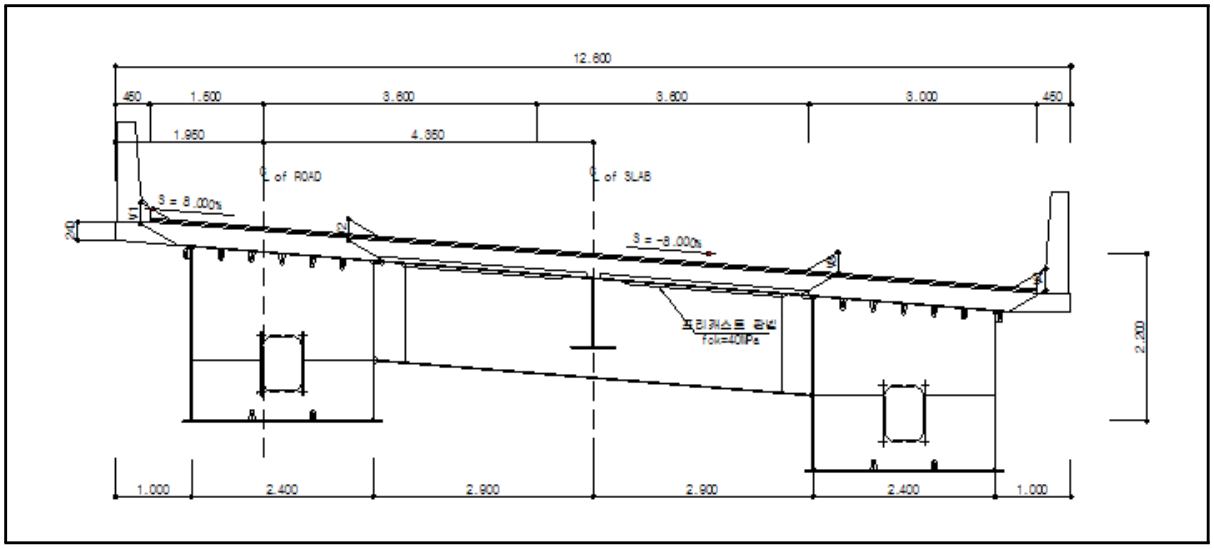
구 분			산 정 식	검 토
주철근	하면철근	필요철근량	264,000㎜ × 0.4% = 1,056.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		프리캐스트	H13@120 = 1,055.8㎟	
	상면철근	필요철근량	264,000㎜ × 0.3% = 792.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
배력 철근	하면철근	필요철근량	264,000㎜ × 0.3% = 792.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
	상면철근	필요철근량	264,000㎜ × 0.3% = 792.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
• 바닥판 슬래브 단면적 = 1,000㎜ × 264㎜ = 264,000㎟				

3) 바닥판 슬래브 검토결과

옥산JCT Ramp-A교의 바닥판슬래브는 경험적 설계방법으로 설계 시공된 상태로, 현장조사 및 관련자료를 검토한 결과 철근배근간격 및 철근량이 적정하게 시공된 것으로 조사되었다.

나. 거더 검토

1) 해석단면



【그림 2.3.8】 해석단면

2) 하중산정

① 합성전 고정하중

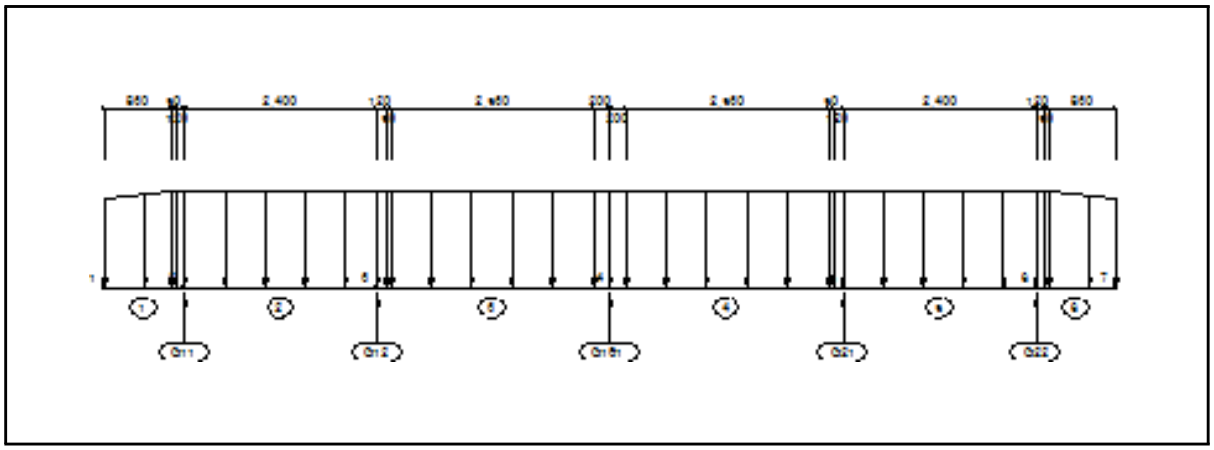
- 강재 자중 : 프로그램 내에서 자동 고려

- 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재 자중을 34.000% 할증 적용

- 총 강재중량 / 모델링 강재중량 = 6133.309kN / 4577.096kN = 1.34000

- 바닥판 자중

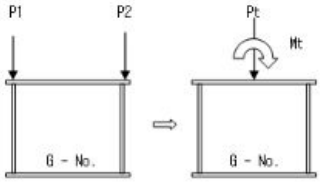
- 횡방향 하중분배(STA. 0k+420.700)



【그림 2.3.9】 바닥판 자중 횡방향 하중분배

하 중 명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		비 고
		위치(m)	하중(kN/m²)	위치(m)	하중(kN/m²)	
W1	1	0.000	-11.000	0.830	-12.000	분포하중
W2	1	0.830	-12.000	0.880	-12.000	분포하중
W3	1	0.880	-12.000	1.000	-12.000	분포하중
W4	2	0.000	-12.000	2.400	-12.000	분포하중
W5	3	0.000	-12.000	0.120	-12.000	분포하중
W6	3	0.120	-12.000	0.170	-12.000	분포하중
W7	3	0.170	-12.000	2.700	-12.000	분포하중
W8	3	2.700	-12.000	2.900	-12.000	분포하중
W9	4	0.000	-12.000	0.200	-12.000	분포하중
W10	4	0.200	-12.000	2.730	-12.000	분포하중
W11	4	2.730	-12.000	2.780	-12.000	분포하중
W12	4	2.780	-12.000	2.900	-12.000	분포하중
W13	5	0.000	-12.000	2.400	-12.000	분포하중
W14	6	0.000	-12.000	0.120	-12.000	분포하중
W15	6	0.120	-12.000	0.170	-12.000	분포하중
W16	6	0.170	-12.000	1.000	-11.000	분포하중

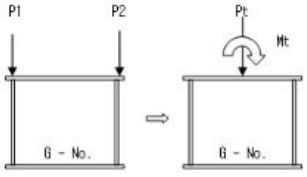
• 거더별 작용하중(Sta. 0+420.70)

구 분	거더폭 (m)	바닥판 자중				기호 정의
		P1 (kN/m)	P2 (kN/m)	Pt (kN/m)	Mt (kN · m)	
G1	2.400	25.426	31.654	57.080	7.474	
G2	2.400	31.654	25.426	57.080	-7.474	
ST1		36.209		36.209		

【그림 2.3.10】 합성전 고정하중(바닥판 자중) 재하도

② 합성후 고정하중

• 거더별 작용하중(Sta. 0+420.70)

구 분	거더폭 (m)	바닥판 자중				기호 정의
		P1 (kN/m)	P2 (kN/m)	Pt (kN/m)	Mt (kN · m)	
G1	2.400	17.281	-2.455	14.826	-23.683	
G2	2.400	-2.455	17.281	14.826	23.683	
ST1	2.400	5.773		5.773		

③ 활하중

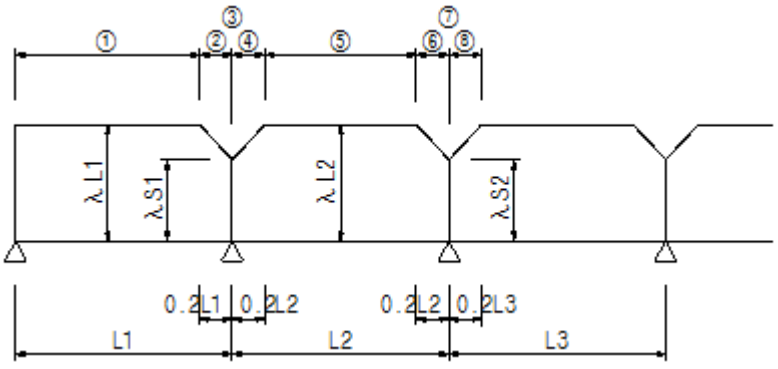
<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="4">활 하 중</th></tr>
<tr><td>• 교 폭</td><td colspan="4">• 12.600m</td></tr>
<tr><td>• 지간장(L)</td><td colspan="4">• 50.150m+70.000m+50.150m</td></tr>
<tr><td>• 연석간 교폭(W_c)</td><td colspan="4">• 11.700m</td></tr>
<tr><td>• 설계 차로수(N)</td><td colspan="4">• 9.1 ≤ W_c < 12.8 m ∴ 3차로 재하</td></tr>
<tr><td>• 설계 차로폭(W)</td><td colspan="4">• 11.700m / 3 = 3.900m > 3.600m 이므로, ∴ W = 3.600m
→ 설계차로폭 W=3.0m</td></tr>
<tr><td rowspan="5">• 충격계수(i)</td><td colspan="4">• 제1지간 15 / (40+49.450) = 0.168 < 0.3 ∴ i = 0.168 적용</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 제2지간 15 / (40+70.000) = 0.136 < 0.3 ∴ i = 0.136 적용</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 제3지간 15 / (40+49.450) = 0.168 < 0.3 ∴ i = 0.168 적용</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 제1 내부지점
15 / {40+(49.450+70.000)/2} = 0.150 < 0.3 ∴ i = 0.150 적용</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 제2 내부지점
15 / {40+(70.000+49.450)/2} = 0.150 < 0.3 ∴ i = 0.150 적용</td></tr>
<tr><td rowspan="4">• 활하중 크기</td><td colspan="2">표준차로하중(DL-24)</td><td colspan="2">표준트럭하중(DB-24)</td></tr>
<tr><td>P_m</td><td>36.0kN</td><td>P_f</td><td>24 kN</td></tr>
<tr><td>P_s</td><td>52.0kN</td><td>P_r</td><td>96 kN</td></tr>
<tr><td>W_ℓ</td><td>4.23kN/m</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>• 재하방법</td><td colspan="4">• 해석프로그램의 이동하중해석 기능을 사용
• DB-24, DL-24
• DB-24, DL-24하중에 대하여 독립적으로 1~3개 차로에 경간별로 가장 불리한 부재력이 산출되도록 재하
• 각 CASE별 하중재하도 및 각 거더별 작용하중은 부록 참조.</td></tr>
</table>

3) 플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

전단지연(Shear Lag) 현상의 영향으로 인한 플랜지 및 바닥판의 유효폭은 다음과 같으며, 단면응력 검토 시 적용하였다.(상세한 계산과정은 부록 참조)

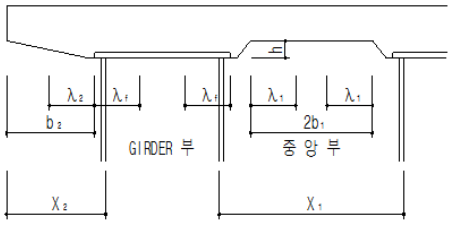
① 플랜지 유효폭

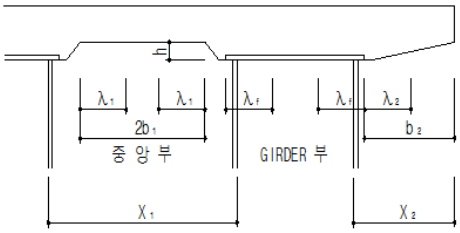
【표 2.3.12】 플랜지의 유효폭 산정

구 분	플랜지(m)		비 고
	상부	하부	
제1지간 중앙부	2.640	2.640	 상부 : 복부간격 2b = 2.400m , 플랜지돌출폭 be = 0.120m 하부 : 복부간격 2b = 2.40m , 플랜지돌출폭 be = 0.120m L1 = 49.450m, L2 = 70.000m, L3 = 49.450m
제1중간 지점부	2.425	2.425	
제2지간 중앙부	2.640	2.640	
제2중간 지점부	2.425	2.425	
제3지간 중앙부	2.640	2.640	

② 바닥판 유효폭

【표 2.3.13】 바닥판의 유효폭 산정

구 분	바닥판(m)
	G1
개 요	 X_1=5.800m, X_2=1.000m, h=0.000m, b_e=0.120m
제1지간 중앙부	6.187
제1중간 지점부	5.341
제2지간 중앙부	6.210
제2중간 지점부	5.341
제3지간 중앙부	6.187

구 분	바닥판(m)
	G2
개 요	 X_1=5.800m, X_2=1.000m, h=0.000m, b_e=0.120m
제1지간 중앙부	6.187
제1중간 지점부	5.341
제2지간 중앙부	6.210
제2중간 지점부	5.341
제3지간 중앙부	6.187

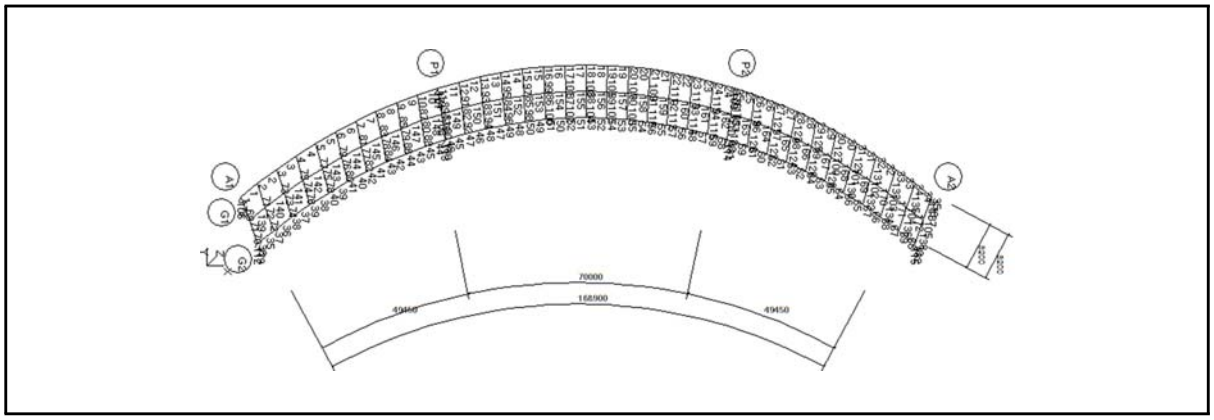
4) 모델링 및 단면 제정수

① 모델링

본 교량의 구조해석은 시공단계를 고려하기 위해 구조해석 모델을 합성전과 합성후로 구분하여 실시하였다. 합성전 모델링시 강박스 거더와 세로보 및 가로보는 보요소(Frame Element)를 사용한 격자형태로 모델링하였으며, 강재(강박스 거더, 세로보 및 가로보) 및 바닥판의 자중을 하중으로 고려하였다.

합성후 모델링은 바닥판 상부에 작용하는 하중을 실제 교량의 하중조건과 비교적 정확히 모사하기 위해 강박스 거더와 세로보 및 가로보는 보요소(Frame Element)로, 바닥판은 판요소(Plate Element)를 사용하여 3차원으로 모델링하였으며, 바닥판과 강재(강박스 거더, 세로보 및 가로보)의 도심 사이를 강체요소(Rigid Element)로 연결하였다. 또한, 시공단계별로 대상교량의 실제 강성과 최대한 근접할 수 있도록 모델링하였으며, 기타 세부내용은 다음과 같다.

- 합성전 모델링 시 바닥판 콘크리트는 단면의 강성에 기여하는 바 없이 고정하중만을 추가시키는 역할만을 함으로 바닥판에 의한 횡분배 효과는 고려하지 않는 것으로 하였다. 활하중은 해석프로그램 내의 이동하중해석 기능을 사용하였으며 도로교 설계기준을 참조하여 가장 불리한 하중조합이 되도록 설정하였다.
- 경계조건은 현장조사 시 확인된 각 지점의 가동, 고정 상태를 고려하여 설정하였다.



【그림 2.3.11】 해석모델링(상부구조)

5) 구조해석 결과

① 단면력 산정결과

판요소와 보요소를 합성시킨 합성후 모델(합성후 고정하중, 활하중 등)에서 산출된 휨모멘트는 해당 휨모멘트 발생시 동시에 발생되는 축력(우력모멘트)을 고려한 값이며, 아래 표와 같다.

㉠ 중앙부 정모멘트부

【표 2.3.14】 중앙부 정모멘트부 단면력 산정결과

구 분		합 성 전 고정하중	합 성 후 고정하중	활하중 (충격포함)	합 계
G1	휨모멘트(kN · m)	10119.974	3099.234	8235.218	2145.43
	전단력(kN)	-28.986	-6.969	-431.606	-467.561
	비틀림모멘트(kN · m)	131.115	-7.449	719.343	843.009

㉡ 지점부 부모멘트부

【표 2.3.15】 지점부 부모멘트부 단면력 산정결과

구 분		합 성 전 고정하중	합 성 후 고정하중	활하중 (충격포함)	합 계
G1	휨모멘트(kN · m)	-15309.134	-4691.668	-9938.089	-29938.9
	전단력(kN)	-1384.928	-442.087	-944.876	-2771.89
	비틀림모멘트(kN · m)	-251.776	-353.760	-1087.760	-1693.3

6) 강박스 거더의 응력 검토

강박스 거더에 대한 응력검토는 내·외측경간 최대 정모멘트부 및 지점부 최대 부모멘트부 단면에 대하여 실시하였으며, 이에 대한 상세 검토결과는 부록에 첨부하였다.

하중종류1	합성전 고정하중	하중종류5	크리프
하중종류2	합성후 고정하중	하중종류6	건조수축
하중종류3	활하중	하중종류7	온도차

① 중앙부 정모멘트부

㉠ G1(단면-9)

• 휨응력

【표 2.3.16】 외측경간 정모멘트부 휨응력 검토결과

하중조합	휨 응 력								안전율	
	작용응력(MPa)				허용응력(MPa)					
	Concrete		Steel		Concrete		Steel			
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			96.307	-87.851			166.433	215.000	1.728	2.447
1+2+3	3.429	1.928	112.243	-167.481	10.800	10.800	215.000	215.000	1.915	1.284
1+2+3+5	2.773	1.696	116.967	-161.017	10.800	10.800	247.250	215.000	2.114	1.335
1+2+3+5+6	1.134	0.094	133.833	-137.013	10.800	10.800	247.250	215.000	1.847	1.569
1+2+3+5+6+7	-0.576	-1.548	148.213	-118.331	2.174	2.174	279.500	247.250	1.886	2.089
1+2+3+5+6-7	2.845	1.737	119.452	-155.694	12.420	12.420	279.500	247.250	2.340	1.588

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

• 전단 및 비틀림

$$\nu = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + M_{st}/(2\,F\,t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2\,F_v\,t_w)$$

$$= 15.505\,\mathrm{MPa} \quad < \quad \nu_a = 125.000\,\mathrm{MPa} \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

• 합성응력의 검토

- 상연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{96.307}{166.433}\right)^2 + \left(\frac{15.505}{125.000}\right)^2 = 0.335 + 0.015 = 0.350 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

- 하연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{-167.481}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{15.505}{125.000}\right)^2 = 0.607 + 0.015 = 0.622 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

② 지점부 부모멘트부

㉠ G-1 (단면-8)

• 휨응력

【표 2.3.17】 지점부 부모멘트부 휨응력 검토결과

하중조합	휨 응 력							안전율	
	작용응력(MPa)				허용응력(MPa)				
	RE-BAR		Steel		RE-BAR	Steel			
	상 연	하 연	상 연	하 연		상 연	하 연	상 연	하 연
1			-103.648	89.993		215.000	215.000	2.074	2.389
1+2+3	-72.223	-62.237	-164.665	169.444	160.000	215.000	215.000	1.306	1.269
1+2+3+5	-80.384	-70.478	-172.915	160.068	160.000	215.000	215.000	1.243	1.343
1+2+3+5+6	-63.607	-53.511	-155.926	179.727	160.000	215.000	215.000	1.379	1.196
1+2+3+5+6+7	-65.175	-54.918	-132.712	205.210	184.000	247.250	247.250	1.863	1.205
1+2+3+5+6-7	-62.039	-52.105	-179.139	154.244	184.000	247.250	247.250	1.380	1.603

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

• 전단 및 비틀림

$$\nu = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + M_{st}/(2\,F\,t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2\,F_v\,t_w)$$

$$= 58.432\,\mathrm{MPa} \quad < \quad \nu_a = 125.000\,\mathrm{MPa} \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

• 합성응력의 검토

- 상연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{-172.915}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{58.432}{125.000}\right)^2 = 0.647 + 0.219 = 0.865 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

- 하연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{179.727}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{58.432}{125.000}\right)^2 = 0.699 + 0.219 = 0.917 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

7) 강박스 거더의 안전성 검토결과

① 휨응력

【표 2.3.18】 강박스 거더의 휨응력 검토결과

구 분		휨 응 력				안전율		검토결과
		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)				
		상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	
G1	중앙부 정모멘트부	96.307	-87.851	166.433	215.000	1.728	1.284	O.K
	지점부 부모멘트부	-172.915	179.727	215.000	215.000	1.243	1.196	O.K

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

② 전단응력

【표 2.3.19】 강박스 거더의 전단응력 검토결과

구 분		전 단 응 력		안전율	검토결과
		작용응력(MPa)	허용응력(MPa)		
G1	중앙부 정모멘트부	15.505	125.000	8.062	O.K
	지점부 부모멘트부	58.432	125.000	2.139	O.K

허용응력법에 의한 강박스 거더의 응력 검토결과, 거더 상·하연에 발생되는 최대응력은 허용응력 이내로 검토되었으며, 강박스 거더는 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

다. 안전성평가 결과

1) 바닥판

바닥판 슬래브는 경험적 설계방법으로 설계 시공된 상태로 현장조사 및 관련자료를 검토한 결과, 철근배근간격 및 철근량이 적정하게 시공된 것으로 조사되었다.

2) 거더

허용응력설계법 및 강도설계법에 의한 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 "A"로 검토되었다.

【표 2.3.20】 거더의 안전성 평가 결과

구 분		계산식	판정	비고
강박스 거더	휨응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{215.000}{179.727} = 1.196$	O.K	MPa
	전단응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{125.000}{58.432} = 2.139$	O.K	MPa
	합성응력	$\left(\frac{179.727}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{58.432}{125.000}\right)^2 = 0.917 < 1.2$	O.K	

3.5.4 내하력 평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

가. 개요

1) 강도설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서, ϕM_n = 설계휨강도 M_d = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$ = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d = 고정하중 계수 (1.30) γ_ℓ = 활하중 계수 (2.15)

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수 P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24)

2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서, f_ℓ = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

f_a = 재료의 허용응력 f_d = 고정하중 응력

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수

P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

나. 기본내하율 산정

【표 2.3.21】 강박스 거더 기본내하율(허용응력법) 산정결과

구 분		정모멘트부				부모멘트부(내측경간)				비 고
		허용 응력	고정하중 응력	활하중 응력	내하율 (R.F)	허용 응력	고정하중 응력	활하중 응력	내하율 (R.F)	
G1	상연	166.433	100.774	11.578	5.671	215.000	124.499	41.449	2.183	
	하연	215.000	110.172	57.856	1.812	215.000	117.144	53.971	1.813	

다. 내하력평가 결과

【표 2.3.22】 강박스 거더의 공용내하력(허용응력법) 산정결과

구 분		기본내하율 (R.F)	응답보정계수 (K_s)	공용내하율 (K_s×RF)	공용내하력
외측거더(G1)	상연	2.183	1.515	3.307	DB-24 이상
	하연	1.812	1.510	2.736	DB-24 이상
결 과 분석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨.			

3.6 종합평가 및 안전등급

3.6.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

옥산JCT Ramp-D교의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.3.23】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

3.6.2 안전등급 지정

옥산JCT Ramp-D교에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.3.24】 옥산JCT Ramp-D교 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	옥산JCT Ramp-D교	A등급(우수)

3.7 종합결론

옥산JCT Ramp-D교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

4. 병천천교

제1장 병천천교(옥산방향)
1.1 시설물의 개요
1.2 현장조사 및 시험
1.3 상태평가
1.4 종합평가 및 안전등급
1.5 종합결론

제2장 병천천교(오창방향)
2.1 시설물의 개요
2.2 현장조사 및 시험
2.3 상태평가
2.4 종합평가 및 안전등급
2.5 종합결론

제3장 안전성평가
3.1 교량 재하시험
3.2 안전성평가 및 내하력평가
3.3 종합평가 및 안전등급
3.4 종합결론

제1장 병천천교(옥산방향)

1.1 시설물의 개요

1.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 병천천교(옥산방향)에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

【표 2.4.1】 과업대상 시설물의 개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		병천천교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 3@50 + 2@40 = 230.0m			
	폭	B = 17.970m(옥산방향)			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	복합말뚝기초(A1) 직접기초(A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	PHC말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		Finger Joint
교차시설물		제방도로, 하천(병천천)	통과높이		-
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

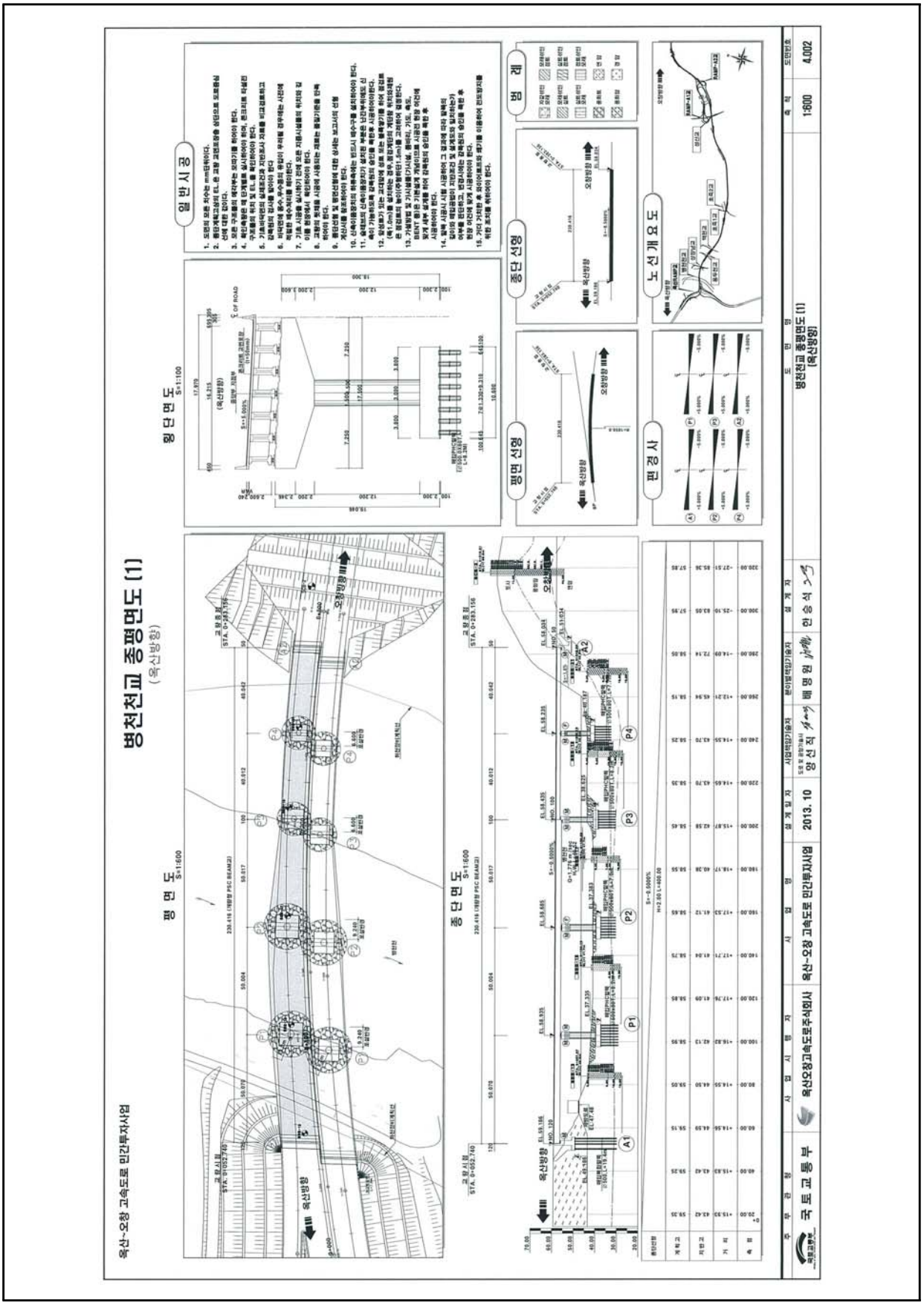


상면전경

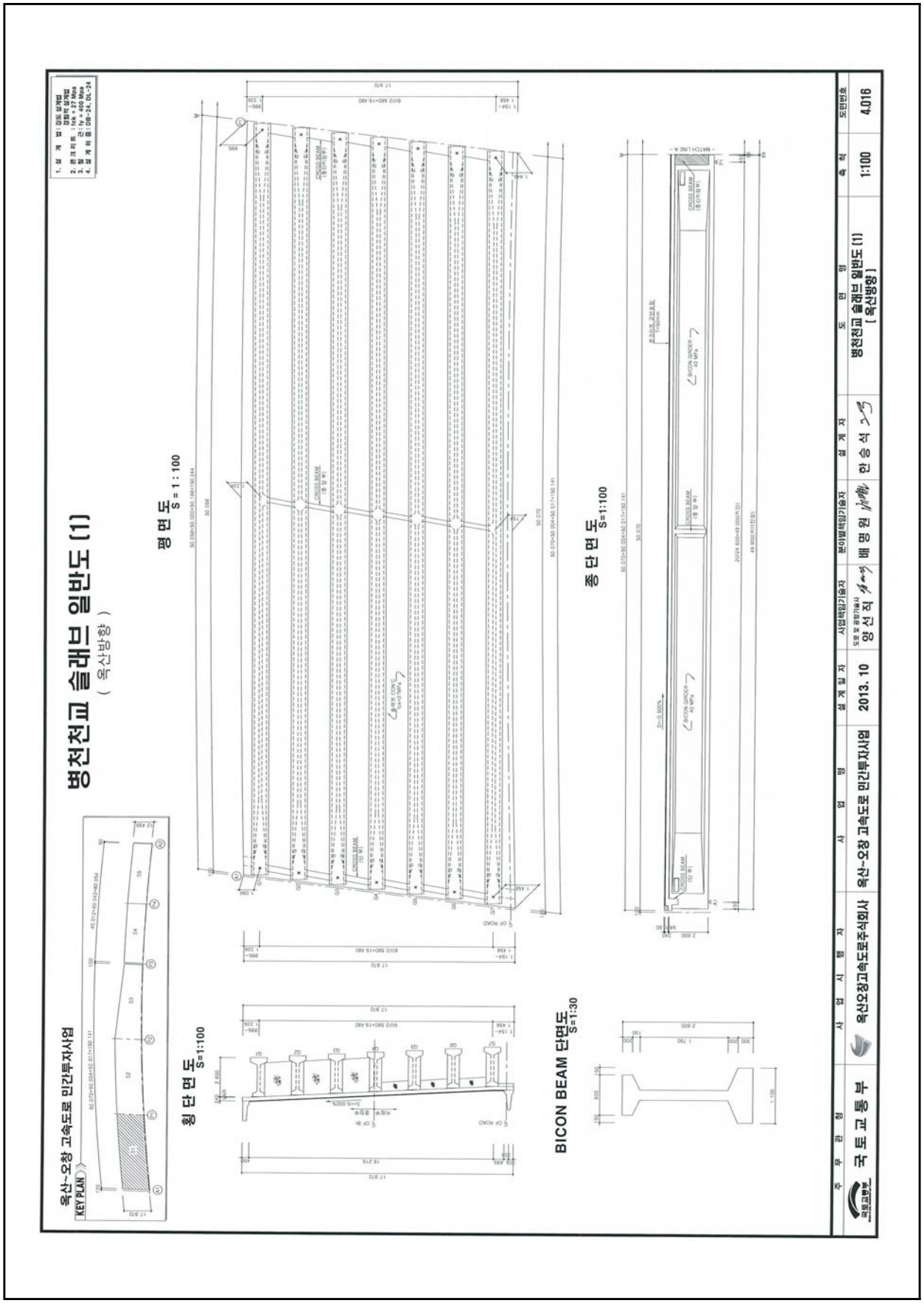


하부전경

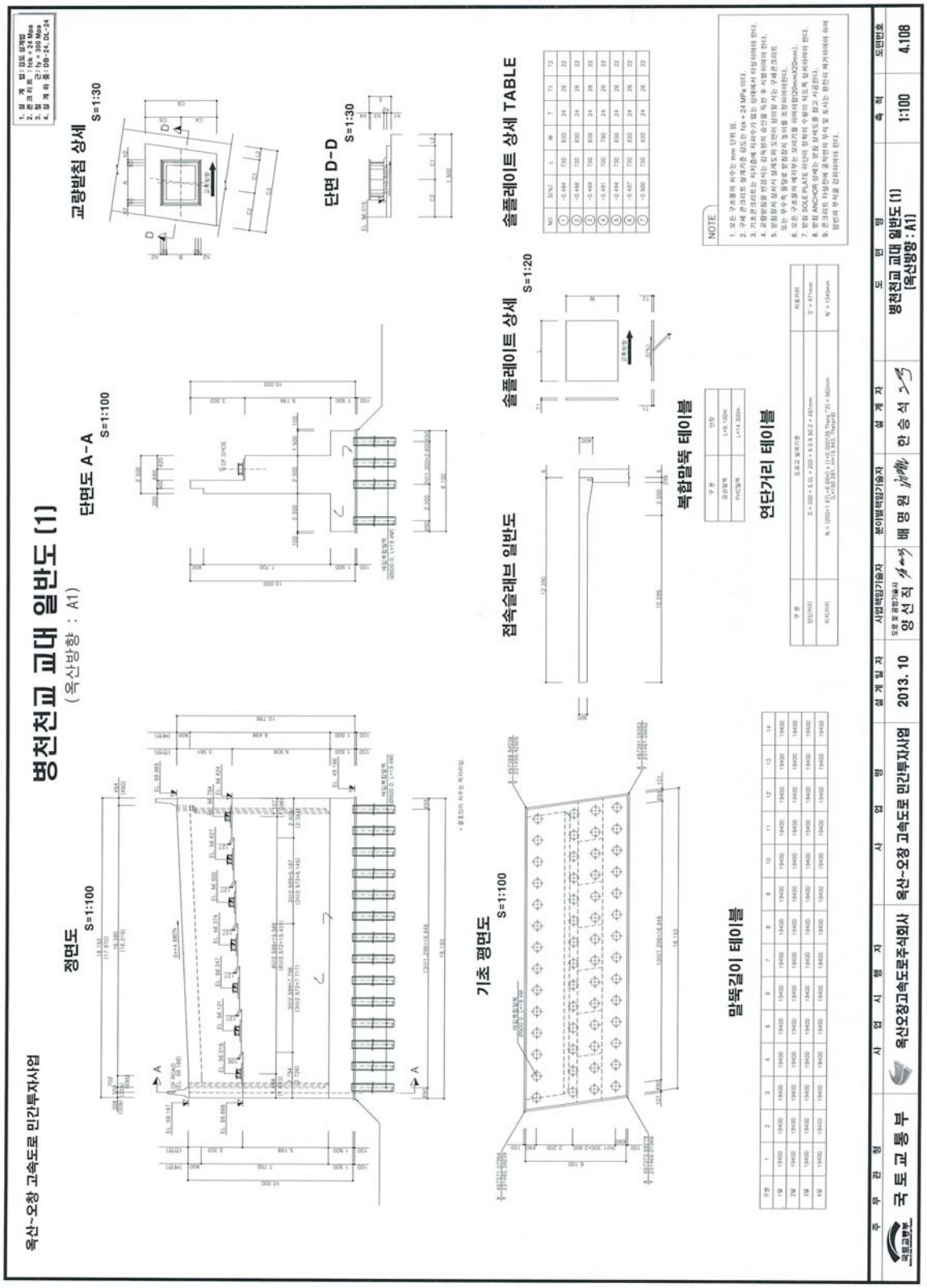
1.1.2 관련도면



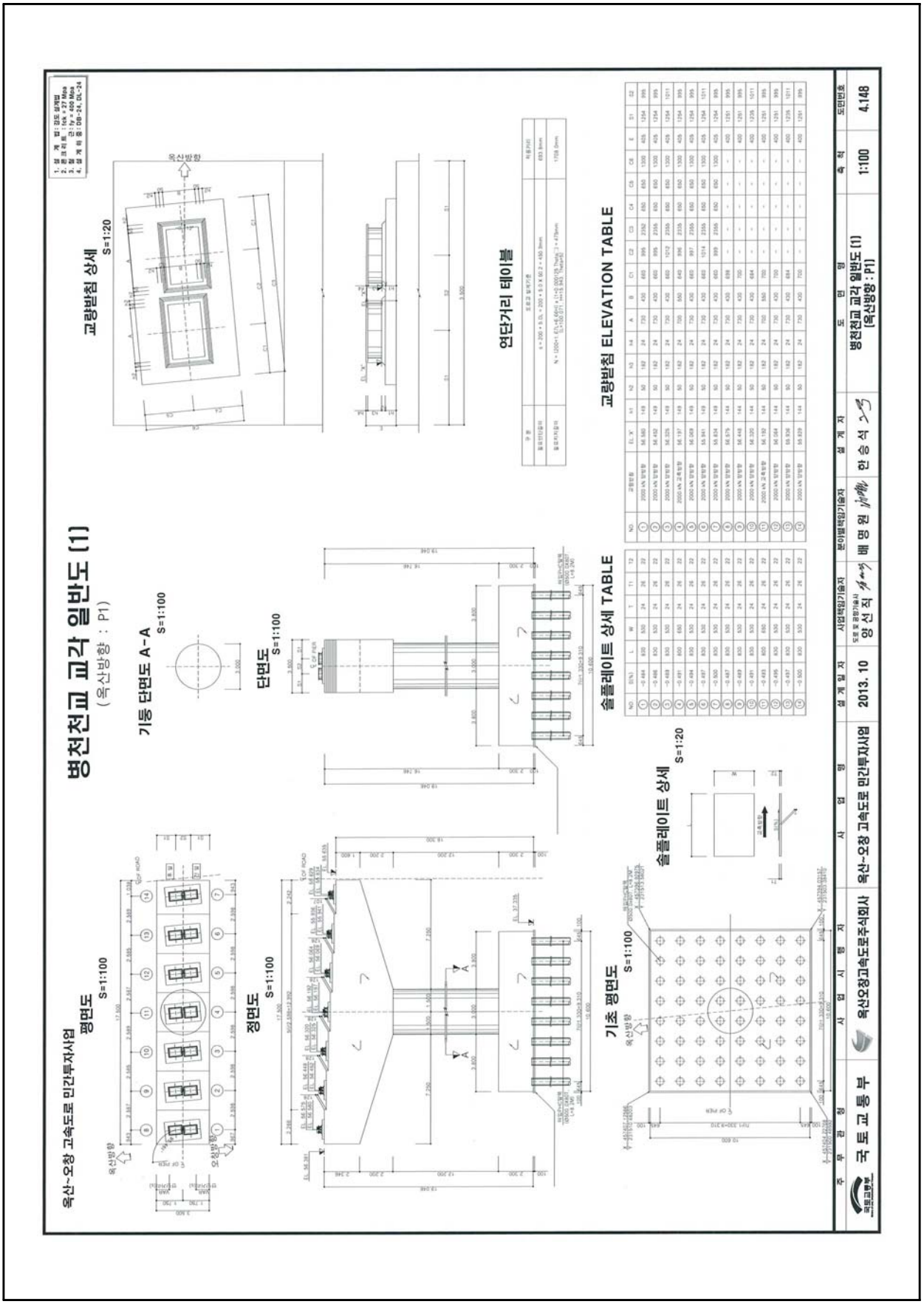
【그림 2.4.1】 종평면도(옥산방향)



【그림 2.4.2】 슬래브 일반도(옥산방향)



【그림 2.4.3】 교대(A1) 일반도(옥산방향)



【그림 2.4.4】 교각(P1) 일반도(옥산방향)

1.2 현장조사 및 시험

1.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 병천천교(옥산방향)에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교면포장 상태양호(옥산방향)



교면포장 상태양호(옥산방향)

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



배수구 상태양호(옥산방향)



배수관 설치상태 양호(옥산방향)

다. 난간 및 연석

본 교량의 외측 방호벽 및 중앙분리대는 콘크리트 구조로 시공되어있다. 외관조사 결과 콘크리트의 균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



방호벽 상태양호(옥산방향)



중앙분리대 상태양호(옥산방향)

라. 신축이음

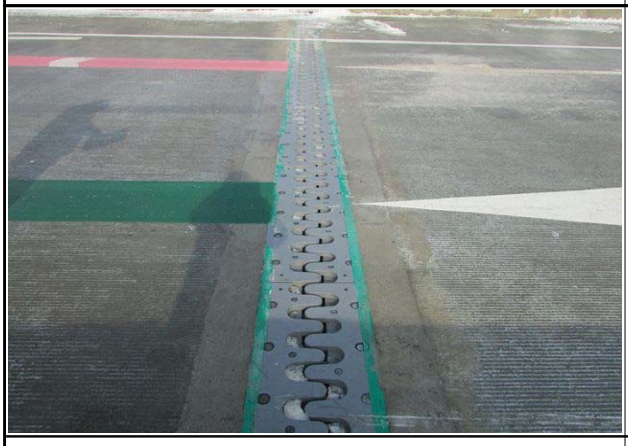
본 교량의 신축이음장치는 총 3개소(A1, P3, A2)에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동상태도 양호한 것으로 나타났다.



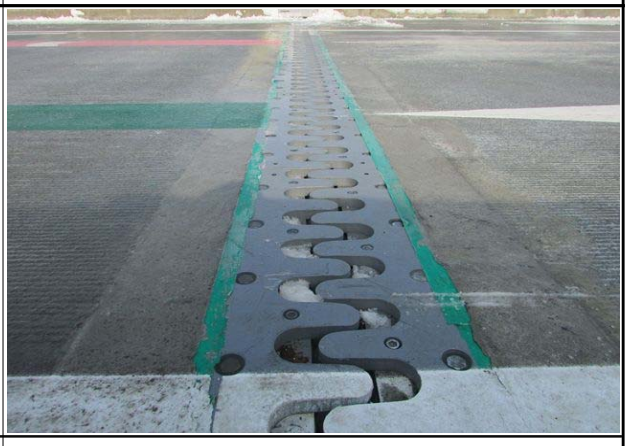
신축이음 상태양호(A1, 옥산방향)



신축이음 상태양호(A2, 옥산방향)



신축이음 상태양호(P3, 옥산방향)

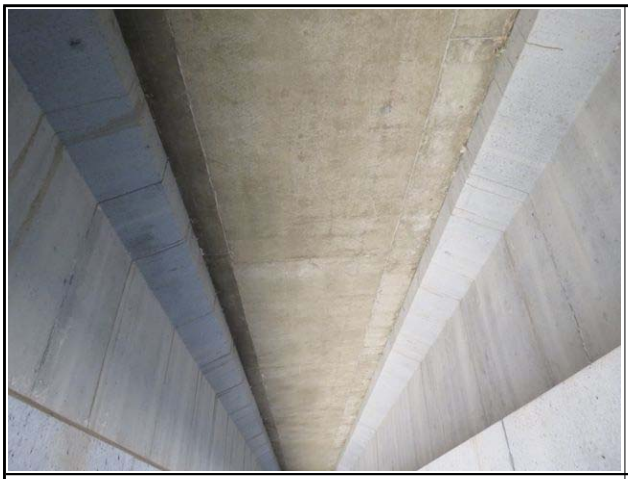


신축이음 상태양호(P3, 옥산방향)

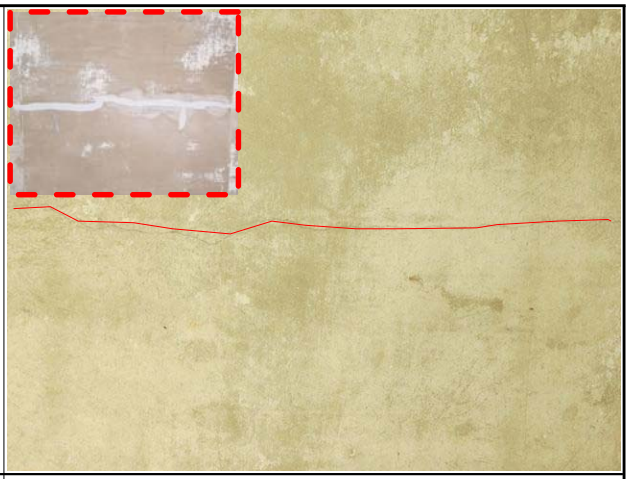
마. 바닥판 하면

바닥판 철근콘크리트 구조로 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과, 균열(폭0.3mm 미만)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
바닥판(옥산방향)	균열(0.3㎜미만)	3.9m/3ea	보수완료



바닥판 하면 전경(옥산방향)



바닥판 하면 균열(폭 0.3mm미만)(보수완료)

바. 거더

본 교량의 거더는 Bicon Girder형식이며, 거더 균열, 박리, 박락, 파손 등에 대한 외관조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



거더 상태양호(옥산방향)



거더 상태양호(옥산방향)

사. 가로보

본 교량의 가로보는 철근콘크리트로 시공되어 있다. 가로보에 대한 점검결과, 콘크리트의 균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



가로보 상태양호(옥산방향)



가로보 및 거더 상태양호(옥산방향)

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

본 교량의 받침장치는 탄성받침 형식으로 총 70개소(7개소/교대 1EA당, 14개소/교각 1EA당)가 설치되어 있으며, P2 및 P4에 고정단이 설치되어 있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받침 본체 및 받침콘크리트에 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교량받침 상태 양호(옥산방향)

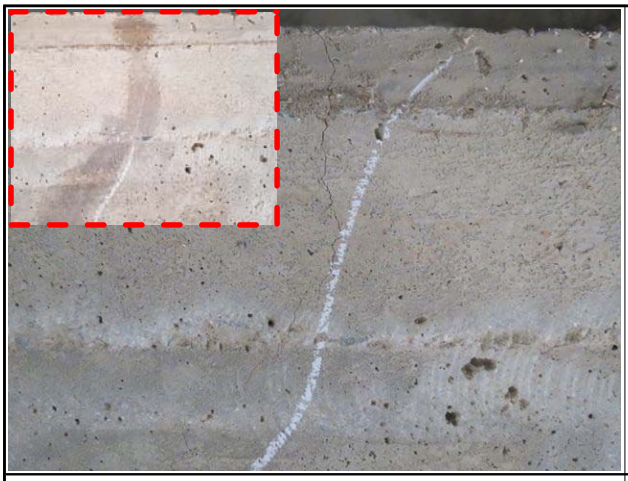


교량받침 상태 양호(옥산방향)

자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 교대 점검결과, 균열(폭 0.3mm미만 및 이상)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교대 (옥산방향)	균열(폭 0.3mm미만)	3.7m/4ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	2.5㎡/1ea	보수완료



교대 A1(옥산방향) 균열(폭 0.3mm미만)(보수완료)

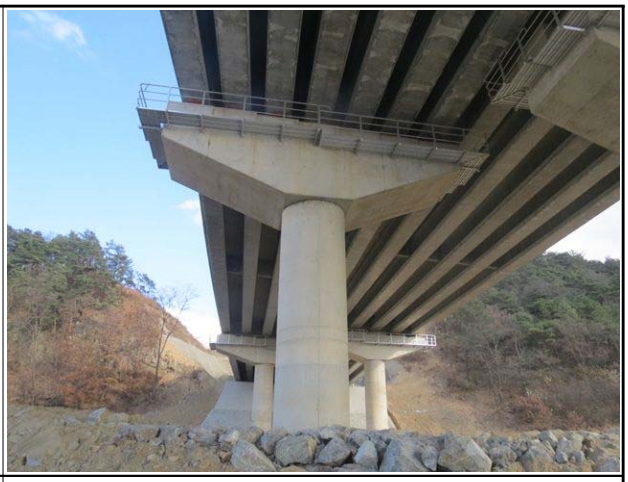


교대 A2 상태양호(옥산방향)

차. 교각

교각은 T형으로 시공되어 있다. 교각 점검결과, 균열(폭 0.3mm미만), 망상균열 등의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

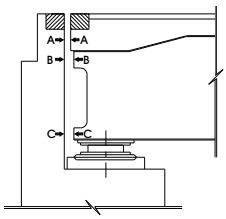
구 분	손상상태	손상물량	비 고
교각 (옥산방향)	균열(폭 0.3mm미만)	86.1m/67ea	보수완료
	망상균열	15.0㎡/3ea	보수완료

	
교각 P1(옥산방향) 전경	교각 P3(옥산방향) 전경
	
교각 P2(옥산방향) 균열(폭 0.3mm미만)(보수완료)	교각 P4(옥산방향) 균열(폭 0.3mm미만)(보수완료)

1.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

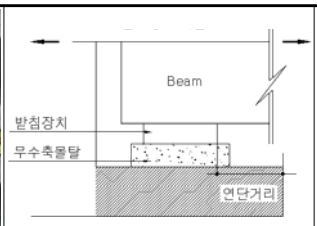
부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법



유간거리 측정전경



연단거리 측정방법



연단거리 측정전경

【그림 2.4.5】부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.4.2】온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 11일		
온도변화 범위	-15℃～+35℃(한냉지방)	선팽창 계수(α)	1.0×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (콘크리트교=1/300)		
주형높이(h)	2,600m		
지간장(L)	50.0m(S1, S2, S3), 40.0m(S4, S5)		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 한냉한지방, 콘크리트교 : -15℃～+35℃ 적용

※ 유간 측정일 기온이 온도변화 범위(보통지방)를 초과하여 한냉한지방의 온도범위로 적용함.

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 35℃-(-9.3℃)=44.3℃(신장), -9.3℃-(-15℃)=5.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=50.0m, 40.0m)

{[A1지점] = 100.0m, [P3지점] = 90.0m, [A2지점] = 40.0m}

▷ A1지점 = (44.3mm - 신장 / 5.7mm - 수축)

▷ P3지점 = (39.87mm - 신장 / 5.13mm - 수축)

▷ A2지점 = (17.72mm - 신장 / 2.28mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 (Δℓt)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.4.3】 유간거리 검토결과(옥산방향)

위치		계산 신축량 (mm)			병천천교		
					측정유간 (mm)	판정	
		Δℓt	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A1	신장	44.3	5.0	49.3	77.0	OK	OK
	수축	5.7	5.0	10.7	43.0	OK	OK
P3	신장	39.87	5.0	44.87	80.0	OK	OK
	수축	5.13	5.0	10.13	20.0	OK	OK
A2	신장	17.72	5.0	22.72	42.0	OK	OK
	수축	2.28	5.0	7.28	8.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A1=120㎜, P3=100㎜, A2=50㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이
  * 50.0m : S = 200 + (5 × 50.0) = 450.0(㎜)
  * 40.0m : S = 200 + (5 × 40.0) = 400.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 450㎜~1,050㎜로 도로교 설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 400㎜~450㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.4.4】 연단거리 측정결과(옥산방향)

구 분			실측거리(mm)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(mm)	평 가
병천천교 (옥산방향)	A1		450~490	50	450	O.K
	P1	A1측	880~950	50	450	O.K
		A2측	900~980	50	450	O.K
	P2	A1측	880~970	50	450	O.K
		A2측	950~1050	50	450	O.K
	P3	A1측	680~700	50	450	O.K
		A2측	680~700	40	400	O.K
	P4	A1측	470~500	40	400	O.K
		A2측	460~500	40	400	O.K
	A2		510~520	40	400	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.4.5】 교량받침 이동량 측정결과(옥산방향)

측정당시 온도		3.3℃ (2017년 11월 20일)				교량받침 종류		탄성받침	
구분		가동단 변위량(mm)							허용이동량 (mm)
		SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	
A1		↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	±180
P1	A1측	↓ 3.0	↓ 3.0	↓ 3.0	↓ 3.0	↓ 3.0	↓ 3.0	↓ 3.0	±108
	A2측	↓ 3.0	↓ 3.0	↓ 3.0	↓ 3.0	↓ 3.0	↓ 3.0	↓ 3.0	±108
P2		Fix							-
P3	A1측	↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	±180
	A2측	↓ 30.0	↓ 30.0	↓ 30.0	↓ 30.0	-			±108
P4		Fix							-
A2		↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	-			±108

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.3℃(2017년 11월 20일)

2) 온도변화 : -5℃~35℃(콘크리트교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 35℃-(3.3℃)=31.7℃(신장), 3.3℃-(-5℃)=8.3℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=100.0m, 50.0m, 40.0m)

위 치	신축길이(m)	이론신축량		비 고
		신장량(mm)	수축량(mm)	
A1	100.0	31.70	8.30	옥산방향
P1, P3(A1측)	50.0	15.83	4.15	
P3(A2측), A2	40.0	12.68	3.32	

【표 2.4.6】 교량 받침 이동량 검토(옥산방향)

구 분		신축장 (mm)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판정
			신장	수축	신장	수축	
A1		100,000	31.70	8.30	175	185	O.K
P1	A1측	50,000	15.85	4.15	111	105	O.K
	A2측	50,000	15.85	4.15	111	105	O.K
P3	A1측	50,000	15.85	4.15	195	165	O.K
	A2측	40,000	12.68	3.32	138	78	O.K
A2		40,000	12.68	3.32	123	93	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▸검토결과 : 온도 3.3℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.

1.2.3 내구성조사

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대, 교각의 총 6개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.4.7】 반발경도시험 결과

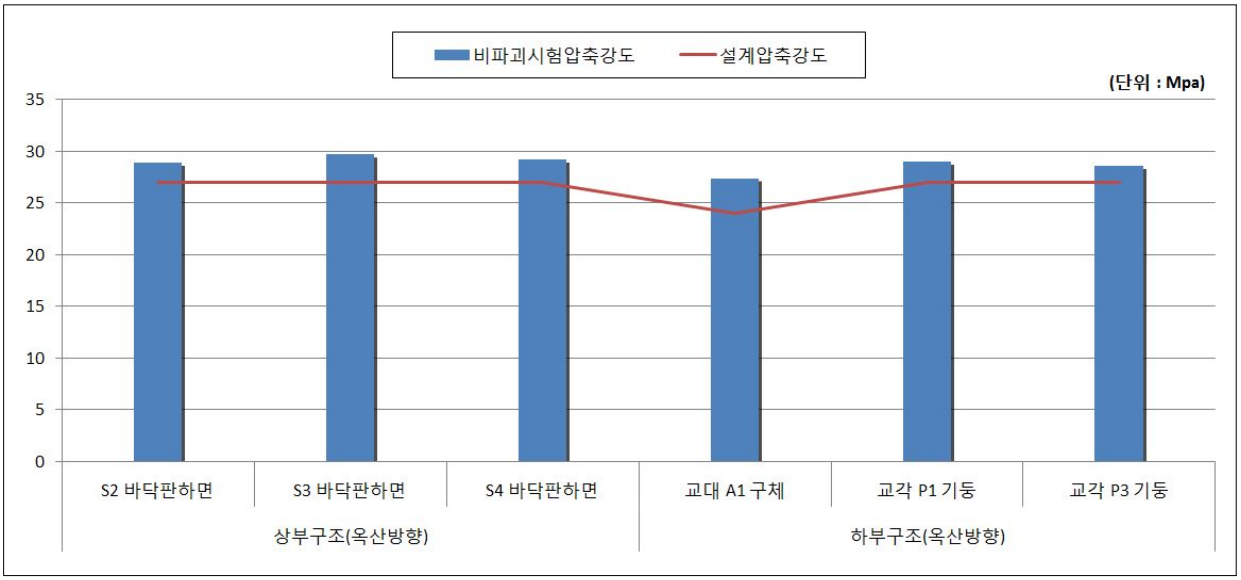
구 분			설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
옥산방향	상부구조	바닥판	27.0	28.9 ~ 29.7	107.0 ~ 110.0
	하부구조	교 대	24.0	27.4	114.2
		교 각	27.0	28.6 ~ 29.0	105.9 ~ 107.4

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.4.8】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치			평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	재령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (MPa)	설계압축강도 (MPa)
옥산방향	상부구조	S2 바닥판하면	50.2	-3.1	47.1	0.67	28.0	29.7	28.9	27.0
		S3 바닥판하면	51.3	-3.0	48.3	0.67	29.0	30.3	29.7	27.0
		S4 바닥판하면	50.7	-3.1	47.6	0.67	28.4	30.0	29.2	27.0
	하부구조	교대 A1 구체	46.2	0.0	46.2	0.65	26.4	28.4	27.4	24.0
		교각 P1 기둥	48.6	0.0	48.6	0.65	28.4	29.5	29.0	27.0
		교각 P3 기둥	48.0	0.0	48.0	0.65	27.9	29.3	28.6	27.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.4.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.4.9】 철근탐사시험 결과

탐사위치			배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
옥산방향	상부구조	S2 바닥판하면	주 철 근	@200	68	≒@200	≒50
			배력철근	@250	52	≒@250	≒40
		S3 바닥판하면	주 철 근	@200	68	≒@200	≒45
			배력철근	@125	52	≒@125	≒35
		S4 바닥판하면	주 철 근	@200	68	≒@200	≒60
			배력철근	@250	52	≒@250	≒35
	하부구조	교대 A1 구체	수직철근	@250	109.5	≒@250	≒100
			수평철근	@300	90.5	≒@300	≒85
		P1 교각 기둥	수직철근	@125	112.5	≒@125	≒100
			수평철근	@300	87.5	≒@300	≒70
		P3 교각 기둥	수직철근	@125	112.5	≒@125	≒105
			수평철근	@300	87.5	≒@300	≒85

1.3 상태평가

1.3.1 상태평가 결과

본 병천천교(옥산방향)에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 **「A등급」**으로 평가되었다.

【표 2.4.10】 상태평가 결과

병천천교(옥산방향)													
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
3	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
4	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
5	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
6	개량형 PSC BEAM	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.4.11】 상태평가 결과표

교 량 명	병천천교(옥산방향)						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	230.0	4	920.0	1.000	0.100
합계(Σ)			230.0		920.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

1.4 종합평가 및 안전등급

1.4.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

병천천교(옥산방향)의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.4.12】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

1.4.2 안전등급 지정

병천천교(옥산방향)에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.4.13】 병천천교(옥산방향) 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	병천천교(옥산방향)	A등급(우수)

1.5 종합결론

병천천교(옥산방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

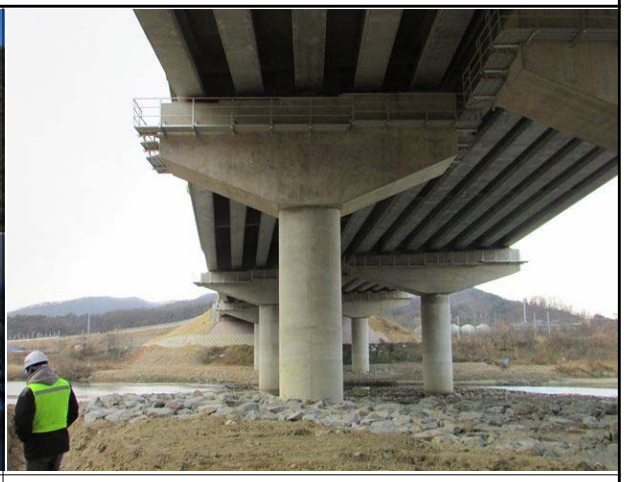
제2장 병천천교(오창방향)

2.1 시설물의 개요

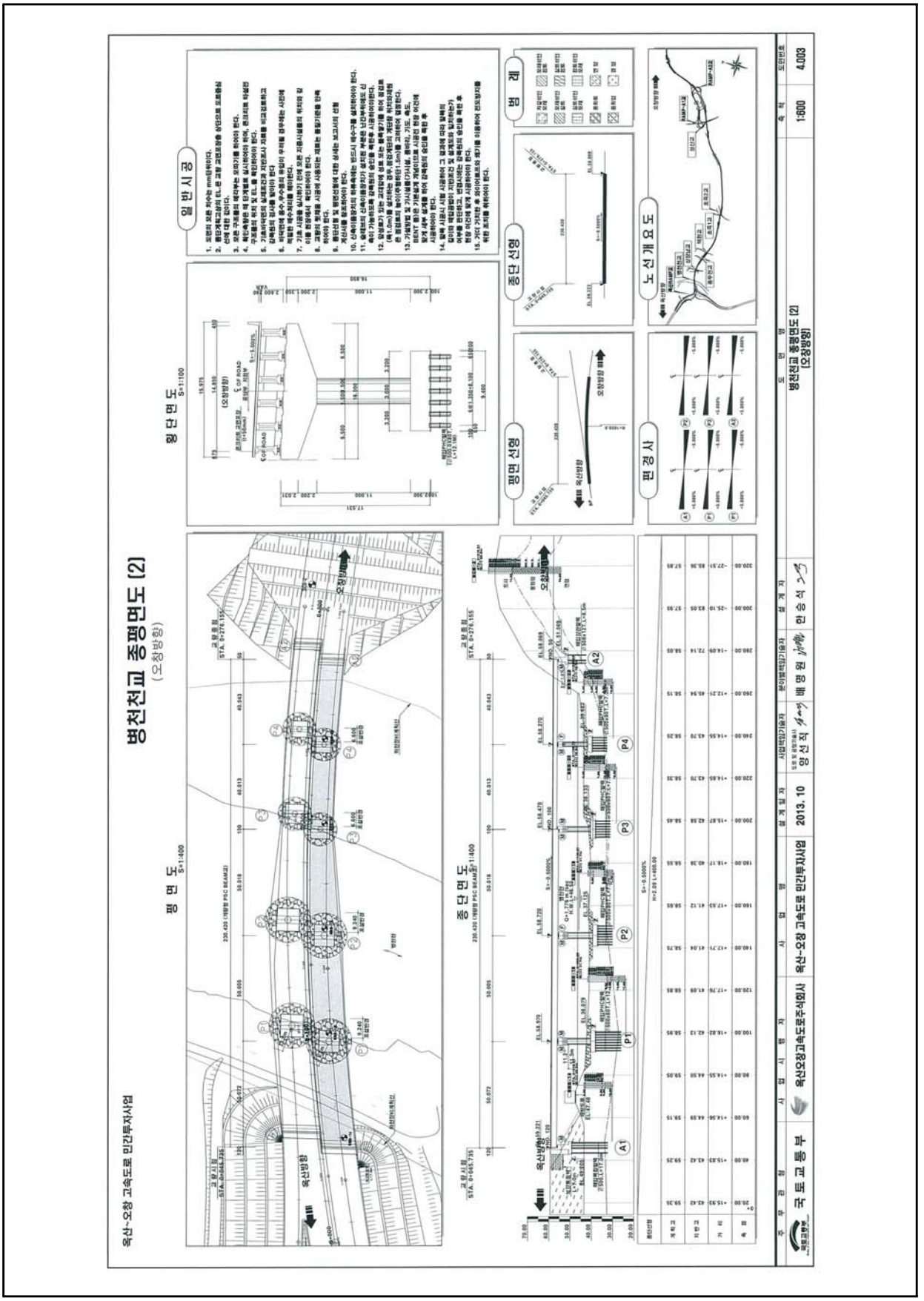
2.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 병천천교(오창방향)에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

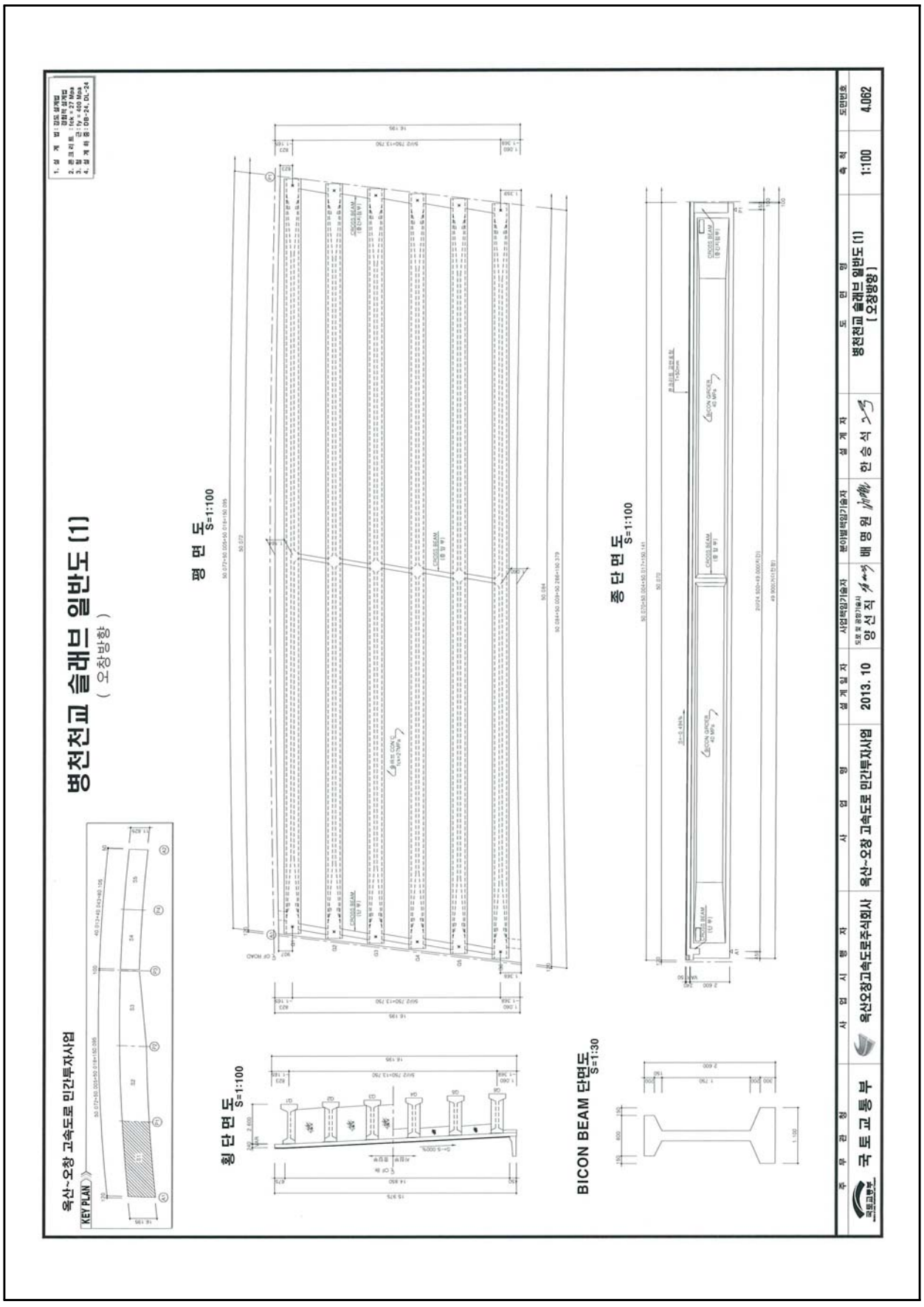
【표 2.4.14】 과업대상 시설물의 개요

<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>병천천교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2018. 01. 13</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">충북 청주시 흥덕구 옥산면</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB, DL-24</td><td>노선명(이정)</td><td colspan="2">아산청주고속도로(옥산-오창)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L = 3@50 + 2@40 = 230.0m</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B = 15.975m(오창방향)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>개량형 PSC BEAM(Bicon)</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>복합말뚝기초(A1)
직접기초(A2)</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대:역T형, 교각:T형</td><td>교각</td><td>PHC말뚝기초</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</td><td>제방도로, 하천(병천천)</td><td colspan="2">통과높이</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설
(도로, 철도, 하천)</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">상면전경</td><td colspan="3">하부전경</td></tr>
</table>

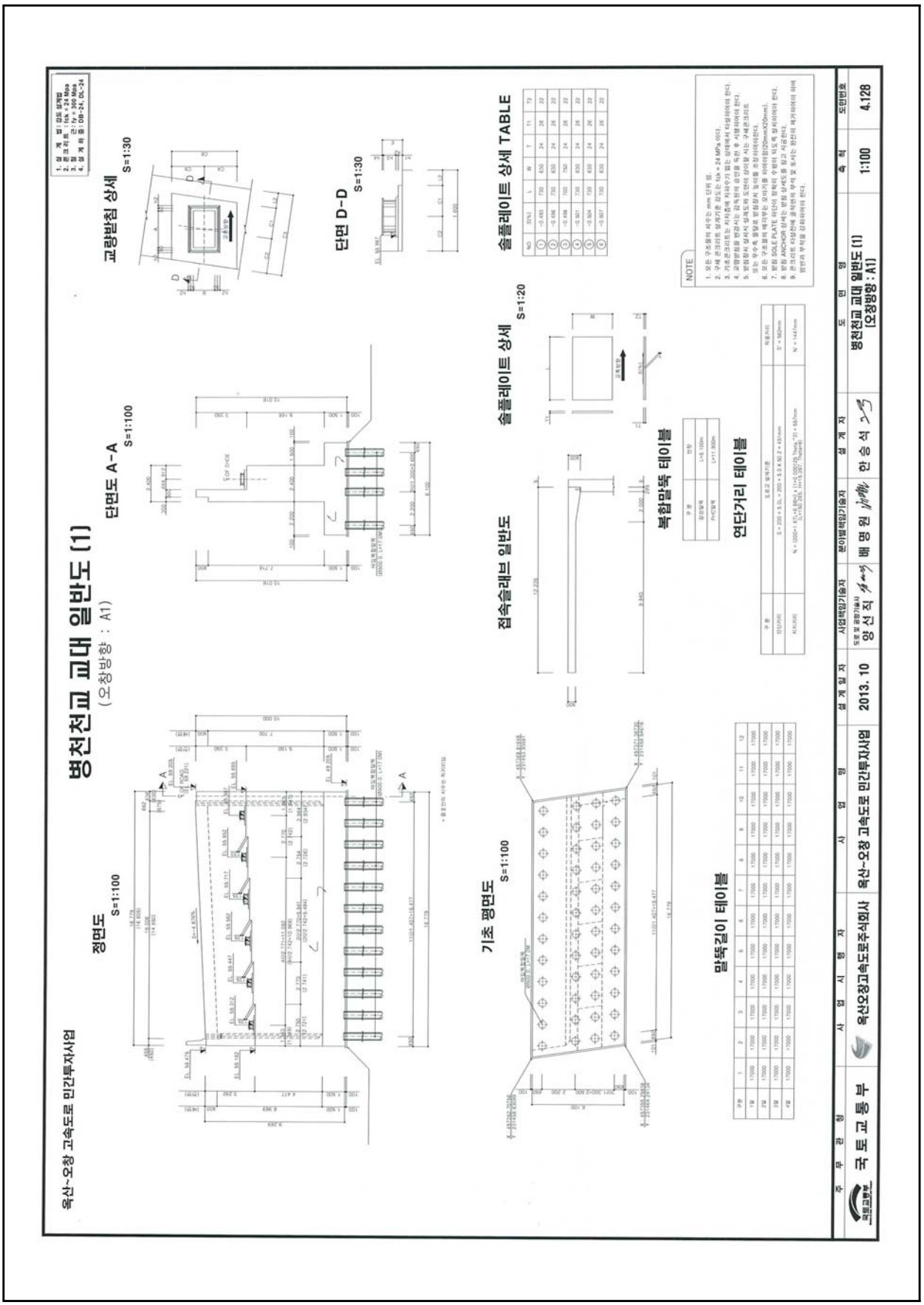
2.1.2 관련도면



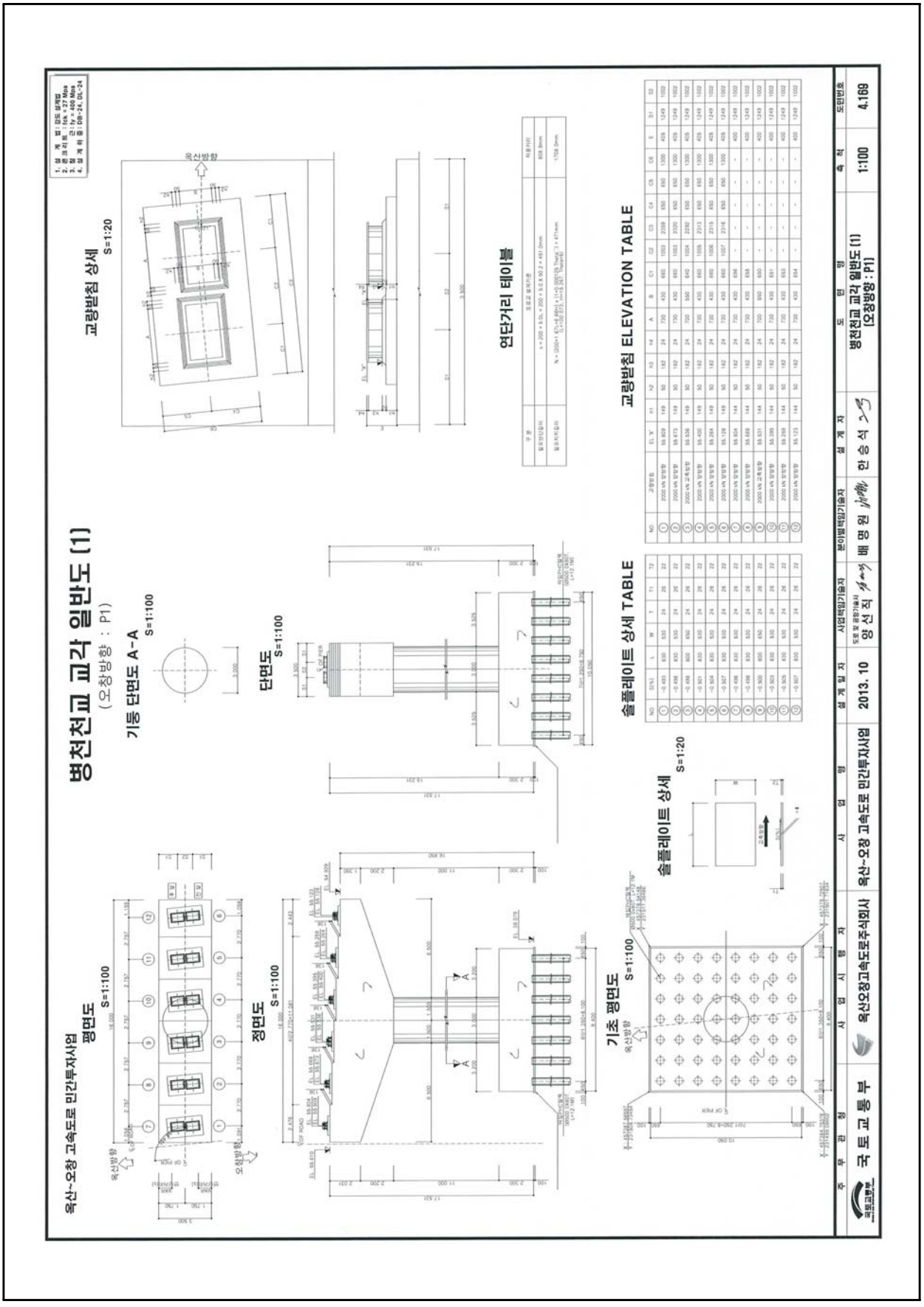
【그림 2.4.7】 종평면도(오창방향)



【그림 2.4.8】 슬래브 일반도(오창방향)



【그림 2.4.9】 교대(A1) 일반도(오창방향)



【그림 2.4.10】 교각(P1) 일반도(오창방향)

2.2 현장조사 및 시험

2.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 병천천교(오창방향)에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교면포장 상태양호(오창방향)



교면포장 상태양호(오창방향)

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



배수관 상태양호(오창방향)



배수관 연결부 설치상태 양호(오창방향)

다. 난간 및 연석

본 교량의 외측 방호벽 및 중앙분리대는 콘크리트 구조로 시공되어있다. 외관조사결과 균열, 파손, 박리, 박락 등의 손상이 없는 양호한 상태이다.



방호벽 상태양호(오창방향)



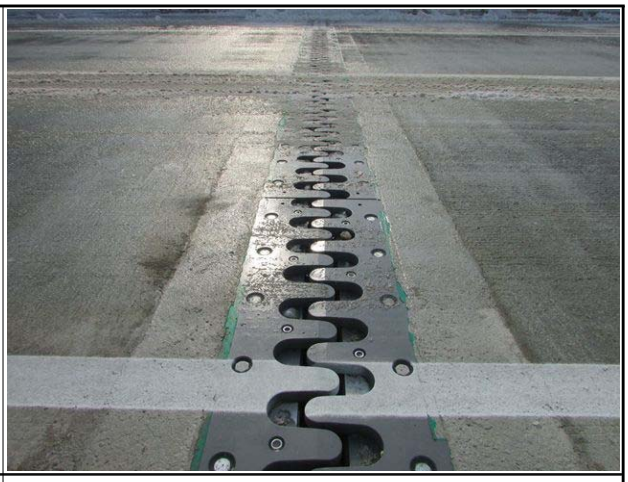
중앙분리대 상태양호(오창방향)

라. 신축이음

본 교량의 신축이음장치는 총 3개소(A1, P3, A2)에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동상태도 양호한 것으로 나타났다.



신축이음 상태양호(A1, 오창방향)



신축이음 상태양호(P3, 오창방향)

	
신축이음 상태양호(A2, 오창방향)	신축이음 상태양호(A2, 오창방향)

마. 바닥판 하면

바닥판은 철근콘크리트 구조로 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과, 콘크리트의 균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
바닥판 하면 상태양호(오창방향)	바닥판 하면 상태양호(오창방향)

바. 거더

본 교량의 거더는 Bicon Girder 형식이며, 외관조사 결과 특별한 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
거더 상태양호(오창방향)	거더 상태양호(오창방향)

사. 가로보

본 교량의 가로보는 철근콘크리트로 시공되어 있다. 가로보에 대한 점검결과, 구조적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
가로보 상태양호(오창방향)	가로보 상태양호(오창방향)

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

본 교량의 받침장치는 포트받침 형식으로 총 70개소(7개소/교대 1EA당, 7개소/교각 1EA당)가 설치되어 있으며, P2 및 P4에 고정단이 설치되어 있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받

침 본체 및 받침콘크리트에 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교량받침 상태 양호(오창방향)



교량받침 상태 양호(오창방향)

자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 교대에 대한 외관조사 결과, 균열, 박락, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



교대 A1(오창방향) 상태양호



교대 A2(오창방향) 상태양호

차. 교각

교각은 T형으로 시공되어 있다. 교각에 대한 외관조사 결과, 균열(0.3mm미만 및 이상), 망상균열 등의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교각 (오창방향)	균열(폭 0.3mm미만)	81.1m/82ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	9.3m/6ea	보수완료
	망상균열	21.0㎡/4ea	보수완료



교각 P3(오창방향) 전경



교각 P4(오창방향) 전경



교각 P1(오창방향) 균열(폭 0.1mm)(보수완료)

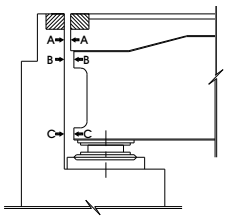


교각 P3(오창방향) 균열(폭 0.3mm)(보수완료)

2.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

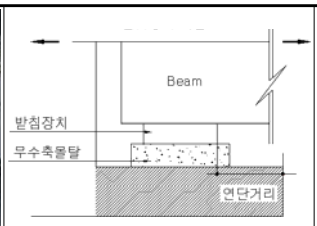
부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법



유간거리 측정전경



연단거리 측정방법



연단거리 측정전경

【그림 2.4.11】부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.4.15】온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 11일		
온도변화 범위	-15℃~+35℃(한냉지방)	선팽창 계수(α)	1.0×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (콘크리트교=1/300)		
주형높이(h)	2,600m		
지간장(L)	50.0m(S1, S2, S3), 40.0m(S4, S5)		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 한냉지방, 콘크리트교 : -15~+35℃ 적용

※ 유간 측정일 기온이 온도변화 범위(보통지방)를 초과하여 한냉한지방의 온도범위로 적용함

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 35℃-(-9.3℃)=44.3℃(신장), -9.3℃-(-15℃)=5.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=50.0m, 40.0m)

{[A1지점] = 100.0m, [P3지점] = 90.0m, [A2지점] = 40.0m}

▷ A1지점 = (44.3mm - 신장 / 5.7mm - 수축)

▷ P3지점 = (39.87mm - 신장 / 5.13mm - 수축)

▷ A2지점 = (17.72mm - 신장 / 2.28mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 (Δℓt)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간과 바닥판의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.4.16】 유간거리 검토결과(오창방향)

위치		계산 신축량 (mm)			병천천교		
					측정유간 (mm)	판정	
		Δℓt	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A1	신장	44.3	5.0	49.3	90.0	OK	OK
	수축	5.7	5.0	10.7	30.0	OK	OK
P3	신장	39.87	5.0	44.87	85.0	OK	OK
	수축	5.13	5.0	10.13	15.0	OK	OK
A2	신장	17.72	5.0	22.72	42.0	OK	OK
	수축	2.28	5.0	7.28	8.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A1=120㎜, P3=100㎜, A2=50㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이
  * 50.0m : S = 200 + (5 × 50.0) = 450.0(㎜)
  * 40.0m : S = 200 + (5 × 40.0) = 400.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 480㎜~1,010㎜로 도로교 설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 400㎜~450㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.4.17】 연단거리 측정결과(오창방향)

구 분			실측거리(㎜)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(㎜)	평 가
병천천교	A1		620~690	50	450	O.K
	P1	A1측	900~920	50	450	O.K
		A2측	900~950	50	450	O.K
	P2	A1측	900~950	50	450	O.K
		A2측	970~1010	50	450	O.K
	P3	A1측	600~650	50	450	O.K
		A2측	620~650	40	400	O.K
	P4	A1측	480~500	40	400	O.K
		A2측	500~550	40	400	O.K
	A2		500~590	40	400	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.4.18】 교량받침 이동량 측정결과(오창방향)

측정당시 온도	3.3℃ (2017년 11월 20일)	교량받침 종류	탄성받침

구분		가동단 변위량(mm)							허용이동량 (mm)
		SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	
A1		↑ 4.0	↑ 5.0	↑ 10.0	↑ 10.0	↑ 10.0	↑ 10.0	↑ 10.0	±180
P1	A1측	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	±108
	A2측	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	±108
P2		Fix							-
P3	A1측	0	0	0	0	0	0	0	±180
	A2측	↓ 15.0	↓ 15.0	↓ 15.0	↓ 15.0				±108
P4		Fix							-
A2		↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0				±108

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.3℃(2017년 11월 20일)

2) 온도변화 : -5℃~35℃(콘크리트교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 35℃-(3.3℃)=31.7℃(신장), 3.3℃-(-5℃)=8.3℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10-5

L : 신축들보의 길이(L=100.0m, 50.0m, 40.0m)

위 치	신축길이(m)	이론신축량		비 고
		신장량(mm)	수축량(mm)	
A1	100.0	31.70	8.30	오창방향
P1, P3(A1측)	50.0	15.83	4.15	
P3(A2측), A2	40.0	12.68	3.32	

【표 2.4.19】 교량 받침 이동량 검토(오창방향)

구 분		신축장 (mm)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판정
			신장	수축	신장	수축	
A1		100,000	31.70	8.30	160~176	184~190	O.K
P1	A1측	50,000	15.85	4.15	118	98	O.K
	A2측	50,000	15.85	4.15	118	98	O.K
P3	A1측	50,000	15.85	4.15	180	180	O.K
	A2측	40,000	12.68	3.32	123	93	O.K
A2		40,000	12.68	3.32	123	93	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▸검토결과 : 온도 3.3℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.

2.2.3 내구성조사

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대, 교각의 총 6개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.4.20】 반발경도시험 결과

구 분			설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
오창방향	상부구조	바닥판	27.0	28.3 ~ 29.4	104.8 ~ 108.9
	하부구조	교 대	24.0	25.8	107.5
		교 각	27.0	28.8 ~ 29.6	106.7 ~ 109.6

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.4.21】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치			평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	계령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (MPa)	설계압축강도 (MPa)
오창방향	상부구조	S2 바닥판하면	49.4	-3.2	46.2	0.67	27.2	29.3	28.3	27.0
		S3 바닥판하면	50.3	-3.1	47.2	0.67	28.1	29.8	29.0	27.0
		S4 바닥판하면	50.9	-3.1	47.8	0.67	28.6	30.1	29.4	27.0
	하부구조	교대 A1 구체	43.0	0.0	43.0	0.66	24.2	27.3	25.8	24.0
		교각 P1 기둥	48.4	0.0	48.4	0.65	28.2	29.4	28.8	27.0
		교각 P4 기둥	49.5	0.0	49.5	0.65	29.2	30.0	29.6	27.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.4.12】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.4.22】 철근탐사시험 결과

탐사위치			배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
오창방향	상부구조	S2 바닥판하면 (지점부)	주 철 근	@200	32	≒@200	≒40
			배력철근	@125	48	≒@125	≒55
		S4 바닥판하면	주 철 근	@200	32	≒@200	≒40
			배력철근	@250	48	≒@250	≒55
	하부구조	교대 A1 구체	수직철근	@250	87.5	≒@250	≒100
			수평철근	@300	68.5	≒@300	≒80
		P1 교각 기둥	수직철근	@125	87.5	@125	≒100
			수평철근	@300	68.5	@300	≒85
		P4 교각 기둥	수직철근	@125	87.5	@125	≒100
			수평철근	@300	68.5	@300	≒70
		P3 교각 기둥	수직철근	@125	112.5	≒@125	≒105
			수평철근	@300	87.5	≒@300	≒85

2.3 상태평가

2.3.1 상태평가 결과

본 병천천교(오창방향)에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 **「A등급」**으로 평가되었다.

【표 2.4.23】 상태평가 결과

병천천교(오창방향)													
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
3	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
4	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
5	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
6	개량형 PSC BEAM	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.4.24】 상태평가 결과표

교 량 명	병천천교(오창방향)						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	230.0	4	920.0	1.000	0.100
합계(Σ)			230.0		920.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

2.4 종합평가 및 안전등급

2.4.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

병천천교(오창방향)의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.4.25】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

2.4.2 안전등급 지정

병천천교(오창방향)에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.4.26】 병천천교(오창방향) 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	병천천교(오창방향)	A등급(우수)

2.5 종합결론

병천천교(오창방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

제3장 안전성평가

3.1 교량 재하시험

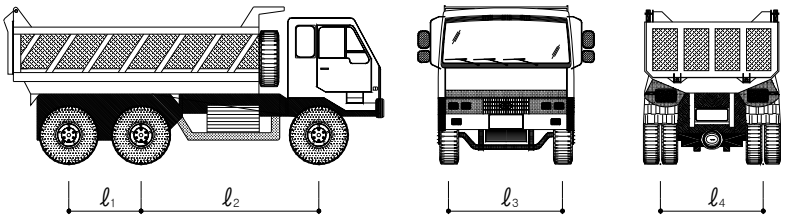
3.1.1 개 요

가. 현장시험의 개요

구 분		내 용
시험일자		2017. 12. 21
시험시간		PM 04:00 ~ PM 06:00
시험위치		옥산방향 - S1(최대 정모멘트가 작용하는 지점)
재하시험차량 대수		2대
하중 경우 수	정적재하시험	Load Case 1~3 (3회)
	동적재하시험	10㎞/hr ~ 80㎞/hr

나. 재하시험 차량의 제원 및 하중

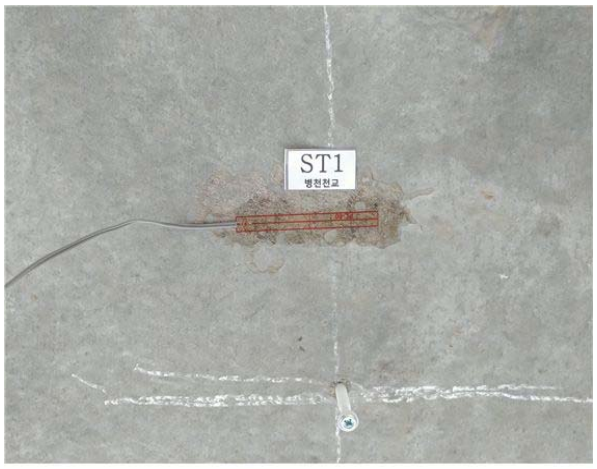
대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62~64%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN, 276.00kN 트럭 2대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

차 량 제 원	계량증명서
	

구 분	재하차량 제원(m)			
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
15ton 덤프트럭	1.30	3.20	2.10	1.85

구 분	총 중 량 (kN)	전륜축중량 (kN)	중륜축중량 (kN)	후륜축중량 (kN)
1호차 - 덤프트럭 (5328)	269.10	79.80	94.65	94.65
2호차 - 덤프트럭 (7001)	276.00	79.80	98.10	98.10

다. 교량 재하시험 사진

<table>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td>변형률계 설치 현황</td><td>처짐계 설치 현황</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가속도계 설치 현황</td><td>재하시험 계측 전경</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>정적 재하시험 전경</td><td>동적 재하시험 전경</td></tr>
</table>

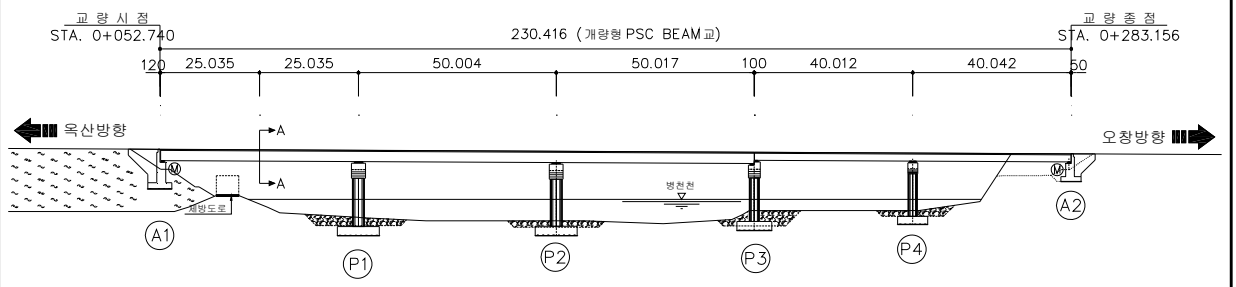
라. 계측센서 사양 및 수량

구분	센서명	모델명	사 양	수량(ea)
계측센서	콘크리트 변형률게이지	PL-60 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20~+80℃ • 형식 : 전기저항식	5
	처짐계	OU-30	• 범위 : ±30mm • 민감도: ($x10^{-6}$/mm) : 1000 • 허용온도범위 : 0~+60℃ • 형식 : 전기저항식	4
	가속도계	ARF-20A	• 용량 : 2.04g • 응답주파수 : 80hz • 고유주파수 : 150hz • 형식 : 전기저항식	1
소 계				10
측정장비	정, 동적 시험장비	DRA-30A	• 측정점수 : 30채널 • 측정대상 : Dynamic Strian, 전압 • 각 채널별 112k word 데이터메모리 탑재 (정적스트레인측정시 30000scans)	1
소 계				1

마. L/C별 재하시험 방법

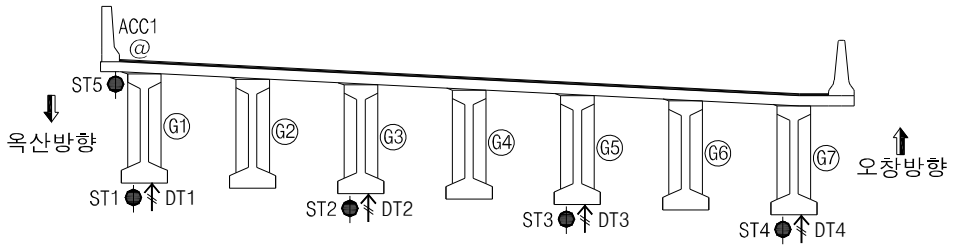
재하시험 위치	재하목적	비 고
옥산방향 - 외측경간(S1)	· 최대 정모멘트가 작용하는 지점	

바. 계측센서 설치도



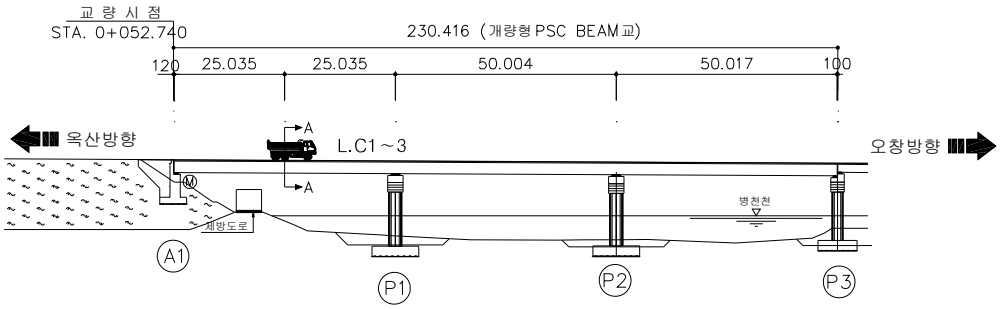
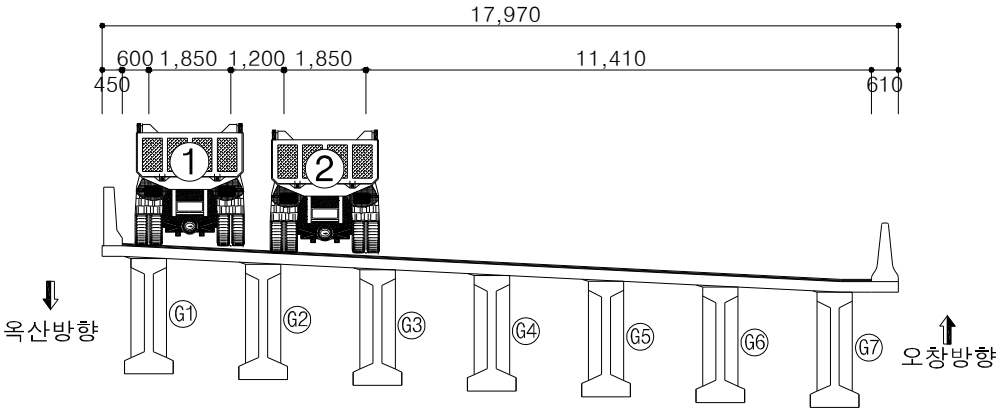
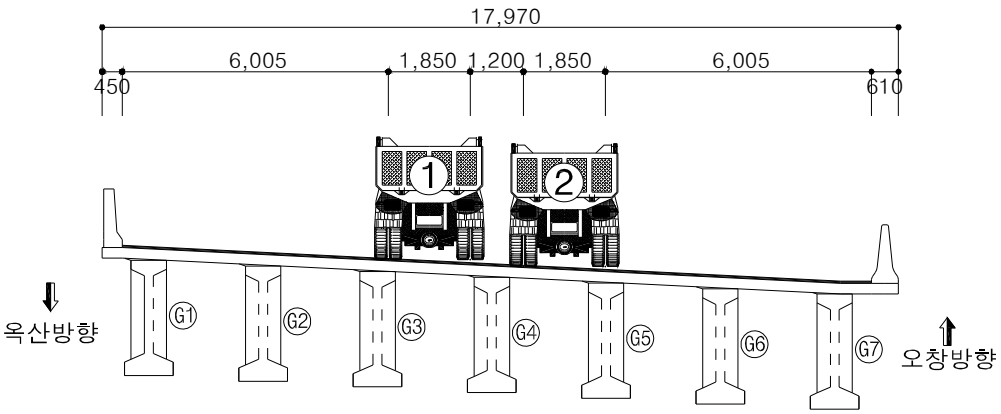
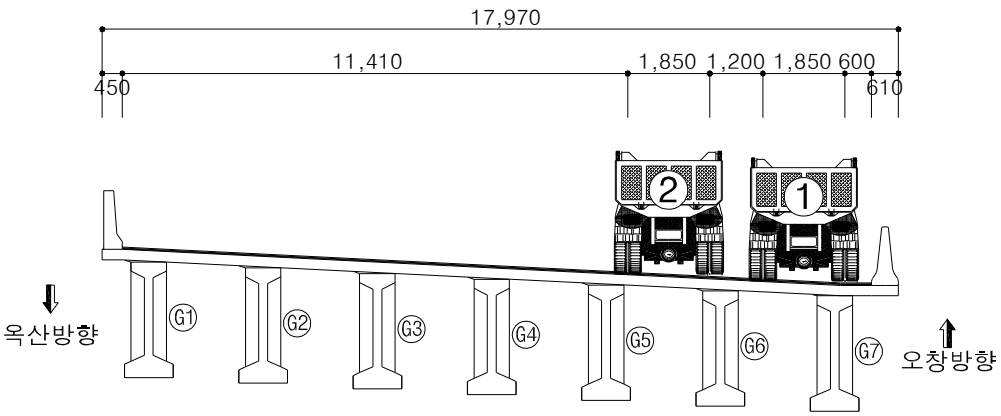
재하시험 경간

A-A단면 부착위치

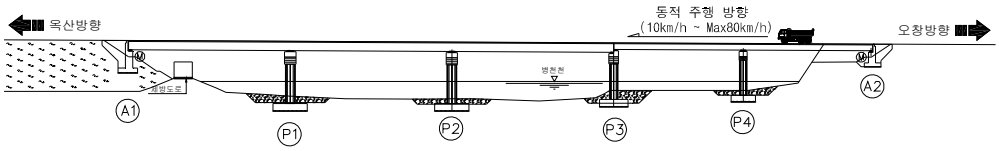
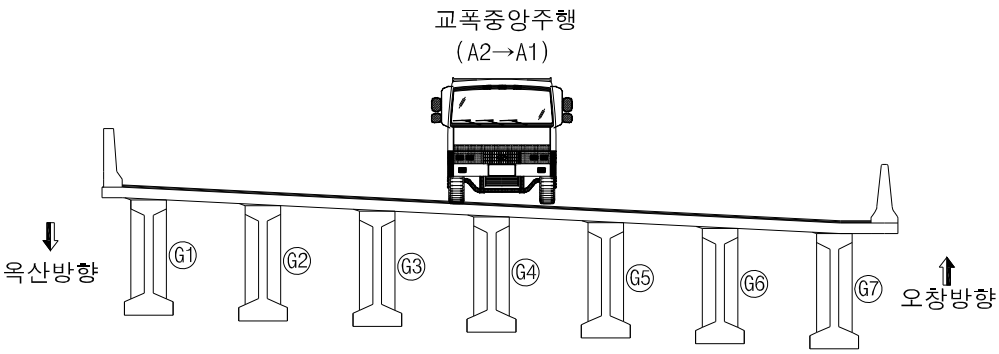


구 분	계측기명	설치수량	비 고
●	콘크리트 변형률계	5	교축방향
↑	처짐계	4	연직방향
@	가속도계	1	연직방향
계측센서 총 수량		10	

사. 정적 재하시험 LOAD CASE

종방향 재하위치	
L.C 1	
L.C 2	
L.C 3	

아. 동적 재하시험 LOAD CASE

차량주행방향	
주행위치	

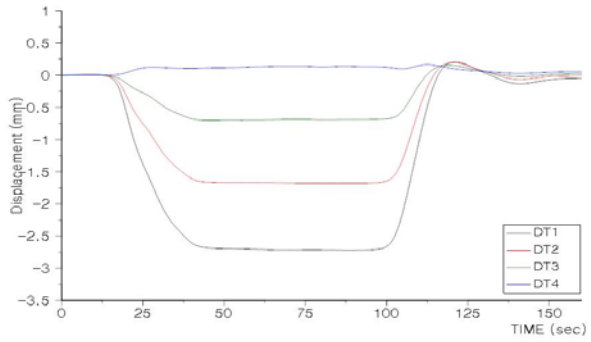
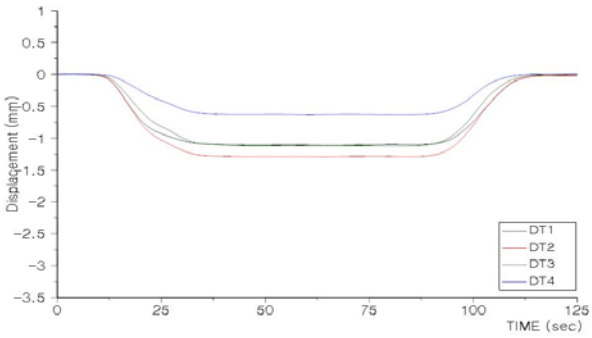
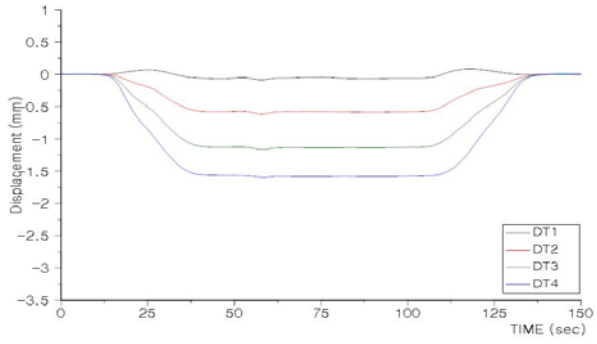
재하경우	주행방향	주행위치	비 고
10km/hr	종점→시점	교폭중앙	재하차량 1대
20km/hr	종점→시점	교폭중앙	재하차량 1대
30km/hr	종점→시점	교폭중앙	재하차량 1대
40km/hr	종점→시점	교폭중앙	재하차량 1대
50km/hr	종점→시점	교폭중앙	재하차량 1대
60km/hr	종점→시점	교폭중앙	재하차량 1대
80km/hr	종점→시점	교폭중앙	재하차량 1대

3.1.2 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

가. 재하시험에서 측정된 계측DATA

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
ST1	29.72	10.46	0.40	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST2	17.12	11.63	5.70	
ST3	9.45	11.31	11.33	
ST4	-4.82	7.39	21.96	
ST5	-9.43	-5.66	-0.42	
DT1	-2.714	-1.107	-0.066	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT2	-1.680	-1.288	-0.587	
DT3	-0.695	-1.118	-1.138	
DT4	0.137	-0.635	-1.587	

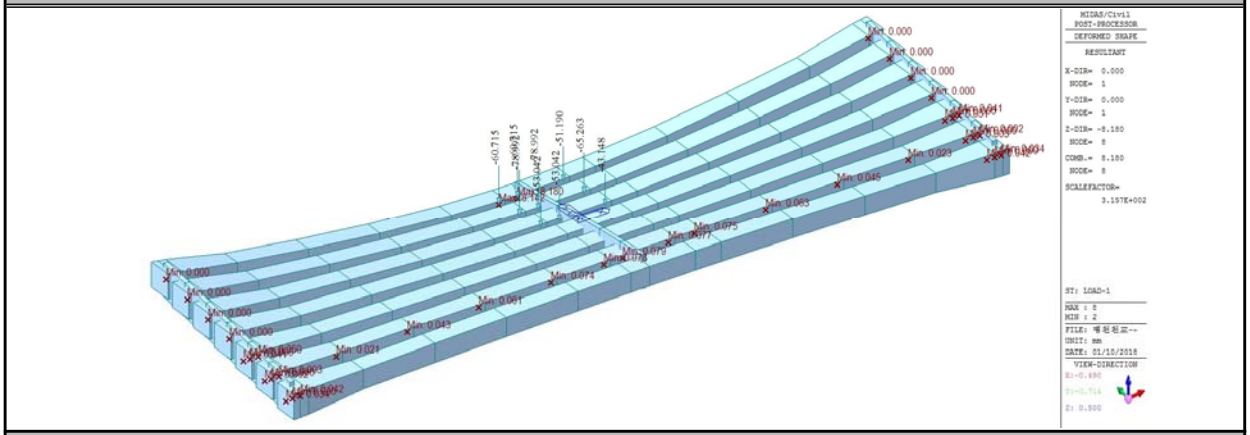
L.C1 처짐	L.C2 처짐
	
L.C3 처짐	
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

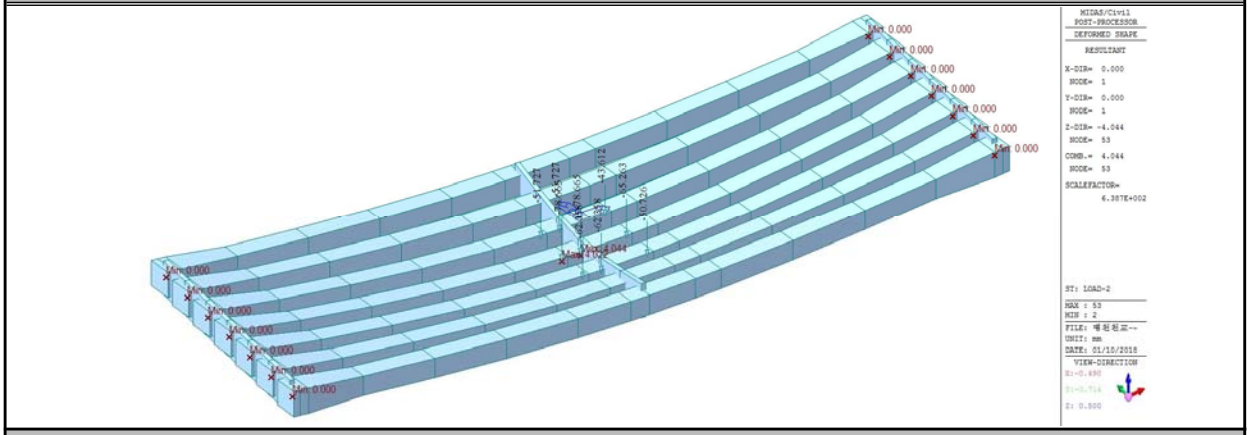
나. 구조해석에 의한 변위량

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
G1(DT1)	-8.180	-2.327	1.360	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
G3(DT2)	-4.788	-3.743	-1.415	
G5(DT3)	-1.495	-3.845	-4.795	
G7(DT4)	1.257	-2.558	-8.405	

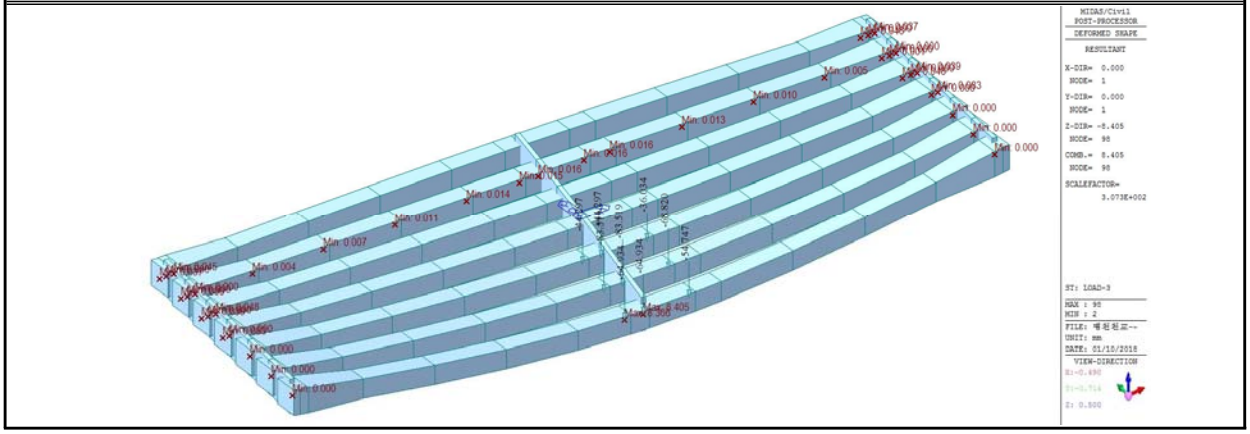
L.C1 하중재하 및 처짐



L.C2 하중재하 및 처짐

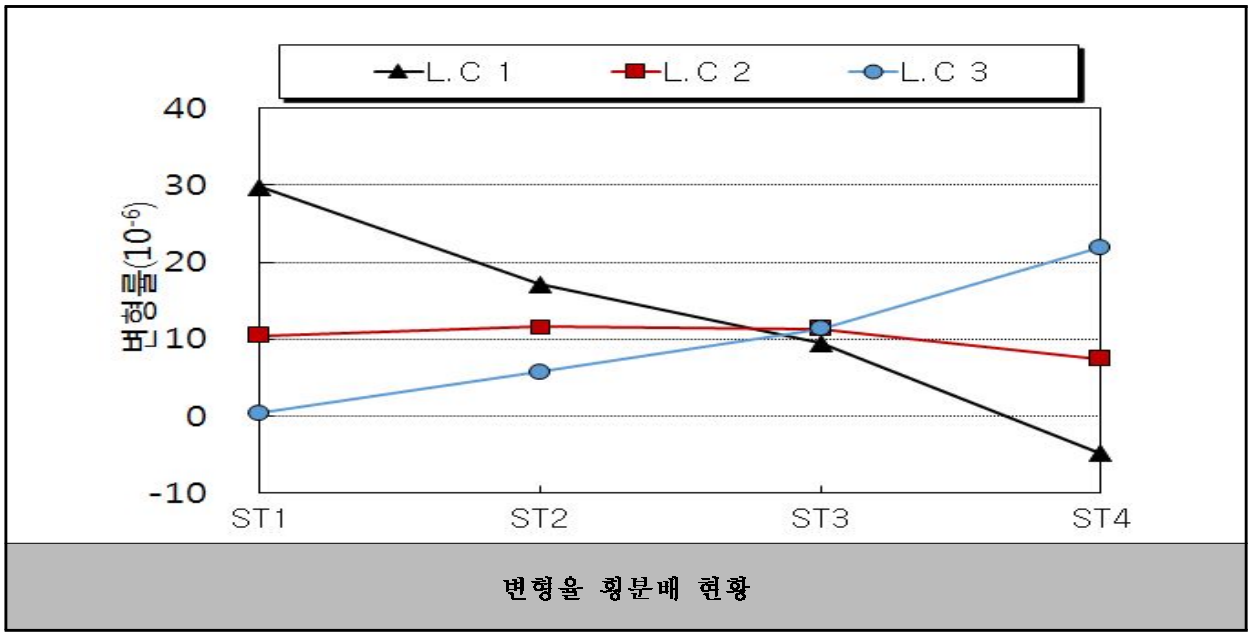


L.C3 하중재하 및 처짐

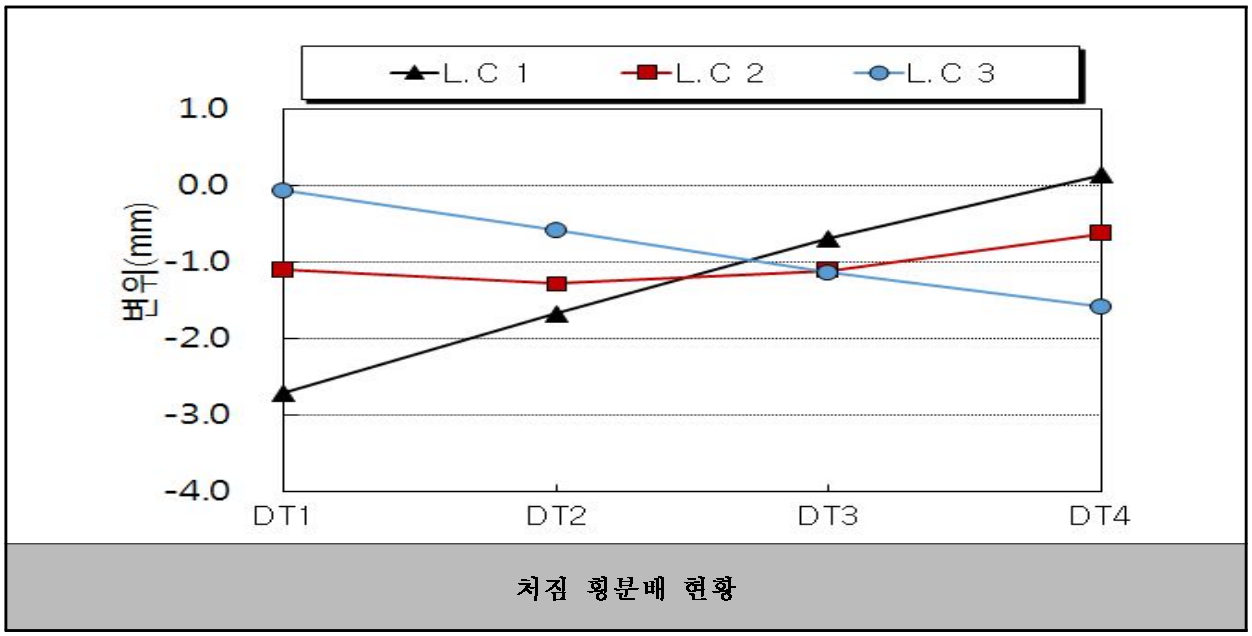


다. 하중 횡분배 검토 결과

거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단면응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 중분대에서 인접교량과의 간섭이 있는 것으로 나타났으나 각 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 나타나 이상 거동은 없는 것으로 판단된다.



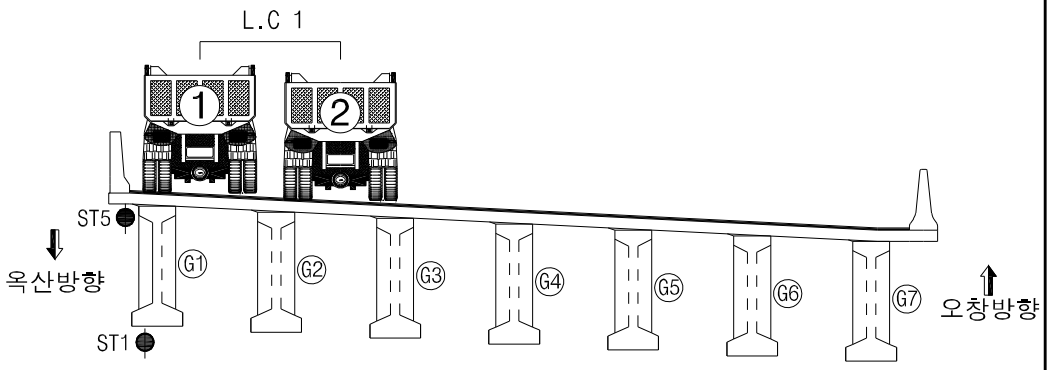
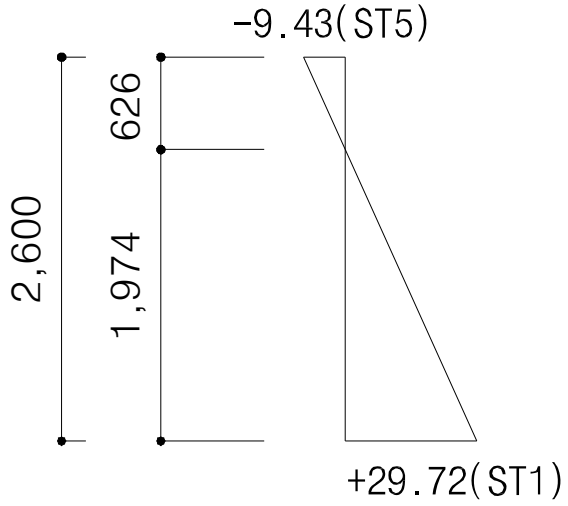
변형율 횡분배 현황



처짐 횡분배 현황

라. 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

<table>
<tr><th>구 분</th><th>L.C 1</th></tr>
<tr><td>재하위치</td><td>
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">중립축</td><td>L.C 1(1경간 - G1)</td></tr>
<tr><td>
</td></tr>
<tr><td><table>
<tr><th>구분</th><th>이론중립축위치
(mm)</th><th>실측중립축위치
(mm)</th></tr>
<tr><td>1경간</td><td>1,633</td><td>1,974</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>검토 의견</td><td>* 실측중립축이 이론중립축 대비 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.</td></tr>
</table>

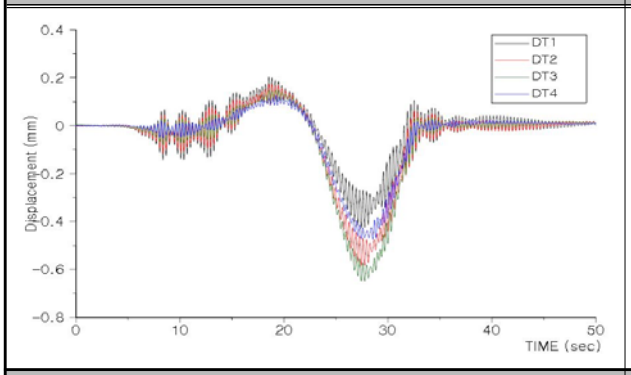
3.1.3 동적 재하시험 결과

가. 동적처짐

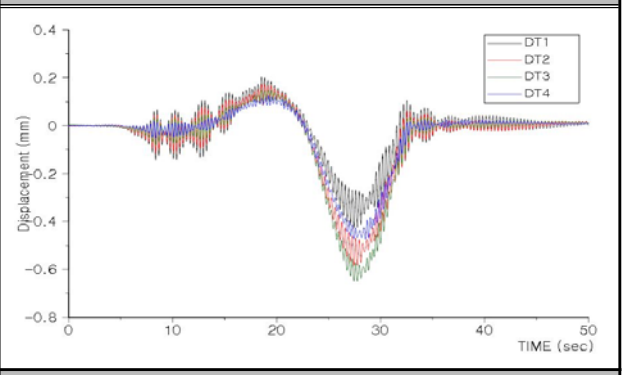
동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

구 분		주행속도 (km/h)							비고
		10	20	30	40	50	60	80	
1경간	G1(DT1)	-0.399	-0.427	-0.375	-0.372	-0.448	-0.494	-0.450	단위 : ㎜
	G3(DT2)	-0.550	-0.584	-0.545	-0.542	-0.604	-0.603	-0.592	
	G5(DT3)	-0.600	-0.649	-0.637	-0.643	-0.642	-0.609	-0.661	
	G7(DT4)	-0.441	-0.475	-0.486	-0.492	-0.480	-0.419	-0.465	

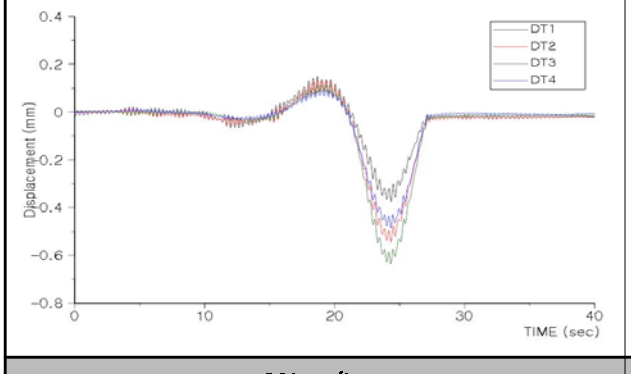
10km/hr



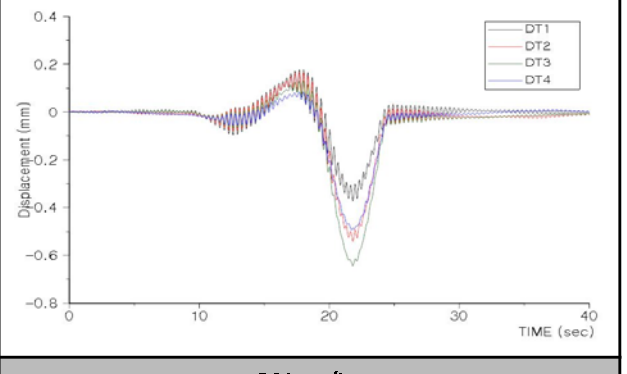
20km/hr



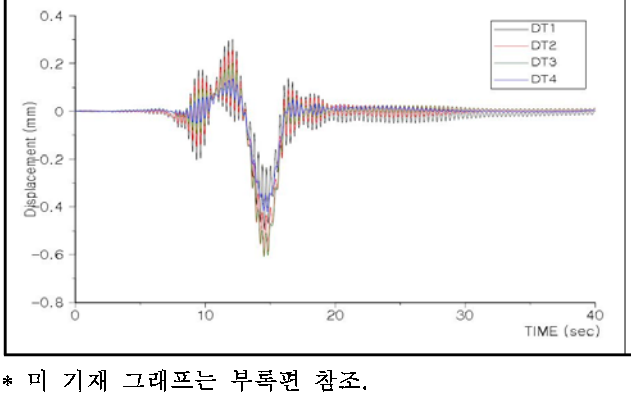
30km/hr



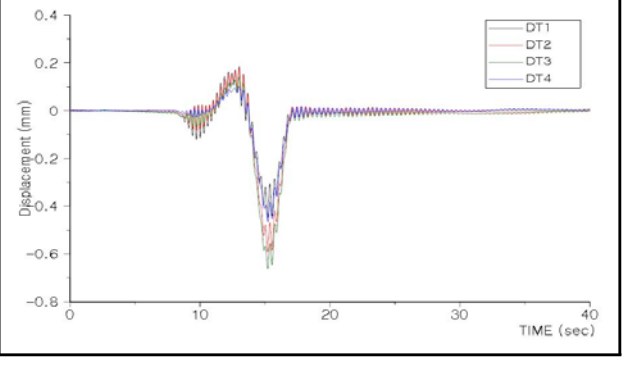
40km/hr



60km/hr



80km/hr



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

나. 충격계수 산정 결과

1) 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

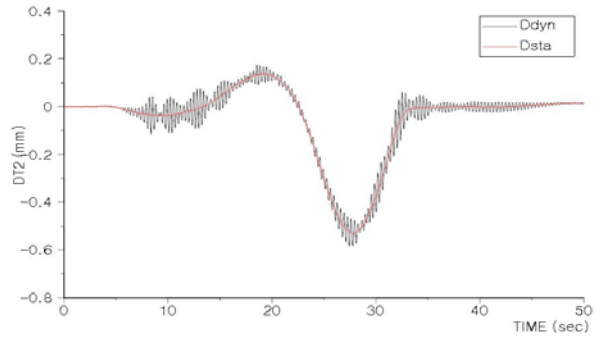
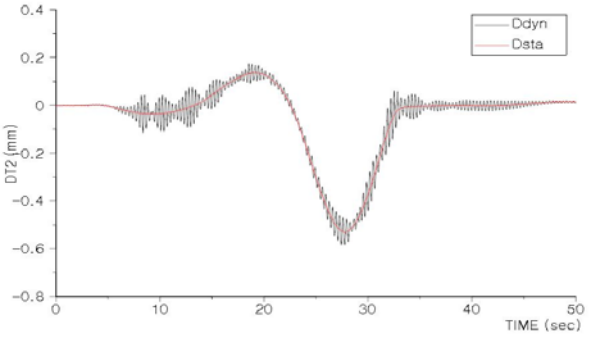
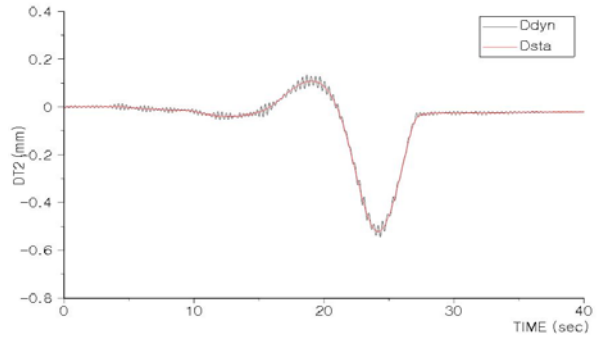
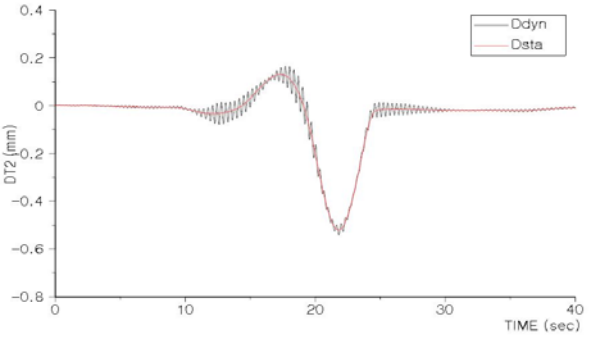
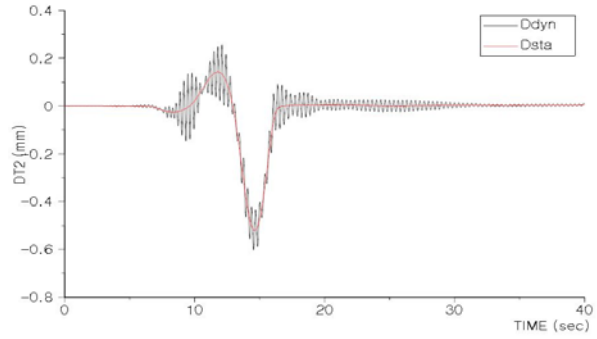
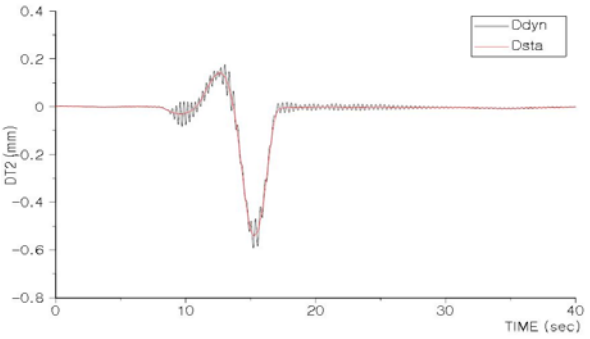
· 실측충격계수 i = (D－1)

여기서, D $=(\delta_{\mathrm{dynamic}})_{\max}/(\delta_{static})_{\max}$

구 분			주행속도 (km/h)							대표 충격계수
			10	20	30	40	50	60	80	
1경간	DT2	$\delta_{dyn(max)}$	-0.550	-0.584	-0.545	-0.542	-0.604	-0.603	-0.592	**0.158**
		$\delta_{sta(max)}$	-0.521	-0.531	-0.520	-0.520	-0.528	-0.520	-0.540	
		충격계수(i)	0.056	0.100	0.047	0.041	0.144	**0.158**	0.096	
	DT3	$\delta_{dyn(max)}$	-0.600	-0.649	-0.637	-0.643	-0.642	-0.609	-0.661	**0.091**
		$\delta_{sta(max)}$	-0.582	-0.615	-0.610	-0.626	-0.589	-0.563	-0.606	
		충격계수	0.031	0.055	0.044	0.028	0.090	0.082	**0.091**	
계측결과			• 계산충격계수 : i = 15/(40+L) = **0.167**(1경간, L=50.07) • 실측충격계수 : 1경간-**0.158**(60km, DT2)							

2) 산정 결과

동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 G3~G5의 상부를 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT2, DT3(1경간)을 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.158(1경간)로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계기준 0.167(1경간)보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행 시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

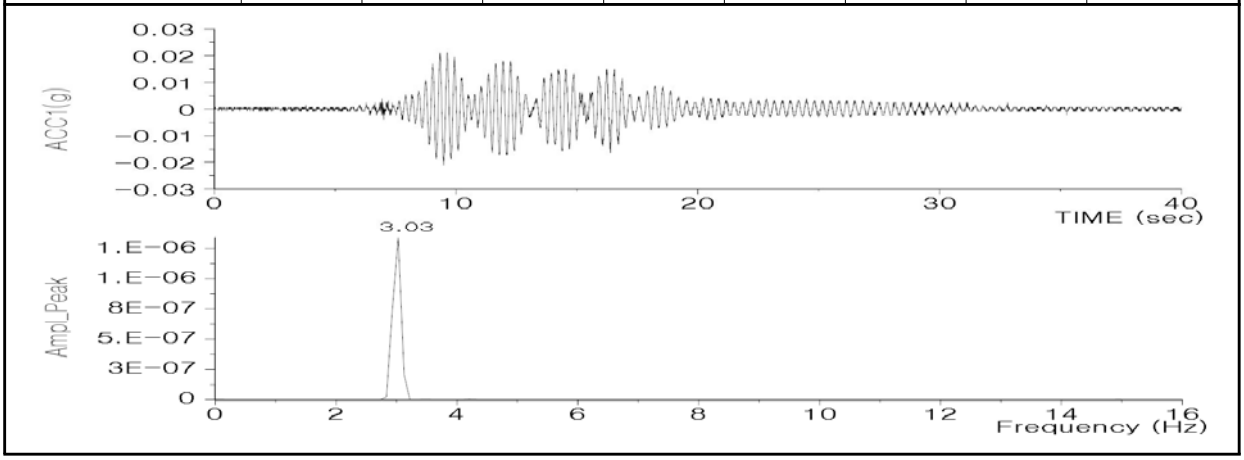
10km/hr, DT2	20km/hr, DT2
	
30km/hr, DT2	**40km/hr, DT2**
	
60km/hr, DT2	**80km/hr, DT2**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

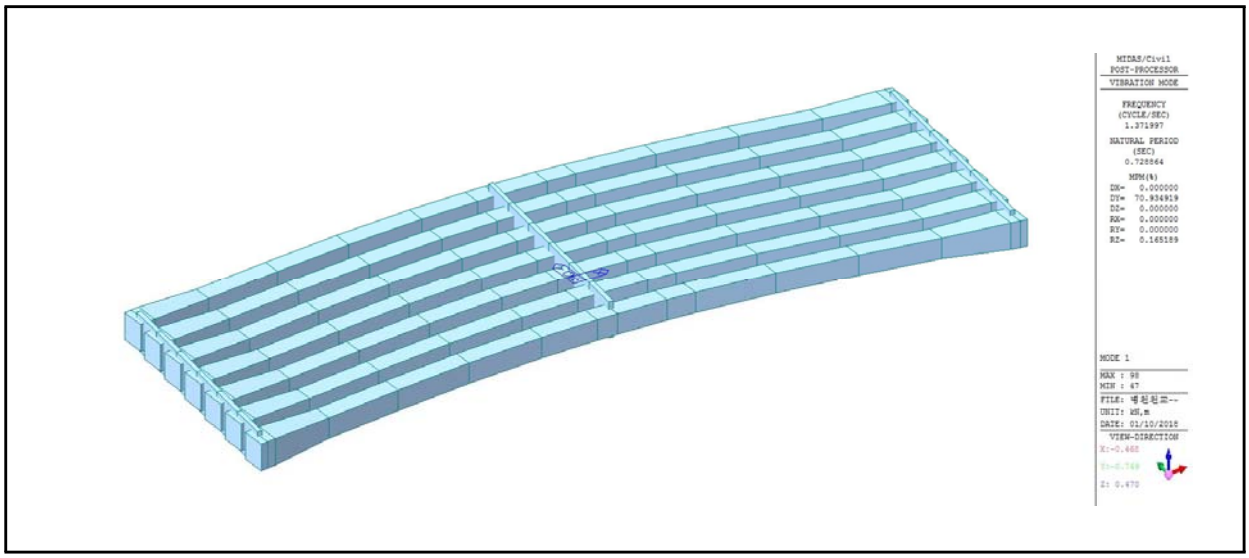
다. 고유진동수 산정 결과

1) 재하시험에 의한 고유진동수 산정

구 분	10km	20km	30km	40km	50km	60km	80km	비 고
고유진동수 (cycle/sec(Hz))	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	2.93	



2) 구조해석에 의한 고유진동수 계산



3) 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 2.93~3.03Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 1.372Hz보다 큰 것으로 나타나 교량의 강성은 양호한 것으로 판단된다.

라. 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 멀어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

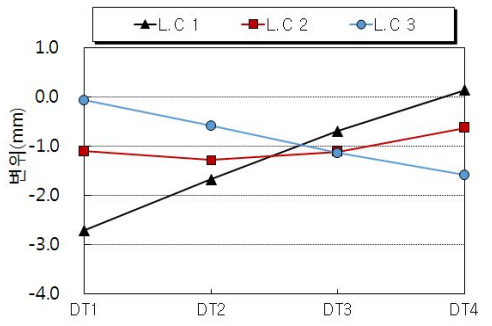
1) 응답비 산정

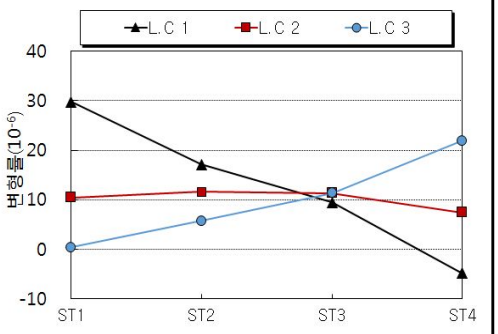
구 분		처 짐(㎜)			비고
		L.C1	L.C2	L.C3	
G1	계산처짐	-8.180	-2.327	1.360	DT1
	실측처짐	-2.714	-1.107	-0.066	
	응답비	3.014	**2.102**	20.606	
G3	계산처짐	-4.788	-3.743	-1.415	DT2
	실측처짐	-1.680	-1.288	-0.587	
	응답비	2.850	2.906	**2.411**	
G5	계산처짐	-1.495	-3.845	-4.795	DT3
	실측처짐	-0.695	-1.118	-1.138	
	응답비	**2.151**	3.439	4.214	
G7	계산처짐	1.257	-2.558	-8.405	DT4
	실측처짐	0.137	-0.635	-1.587	
	응답비	9.175	**4.028**	5.296	

2) 응답보정계수 산정

구 분		응답비	i(충격계수)		$\frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$	위치별 Ks
			계산	실측max		
응답 보정 계수	DT1(G1)	2.102	0.167	0.158	1.008	**2.119**
	DT2(G3)	2.411				2.430
	DT3(G5)	2.151				2.168
	DT4(G7)	4.028				4.060

3.1.4 정·동적 재하시험 고찰

<table>
<tr><th colspan="2">분석항목</th><th>분석결과</th></tr>
<tr><td colspan="2">시험트럭</td><td>• 재하하중 : 설계하중의 약 62~64%
• 총 중 량 : 269.10kN(1호차), 276.00kN(2호차)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">정적
재하
시험</td><td>최대
응답</td><td>• 처 짐 : -2.714 ㎜
• 변형률 : 29.72 με</td></tr>
<tr><td>횡방향
거동특성</td><td>

처짐


변형률
• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 중분대에서 인접교량과의 간섭이 있는 것으로 나타났으나 각 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 나타나 이상 거동은 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">동적
재하
시험</td><td>충격
계수</td><td>• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.158(DT2)로 이론 충격계수 0.167보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td>고유
진동수</td><td>• 실측고유진동수(2.93~3.03Hz)가 이론 고유진동수(1.372Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

3.2 안전성평가 및 내하력평가

3.2.1 구조해석 방법 및 개요

병천천교(옥산방향)는 연장 230.00m, 총폭 17.970m, 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 0~5°이며 평면 선형 R=10,50m 인 곡선교 이다. 상부구조는 Bicon GIRDER로 이루어져 있으며, 하부구조는 풍화암 위에 직접기초인 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

3.2.2 검토 조건

가. 기본 사항

1) 형　　식 : Bicon교
2) 연　　장 : 50.000m
3) 교　　폭 : B = 17.970m
4) 거더높이 : H = 2.600m
5) 거더간격 : 2.560m
6) 사　　각 : 0~5°
7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
8) 단위중량
   - 철근 콘크리트 : W_{c1} = 2500.0kg/㎥
   - 무근 콘크리트 : W_{c2} = 2350.0kg/㎥
9) 사용 프로그램 : SAP2000
10) 구조 검토방식 : 강도설계법(바닥판), 허용응력설계법(거더)
11) 참고문헌
   ① 도로교 설계기준(2010)
   ② 콘크리 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
   ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

나. 사용재료 및 허용응력

1) 콘크리트

① 압축강도(f_{ck}) 및 탄성계수

【표 2.4.27】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa)

구 분	설계기준강도	탄성계수 추정식	적용 탄성계수
거 더	40	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	30,891
바닥판	27	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	27,804

② 허용응력

【표 2.4.28】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(f_{ck} = 40 MPa일 경우)

응력의 발생시기	응력구분	설계기준	허용응력
프리스트레스 도입 시	압축강도	$f_{ci'} = 0.8f_{ck}$	32.000
크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력	압축응력(Posttensioning)	$0.60f_{ci'}$	19.200
	부착된 철근이 없는 인장응력	$0.25\sqrt{f_{ci'}}$	1.414
모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력	압축응력	$0.45f_{ck}$	18.000
	부착된 철근이 있는 인장응력	$0.50\sqrt{f_{ck}}$	3.16
	부착된 철근이 없는 인장응력	0	0
	균열응력	$0.63\sqrt{f_{ck}}$	3.98

③ 바닥판

허용휨압축응력 : $0.4 \times f_{ck} = 0.4 \times 27 = 10.800$ MPa

2) PS 강연선(KS D 7002 SWPC 7B, 저릴렉세이션 강재)

긴장력 및 강선에 대한 계수값 들은 도면에 표기된 값을 사용하였다.

① 극한강도 : f_{put} = 1900.0MPa

② 항복강도 : f_{pyt} = 1600.0MPa

③ 탄성계수 : Ep = 200,000MPa

④ 긴장시 최대응력 : MIN(0.94×f_{pyt}, 0.8×f_{put}) = 1,504MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyt}, 0.82×f_{put}) = 1,312MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyt}, 0.82×f_{put}) = 1,312MPa

3) PS 강봉(KS D 3505, 저릴렉세이션 강재)

① 극한강도 : f_{puc} = 1050.0MPa

② 항복강도 : f_{pyc} = 950.0MPa

③ 탄성계수 : Ep = 200,000MPa

④ 긴장시 최대응력 : MIN(0.94×f_{pyc}, 0.8×f_{puc}) = 840MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777MPa

4) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	강 연 선						강봉
PS강재 개수	개, ㎜	7	10	11	13	16	19	40
쉬스관 내경	㎜	65	75	75	85	85	100	50
쉬스관 외경	㎟	70	80	80	90	90	105	55
곡률마찰계수 μ	1/rad	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-
파상마찰계수 κ	1/m	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.008

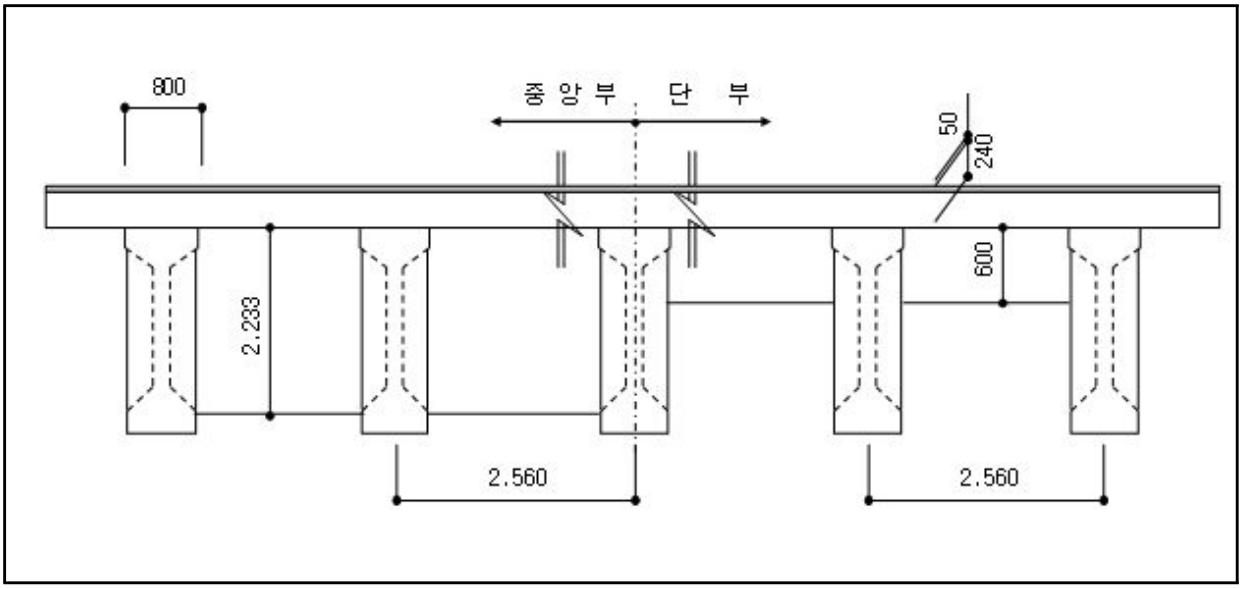
5) 철근

구 분	항복강도(fy)	탄성계수(Es)	허용인장응력(f_{ta})	비고
바닥판	400MPa	200,000	180MPa	SD400
거더	300MPa	200,000		SD300

3.2.3 구조해석

가. 바닥판 검토

1) 단면제원



2) 좌측 켄틸레버부

① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(아스팔트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	100.0㎞/hr	96.000kN	1,050	

② 하중산정

㉠ 고정하중

구 분	면적 (m2)	단위중량 (kN/m3)	하중 (kN)	작용거리 (m)	휨모멘트 (kN·m)
방호벽	0.394	25.000	9.850	0.750	7.388
바닥판	0.224	25.000	5.600	0.468	2.618
포 장	0.024	23.500	0.570	0.243	0.138
방음판			0.000	0.790	0.000
합 계			16.020		10.144

㉡ 차량충돌하중

구 분	h	H	M_{co} = H×h	곡선반경	적용 M_{co}
Case1	1.000m	23.333kN/m	23.333kN·m/m	R=1,050 > 200m	23.333kN·m/m
Case2	1.170m	10.000kN/m	11.700kN·m/m		

※ Case1 : 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시, 여기서 $H=(V/60)^2\times7500+2500$
Case2 : 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10kN/m의 수평하중 재하시

㉢ 원심하중(도.설.해 2.1.17)

곡선반경(R)	CF = $0.79\times V^2/R$	Pcf = Pr/E×CF/100	Mcf = Pcf×1.8
1050	7.5%	5.608 kN/m	10.094kN·m

※ 원심하중은 교면상 1.8m 높이에 작용하는 것으로 한다.

㉣ 풍하중

각 형 부 재	풍상측 부재(MPa)	재하위치(mm)	휨모멘트(kN·m)
활하중 재하시	0.0015	1500	2.970
활하중 비재하시	0.0030	805	3.188

㉤ 하중조합(도.설 2.2.3.2)

하중경우	고정하중	활 하 중	차량충돌하중	원심하중	풍 하 중	합 계(kN·m/m)
Case 1	1.30	2.15		1.30		38.163
Case 2	1.30		1.30			13.332
Case 3	1.30	1.30	0.65	1.30		41.133
Case 4	1.30	1.30		1.30		38.163
Case 5	1.25	1.25	0.625	1.25		41.133
Case 6	1.30	1.30		1.30	1.30	61.496
Case 7	1.20		1.20		1.20	36.665

③ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 79.945kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 240.0㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 60.0㎜	유 효 높 이	d = 180.0㎜

㉡ 검토결과

구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	240.0	60.0	H16@200 = 993.00 H13@200 = 633.50	79.945	91.703	O.K S.F=1.147

사용성 검토	M_{max}	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	61.496kN·m/m	205㎜	100㎜	O.K

바닥판 최소두께	h_{min} = (280L+180)	최소h	적용h	결과
	231.80㎜	220.0㎜	240.0㎜	O.K

3) 중앙부

① 검토조건

- 지간방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.4% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상
- 지간방향에 직각방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

구 분			산 정 식	검 토
주철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.4% = 960.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
배력 철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
㉠ • 여기서 바닥판 슬래브 단면적 = 1,000㎜ × 240㎜ = 240,000㎟				

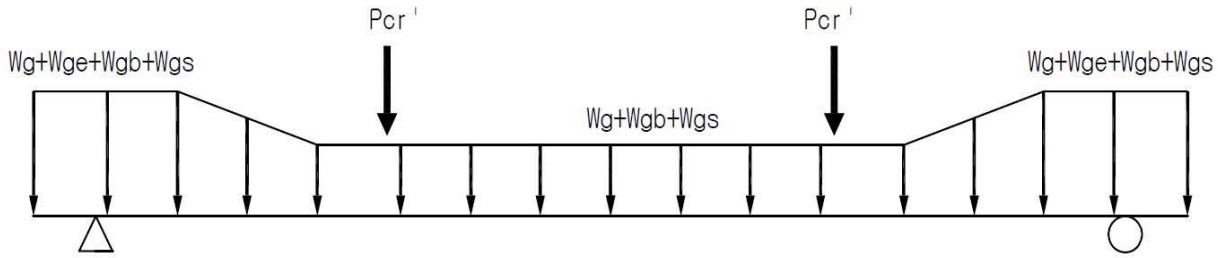
나. 거더 검토

1) 거더 자중

① 하중산정

구 분	산 출 근 거									
거더본체 (Wg)	Anet×wgc	=	1.011	×	25000			=	25274	N/m
단부보강 (Wge)	Avar×wgc	=	1.135	×	25000			=	28375	N/m
가 로 보 (Pcr')	Avar×Lcr×wgc×ea	=	1.135	×	1	×	25000 × 1 EA	=	17025	N
강 봉 (Wgb)	w1cm×Cea	=	102.1	×	2 EA			=	204	N/m
T1 강연선 (Wgs1)	w1tm×Tea	=	11.01	×	7 EA			=	77	N/m
T2~T5 강연선 (Wgs2)	w2tm×Tea	=	11.01	×	4 EA	×	15 EA	=	661	N/m

② 모델링



2) 합성전 고정하중

① 바닥판 콘크리트(Wsc)

㉠ G1 거더 : 0.24 × 2.506 × 25000 = 15036 N/m

㉡ G2 ~ G6 거더 : 0.24 × 2.560 × 25000 = 15360 N/m

㉢ G7 거더 : 0.24 × 2.499 × 25000 = 14994 N/m

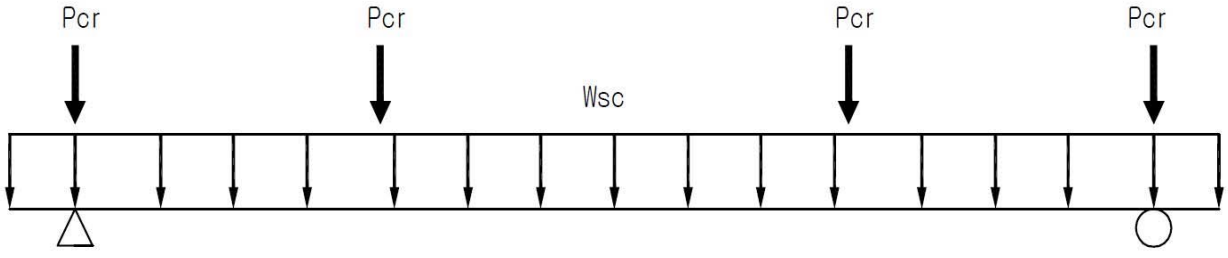
② 가로보 콘크리트(Pcr)

㉠ G1 거더 : 0.300 × 2.233 × 1.28 × 25000 = 21440 N

㉡ G2 ~ G6 거더 : 0.300 × 2.233 × 2.56 × 25000 = 42880 N

㉢ G7 거더 : 0.300 × 2.233 × 1.28 × 25000 = 21440 N

③ 모델링



3) 합성후 고정하중

① 좌측 캔틸레버 하중

- 방호벽 (좌) : A × w = 0.394 × 25000 = 9839 N/m

② 우측 캔틸레버 하중

- 중분대 (우) : A × w = 0.421 × 25000 = 10531 N/m

③ 중앙부 하중

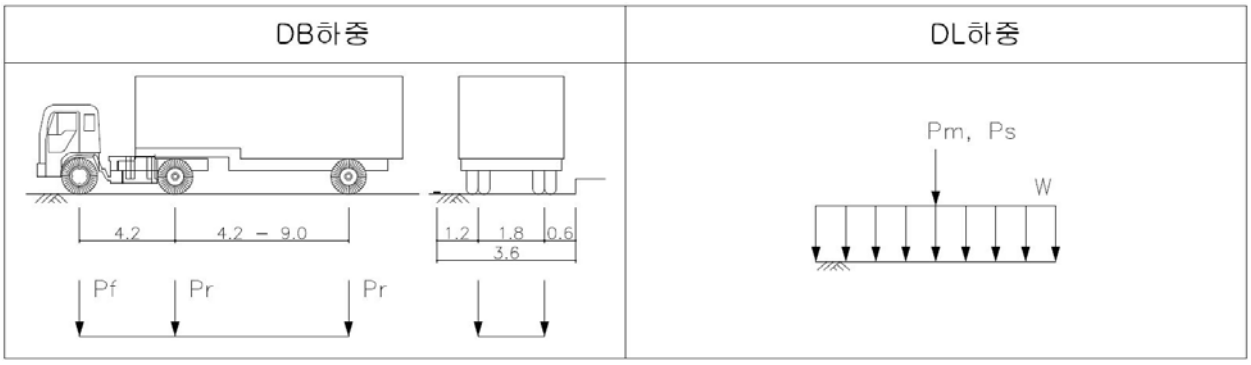
- 콘크리트 포장 : t × w = 0.050 × 23500 = 1175 N/m^2

4) 활하중

① 차로수 : 5 차로

② 차로폭 : 3.0m

③ 적용하중 (1등급)



㉠ DB-24 : DBr = 96.00 kN

DBf = 24.00 kN

㉡ DL-24 : DLw = 12.70 kN/m

DLm = 108.00 kN

DLs = 156.00 kN

5) 단면력 집계표

① 지간중앙부의 휨모멘트 집계(kN·m)

구 분	G1	G2~G6	G7	저 항 단 면	비 고
거더 자중	8215.5	8215.5	8215.5	순 단 면	
합성전 고정하중	4773.8	5133.6	4761.2	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	1630.9	1725.3	1693.8	바닥판 합성단면	
DB 활하중	4256.4	3571.1	4159.4		
DL 활하중	4595.6	3830.8	4500.4		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	4595.6	3830.8	4500.4		
합 계	19215.8	18905.2	19170.9		

② 지간지점부의 전단력 집계(kN)

구 분	G1	G2~G6	G7	저 항 단 면	비 고
거더 자중	725.9	725.9	725.9	순 단 면	
합성전 고정하중	379.1	397.8	378.1	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	186.2	138.4	190.6	바닥판 합성단면	
DB 활하중	416.4	412.3	401.0		
DL 활하중	426.7	403.6	411.7		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	426.7	412.3	411.7		
합 계	1717.9	1674.3	1706.2		

6) 응력검토

① G1거더 응력산출

㉠ G1거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.841

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-11.558	26.754	444.453	-1223.288	
계				2.246	16.184	444.453	-1223.288	
응력 검토				-1.410	±19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	7.458	-5.402	44.282	-31.005	
4	fal	0.920	0.737	0.819	-1.383	4.616	-8.276	
5	fll	2.592	2.077	2.308	-3.898	13.008	-23.322	
6	fsh	0.101	0.044	0.049	-0.641	0.100	3.935	
7	fcr	0.399	0.173	0.192	-2.531	0.397	15.544	
8	frgb	-0.038	-0.035	-0.039	0.004	-0.237	0.011	
9	frgs	0.041	0.018	0.020	-0.257	0.040	1.581	
10	f2	2.699	2.754	-5.110	1.361	-4.686	1.206	
계		6.714	5.768	7.943	3.435	501.976	-1263.613	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	15	15	15	15
P_{CT}	(kN)	-558.678	-558.678	1086.220	2651.469	2434.127	2543.053	±2653.027
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00208	0.00208	0.00208	±0.0021
fps	(MPa)	-444.453	-444.453	1118.777	1274.438	1169.972	1222.328	±1275.187
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.000
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

② G2~G6거더 응력산출

㉠ G2~G6거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.843

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-11.558	26.754	444.453	-1223.288	
계				2.246	16.184	444.453	-1223.288	
응력 검토				-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	8.020	-5.809	47.620	-33.342	
4	fal	0.960	0.768	0.853	-1.460	4.805	-8.738	
5	fll	2.132	1.705	1.895	-3.242	10.668	-19.401	
6	fsh	0.099	0.042	0.046	-0.638	0.087	3.921	
7	fcr	0.381	0.161	0.179	-2.469	0.335	15.165	
8	frgb	-0.038	-0.035	-0.038	0.004	-0.236	0.012	
9	frgs	0.040	0.017	0.019	-0.259	0.035	1.591	
10	f2	2.874	2.896	-5.392	1.436	-4.945	1.273	
계		6.448	5.555	7.828	3.747	502.822	-1262.808	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	15	15	15	15
P_{CT}	(kN)	-558.678	-558.678	1086.220	2651.469	2434.127	2543.053	2653.027
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00208	0.00208	0.00208	0.00208
fps	(MPa)	-444.453	-444.453	1118.777	1274.438	1169.972	1222.328	1275.187
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

③ G7거더 응력산출

㉠ G7거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.841

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-11.558	26.754	444.453	-1223.288	
계				2.246	16.184	444.453	-1223.288	
응력 검토				-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	7.439	-5.388	44.166	-30.923	
4	fal	0.957	0.767	0.852	-1.437	4.805	-8.598	
5	fll	2.543	2.038	2.264	-3.819	12.766	-22.844	
6	fsh	0.101	0.044	0.049	-0.641	0.102	3.937	
7	fcr	0.400	0.174	0.193	-2.527	0.403	15.523	
8	frgb	-0.038	-0.035	-0.039	0.004	-0.237	0.011	
9	frgs	0.041	0.018	0.020	-0.258	0.041	1.583	
10	f2	2.698	2.754	-5.094	1.357	-4.672	1.203	
계		6.702	5.759	7.930	3.474	501.828	-1263.397	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	15	15	15	15
P_{CT}	(kN)	-558.678	-558.678	1086.220	2651.469	2434.127	2543.053	2653.027
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00208	0.00208	0.00208	0.00208
fps	(MPa)	-444.453	-444.453	1118.777	1274.438	1169.972	1222.328	1275.187
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

7) 거더 안전성평가 결과

【표 2.4.29】 거더 안전성평가 결과

구 분		거더 응력 검토					
		바닥판		거더		PS강재	
		상연	하연	상연	하연	상연	하연
G1	응력	6.714	5.768	7.943	3.435	501.976	-1263.613
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	-
	안전율	1.609		2.266		**1.548**	
G2~G6	응력	6.448	5.555	7.828	3.747	502.822	-1262.808
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	1.675		2.299		**1.545**	
G7	응력	6.702	5.759	7.930	3.474	501.828	-1263.397
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	1.611		2.270		**1.548**	

다. 안전성평가 결과

바닥판 및 거더의 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 “A”로 검토되었다.

【표 2.4.30】 안전성 평가 결과

	구 분	캔틸레버부	중앙부	
바닥판	안전율	1.147	-	
	최소안전율	**S.F = 1.147**		
거 더	구 분	**G1**	**G2~G6**	**G7**
	안전율	1.548	1.545	1.548
	최소안전율	**S.F = 1.545**		

3.2.4 내하력평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

가. 개요

1) 강도설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서, ϕM_n = 설계휨강도 M_d = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$ = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d = 고정하중 계수 (1.30) γ_ℓ = 활하중 계수 (2.15)

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수 P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24)

2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서, f_ℓ = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

f_a = 재료의 허용응력 f_d = 고정하중 응력

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수

P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

나. 기본내하율 산정

【표 2.4.31】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과

구 분		ϕMn(kN·m)	M_d(kN·m)	$M_l(1+i)$(kN·m)	기본내하율(RF)
바닥판	켄틸레버	91.703	12.230	14.678	2.402
	-	-	-	-	-

【표 2.4.32】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과

구 분		허용응력 (f_a)(MPa)	고정하중응력 (f_d)(MPa)	활하중응력 (f_l)(MPa)	기본내하율 (RF)	비고
G1	상연	18.000	5.635	2.308	5.357	
	하연	-3.162	7.333	-3.898	**2.692**	
G2~G6	상연	18.000	5.933	1.895	6.368	
	하연	-3.162	6.989	-3.242	**3.131**	
G7	상연	18.000	5.666	2.264	5.448	
	하연	-3.162	7.293	-3.819	**2.738**	

다. 내하력평가 결과

【표 2.4.33】 공용내하력 산정결과

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	G1	2.119	2.691	5.702	DB, DL-24 이상
	G2~G6	2.119	3.131	6.635	DB, DL-24 이상
	G7	2.119	2.738	5.802	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

3.3 종합평가 및 안전등급

3.3.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

병천천교의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.4.34】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

3.3.2 안전등급 지정

병천천교에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.4.35】 병천천교 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	병천천교	A등급(우수)

3.4 종합결론

병천천교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적이고도 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

제5장 용두천교

5.1 시설물의 개요

5.2 현장조사 및 시험

5.3 상태평가

5.4 교량 재하시험

5.5 안전성평가 및 내하력평가

5.6 종합평가 및 안전등급

5.7 종합결론

제5장 용두천교

5.1 시설물의 개요

5.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 용두천교에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

【표 2.5.1】 과업대상 시설물의 개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		용두천교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 3@45.0 = 135.0m			
	폭	B = 24.470m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:ㅠ형		교각	말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		Finger Joint
교차시설물		하천(용두천)	통과높이		-
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

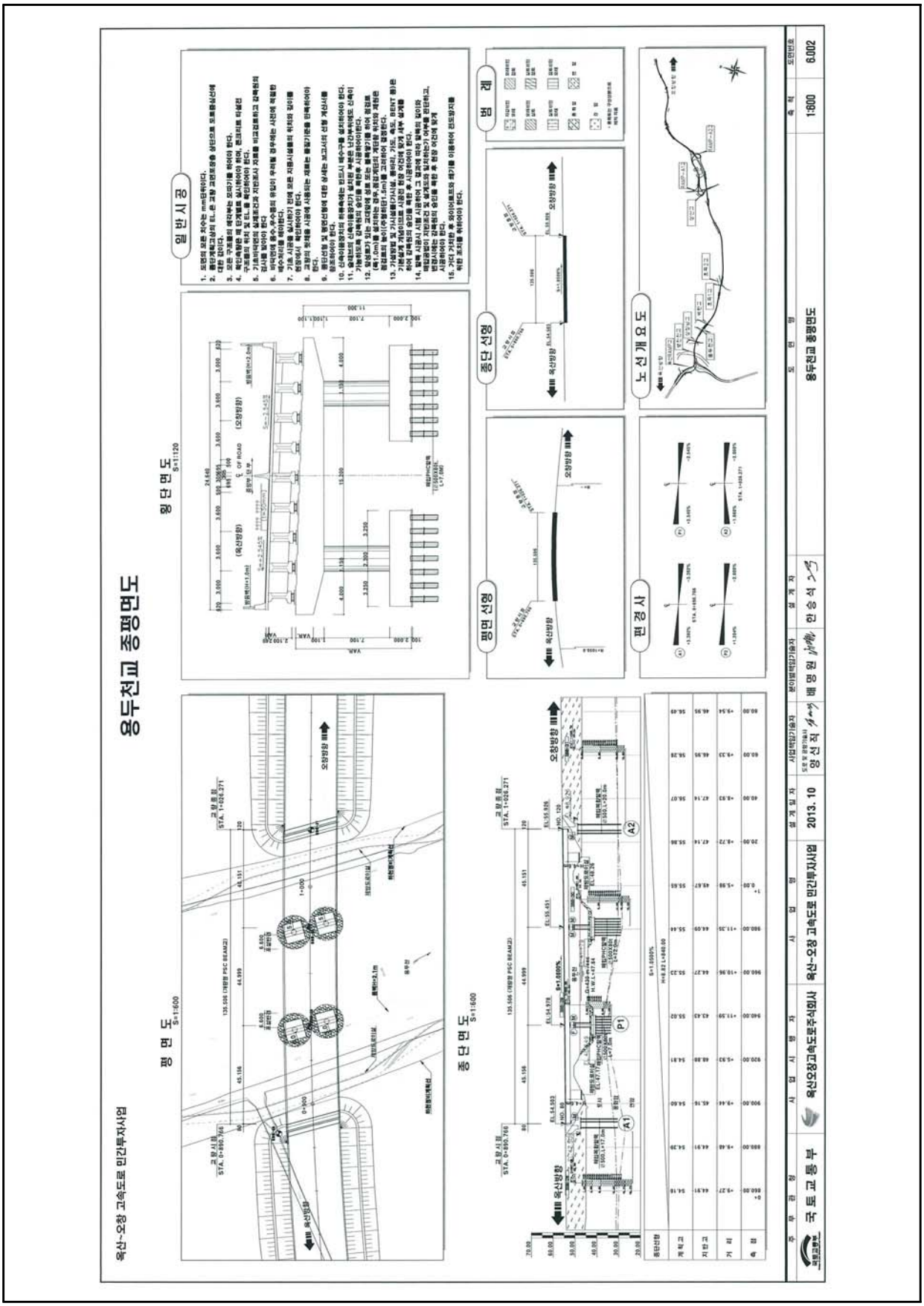


상면전경

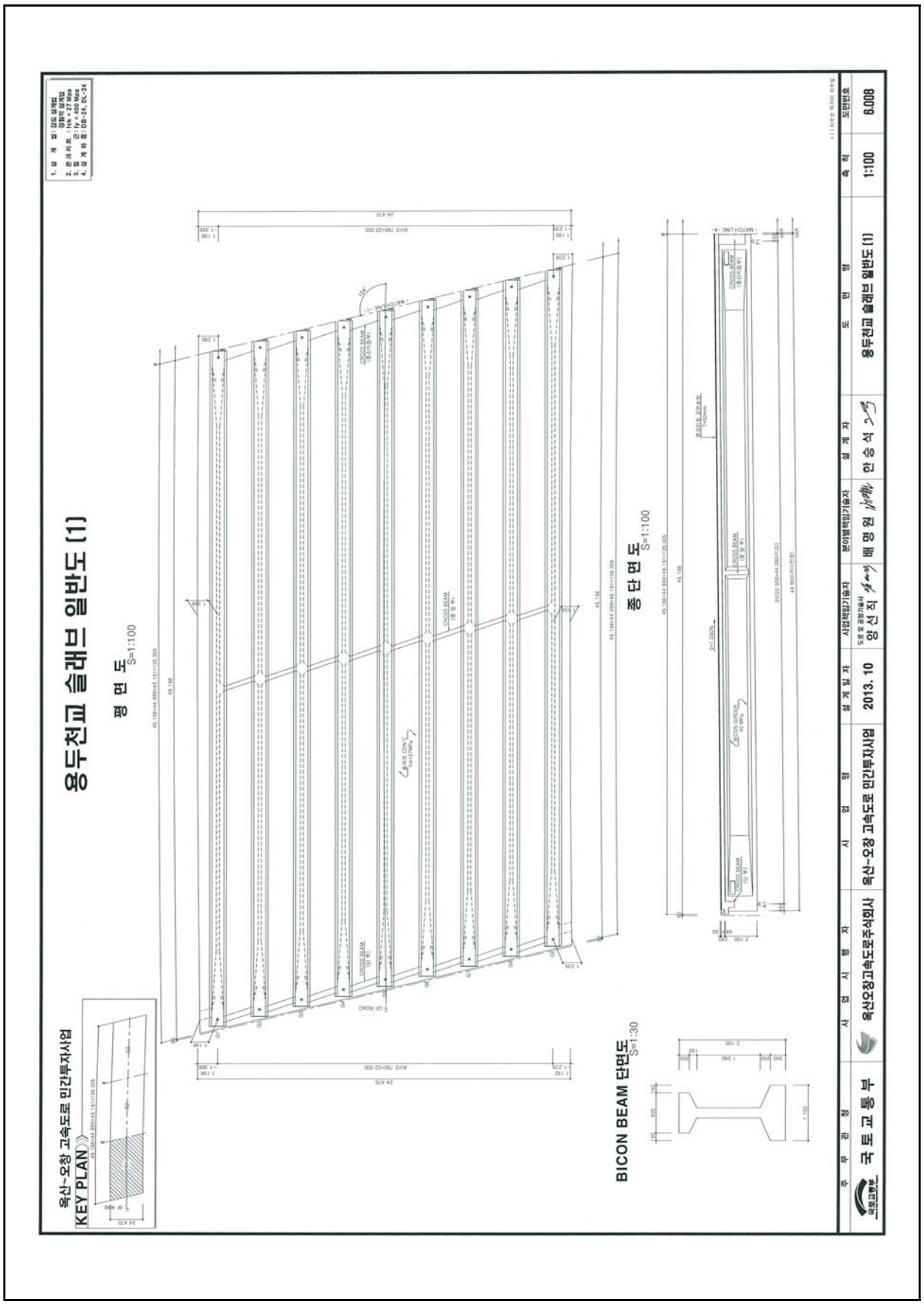


측면전경

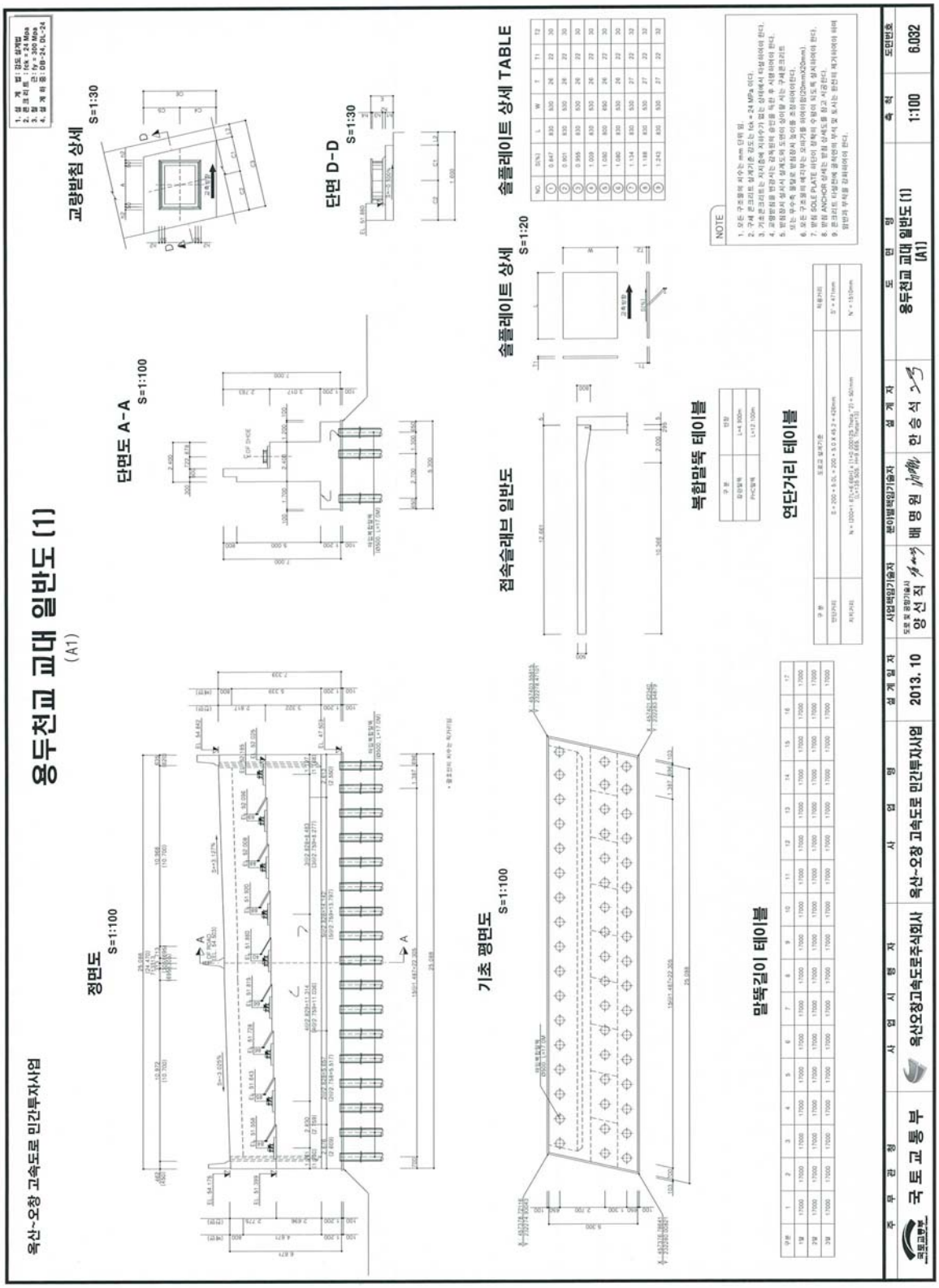
5.1.2 관련도면



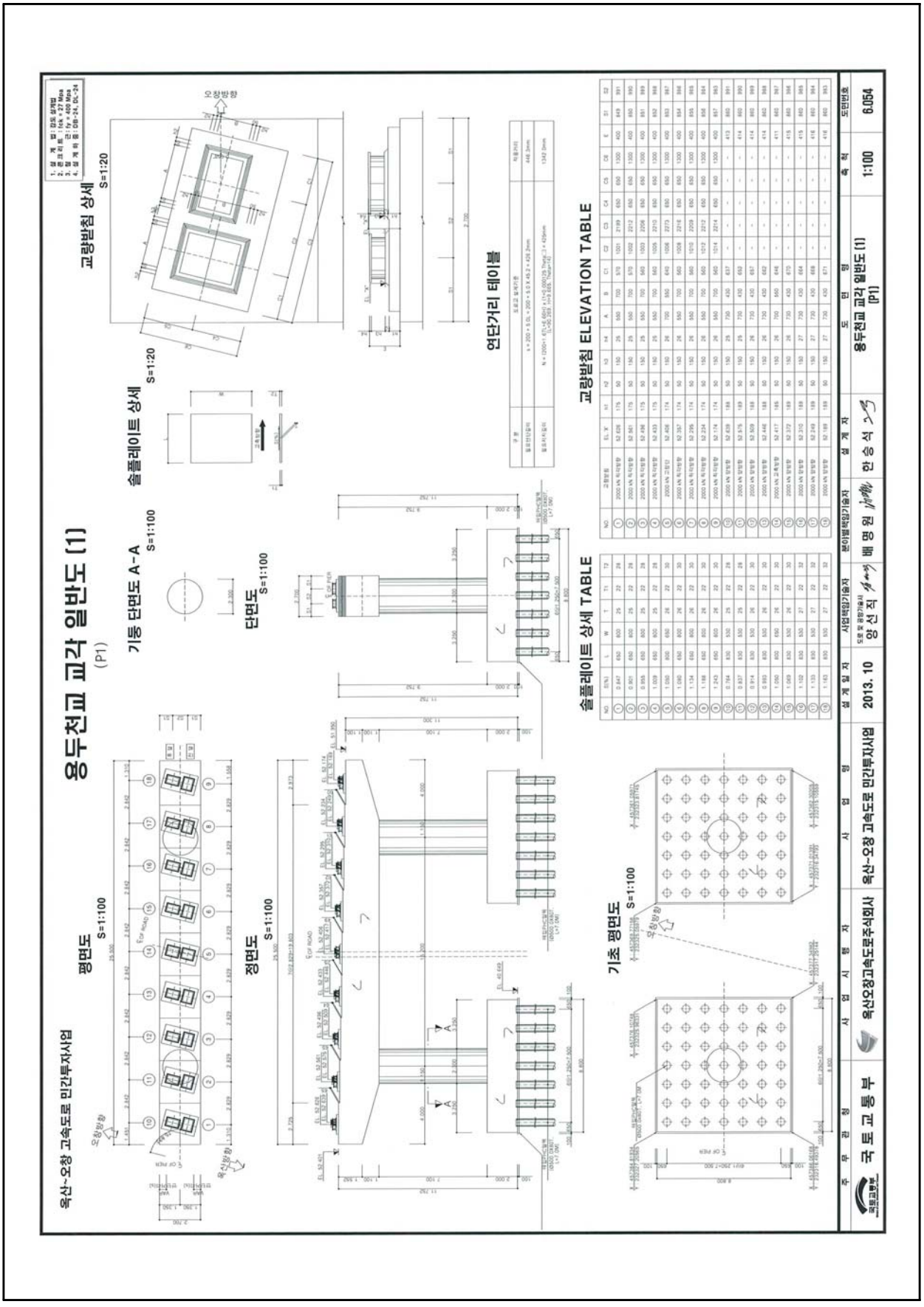
【그림 2.5.1】 종평면도



【그림 2.5.2】 슬래브 일반도



【그림 2.5.3】 교대(A1) 일반도



【그림 2.5.4】 교각(P1) 일반도

5.2 현장조사 및 시험

5.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 용두천교에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교면포장 상태양호



교면포장 상태양호

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



배수구 상태양호



배수관 설치상태 양호

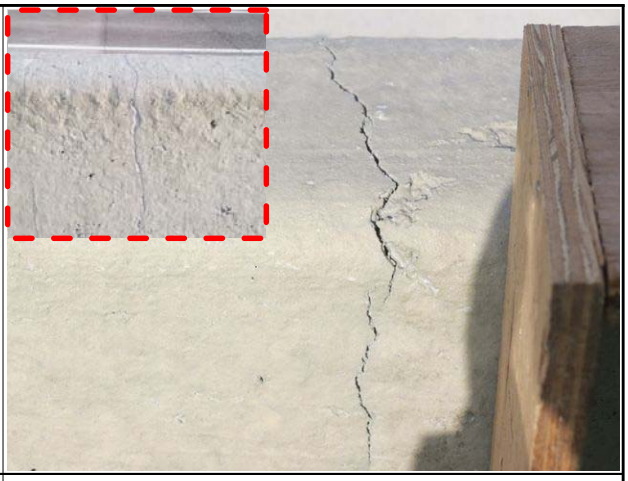
다. 난간 및 연석

본 교량의 외측 방호벽 및 중앙분리대는 철근콘크리트 구조로 시공되어있다. 방호벽 및 중앙분리대에 대한 외관조사 결과, 일부 구간에서 균열(폭 0.3mm미만 및 이상)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
방호벽	균열(폭 0.3mm미만)	4.0m/2ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	2.0m/1ea	보수완료
중앙분리대	균열(폭 0.3mm미만)	2.0m/1ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	67.2m/50ea	보수완료



방호벽 균열(폭 0.mm미만)(보수완료)



중앙분리대 균열(폭 0.3mm)(보수완료)

라. 신축이음

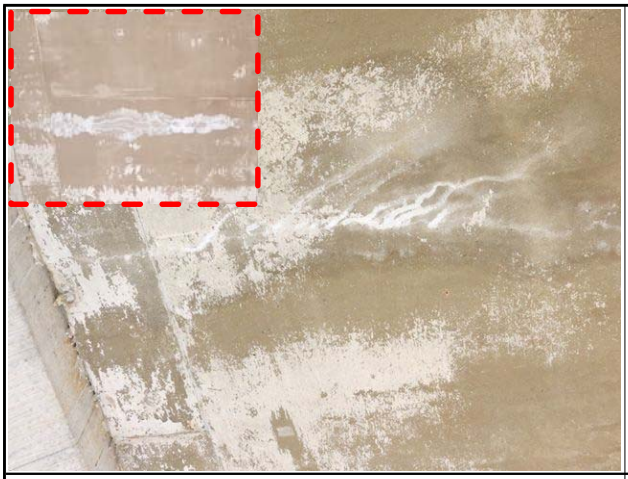
본 교량의 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동상태도 양호한 것으로 나타났다.

	
신축이음 상태양호(A1)	신축이음 상태양호(A2)

마. 바닥판 하면

바닥판 철근콘크리트 구조로 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과, 균열부 백태의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
바닥판	균열부 백태	66.0m/33ea	보수완료

	
바닥판 하면 균열부 백태(보수완료)	바닥판 하면 균열부 백태(보수완료)

바. 거더

본 교량의 거더는 Bicon Girder형식이며, 거더에 대한 외관조사 결과, 특별한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

	
거더 상태양호	거더 상태양호

사. 가로보

본 교량의 가로보는 철근콘크리트로 시공되어 있다. 가로보에 대한 외관조사 결과 콘크리트의 균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조

로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

본 교량의 받침장치는 탄성받침 형식으로 총 54개소(9개소/교대 1EA당, 18개소/교각 1EA당)가 설치되어 있으며, P1에 고정단이 설치되어 있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받침 본체 및 받침콘크리트에 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교량받침 상태 양호

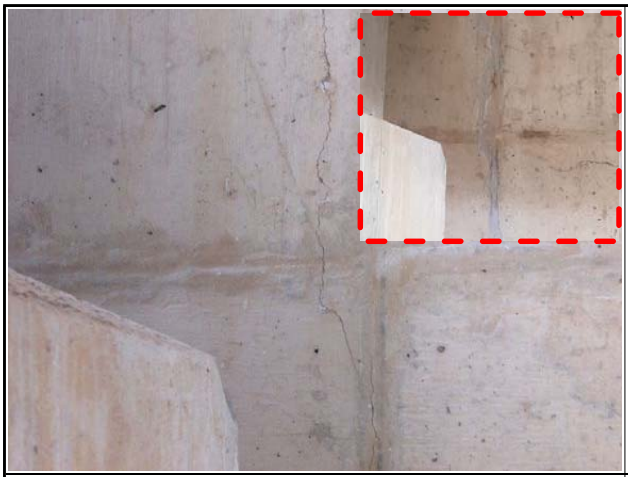


교량받침 상태 양호

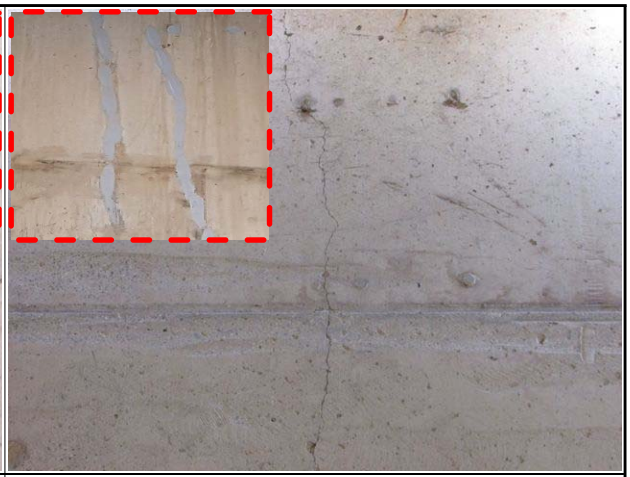
자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 교대에 대한 외관조사 결과, 균열(폭 0.3mm미만 및 이상)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교대	균열(폭 0.3mm미만)	6.70m/10ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	19.0㎡/8ea	보수완료



교대 A1 균열(폭 0.3mm)(보수완료)

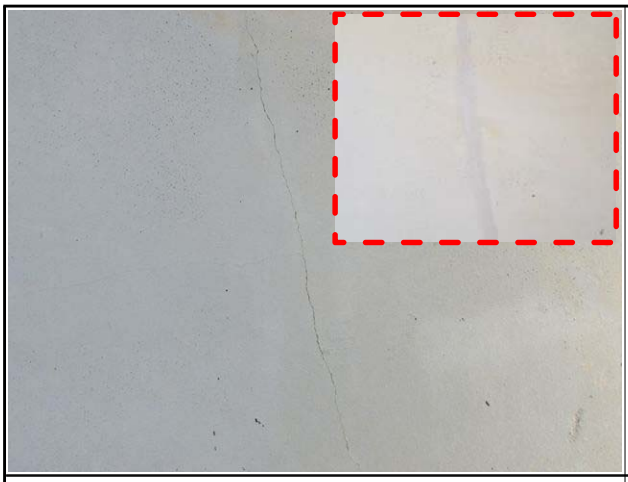


교대 A1 균열(폭 0.3mm)(보수완료)

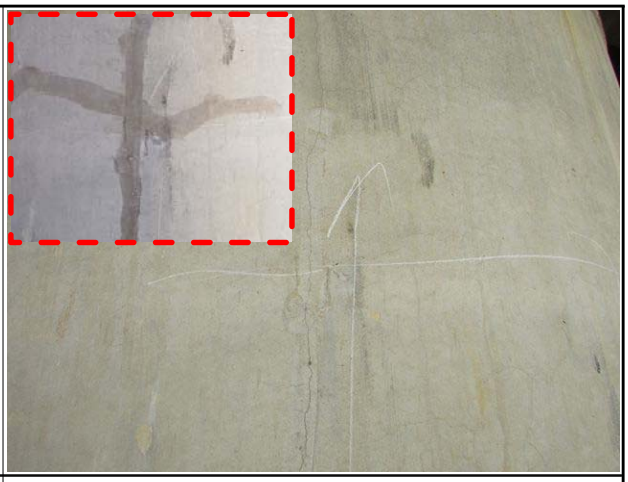
차. 교각

교각은 ㅠ형식으로 시공되어 있다. 교각에 대한 외관조사결과, 균열(0.3mm미만 및 이상), 망상균열 등의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교각	균열(폭 0.3mm미만)	32.1m/43ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	5.5m/2ea	보수완료
	망상균열	29.5㎡/7ea	보수완료



교각 균열(폭0.3mm)(보수완료)

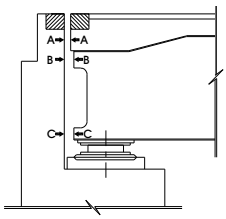


교각 망상균열(보수완료)

5.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

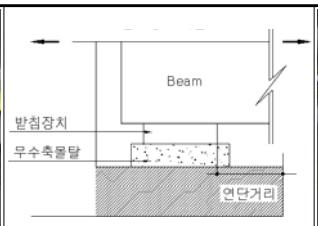
부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법



유간거리 측정전경



연단거리 측정방법



연단거리 측정전경

【그림 2.5.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.5.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 11일		
온도변화 범위	-15℃ ~ +40℃(한냉지방)	선팽창 계수(α)	1.0×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (콘크리트교=1/300)		
주형높이(h)	2,100m		
지간장(L)	45.0m(S1, S2, S3)		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 한냉지방, 콘크리트교 : -15~+40℃ 적용

※ 유간 측정일 기온이 온도변화 범위(보통지방)를 초과하여 한냉한지방의 온도범위로 적용함.

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(-9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-15℃)=5.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=45.0m)

{[A1지점] = 45.0m, [A2지점] = 90.0m}

▷ A1지점 = (22.19mm - 신장 / 2.57mm - 수축)

▷ A2지점 = (44.37mm - 신장 / 5.13mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 (Δℓt)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.5.3】 유간거리 검토결과

위치		계산 신축량 (mm)			용두천교		
					측정유간 (mm)	판정	
		Δℓt	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A1	신장	22.19	5.0	27.19	60.0	OK	OK
	수축	2.57	5.0	7.57	20.0	OK	OK
A2	신장	44.37	5.0	49.37	82.0	OK	OK
	수축	5.13	5.0	10.13	38.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A1=80㎜, A2=120㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이

* 45.0m : S = 200 + (5 × 45.0) = 425.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 470㎜~550㎜로 도로교 설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 425.0㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.5.4】 연단거리 측정결과

구 분			실측거리(mm)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(mm)	평 가
병천천교	A1		500	45	425	O.K
	P1	A1측	480~500	45	425	O.K
		A2측	500~520	45	425	O.K
	P2	A1측	470~500	45	425	O.K
		A2측	480~500	45	425	O.K
	A2		550	45	425	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.5.5】 교량받침 이동량 측정결과

측정당시 온도		3.3℃ (2017년 11월 20일)				교량받침 종류		탄성받침			
구분		가동단 변위량(mm)									허용이동량 (mm)
		SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	SH8	SH9	
A1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	±144
P1		Fix									-
P2	A1측	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	±72
	A2측	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	±72
A2		↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	±144

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.3℃(2017년 11월 20일)

2) 온도변화 : -5℃~35℃(콘크리트교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 35℃-(3.3℃)=31.7℃(신장), 3.3℃-(-5℃)=8.3℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=90.0m, 45.0m)

위 치	신축길이(m)	이론신축량		비 고
		신장량(mm)	수축량(mm)	
A1, P2	45.0	14.27	3.74	
A2	90.0	28.53	7.41	

【표 2.5.6】 교량 받침 이동량 검토

구 분		신축장 (mm)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판정
			신장	수축	신장	수축	
A1		45,000	14.27	3.74	144	144	O.K
P2	A1측	45,000	14.27	3.74	77	67	O.K
	A2측	45,000	14.27	3.74	77	67	O.K
A2		90,000	28.53	7.47	159	129	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▶검토결과 : 온도 3.3℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.

5.2.3 내구성조사

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대, 교각의 총 5개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.5.7】 반발경도시험 결과

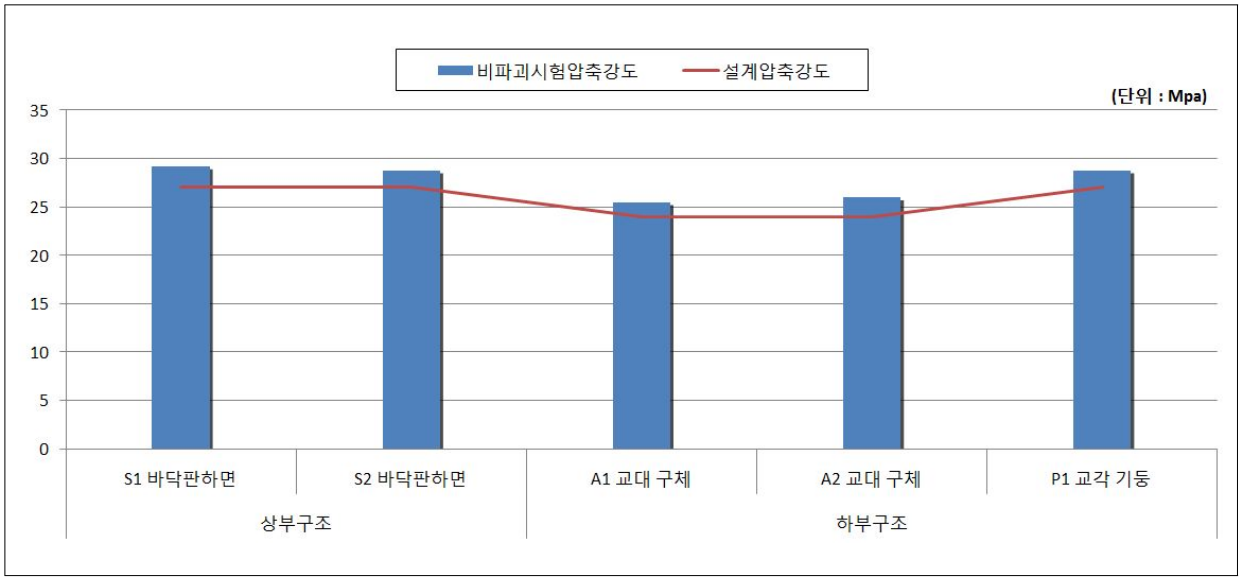
구 분		설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
상부구조	바닥판	27.0	28.8 ~ 29.2	106.7 ~ 108.1
하부구조	교 대	24.0	25.5 ~ 26.0	106.3 ~ 108.3
	교 각	27.0	28.8	106.7

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.5.8】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치		평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	재령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (MPa)	설계압축강도(MPa)
상부구조	S1 바닥판하면	50.7	-3.1	47.6	0.67	28.4	30.0	29.2	27.0
	S2 바닥판하면	50.1	-3.1	47.0	0.67	27.9	29.7	28.8	27.0
하부구조	A1 교대 구체	42.6	0	42.6	0.66	23.8	27.1	25.5	24.0
	A2 교대 구체	43.4	0	43.4	0.66	24.5	27.5	26.0	24.0
	P1 교각 기둥	48.2	0	48.2	0.65	28.1	29.4	28.8	27.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.5.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.5.9】 철근탐사시험 결과

탐사위치		배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	S2 바닥판하면	주 철 근	@200	48	≒@200	≒45
		배력철근	@250	32	≒@250	≒30
	S3 바닥판하면	주 철 근	@200	48	≒@200	≒50
		배력철근	@250	32	≒@250	≒35
하부구조	교대 A1 구체	수직철근	@250	90.5	≒@250	≒90
		수평철근	@150	71.5	≒@150	≒70
	교대 A2 구체	수직철근	@250	90.5	≒@250	≒100
		수평철근	@300	71.5	≒@300	≒80
	P1 교각 기둥	수직철근	@125	87.5	≒@125	≒90
		수평철근	@300	65.5	≒@300	≒70

5.3 상태평가

5.3.1 상태평가 결과

본 용두천교에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 **『A등급』**으로 평가되었다.

【표 2.5.10】 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
3	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
4	개량형 PSC BEAM	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.5.11】 상태평가 결과표

교 량 명	용두천교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	135.0	4	540.0	1.000	0.100
합계(Σ)			135.0		540.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

5.4 교량 재하시험

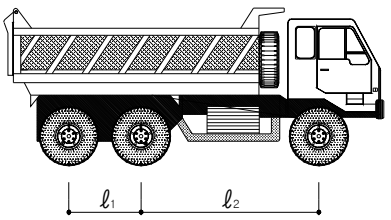
5.4.1 개 요

가. 현장시험의 개요

구 분		내 용
시험일자		2017. 12. 21
시험시간		PM 01:00 ~ PM 03:00
시험위치		S3(최대 정모멘트가 작용하는 지점)
재하시험차량 대수		2대
하중 경우 수	정적재하시험	Load Case 1~4 (4회)
	동적재하시험	10km/hr ~ 80km/hr

나. 재하시험 차량의 제원 및 하중

대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62~64%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN, 276.00kN 트럭 2대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

차 량 제 원	계량증명서
	

구 분	재하차량 제원(m)			
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
15ton 덤프트럭	1.30	3.20	2.10	1.85
구 분	**총 중 량 (kN)**	**전륜축중량 (kN)**	**중륜축중량 (kN)**	**후륜축중량 (kN)**
1호차 - 덤프트럭 (5328)	269.10	79.80	94.65	94.65
2호차 - 덤프트럭 (7001)	276.00	79.80	98.10	98.10

다. 교량 재하시험 사진

<table>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td>변형률계 설치 현황</td><td>처짐계 설치 현황</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가속도계 설치 현황</td><td>재하시험 계측 전경</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>정적 재하시험 전경</td><td>동적 재하시험 전경</td></tr>
</table>

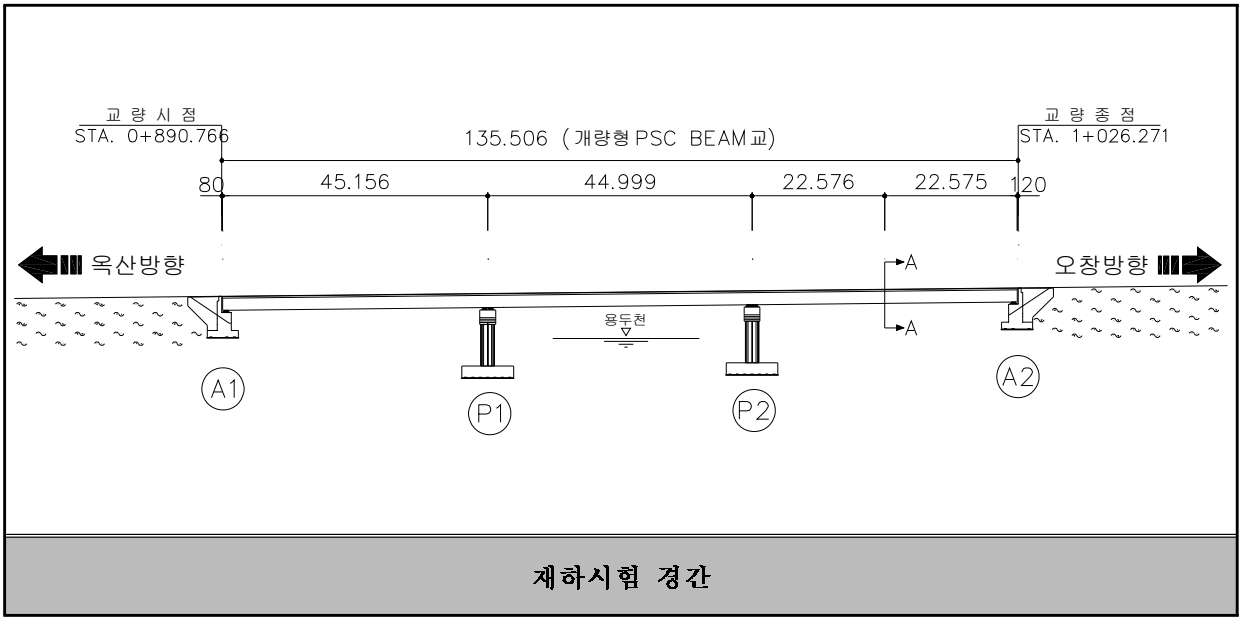
라. 계측센서 사양 및 수량

구분	센서명	모델명	사 양	수량(ea)
계측센서	콘크리트 변형률게이지	PL-60 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20~+80℃ • 형식 : 전기저항식	6
	처짐계	OU-30	• 범위 : ±30mm • 민감도: ($x10^{-6}$/mm) : 1000 • 허용온도범위 : 0~+60℃ • 형식 : 전기저항식	5
	가속도계	ARF-20A	• 용량 : 2.04g • 응답주파수 : 80hz • 고유주파수 : 150hz • 형식 : 전기저항식	1
소 계				12
측정장비	정, 동적 시험장비	DRA-30A	• 측정점수 : 30채널 • 측정대상 : Dynamic Strian, 전압 • 각 채널별 112k word 데이터메모리 탑재 (정적스트레인측정시 30000scans)	1
소 계				1

마. L/C별 재하시험 방법

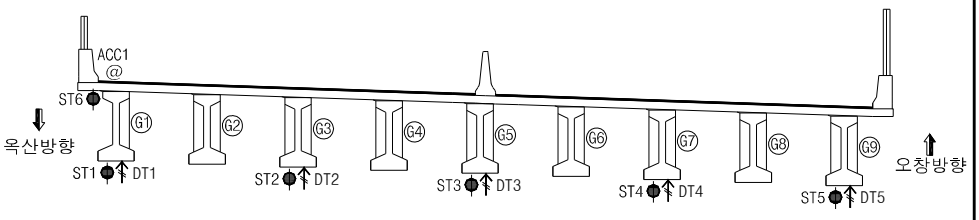
재하시험 위치	재하목적	비 고
외측경간(S3)	· 최대 정모멘트가 작용하는 지점	

바. 계측센서 설치도



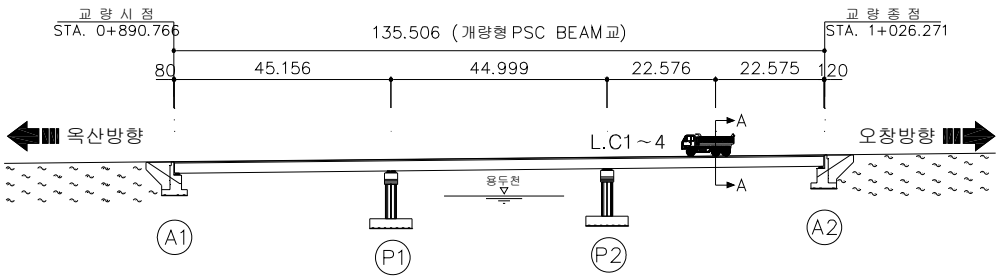
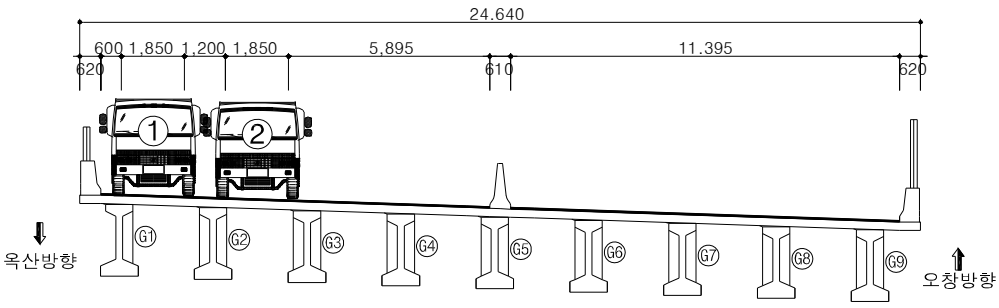
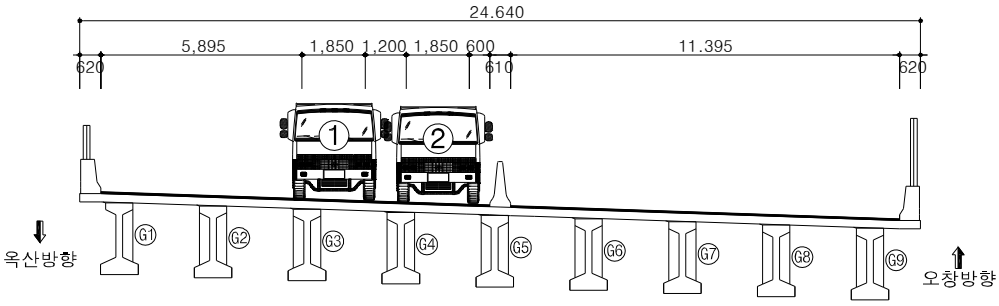
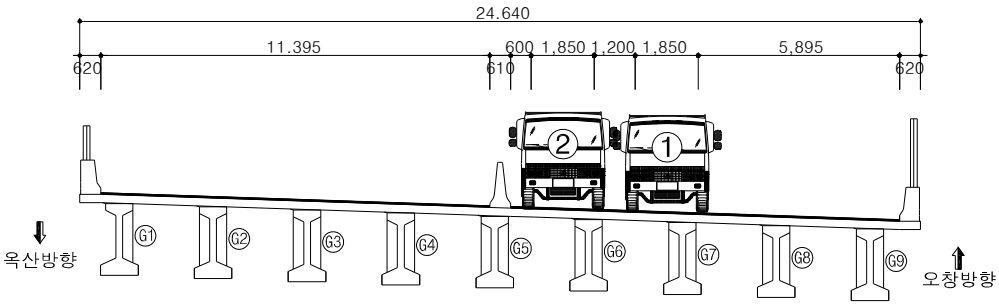
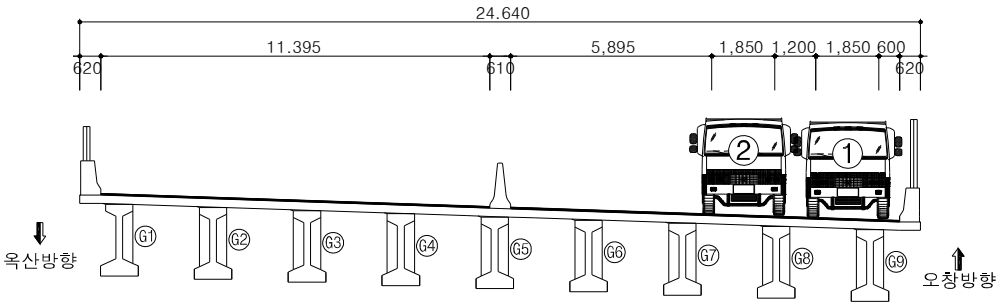
재하시험 경간

A-A단면 부착위치

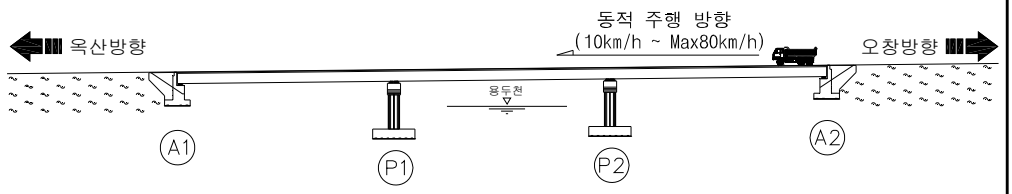
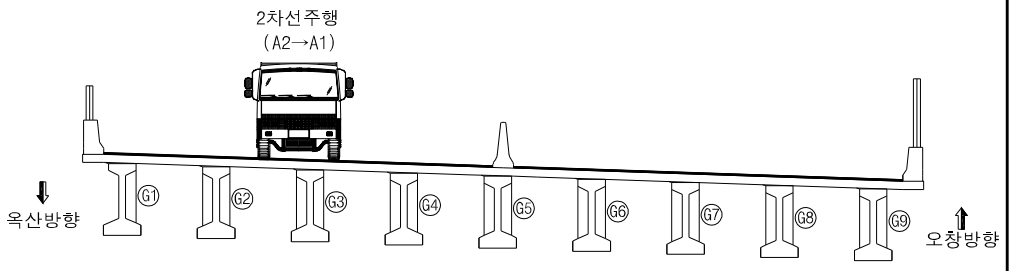


구 분	계측기명	설치수량	비 고
●	콘크리트 변형률계	6	교축방향
↑	처짐계	5	연직방향
@	가속도계	1	연직방향
계측센서 총 수량		12	

사. 정적 재하시험 LOAD CASE

종방향 재하위치	
L.C 1	
L.C 2	
L.C 3	
L.C 4	

아. 동적 재하시험 LOAD CASE

차량주행방향	
주행위치	

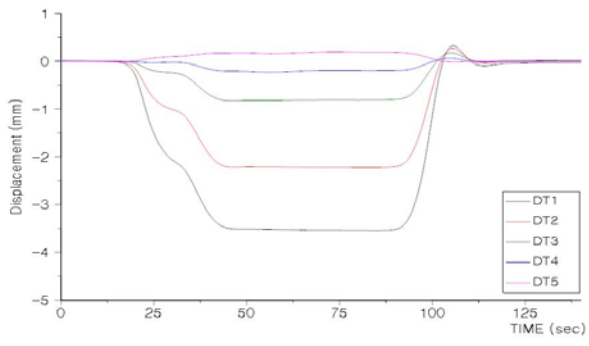
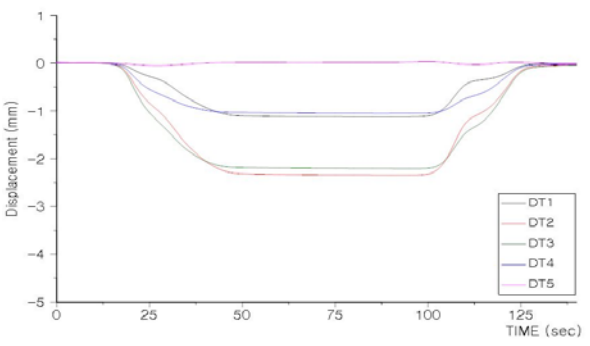
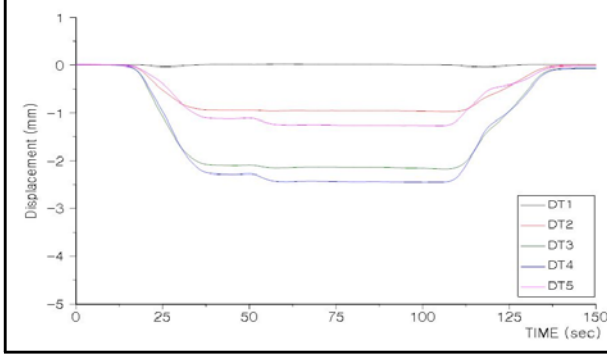
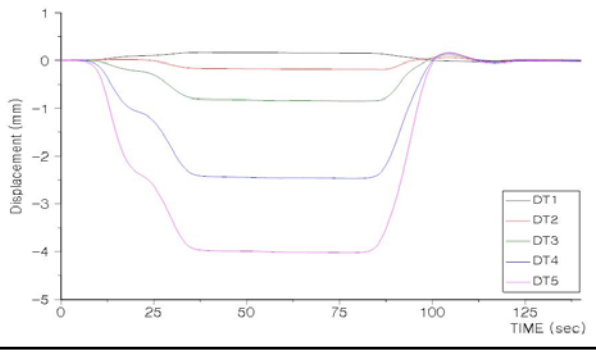
재하경우	주행방향	주행위치	비 고
10km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
20km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
30km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
40km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
50km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
60km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
80km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대

5.4.2 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

가. 재하시험에서 측정된 계측DATA

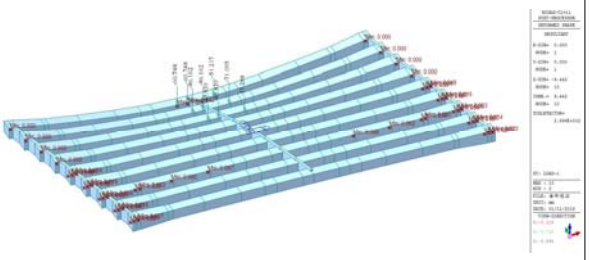
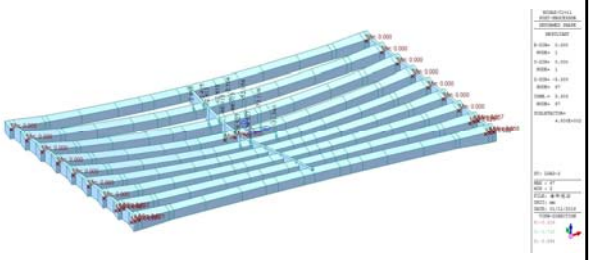
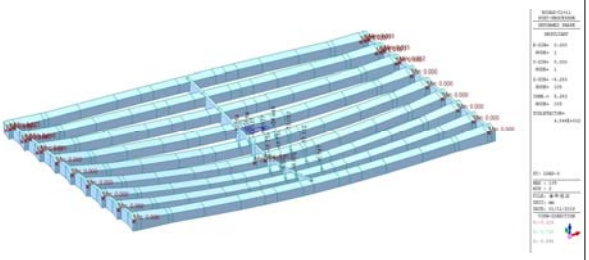
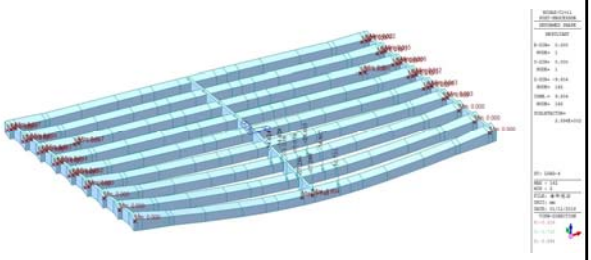
구 분	L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	비 고
ST1	38.95	10.45	-1.90	-1.92	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST2	22.80	21.85	9.50	1.91	
ST3	7.60	20.90	19.95	7.40	
ST4	3.80	9.50	20.88	18.05	
ST5	-2.85	-1.90	9.62	40.85	
ST6	-7.60	-4.75	0.00	0.12	
DT1	-3.536	-1.123	0.010	0.154	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT2	-2.223	-2.340	-0.953	-0.182	
DT3	-0.813	-2.203	-2.140	-0.838	
DT4	-0.197	-1.047	-2.440	-2.460	
DT5	0.189	0.014	-1.259	-4.011	

L.C1 처짐	L.C2 처짐
	
L.C3 처짐	**L.C4 처짐**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

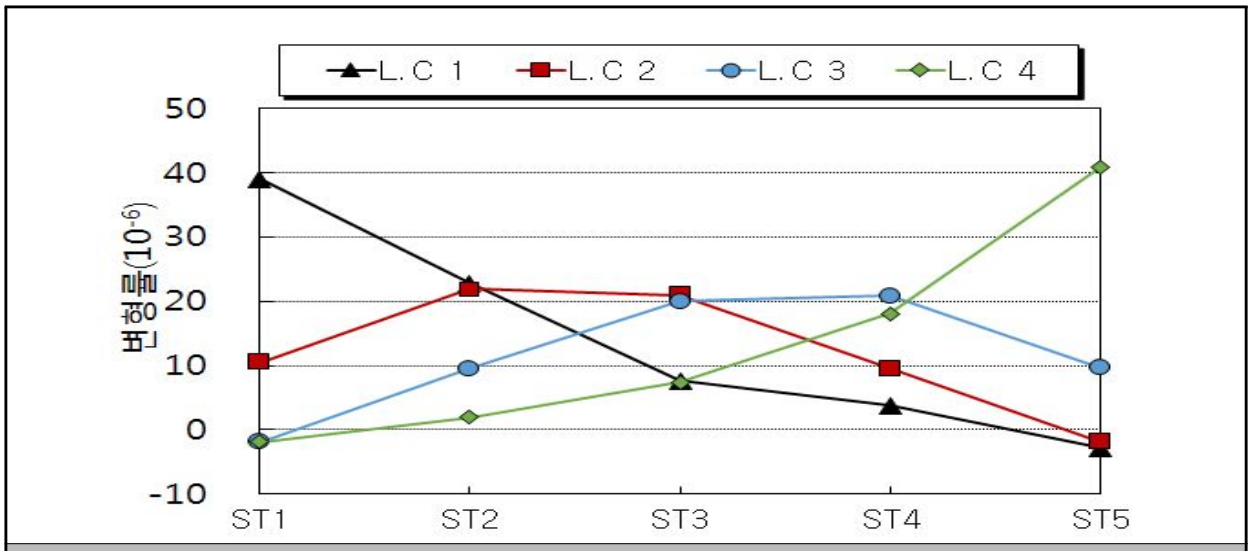
나. 구조해석에 의한 변위량

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	비 고
G1(DT1)	-9.442	-2.294	0.622	0.717	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
G3(DT2)	-5.241	-4.954	-1.690	0.187	
G5(DT3)	-1.554	-4.571	-4.414	-1.397	
G7(DT4)	0.112	-1.829	-5.047	-5.152	
G9(DT5)	0.724	0.582	-2.592	-9.804	

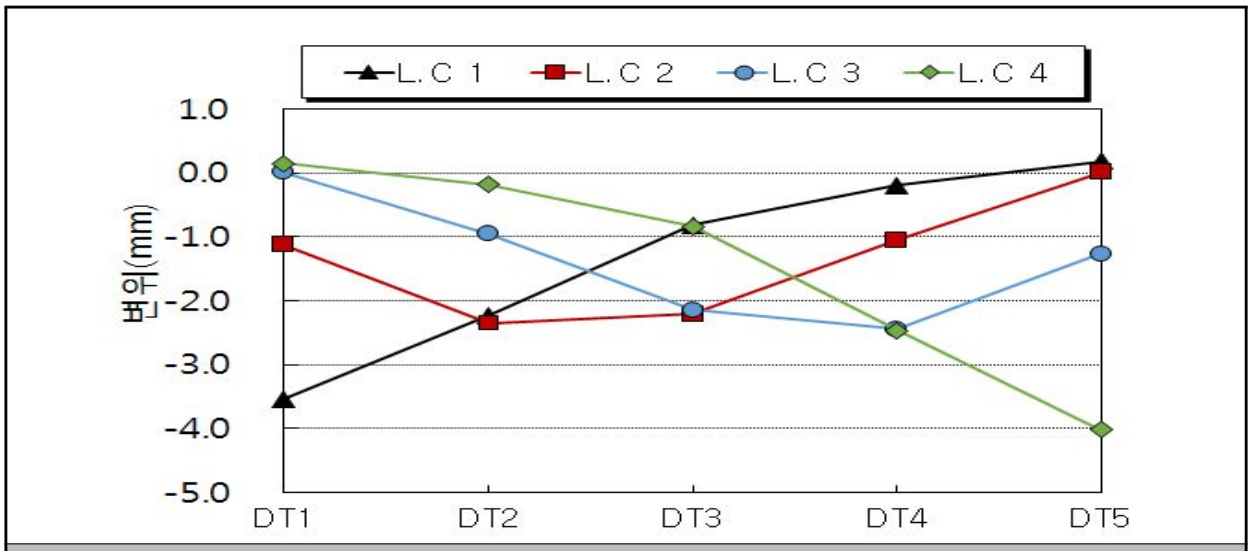
L.C1 하중재하 및 처짐	L.C2 하중재하 및 처짐
	
L.C3 하중재하 및 처짐	**L.C4 하중재하 및 처짐**
	

다. 하중 횡분배 검토 결과

거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단면응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 하중 횡분배는 대체로 대칭성을 보이고 있는 양호한 것으로 평가되었다.



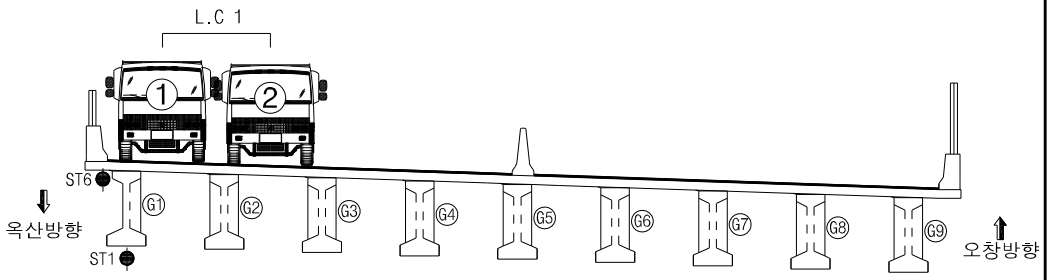
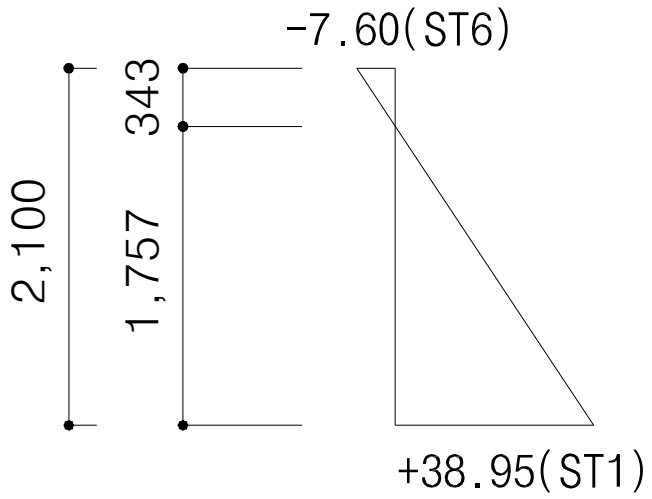
변형율 횡분배 현황



처짐 횡분배 현황

라. 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

<table>
<tr><th>구 분</th><th>L.C 1</th></tr>
<tr><td>재하위치</td><td>
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">중립축</td><td>L.C 1(3경간 - G1)</td></tr>
<tr><td>
</td></tr>
<tr><td><table>
<tr><th>구분</th><th>이론중립축위치
(mm)</th><th>실측중립축위치
(mm)</th></tr>
<tr><td>3경간</td><td>1,374</td><td>1,757</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>검토 의견</td><td>* 실측중립축이 이론중립축 대비 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.</td></tr>
</table>

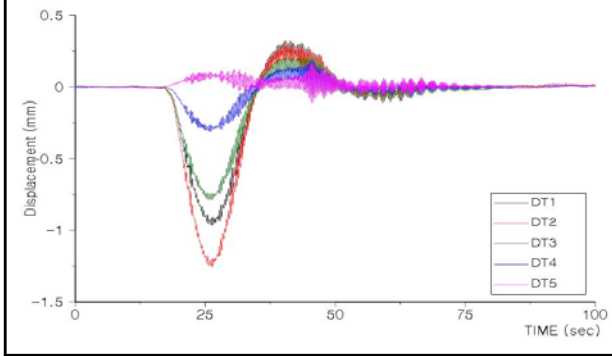
5.4.3 동적 재하시험 결과

가. 동적처짐

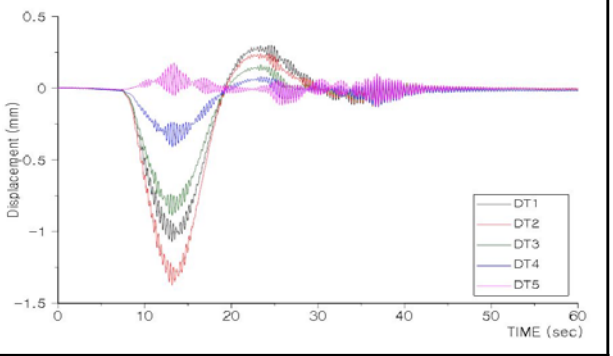
동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

구 분		주행속도 (km/h)							비고
		10	20	30	40	50	60	80	
3경간	G1(DT1)	-0.970	-1.074	-0.968	-1.034	-1.061	-1.124	-1.161	단위 : ㎜
	G3(DT2)	-1.255	-1.373	-1.275	-1.305	-1.341	-1.420	-1.457	
	G5(DT3)	-0.788	-0.890	-0.822	-0.846	-0.874	-0.954	-0.938	
	G7(DT4)	-0.314	-0.412	-0.338	-0.396	-0.375	-0.466	-0.413	
	G9(DT5)	-0.114	-0.125	-0.103	-0.173	-0.220	-0.242	-0.103	

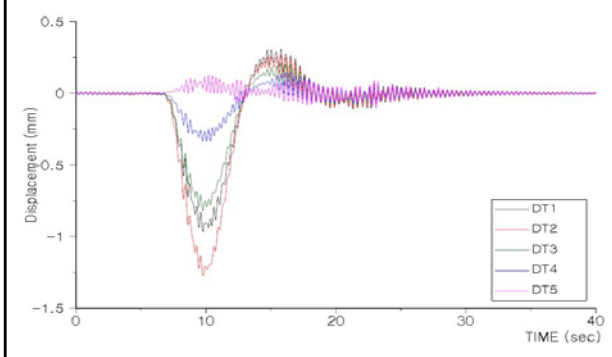
10km/hr



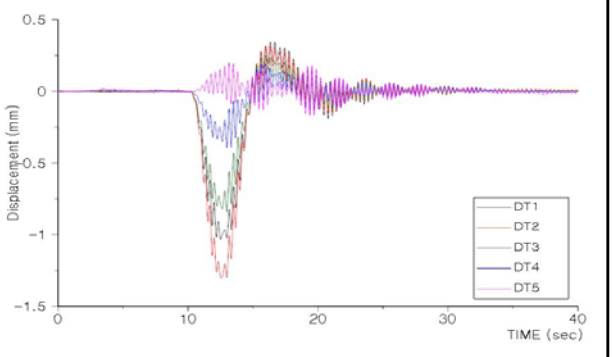
20km/hr



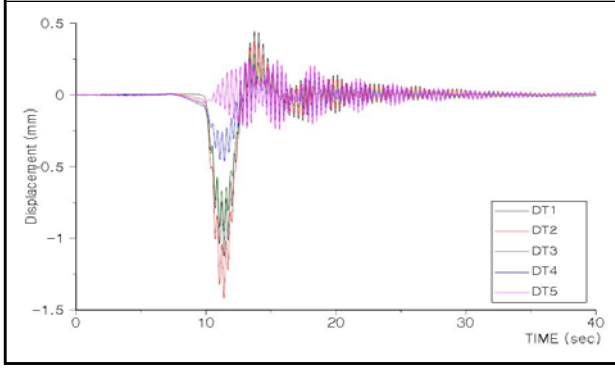
30km/hr



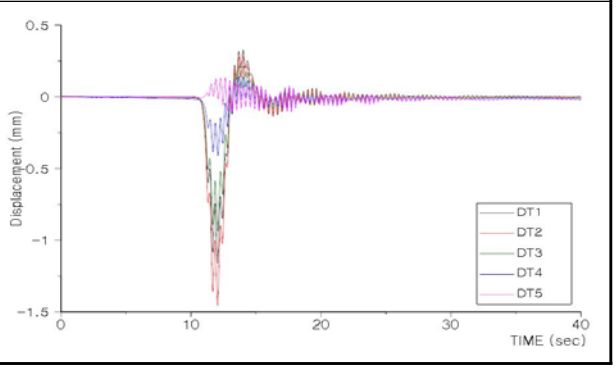
40km/hr



60km/hr



80km/hr



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

나. 충격계수 산정 결과

1) 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

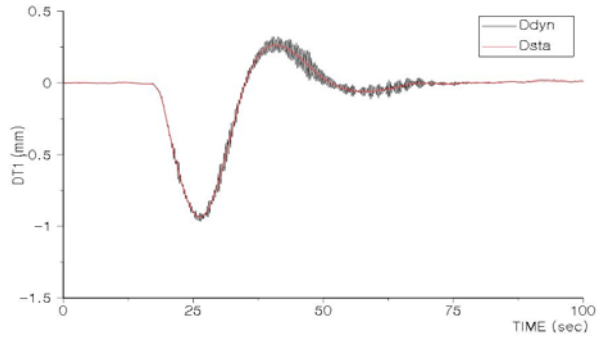
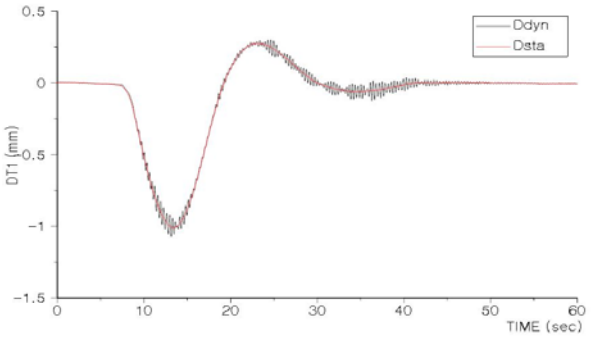
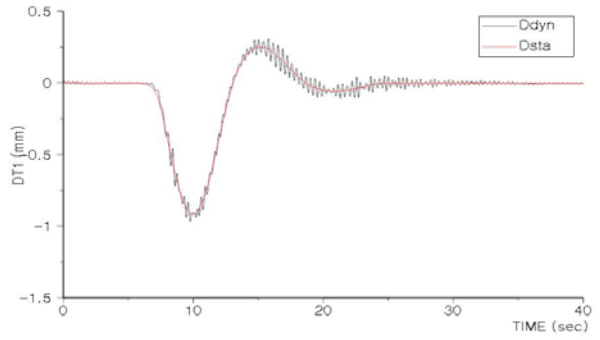
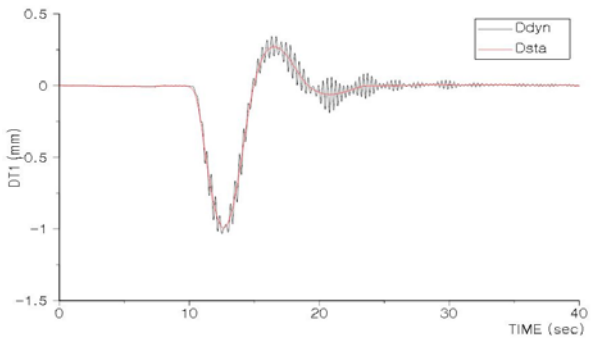
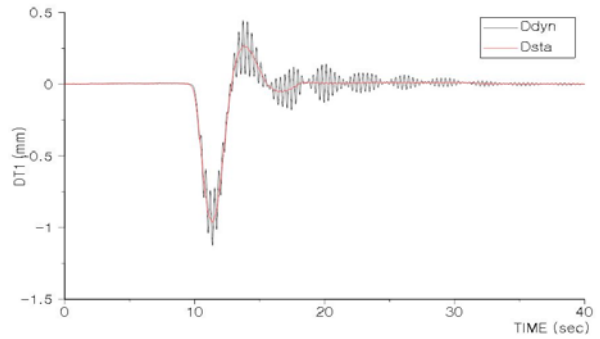
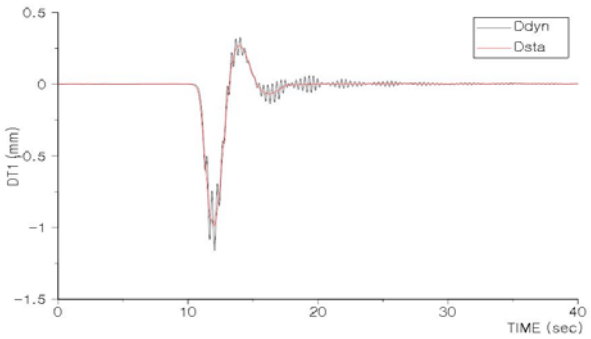
· 실측충격계수 i = (D－1)

여기서, D $=(\delta_{\mathrm{dynamic}})_{\max}/(\delta_{static})_{\max}$

구 분			주행속도 (km/h)							대표 충격계수
			10	20	30	40	50	60	80	
3경간	DT1	$\delta_{dyn(max)}$	-0.970	-1.074	-0.968	-1.034	-1.061	-1.124	-1.161	**0.173**
		$\delta_{sta(max)}$	-0.936	-1.009	-0.916	-0.992	-0.945	-0.966	-0.989	
		충격계수(i)	0.036	0.064	0.057	0.043	0.123	0.164	**0.173**	
	DT2	$\delta_{dyn(max)}$	-1.255	-1.373	-1.275	-1.305	-1.341	-1.420	-1.457	**0.159**
		$\delta_{sta(max)}$	-1.223	-1.305	-1.217	-1.260	-1.243	-1.248	-1.257	
		충격계수	0.026	0.052	0.047	0.036	0.079	0.138	**0.159**	
	DT3	$\delta_{dyn(max)}$	-0.788	-0.890	-0.822	-0.846	-0.874	-0.954	-0.938	**0.172**
		$\delta_{sta(max)}$	-0.764	-0.818	-0.773	-0.776	-0.783	-0.824	-0.801	
		충격계수	0.031	0.088	0.063	0.090	0.115	0.159	**0.172**	
계측결과			• 계산충격계수 : i = 15/(40+L) = **0.176**(3경간, L=45.151) • 실측충격계수 : 3경간-**0.173**(80km, DT1)							

2) 산정 결과

동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 G1~G5의 상부를 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT1, DT2, DT3(3경간)을 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.173으로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계기준 0.176보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행 시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

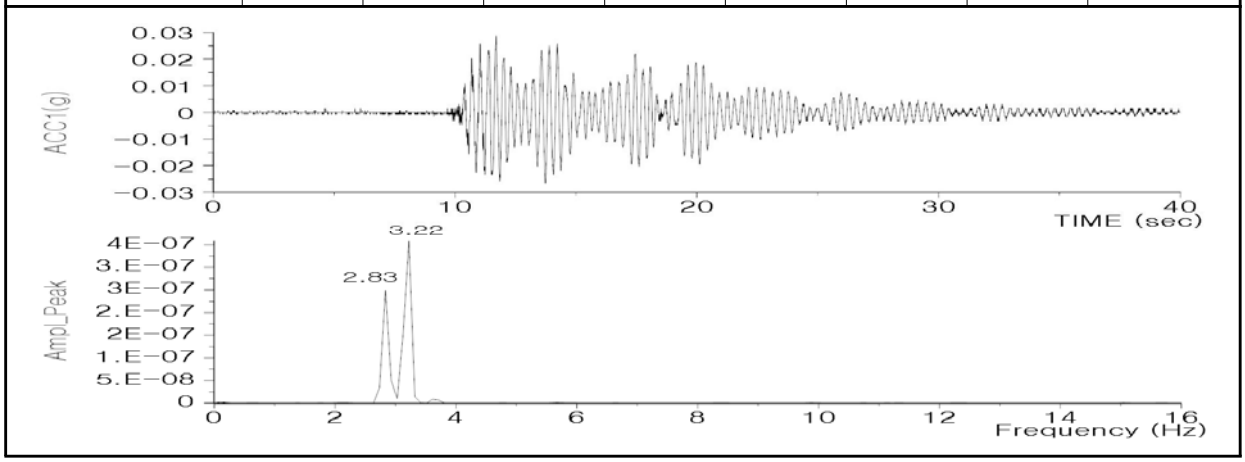
10km/hr, DT1	20km/hr, DT1
	
30km/hr, DT1	**40km/hr, DT1**
	
60km/hr, DT1	**80km/hr, DT1**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

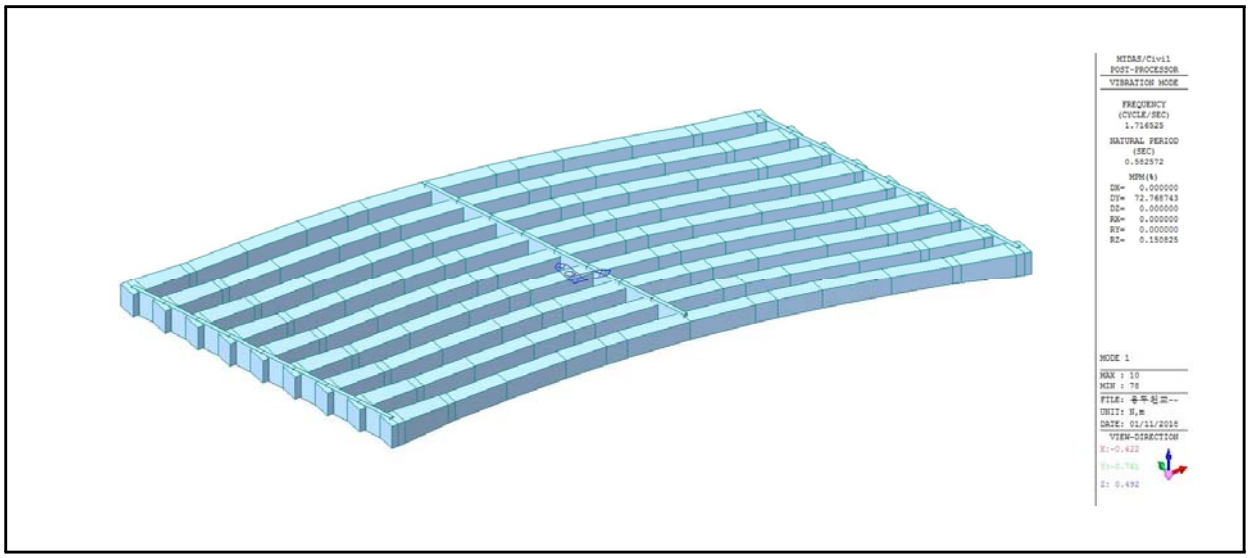
다. 고유진동수 산정 결과

1) 재하시험에 의한 고유진동수 산정

구 분	10km	20km	30km	40km	50km	60km	80km	비 고
고유진동수 (cycle/sec(Hz))	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	



2) 구조해석에 의한 고유진동수 계산



3) 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 2.83Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 1.716Hz보다 큰 것으로 나타나 교량의 강성은 양호한 것으로 판단된다.

라. 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 멀어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

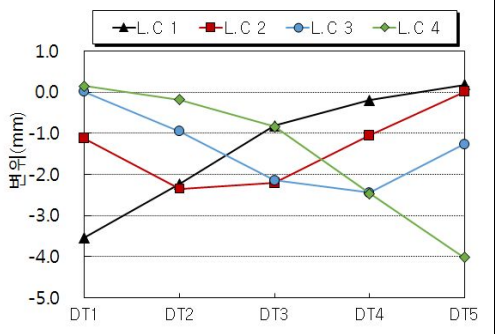
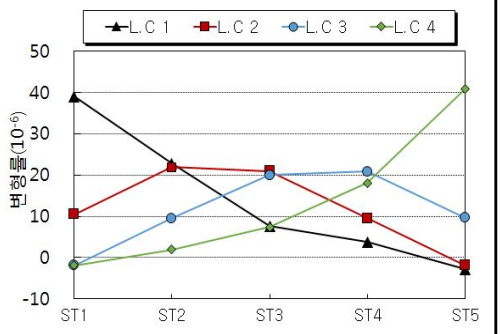
1) 응답비 산정

구 분		처 짐(㎜)				비고
		L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	
G1	계산처짐	-9.442	-2.294	0.622	0.717	DT1
	실측처짐	-3.536	-1.123	0.010	0.154	
	응답비	2.670	**2.043**	62.200	4.656	
G3	계산처짐	-5.241	-4.954	-1.690	-	DT2
	실측처짐	-2.223	-2.340	-0.953	-	
	응답비	2.358	2.117	**1.773**	-	
G5	계산처짐	-1.554	-4.571	-4.414	-1.397	DT3
	실측처짐	-0.813	-2.203	-2.140	-0.838	
	응답비	1.911	2.075	2.063	**1.667**	
G7	계산처짐	-	-1.829	-5.047	-5.152	DT4
	실측처짐	-	-1.047	-2.440	-2.460	
	응답비	-	**1.747**	2.068	2.094	
G9	계산처짐	0.724	0.582	-2.592	-9.804	DT5
	실측처짐	0.189	0.014	-1.259	-4.011	
	응답비	3.831	41.571	**2.059**	2.444	

2) 응답보정계수 산정

구 분		응답비	i(충격계수)		$\frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$	위치별 Ks
			계산	실측max		
응답보정계수	DT1(G1)	2.043	0.176	0.173	1.003	2.049
	DT2(G3)	1.773				1.778
	DT3(G5)	1.667				1.672
	DT4(G7)	1.747				1.752
	DT5(G9)	2.059				2.065

5.4.4 정·동적 재하시험 고찰

<table>
<tr><th colspan="2">분석항목</th><th>분석결과</th></tr>
<tr><td colspan="2">시험트럭</td><td>• 재하하중 : 설계하중의 약 62~64%
• 총 중 량 : 269.10kN(1호차), 276.00kN(2호차)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">정적
재하
시험</td><td>최대
응답</td><td>• 처 짐 : -4.011 ㎜
• 변형률 : 40.85 με</td></tr>
<tr><td rowspan="3">횡방향
거동특성</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>처짐</td><td>변형률</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">동적
재하
시험</td><td>충격
계수</td><td>• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.173(DT1)으로 이론 충격계수 0.176보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td>고유
진동수</td><td>• 실측고유진동수(2.83Hz)가 이론 고유진동수(1.716Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

5.5 안전성평가 및 내하력평가

5.5.1 구조해석 방법 및 개요

용두천교는 연장 135.00m, 총폭 24.470m, 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 13°이며 평면 선형 R=1,050m 인 곡선교 이다. 상부구조는 Bicon GIRDER로 이루어져 있으며, 하부구조는 풍화암 위에 직접기초인 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

5.5.2 검토 조건

가. 기본 사항

1) 형　　식 : Bicon교
2) 연　　장 : 45.000m
3) 교　　폭 : B = 24.470m
4) 거더높이 : H = 2.600m
5) 거더간격 : 2.560m
6) 사　　각 : 0~5°
7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
8) 단위중량
   - 철근 콘크리트 : W_{c1} = 2500.0kg/㎥
   - 무근 콘크리트 : W_{c2} = 2350.0kg/㎥
9) 사용 프로그램 : SAP2000
10) 구조 검토방식 : 강도설계법(바닥판), 허용응력설계법(거더)
11) 참고문헌
   ① 도로교 설계기준(2010)
   ② 콘크리 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
   ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

나. 사용재료 및 허용응력

1) 콘크리트

① 압축강도(f_{ck}) 및 탄성계수

【표 2.5.12】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa)

구 분	설계기준강도	탄성계수 추정식	적용 탄성계수
거 더	40	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	30,891
바닥판	27	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	27,804

② 허용응력

【표 2.5.13】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(f_{ck} = 40 MPa일 경우)

응력의 발생시기	응력구분	설계기준	허용응력
프리스트레스 도입 시	압축강도	$f_{ci'} = 0.8f_{ck}$	32.000
크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력	압축응력(Posttensioning)	$0.60f_{ci'}$	19.200
	부착된 철근이 없는 인장응력	$0.25\sqrt{f_{ci'}}$	1.414
모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력	압축응력	$0.45f_{ck}$	18.000
	부착된 철근이 있는 인장응력	$0.50\sqrt{f_{ck}}$	3.16
	부착된 철근이 없는 인장응력	0	0
	균열응력	$0.63\sqrt{f_{ck}}$	3.98

③ 바닥판

허용휨압축응력 : $0.4 \times f_{ck} = 0.4 \times 27 = 10.800$ MPa

2) PS 강연선(KS D 7002 SWPC 7B, 저릴렉세이션 강재)

긴장력 및 강선에 대한 계수값 들은 도면에 표기된 값을 사용하였다.

① 극한강도 : f_{put} = 1900.0MPa

② 항복강도 : f_{pyt} = 1600.0MPa

③ 탄성계수 : Ep = 200,000MPa

④ 긴장시 최대응력 : MIN(0.94×f_{pyt}, 0.8×f_{put}) = 1,504MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyt}, 0.82×f_{put}) = 1,312MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyt}, 0.82×f_{put}) = 1,312MPa

3) PS 강봉(KS D 3505, 저릴렉세이션 강재)

① 극한강도 : f_{puc} = 1050.0MPa

② 항복강도 : f_{pyc} = 950.0MPa

③ 탄성계수 : Ep = 200,000MPa

④ 긴장시 최대응력 : MIN(0.94×f_{pyc}, 0.8×f_{puc}) = 840MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777MPa

4) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	강 연 선						강봉
PS강재 개수	개, ㎜	7	10	11	13	16	19	40
쉬스관 내경	㎜	65	75	75	85	85	100	50
쉬스관 외경	㎟	70	80	80	90	90	105	55
곡률마찰계수 μ	1/rad	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-
파상마찰계수 κ	1/m	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.008

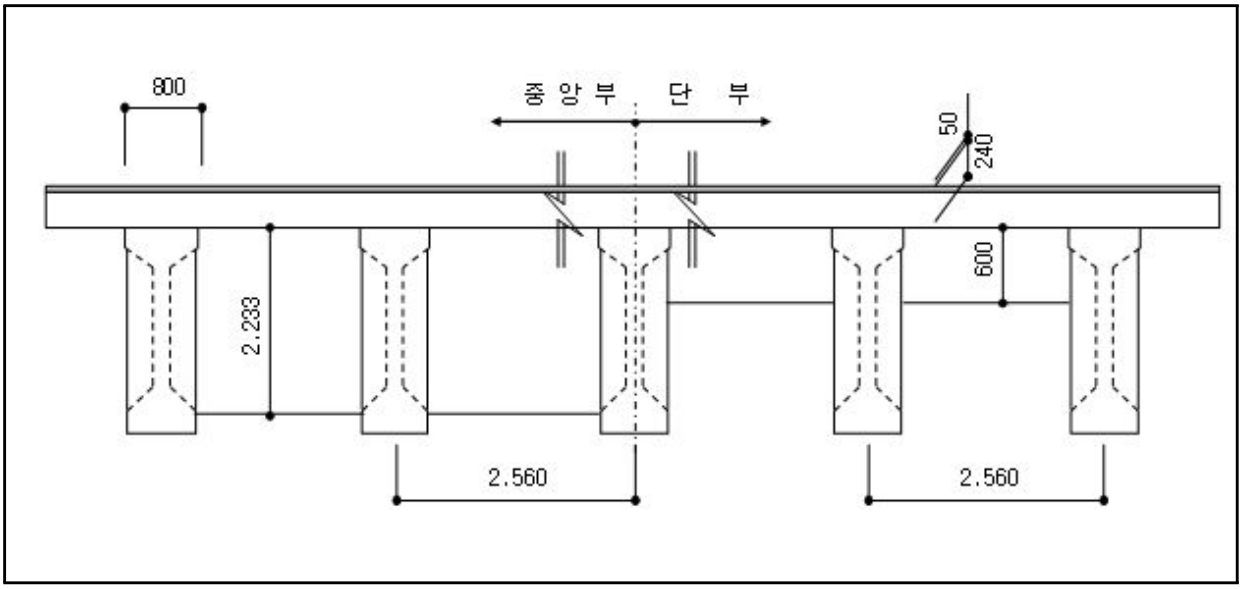
5) 철근

구 분	항복강도(fy)	탄성계수(Es)	허용인장응력(f_{ta})	비고
바닥판	400MPa	200,000	180MPa	SD400
거더	300MPa	200,000		SD300

5.5.3 구조해석

가. 바닥판 검토

1) 단면제원



2) 좌측 켄틸레버부

① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(아스팔트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	100.0㎞/hr	96.000kN	1,050	

② 하중산정

㉠ 고정하중

구 분	면적 (m2)	단위중량 (kN/m3)	하중 (kN)	작용거리 (m)	휨모멘트 (kN·m)
방호벽	0.501	25.000	12.525	0.693	8.680
바닥판	0.232	25.000	5.800	0.483	2.801
포 장	0.017	23.500	0.407	0.173	0.070
방음판			2.000	0.736	1.472
합 계			20.732		13.023

㉡ 차량충돌하중

구 분	h	H	M_{co} = H×h	곡선반경	적용 M_{co}
Case1	1.000m	23.333kN/m	23.333kN·m/m	R=1,050 > 200m	23.333kN·m/m
Case2	1.170m	10.000kN/m	11.700kN·m/m		

※ Case1 : 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시, 여기서 $H=(V/60)^2\times7500+2500$
Case2 : 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10kN/m의 수평하중 재하시

㉢ 원심하중(도.설.해 2.1.17)

곡선반경(R)	$CF = 0.79\times V^2/R$	$Pcf = Pr/E\times CF/100$	$Mcf = Pcf\times1.8$
1050	7.5%	5.608 kN/m	10.094kN·m

※ 원심하중은 교면상 1.8m 높이에 작용하는 것으로 한다.

㉣ 풍하중

각 형 부 재	풍상측 부재(MPa)	재하위치(mm)	휨모멘트(kN·m)
활하중 재하시	0.0015	1500	6.863
활하중 비재하시	0.0030	805	15.281

㉤ 하중조합(도.설 2.2.3.2)

하중경우	고정하중	활 하 중	차량충돌하중	원심하중	풍 하 중	합 계(kN·m/m)
Case 1	1.30	2.15		1.30		17.901
Case 2	1.30		1.30			28.304
Case 3	1.30	1.30	0.65	1.30		24.764
Case 4	1.30	1.30		1.30		17.901
Case 5	1.25	1.25	0.625	1.25		24.764
Case 6	1.30	1.30		1.30	1.30	41.234
Case 7	1.20		1.20		1.20	51.637

③ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 61.964kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 240.0㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 60.0㎜	유 효 높 이	d = 180.0㎜

㉡ 검토결과

구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	240.0	60.0	H16@200 = 993.00 H13@200 = 633.50	61.964	91.703	O.K S.F=1.480

사용성 검토	M_{max}	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	196.979kN·m/m	269.8㎜	100㎜	O.K

바닥판 최소두께	h_{min} = (280L+180)	최소h	적용h	결과
	192.88㎜	220.0㎜	240.0㎜	O.K

3) 중앙부

① 검토조건

- 지간방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.4% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상
- 지간방향에 직각방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

구 분			산 정 식	검 토
주철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.4% = 960.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
배력 철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
㉠ • 여기서 바닥판 슬래브 단면적 = 1,000㎜ × 240㎜ = 240,000㎟				

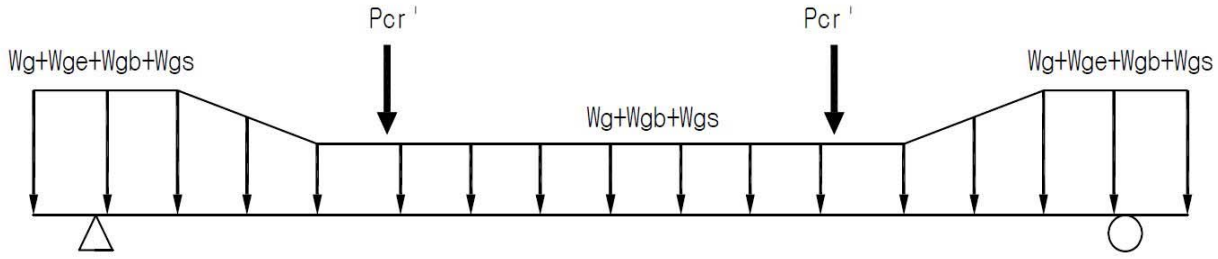
나. 거더 검토

1) 거더 자중

① 하중산정

구 분	산 출 근 거									
거더본체 (Wg)	Anet×wgc	=	0.911	×	25000			=	22774	N/m
단부보강 (Wge)	Avar×wgc	=	0.835	×	25000			=	20875	N/m
가 로 보 (Pcr')	Avar×Lcr×wgc×ea	=	0.835	×	1	×	25000 × 1 EA	=	12525	N
강 봉 (Wgb)	w1cm×Cea	=	102.1	×	2 EA			=	204	N/m
T1 강연선 (Wgs1)	w1tm×Tea	=	11.01	×	7 EA			=	77	N/m
T2~T5 강연선 (Wgs2)	w2tm×Tea	=	11.01	×	4 EA	×	15 EA	=	661	N/m

② 모델링



2) 합성전 고정하중

① 바닥판 콘크리트(Wsc)

㉠ G1 거더 : 0.24 × 2.692 × 25000 = 16152 N/m

㉡ G2 ~ G8 거더 : 0.24 × 2.750 × 25000 = 16500 N/m

㉢ G9 거더 : 0.24 × 2.528 × 25000 = 15168 N/m

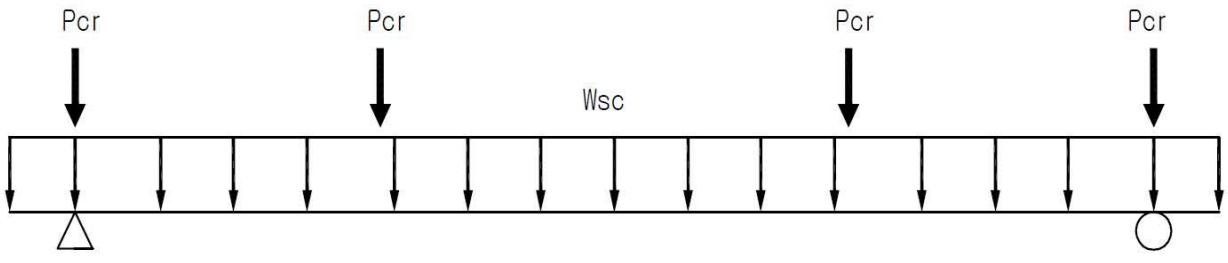
② 가로보 콘크리트(Pcr)

㉠ G1 거더 : 0.300 × 1.733 × 1.38 × 25000 = 17875 N

㉡ G2 ~ G8 거더 : 0.300 × 1.733 × 2.75 × 25000 = 35750 N

㉢ G9 거더 : 0.300 × 1.733 × 1.38 × 25000 = 17875 N

③ 모델링



3) 합성후 고정하중

① 좌측 캔틸레버 하중

- 방호벽 (좌) : A × w = 0.618 × 25000 = 15449 N/m

② 우측 캔틸레버 하중

- 중분대 (우) : A × w = 0.394 × 25000 = 9839 N/m

③ 중앙부 하중

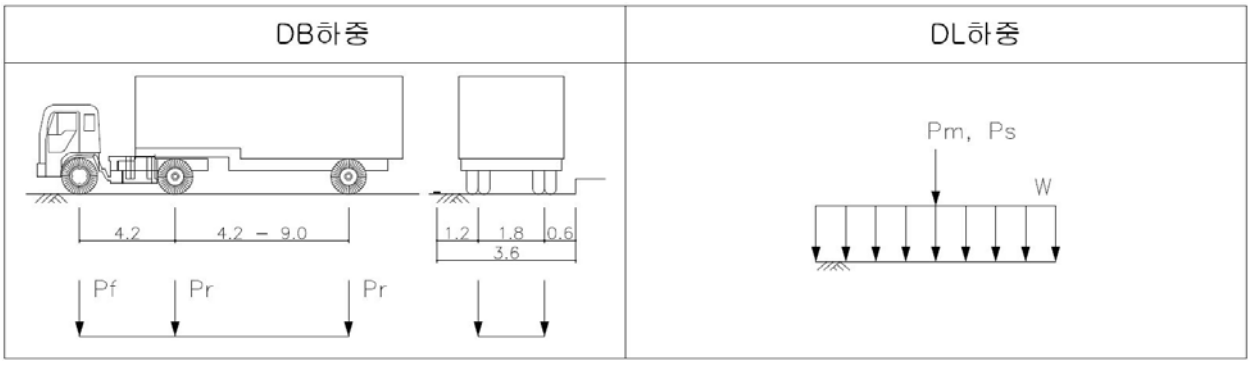
- 콘크리트 포장 : t × w = 0.050 × 23500 = 1175 N/m^2

4) 활하중

① 차로수 : 6 차로

② 차로폭 : 3.6m

③ 적용하중 (1등급)



㉠ DB-24 : DBr = 96.00 kN

DBf = 24.00 kN

㉡ DL-24 : DLw = 12.70 kN/m

DLm = 108.00 kN

DLs = 156.00 kN

5) 단면력 집계표

① 지간중앙부의 휨모멘트 집계(kN·m)

구 분	G1	G2~G8	G9	저 항 단 면	비 고
거더 자중	5979.5	5979.5	5979.5	순 단 면	
합성전 고정하중	4103.8	4384.6	3865.7	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	2679.0	2412.1	1690.0	바닥판 합성단면	
DB 활하중	3472.3	3015.2	3460.9		
DL 활하중	3488.4	2925.8	3472.5		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	3488.4	3015.2	3472.5		
합 계	16250.7	15791.4	15007.7		

② 지간지점부의 전단력 집계(kN)

구 분	G1	G2~G8	G9	저 항 단 면	비 고
거더 자중	583.2	583.2	583.2	순 단 면	
합성전 고정하중	364.3	380.9	342.6	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	309.0	199.8	184.2	바닥판 합성단면	
DB 활하중	393.8	387.1	389.0		
DL 활하중	371.1	359.8	375.3		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	393.8	387.1	389.0		
합 계	1650.2	1550.9	1498.9		

6) 응력검토

① G1거더 응력산출

㉠ G1거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.831

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			14.101	-10.687	0.000	0.000	
2	fps			-12.640	29.532	450.098	-1234.401	
계				1.461	18.845	450.098	-1234.401	
응력 검토				-1.410	±19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	8.957	-6.403	52.070	-35.582	
4	fal	1.901	1.429	1.588	-3.003	8.509	-17.687	
5	fll	2.475	1.861	2.067	-3.910	11.080	-23.031	
6	fsh	0.106	0.031	0.035	-0.689	-0.053	4.187	
7	fcr	0.455	0.135	0.150	-2.960	-0.228	17.974	
8	frgb	-0.039	-0.034	-0.038	0.001	-0.232	-0.006	
9	frgs	0.046	0.014	0.015	-0.298	-0.023	1.811	
10	f2	2.649	2.764	-6.209	1.706	-5.576	1.464	
계		7.593	6.199	8.025	3.288	515.645	-1285.272	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	15	15	15	15
P_{CT}	(kN)	-565.773	-565.773	1105.451	2682.897	2443.926	2560.553	±2678.337
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00208	0.00208	0.00208	±0.0021
fps	(MPa)	-450.098	-450.098	1138.584	1289.544	1174.682	1230.739	±1287.353
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.000
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

② G2~G8거더 응력산출

㉠ G2~G8거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.832

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			14.101	-10.687	0.000	0.000	
2	fps			-12.640	29.532	450.098	-1234.401	
계				1.461	18.845	450.098	-1234.401	
응력 검토				-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
				0.K	0.K	0.K	0.K	
3	fbl	0.000	0.000	9.570	-6.841	55.633	-38.017	
4	fal	1.687	1.265	1.406	-2.697	7.521	-15.895	
5	fll	2.109	1.582	1.758	-3.372	9.402	-19.869	
6	fsh	0.103	0.029	0.033	-0.687	-0.067	4.171	
7	fcr	0.441	0.125	0.139	-2.936	-0.285	17.834	
8	frgb	-0.038	-0.034	-0.038	0.002	-0.231	-0.005	
9	frgs	0.045	0.013	0.014	-0.298	-0.029	1.808	
10	f2	2.951	3.009	-6.422	1.765	-5.766	1.515	
계		7.299	5.989	7.920	3.781	516.276	-1282.859	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	15	15	15	15
P_{CT}	(kN)	-565.773	-565.773	1105.451	2682.897	2443.926	2560.553	2678.337
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00208	0.00208	0.00208	0.00208
fps	(MPa)	-450.098	-450.098	1138.584	1289.544	1174.682	1230.739	1287.353
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K

③ G9거더 응력산출

㉠ G9거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.824

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			14.101	-10.687	0.000	0.000	
2	fps			-12.640	29.532	450.098	-1234.401	
계				1.461	18.845	450.098	-1234.401	
응력 검토				-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	**O.K**	**O.K**	**O.K**	
3	fbl	0.000	0.000	8.438	-6.031	49.049	-33.518	
4	fal	1.250	0.946	1.051	-1.908	5.663	-11.223	
5	fll	2.569	1.943	2.159	-3.921	11.636	-23.059	
6	fsh	0.114	0.038	0.042	-0.698	-0.011	4.235	
7	fcr	0.519	0.173	0.192	-3.169	-0.052	19.232	
8	frgb	-0.039	-0.035	-0.039	0.001	-0.237	-0.009	
9	frgs	0.048	0.016	0.018	-0.293	-0.005	1.780	
10	f2	2.634	2.763	-5.813	1.597	-5.220	1.371	
계		7.094	5.844	7.508	4.422	510.921	-1275.592	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	**O.K**	**O.K**	**O.K**	**O.K**	**O.K**	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	15	15	15	15
P_{CT}	(kN)	-565.773	-565.773	1105.451	2682.897	2443.926	2560.553	2678.337
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00208	0.00208	0.00208	0.00208
fps	(MPa)	-450.098	-450.098	1138.584	1289.544	1174.682	1230.739	1287.353
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	**O.K**	**O.K**	**O.K**	**O.K**	**O.K**	**O.K**

7) 거더 안전성평가 결과

【표 2.5.14】 거더 안전성평가 결과

구 분		거더 응력 검토					
		바닥판		거더		PS강재	
		상연	하연	상연	하연	상연	하연
G1	응력	7.593	6.199	8.025	3.288	515.645	-1285.272
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	-
	안전율	**1.422**		2.243		1.507	
G2~G8	응력	7.299	5.989	7.920	3.781	516.276	-1282.859
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	**1.480**		2.273		1.505	
G9	응력	7.094	5.844	7.508	4.422	510.921	-1275.592
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	1.522		2.397		**1.521**	

다. 안전성평가 결과

바닥판 및 거더의 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 “A”로 검토되었다.

【표 2.5.15】 안전성 평가 결과

	구 분	켄틸레버부		중앙부
바닥판	안전율	1.480		-
	최소안전율	**S.F = 1.480**		
거 더	구 분	**G1**	**G2~G8**	**G9**
	안전율	1.422	1.480	1.521
	최소안전율	**S.F = 1.422**		

5.5.4 내하력평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

가. 개요

1) 강도설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서, ϕM_n = 설계휨강도 M_d = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$ = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d = 고정하중 계수 (1.30) γ_ℓ = 활하중 계수 (2.15)

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수 P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24)

2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서, f_ℓ = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

f_a = 재료의 허용응력 f_d = 고정하중 응력

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수

P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

나. 기본내하율 산정

【표 2.5.16】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과

구 분		ϕMn(kN·m)	M_d(kN·m)	$M_l(1+i)$(kN·m)	기본내하율(RF)
바닥판	켄틸레버	91.703	13.023	4.878	7.130
	-	-	-	-	-

【표 2.5.17】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과

구 분		허용응력 (f_a)(MPa)	고정하중응력 (f_d)(MPa)	활하중응력 (f_l)(MPa)	기본내하율 (RF)	비고
G1	상연	18.000	5.958	2.067	5.826	
	하연	-3.162	7.198	-3.910	**2.650**	
G2~G8	상연	18.000	6.162	1.758	6.734	
	하연	-3.162	7.153	-3.372	**3.059**	
G9	상연	18.000	5.349	2.159	5.860	
	하연	-3.162	8.343	-3.921	**2.934**	

다. 내하력평가 결과

【표 2.5.18】 공용내하력 산정결과

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	G1	1.672	2.650	4.431	DB, DL-24 이상
	G2~G8	1.672	3.059	5.115	DB, DL-24 이상
	G9	1.672	2.934	4.906	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

5.6 종합평가 및 안전등급

5.6.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

용두천교의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.5.19】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

5.6.2 안전등급 지정

용두천교에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.5.20】 용두천교 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	용두천교	A등급(우수)

5.7 종합결론

용두천교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

6. 호죽2교

제1장 호죽2교(옥산방향)
1.1 시설물의 개요
1.2 현장조사 및 시험
1.3 상태평가
1.4 종합평가 및 안전등급
1.5 종합결론

제2장 호죽2교(오창방향)
2.1 시설물의 개요
2.2 현장조사 및 시험
2.3 상태평가
2.4 종합평가 및 안전등급
2.5 종합결론

제3장 안전성평가
3.1 교량 재하시험
3.2 안전성평가 및 내하력평가
3.3 종합평가 및 안전등급
3.4 종합결론

제1장 호죽2교(옥산방향)

1.1 시설물의 개요

1.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 호죽2교(옥산방향)에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

【표 2.6.1】 과업대상 시설물의 개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		호죽2교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.572m			
	폭	B = 12.455m(옥산방향)			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형		교각	-
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		농로, 하천(화산천)	통과높이		5.0m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

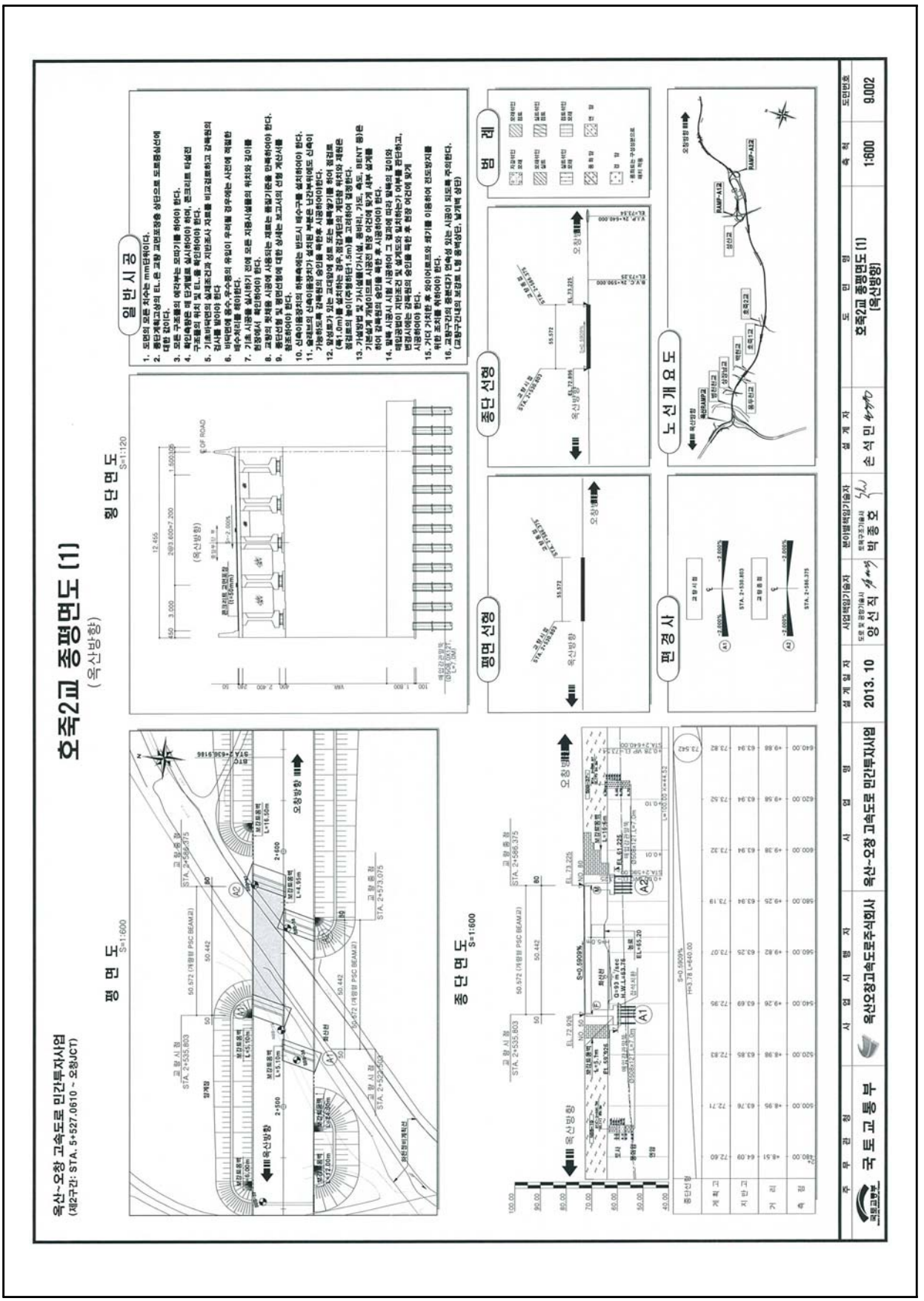


상면전경

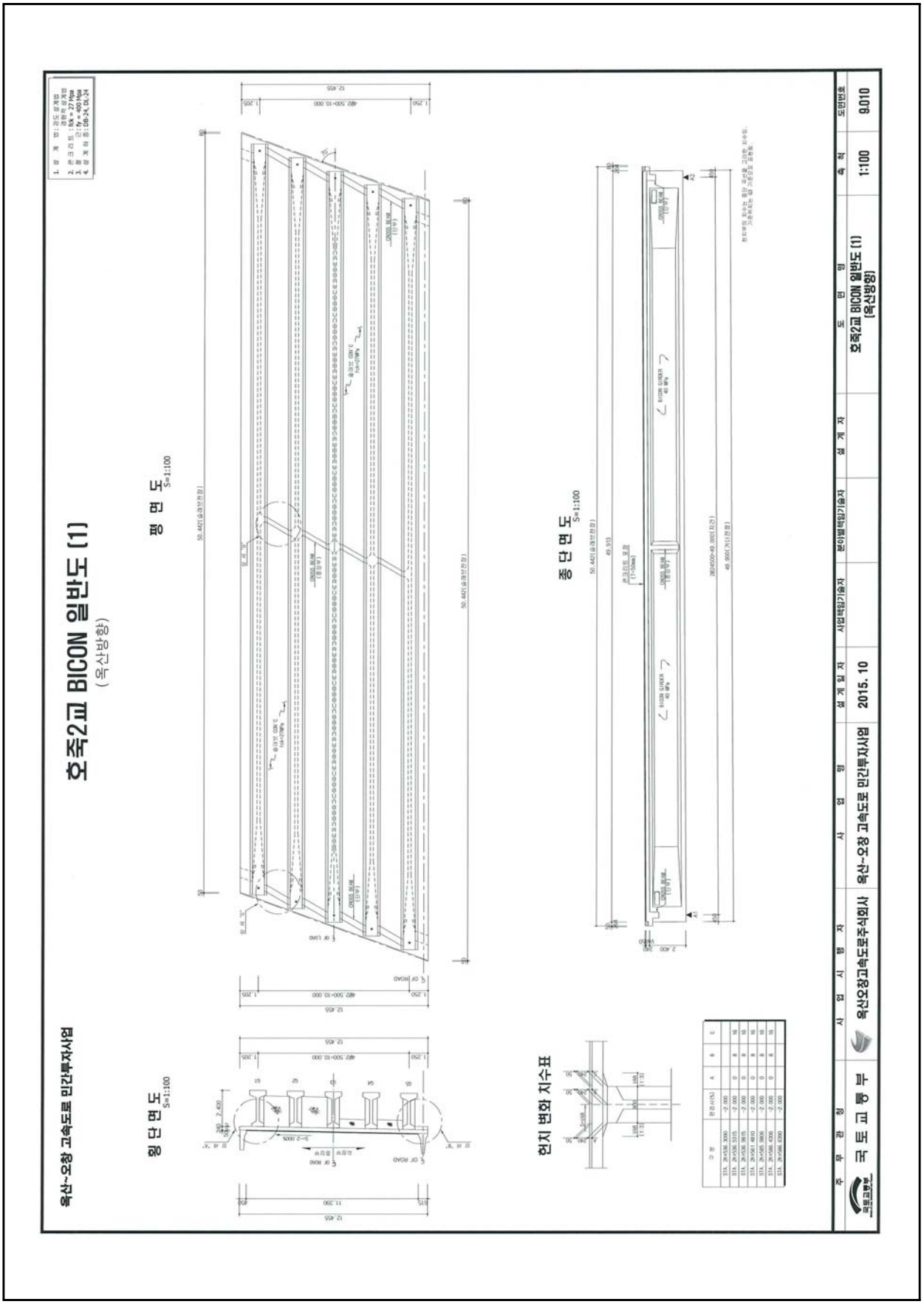


하부전경

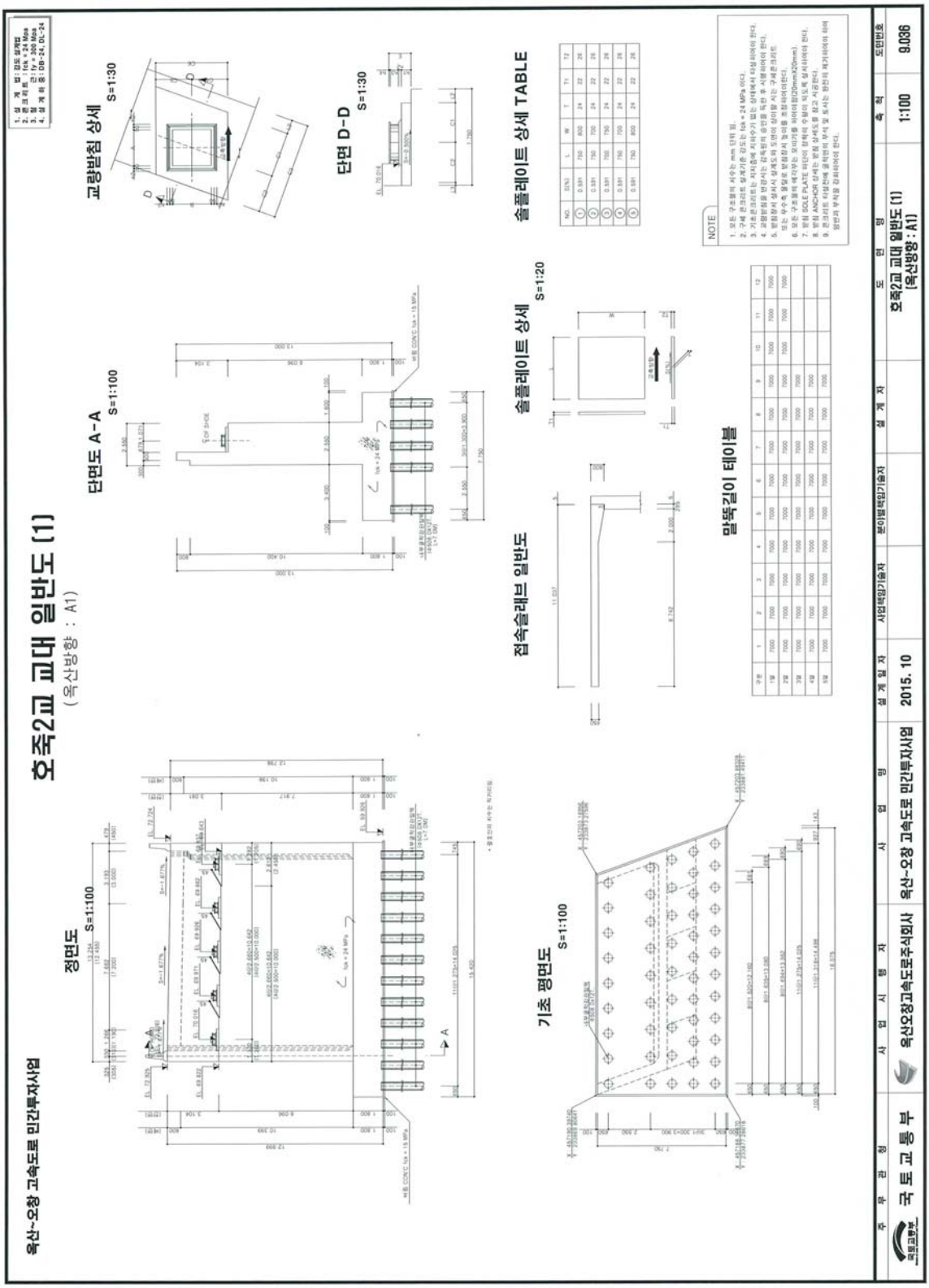
1.1.2 관련도면



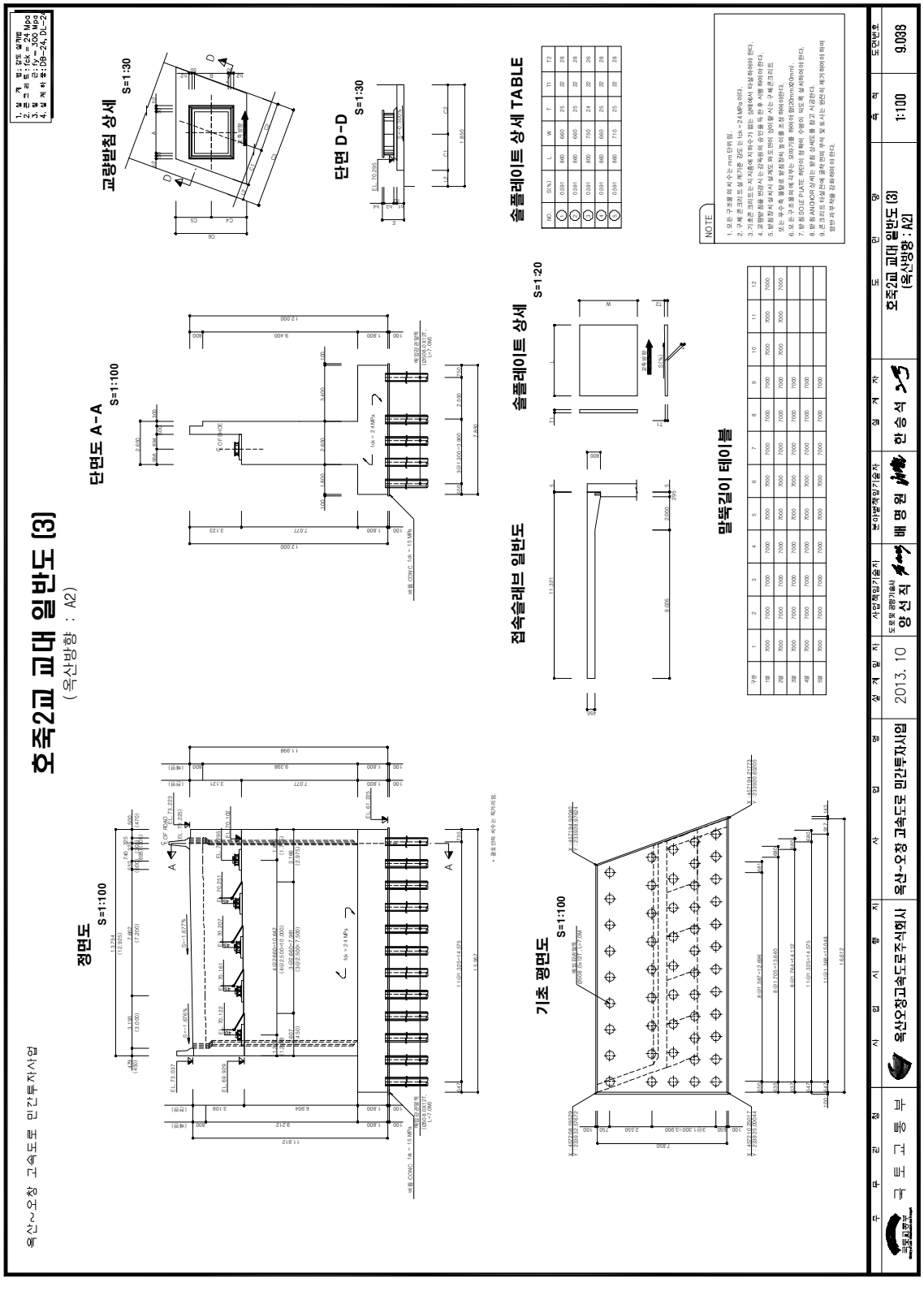
【그림 2.6.1】 종평면도(옥산방향)



【그림 2.6.2】 거더 일반도(옥산방향)



【그림 2.6.3】 교대(A1) 일반도(옥산방향)



【그림 2.6.4】 교대A2 일반도(옥산방향)

1.2 현장조사 및 시험

1.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 호죽2교(옥산방향)에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교면포장 상태양호(옥산방향)



교면포장 상태양호(옥산방향)

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



배수관 상태양호(옥산방향)



배수관 연결상태 양호(옥산방향)

다. 난간 및 연석

본 교량의 좌·우측 방호벽 및 중앙분리대가 콘크리트 구조로 시공되어있다. 방호벽 및 중앙분리대에 대한 외관조사 결과, 균열, 파손, 박리, 박락 등의 손상이 없는 양호한 상태이다.



방호벽 상태양호(옥산방향)



중앙분리대 상태양호(옥산방향)

라. 신축이음

본 교량의 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동상태도 양호한 것으로 나타났다.



신축이음 상태양호(A1)(옥산방향)



신축이음 상태양호(A2)(옥산방향)

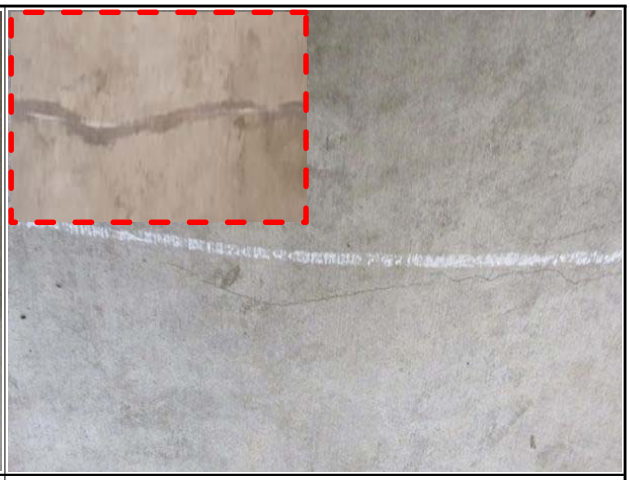
마. 바닥판 하면

바닥판은 철근콘크리트 구조로 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과, 균열(폭 0.3mm미만)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
바닥판(옥산방향)	균열(폭0.3㎜미만)	10.0m/5ea	보수완료



바닥판 하면 전경(옥산방향)



바닥판 하면(옥산방향) 균열(폭 0.3mm미만)(보수완료)

바. 거더

본 교량의 거더는 Bicon Girder형식이며, 거더에 대한 외관조사 결과, 특별한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



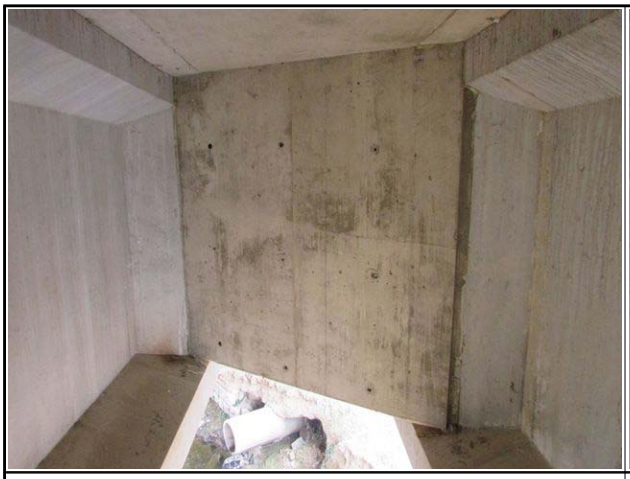
거더 전경(옥산방향)



거더 전경(옥산방향)

사. 가로보

본 교량의 가로보는 철근콘크리트로 시공되어 있다. 가로보에 대한 점검결과, 콘크리트의 균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



가로보 상태양호(옥산방향)



가로보 상태양호(옥산방향)

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정성 관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

본 교량의 받침장치는 탄성받침 형식으로 총 10개소(5개소/교대 1EA당)가 설치되어 있으며, A1에 고정단이 설치되어 있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받침 본체 및 받침콘크리트에 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교량받침 상태 양호(옥산방향)



교량받침 상태 양호(옥산방향)

자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 교대 점검결과, 균열(폭 0.3mm미만)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교대(옥산방향)	균열(폭 0.3mm미만)	7.5m/6ea	보수완료



교대 A1(옥산방향) 전경

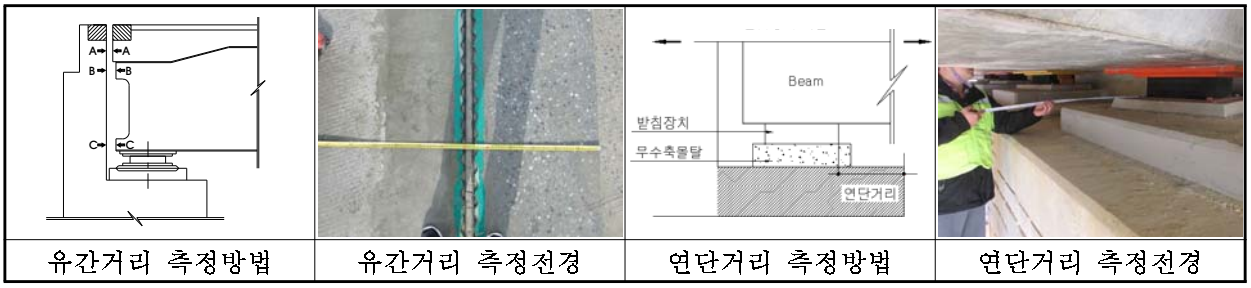


교대 A1(옥산방향) 균열(폭 0.3mm미만)(보수완료)

1.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법	유간거리 측정전경	연단거리 측정방법	연단거리 측정전경

【그림 2.6.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.6.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 11일		
온도변화 범위	-15℃~+40℃(한냉지방)	선팽창 계수(α)	1.0×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (콘크리트교=1/300)		
주형높이(h)	2,400m		
지간장(L)	50.0m(S1)		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 한냉지방, 콘크리트교 : -15~+40℃ 적용

※ 유간 측정일 기온이 온도변화 범위(보통지방)를 초과하여 한냉한지방의 온도범위로 적용함.

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(-9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-15℃)=5.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=50.0m)

{[A2지점] = 50.0m}

▷ A2지점 = (24.65mm - 신장 / 2.85mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 (Δℓt)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.6.3】 유간거리 검토결과(옥산방향)

위치		계산 신축량 (mm)			호죽2교		
					측정유간 (mm)	판정	
		Δℓt	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A2	신장	24.65	5.0	29.65	55.0	OK	OK
	수축	2.85	5.0	7.85	25.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A2=80㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이

  * 50.0m : S = 200 + (5 × 50.0) = 450.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 770㎜~850㎜로 도로교 설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 450.0㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.6.4】 연단거리 측정결과(옥산방향)

구 분		실측거리(㎜)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(㎜)	평 가
호죽2교 (옥산방향)	A1	770~800	50	450	O.K
	A2	850	50	450	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.6.5】 교량받침 이동량 측정결과(옥산방향)

측정당시 온도	3.3℃ (2017년 11월 20일)			교량받침 종류	탄성받침	
구분	가동단 변위량(mm)					비 고
	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	
A1	Fix					
A2	0	0	0	0	0	

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.3℃(2017년 11월 20일)

2) 온도변화 : -5℃~35℃(콘크리트교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

① 온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 35℃-(3.3℃)=31.7℃(신장), 3.3℃-(-5℃)=8.3℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10-5

L : 신축들보의 길이(L=50.0m)

▷ A2 = (15.85mm - 신장 / 4.15mm - 수축)

【표 2.6.6】 교량 받침 이동량 검토(옥산방향)

구 분	신축장 (mm)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판정
		신장	수축	신장	수축	
A2	50,000	15.85	4.15	50	50	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▸검토결과 : 온도 3.3℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.nn

1.2.3 내구성조사

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대의 총 6개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.6.7】 반발경도시험 결과

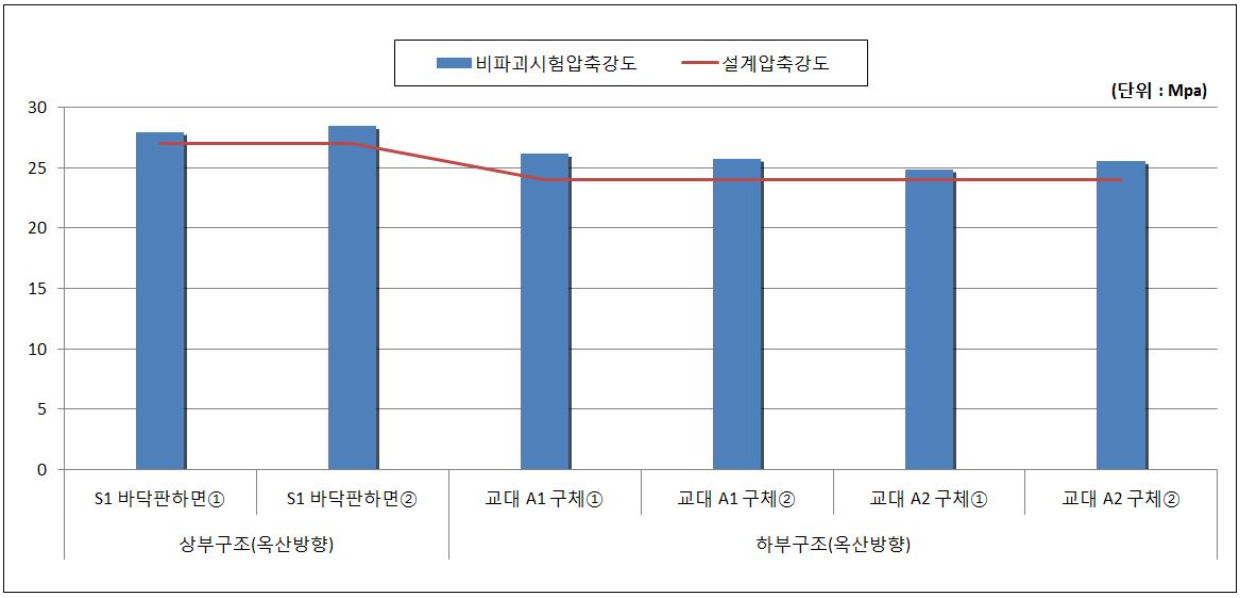
구 분			설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
옥산방향	상부구조	바닥판	27.0	28.0 ~ 28.5	103.7 ~ 105.6
	하부구조	교 대	24.0	24.9 ~ 26.2	103.7 ~ 109.2

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.6.8】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치			평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	재령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (MPa)	설계압축강도 (MPa)
옥산방향	상부구조	S1 바닥판하면①	48.5	-3.3	45.2	0.68	26.8	29.2	28.0	27.0
		S1 바닥판하면②	49.1	-3.2	45.9	0.68	27.4	29.6	28.5	27.0
	하부구조	교대 A1 구체①	42.5	0	42.5	0.68	24.5	27.9	26.2	24.0
		교대 A1 구체②	42.0	0	42.0	0.68	24.0	27.6	25.8	24.0
		교대 A2 구체①	41.1	0	41.1	0.67	22.9	26.8	24.9	24.0
		교대 A2 구체②	42.2	0	42.2	0.67	23.8	27.3	25.6	24.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.6.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.6.9】 철근탐사시험 결과

탐사위치			배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
옥산방향	상부구조	S1 바닥판하면	주 철 근	@200	32	≒@200	≒40
			배력철근	@250	48	≒@250	≒55
	하부구조	교대 A1 구체	수직철근	@250	85.5	≒@250	≒100
			수평철근	@300	66.5	≒@300	≒85
		교대 A2 구체	수직철근	@250	84	≒@250	≒100
			수평철근	@300	65	≒@300	≒80

1.3 상태평가

1.3.1 상태평가 결과

본 호죽2교(옥산방향)에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 **『A등급』**으로 평가되었다.

【표 2.6.10】 상태평가 결과

호죽2교(옥산방향)													
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	개량형 PSC BEAM	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.6.11】 상태평가 결과표

교 량 명	호죽2교(옥산방향)						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	50.0	2	100.0	1.000	0.100
합계(Σ)			50.0		100.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

1.4 종합평가 및 안전등급

1.4.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

호죽2교(옥산방향)의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.6.12】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

1.4.2 안전등급 지정

호죽2교(옥산방향)에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.6.13】 호죽2교(옥산방향) 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	호죽2교(옥산방향)	A등급(우수)

1.5 종합결론

호죽2교(옥산방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

제2장 호죽2교(오창방향)

2.1 시설물의 개요

2.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 호죽2교(오창방향)에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

【표 2.6.14】 과업대상 시설물의 개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		호죽2교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 흥덕구 옥산면			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.572m			
	폭	B = 11.825m(오창방향)			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형		교각	-
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		농로, 하천(화산천)	통과높이		5.0m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

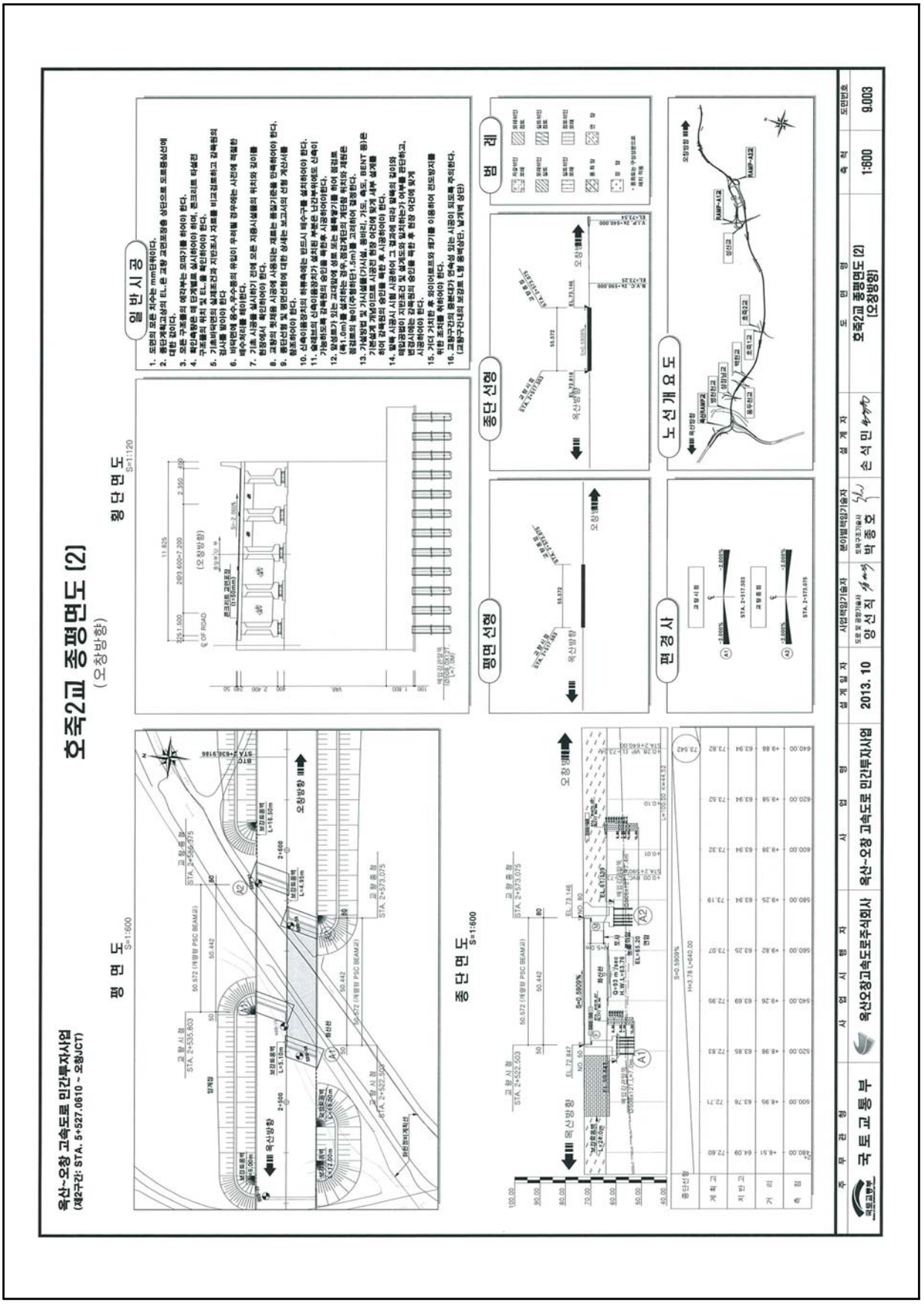


상면전경

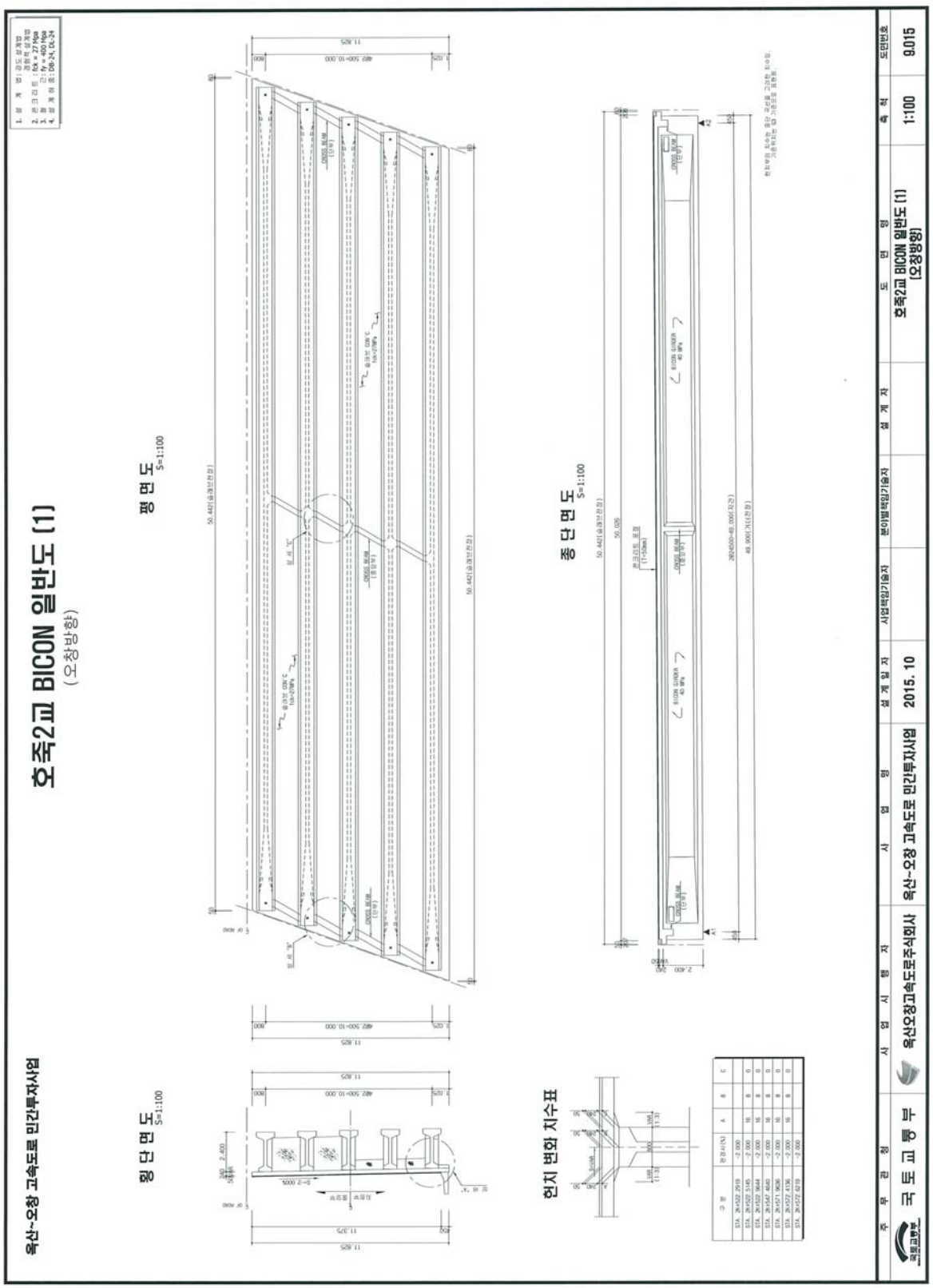


하부전경

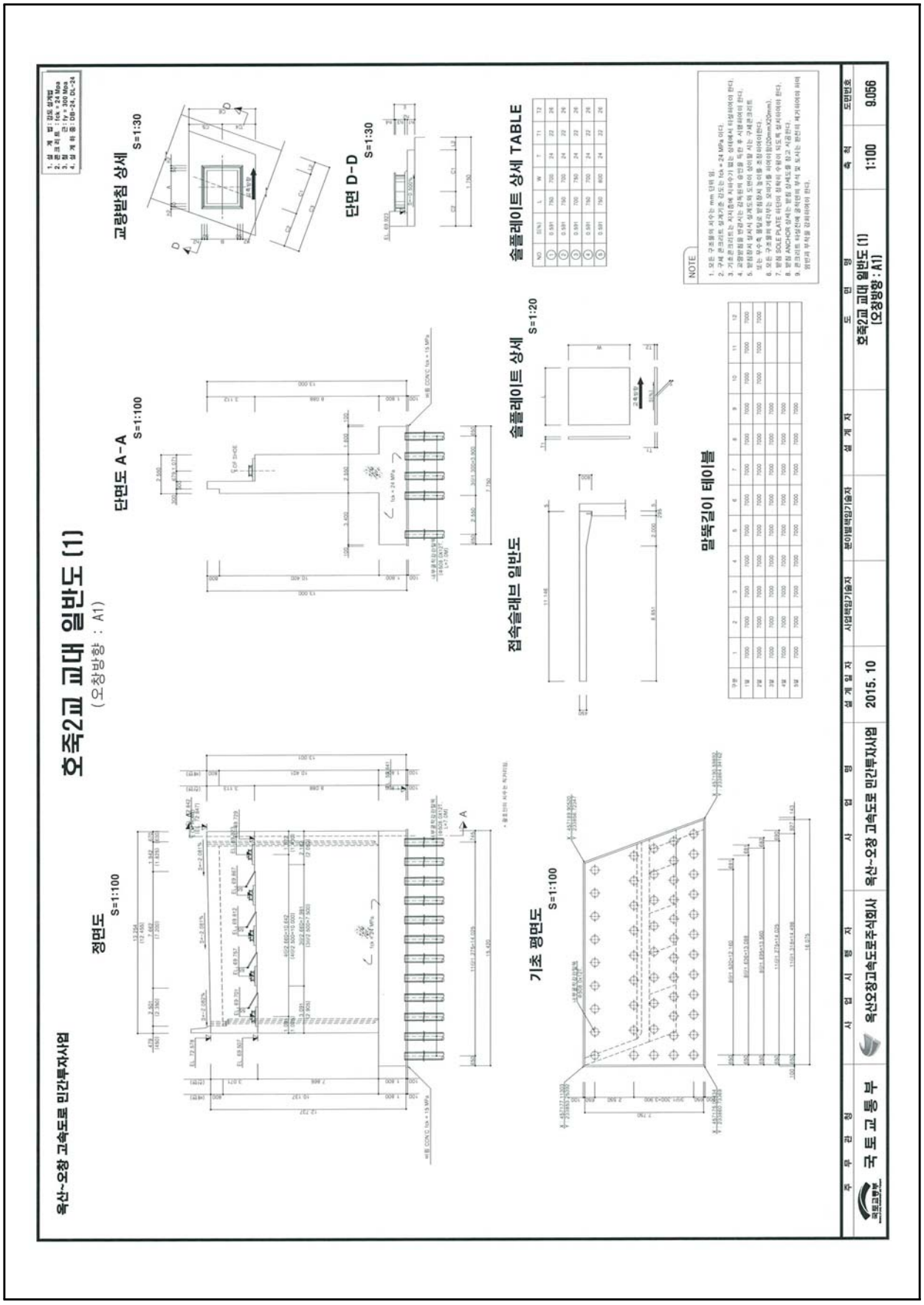
2.1.2 관련도면



【그림 2.6.7】 종평면도(오창방향)



【그림 2.6.8】 거더 일반도(오창방향)



【그림 2.6.9】 교대(A1) 일반도(오창방향)

2.2 현장조사 및 시험

2.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 호죽2교(오창방향)에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교면포장 상태양호(오창방향)



교면포장 상태양호(오창방향)

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



배수구 상태양호(오창방향)



배수관 설치상태 양호(오창방향)

다. 난간 및 연석

본 교량의 외측 방호벽 및 중앙분리대는 콘크리트 구조로 시공되어있다. 외관조사 결과 균열, 파손, 박리, 박락 등의 손상이 없는 양호한 상태이다.



방호벽 상태양호(오창방향)



중앙분리대 상태양호(오창방향)

라. 신축이음

본 교량의 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검 결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동 상태도 양호한 것으로 나타났다.



신축이음 상태양호(A1, 오창방향)



신축이음 상태양호(A2, 오창방향)

마. 바닥판 하면

바닥판은 철근콘크리트 구조로 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과 균열, 박리 및 박락, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



바닥판 하면 상태양호(오창방향)



바닥판 하면 상태양호(오창방향)

바. 거더

본 교량의 거더는 Bicon Girder 형식이며, 외관조사 결과 특별한 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



거더 상태양호(오창방향)



거더 상태양호(오창방향)

사. 가로보

본 교량의 가로보는 철근콘크리트로 시공되어 있다. 가로보에 대한 점검결과, 구조적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



가로보 상태양호(오창방향)



가로보 상태양호(오창방향)

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

본 교량의 받침장치는 탄성받침 형식으로 총 10개소(5개소/교대 1EA당)가 설치되어 있으며, A1에 고정단이 설치되어 있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받침 본체 및 받침콘크리트에 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교량받침 상태양호(오창방향)



교량받침 상태양호(오창방향)

자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 교대 점검결과, 균열(폭 0.3mm미만 및 이상)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교대 (오창방향)	균열(폭 0.3mm미만)	8.2m/4ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	2.5㎡/1ea	보수완료



교대 A1(오창방향) 전경

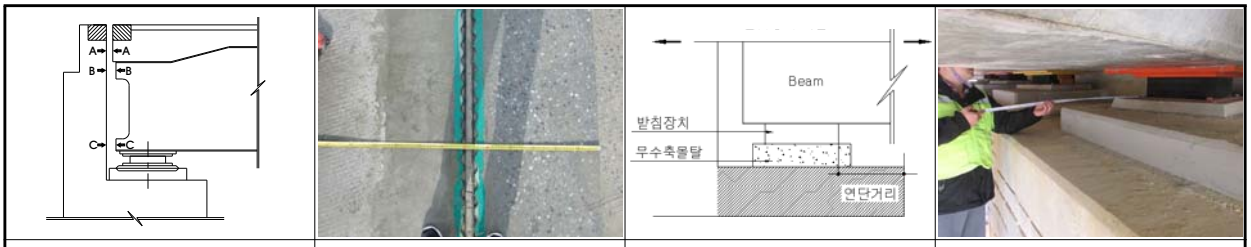


교대 A2 균열(폭0.3mm미만)(보수완료)

2.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법	유간거리 측정전경	연단거리 측정방법	연단거리 측정전경

【그림 2.6.10】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.6.15】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 11일		
온도변화 범위	-15℃~+40℃(한냉지방)	선팽창 계수(α)	1.0×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (콘크리트교=1/300)		
주형높이(h)	2,400m		
지간장(L)	50.0m(S1)		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 한냉지방, 콘크리트교 : -15~+40℃ 적용

※ 유간 측정일 기온이 온도변화 범위(보통지방)를 초과하여 한냉한지방의 온도범위로 적용함.

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(-9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-15℃)=5.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=50.0m)

{[A2지점] = 50.0m}

▷ A2지점 = (24.65mm - 신장 / 2.85mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 ($\Delta \ell t$)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.6.16】 유간거리 검토결과(오창방향)

위치		계산 신축량 (mm)			호죽2교(오창방향)		
					측정유간 (mm)	판정	
		$\Delta \ell t$	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A2	신장	24.65	5.0	29.65	55.0	OK	OK
	수축	2.85	5.0	7.85	25.0	OK	-

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A2=80㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이

  * 50.0m : S = 200 + (5 × 50.0) = 450.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 720㎜~770㎜로 도로교 설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 450.0㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.6.17】 연단거리 측정결과(오창방향)

구 분		실측거리(㎜)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(㎜)	평 가
호죽2교 (오창방향)	A1	720~750	50	450	O.K
	A2	750~770	50	450	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.6.18】 교량받침 이동량 측정결과(오창방향)

측정당시 온도	3.3℃ (2017년 11월 20일)			교량받침 종류	탄성받침	
구분	가동단 변위량(mm)					비 고
	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	
A1	Fix					
A2	0	0	0	0	0	

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.3℃(2017년 11월 20일)

2) 온도변화 : -5℃~35℃(콘크리트교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

① 온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 35℃-(3.3℃)=31.7℃(신장), 3.3℃-(-5℃)=8.3℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10-5

L : 신축들보의 길이(L=50.0m)

▷ A2 = (15.85mm - 신장 / 4.15mm - 수축)

【표 2.6.19】 교량 받침 이동량 검토(오창방향)

구 분	신축장 (㎜)	이론신축량(㎜)		신축여유량(㎜)		판정
		신장	수축	신장	수축	
A2(오창방향)	50,000	15.85	4.15	50	50	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▸검토결과 : 온도 3.3℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.nn

2.2.3 내구성조사

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대의 총 6개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.6.20】 반발경도시험 결과

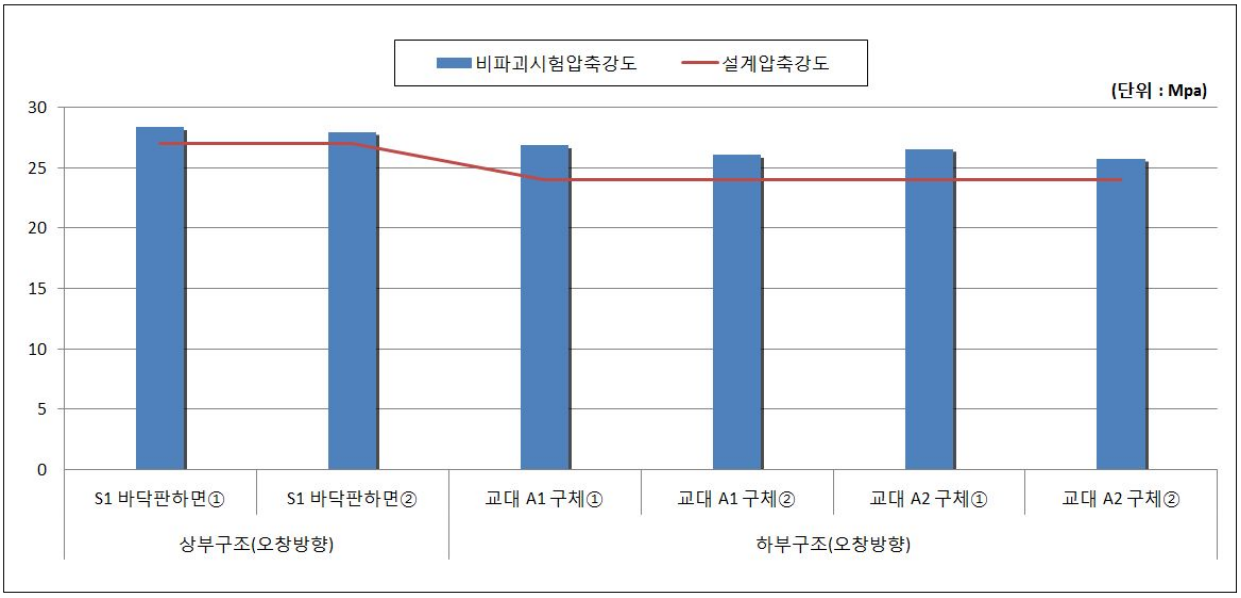
구 분			설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
오창방향	상부구조	바닥판	27.0	28.0 ~ 28.4	103.7 ~ 105.2
	하부구조	교 대	24.0	25.8 ~ 26.9	107.5 ~ 112.1

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.6.21】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치			평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	재령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (MPa)	설계압축강도 (MPa)
오창방향	상부구조	S1 바닥판하면①	49.0	-3.3	45.7	0.68	27.2	29.5	28.4	27.0
		S1 바닥판하면②	48.5	-3.3	45.2	0.68	26.8	29.2	28.0	27.0
	하부구조	교대 A1 구체①	43.5	0	43.5	0.68	25.3	28.4	26.9	24.0
		교대 A1 구체②	42.4	0	42.4	0.68	24.3	27.8	26.1	24.0
		교대 A2 구체①	43.7	0	43.7	0.67	25.1	28.1	26.6	24.0
		교대 A2 구체②	42.6	0	42.6	0.67	24.1	27.5	25.8	24.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.6.11】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.6.22】 철근탐사시험 결과

탐사위치			배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
오창방향	상부구조	S1 바닥판하면	주 철 근	@200	32	≒@200	≒40
			배력철근	@250	48	≒@250	≒55
	하부구조	교대 A1 구체	수직철근	@250	85.5	≒@250	≒100
			수평철근	@300	66.5	≒@300	≒85
		교대 A2 구체	수직철근	@250	84	≒@250	≒100
			수평철근	@300	65	≒@300	≒80

2.3 상태평가

2.3.1 상태평가 결과

본 호죽2교(오창방향)에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 **『A등급』**으로 평가되었다.

【표 2.6.23】 상태평가 결과

호죽2교(오창방향)													
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	개량형 PSC BEAM	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.6.24】 상태평가 결과표

교 량 명	호죽2교(오창방향)						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	50.0	2	100.0	1.000	0.100
합계(∑)			50.0		100.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

2.4 종합평가 및 안전등급

2.4.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

호죽2교(오창방향)의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.6.25】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

2.4.2 안전등급 지정

호죽2교(오창방향)에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.6.26】 호죽2교(오창방향) 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	호죽2교(오창방향)	A등급(우수)

2.5 종합결론

호죽2교(오창방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

제3장 안전성평가

3.1 교량 재하시험

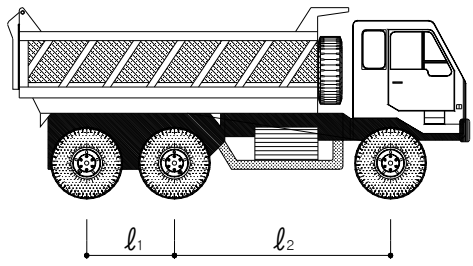
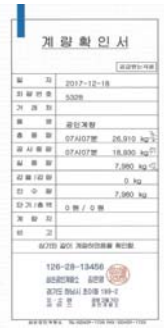
3.1.1 개 요

가. 현장시험의 개요

구 분		내 용
시험일자		2017. 12. 21
시험시간		AM 09:00 ~ AM 11:00
시험위치		옥산방향 - S1(최대 정모멘트가 작용하는 지점)
재하시험차량 대수		1대
하중 경우 수	정적재하시험	Load Case 1~3 (3회)
	동적재하시험	10㎞/hr ~ 80㎞/hr

나. 재하시험 차량의 제원 및 하중

대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN 트럭 1대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

차 량 제 원	계량증명서
	

구 분	재하차량 제원(m)			
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
15ton 덤프트럭	1.30	3.20	2.10	1.85
구 분	**총 중 량 (kN)**	**전륜축중량 (kN)**	**중륜축중량 (kN)**	**후륜축중량 (kN)**
덤프트럭 (5328)	269.10	79.80	94.65	94.65

다. 교량 재하시험 사진

<table>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td>변형률계 설치 현황</td><td>처짐계 설치 현황</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가속도계 설치 현황</td><td>재하시험 계측 전경</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>정적 재하시험 전경</td><td>동적 재하시험 전경</td></tr>
</table>

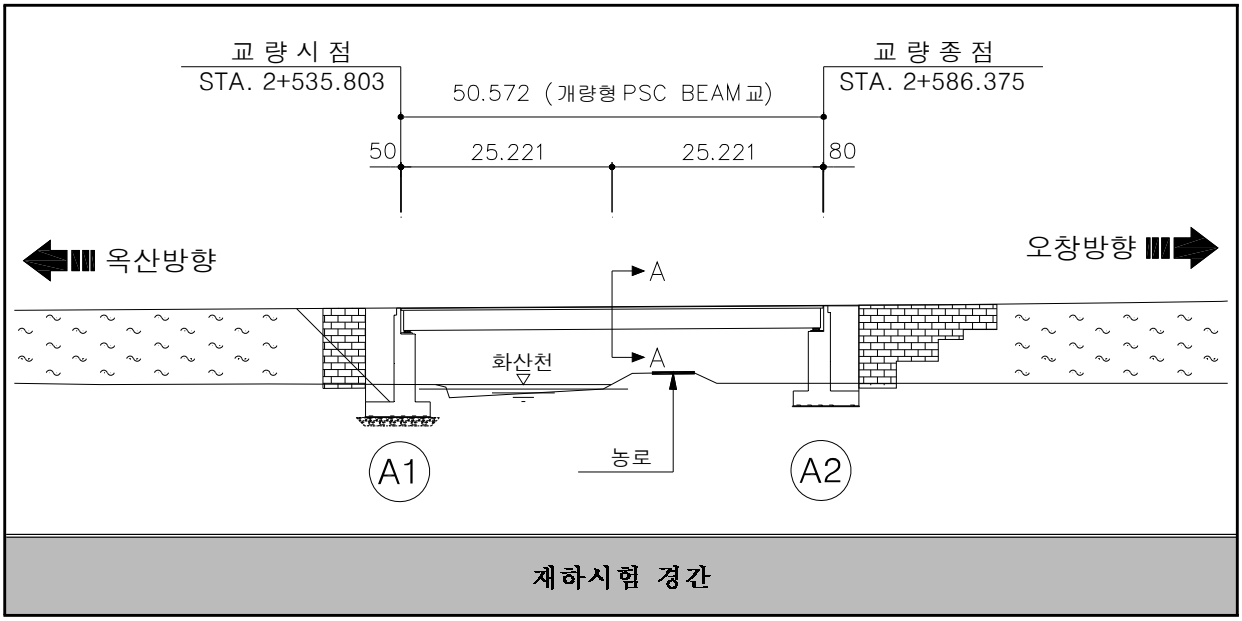
라. 계측센서 사양 및 수량

구분	센서명	모델명	사 양	수량(ea)
계측센서	콘크리트 변형률게이지	PL-60 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20~+80℃ • 형식 : 전기저항식	4
	처짐계	OU-30	• 범위 : ±30mm • 민감도: ($x10^{-6}$/mm) : 1000 • 허용온도범위 : 0~+60℃ • 형식 : 전기저항식	3
	가속도계	ARF-20A	• 용량 : 2.04g • 응답주파수 : 80hz • 고유주파수 : 150hz • 형식 : 전기저항식	1
소 계				8
측정장비	정, 동적 시험장비	DRA-30A	• 측정점수 : 30채널 • 측정대상 : Dynamic Strian, 전압 • 각 채널별 112k word 데이터메모리 탑재 (정적스트레인측정시 30000scans)	1
소 계				1

마. L/C별 재하시험 방법

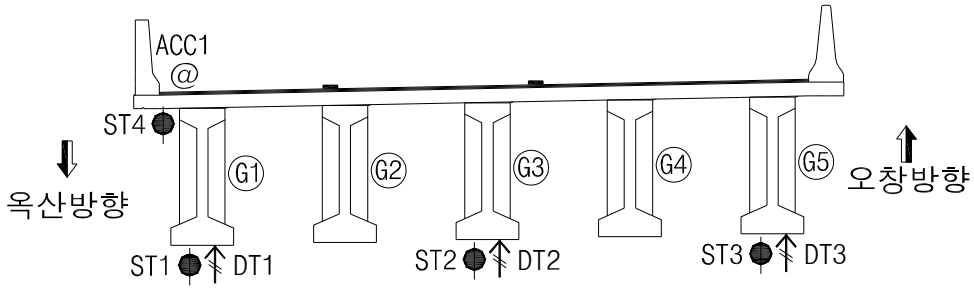
재하시험 위치	재하목적	비 고
옥산방향 - 단경간(S1)	· 최대 정모멘트가 작용하는 지점	

바. 계측센서 설치도



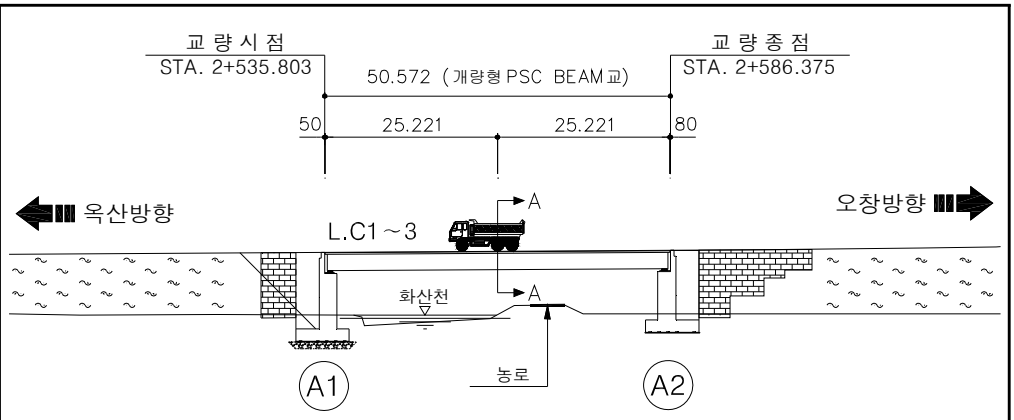
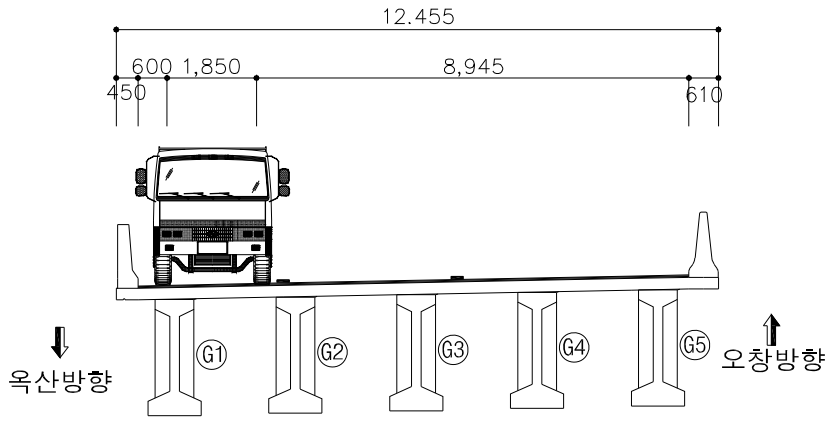
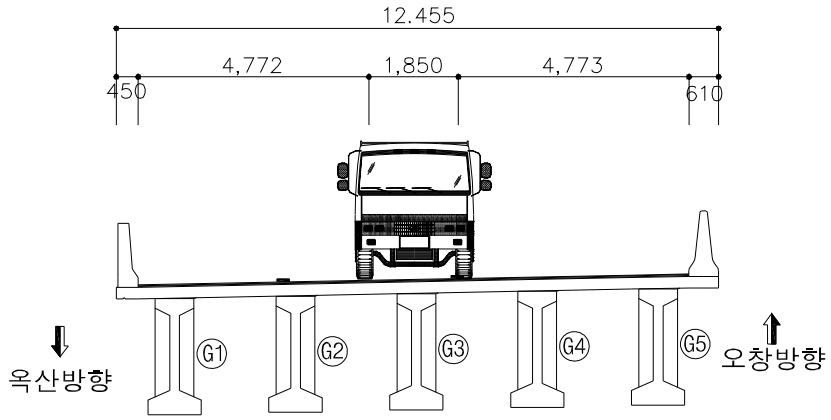
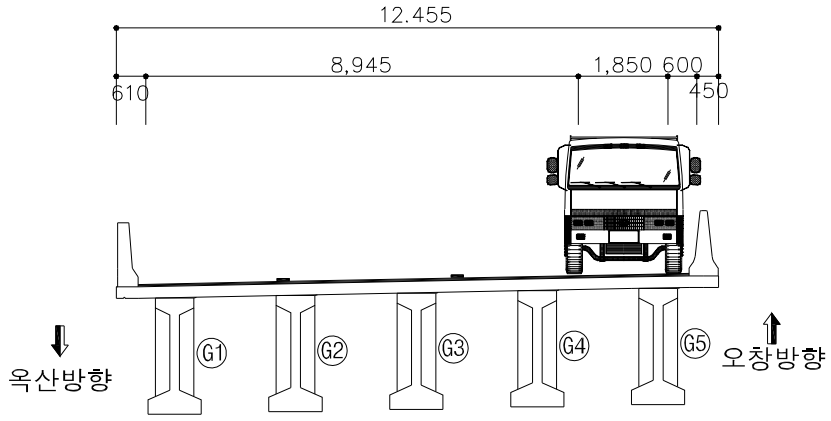
재하시험 경간

A-A단면 부착위치

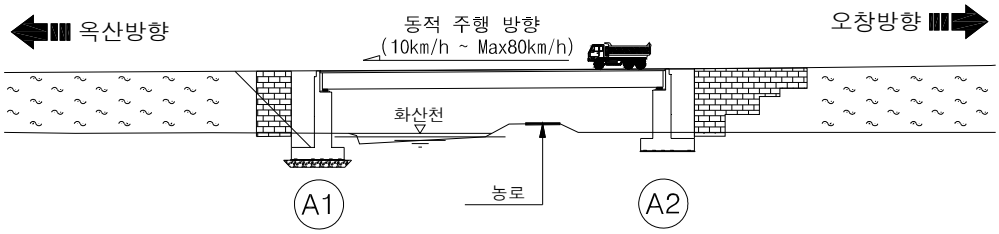
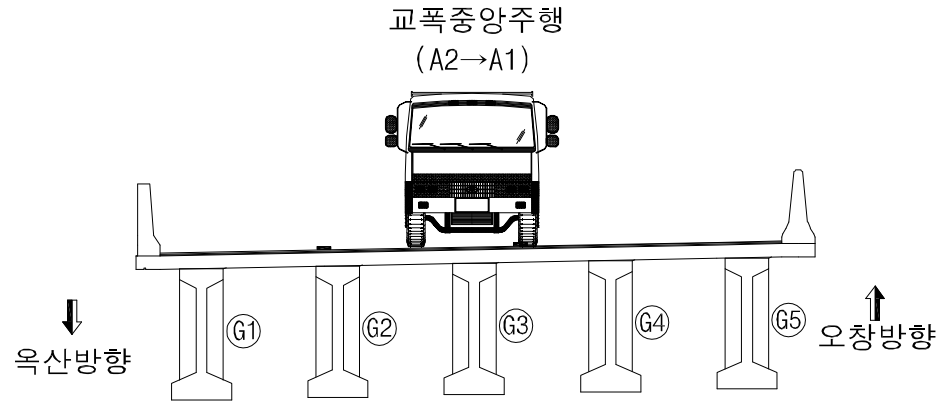


구 분	계측기명	설치수량	비 고
●	콘크리트 변형률계	4	교축방향
↑	처짐계	3	연직방향
@	가속도계	1	연직방향
계측센서 총 수량		8	

사. 정적 재하시험 LOAD CASE

종방향 재하위치	
L.C 1	
L.C 2	
L.C 3	

아. 동적 재하시험 LOAD CASE

차량주행방향	
주행위치	

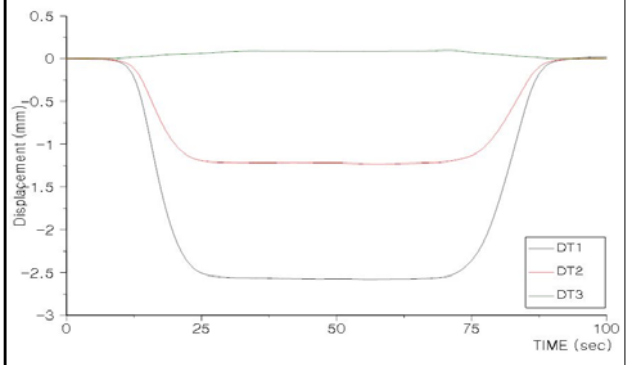
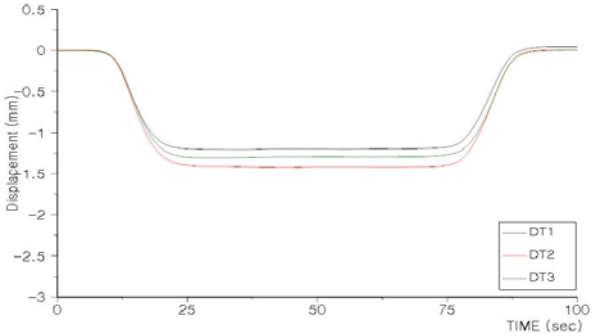
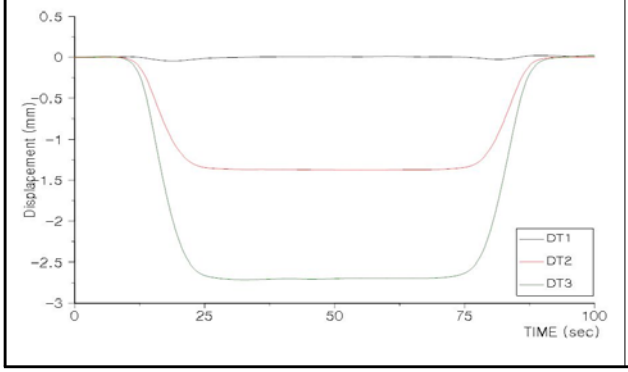
재하경우	주행방향	주행위치	비 고
10km/hr	종점→시점	교폭중앙	재하차량 1대
20km/hr	종점→시점	교폭중앙	재하차량 1대
30km/hr	종점→시점	교폭중앙	재하차량 1대
40km/hr	종점→시점	교폭중앙	재하차량 1대
50km/hr	종점→시점	교폭중앙	재하차량 1대
60km/hr	종점→시점	교폭중앙	재하차량 1대
80km/hr	종점→시점	교폭중앙	재하차량 1대

3.1.2 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

가. 재하시험에서 측정된 계측DATA

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
ST1	24.74	10.70	-2.02	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST2	12.34	12.60	14.24	
ST3	-2.45	11.38	24.70	
ST4	-6.61	-3.88	0.89	
DT1	-2.570	-1.197	0.010	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT2	-1.234	-1.418	-1.377	
DT3	0.088	-1.292	-2.700	

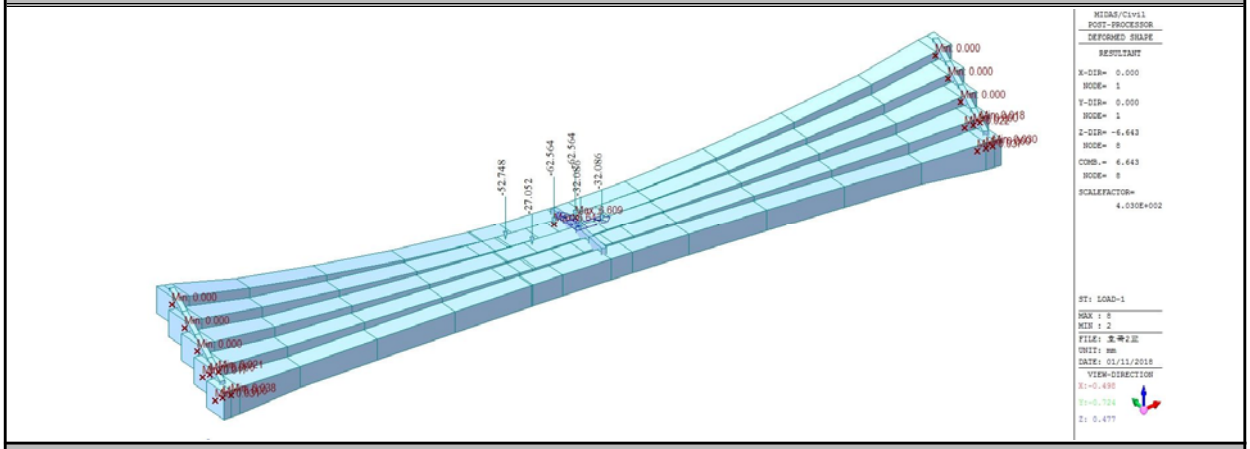
L.C1 처짐	L.C2 처짐
	
L.C3 처짐	
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

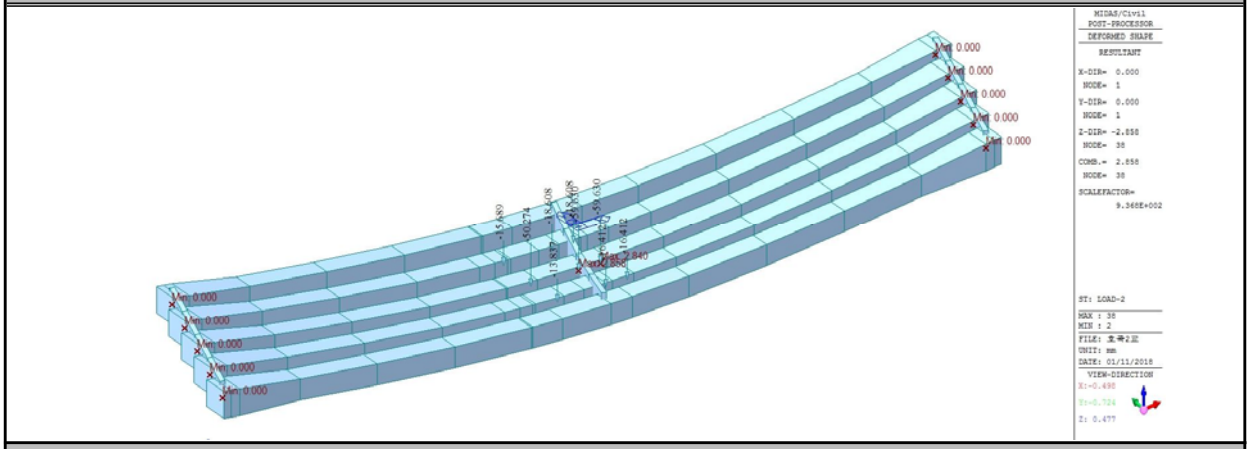
나. 구조해석에 의한 변위량

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
G1(DT1)	-6.643	-2.494	1.145	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
G3(DT2)	-2.508	-2.858	-2.492	
G5(DT3)	1.128	-2.379	-6.637	

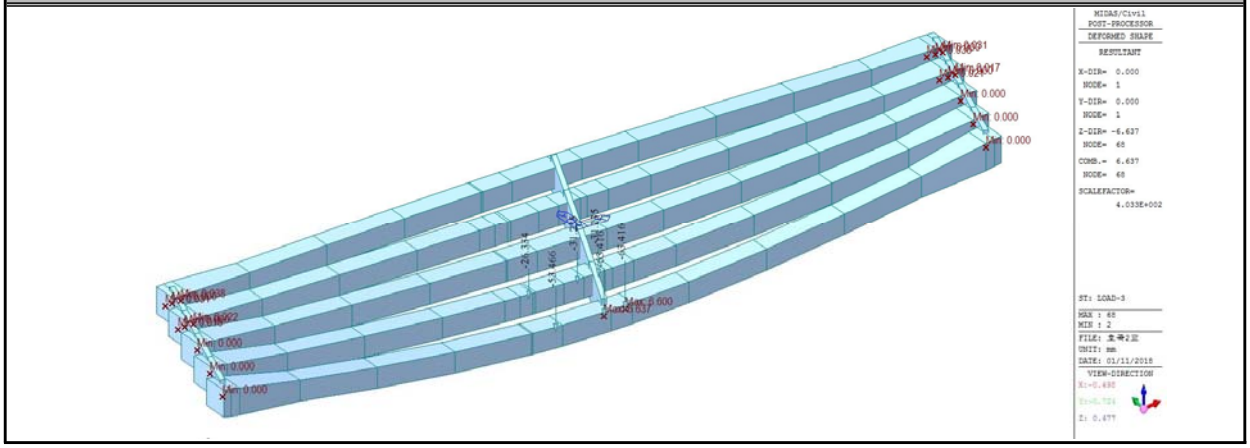
L.C1 하중재하 및 처짐



L.C2 하중재하 및 처짐

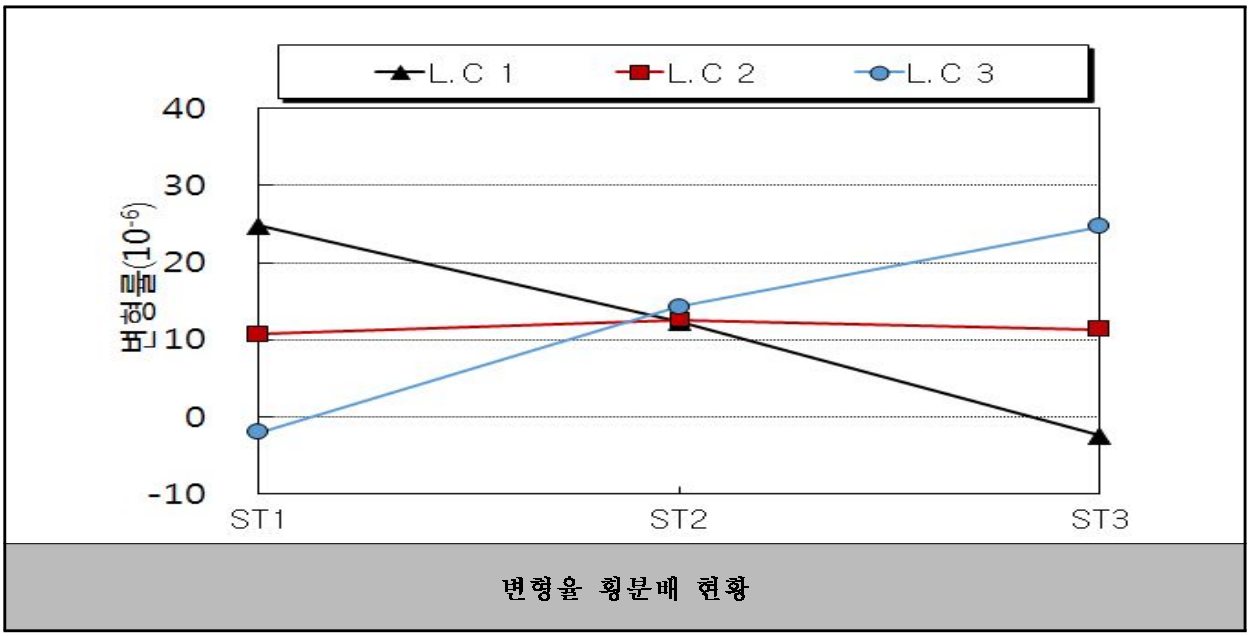


L.C3 하중재하 및 처짐

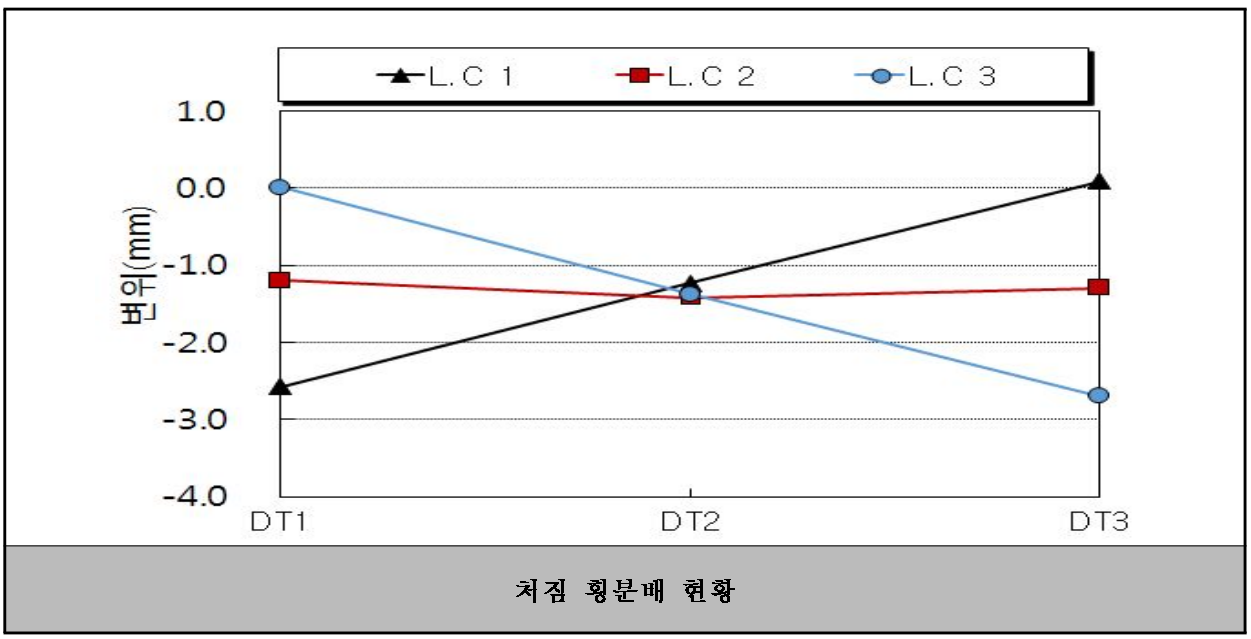


다. 하중 횡분배 검토 결과

거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단면응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 하중 횡분배는 대체로 대칭성을 보이고 있는 양호한 것으로 평가되었다.



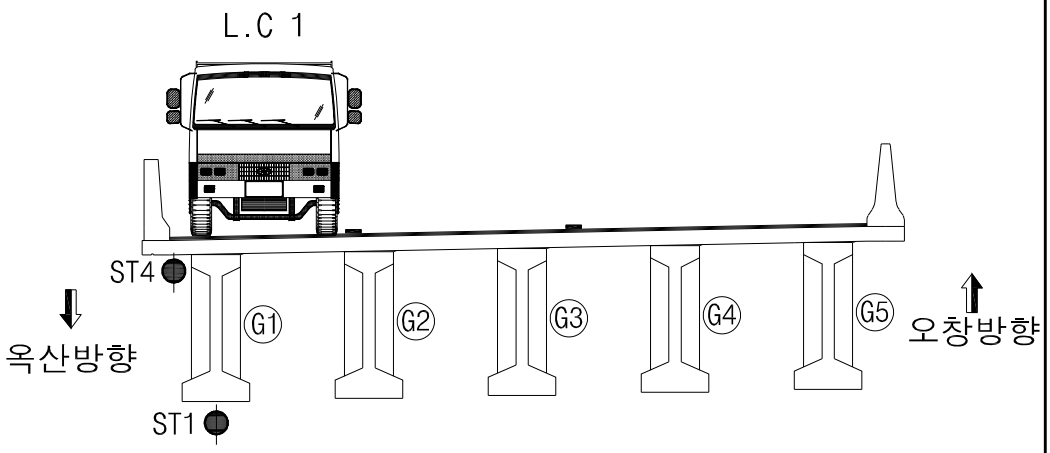
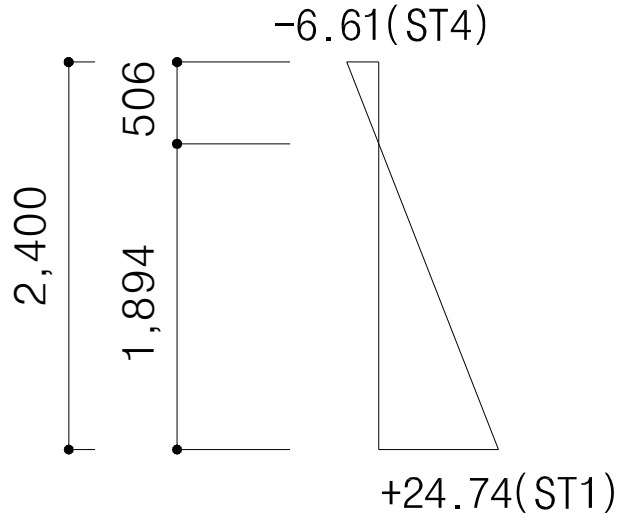
변형율 횡분배 현황



처짐 횡분배 현황

라. 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

<table>
<tr><th>구 분</th><th>L.C 1</th></tr>
<tr><td>재하위치</td><td>
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">중립축</td><td>L.C 1(1경간 - G1)</td></tr>
<tr><td>
</td></tr>
<tr><td><table>
<tr><th>구분</th><th>이론중립축위치
(mm)</th><th>실측중립축위치
(mm)</th></tr>
<tr><td>1경간</td><td>1,483</td><td>1,894</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>검토 의견</td><td>* 실측중립축이 이론중립축 대비 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.</td></tr>
</table>

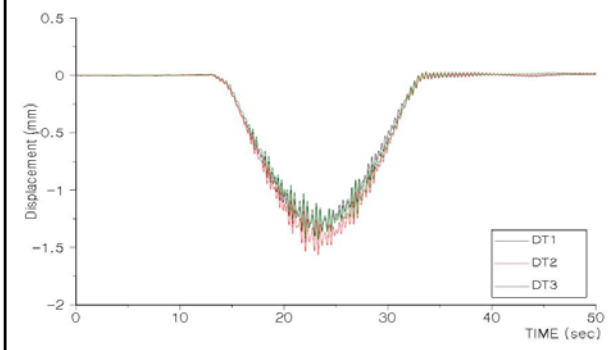
3.1.3 동적 재하시험 결과

가. 동적처짐

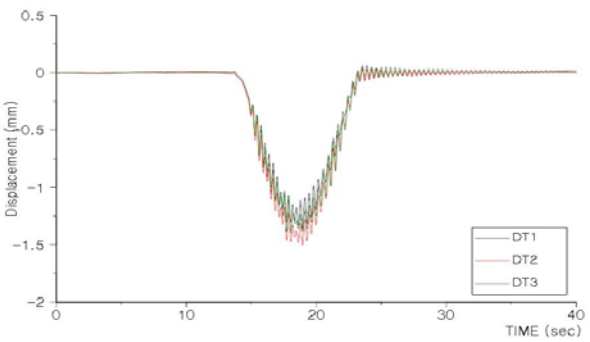
동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

구 분		주행속도 (km/h)							비고
		10	20	30	40	50	60	80	
1경간	G1(DT1)	-1.428	-1.354	-1.338	-1.414	-1.295	-1.355	-1.426	단위 : ㎜
	G3(DT2)	-1.563	-1.500	-1.597	-1.550	-1.474	-1.495	-1.586	
	G5(DT3)	-1.434	-1.393	-1.528	-1.449	-1.405	-1.393	-1.513	

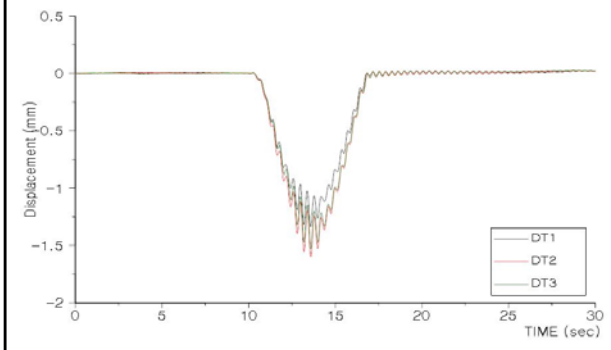
10km/hr



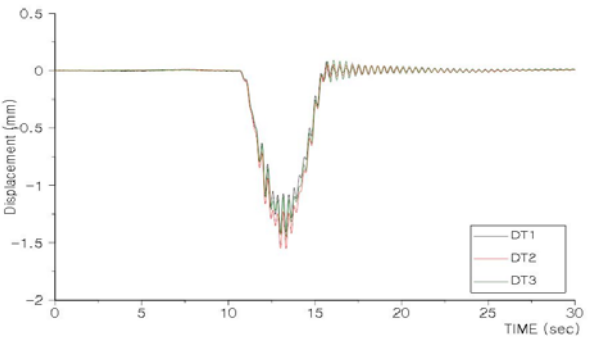
20km/hr



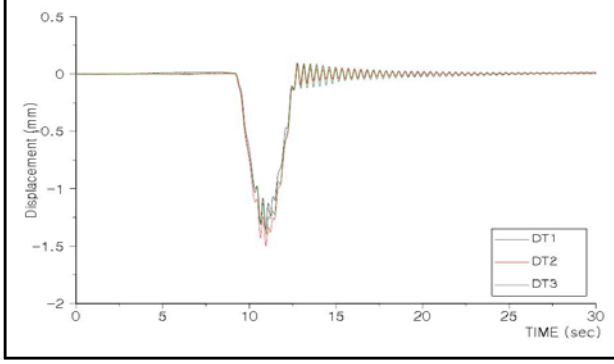
30km/hr



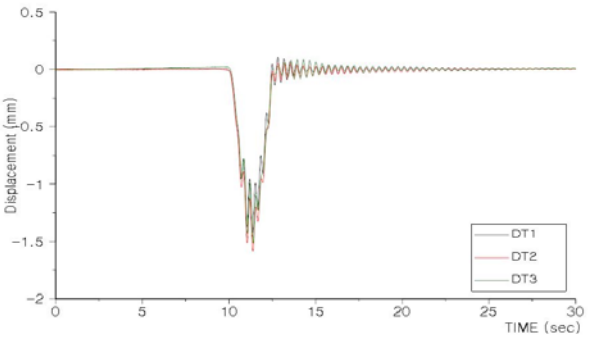
40km/hr



60km/hr



80km/hr



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

나. 충격계수 산정 결과

1) 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

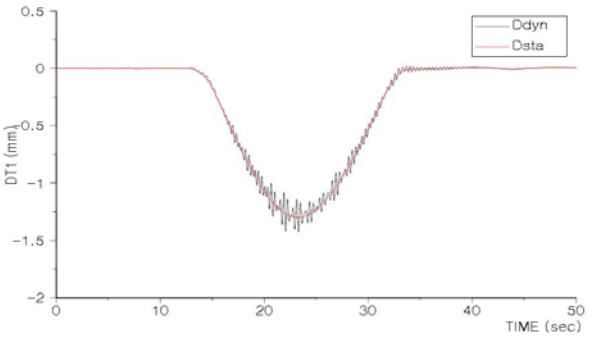
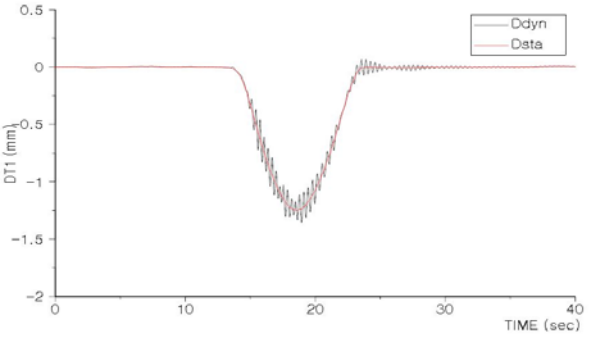
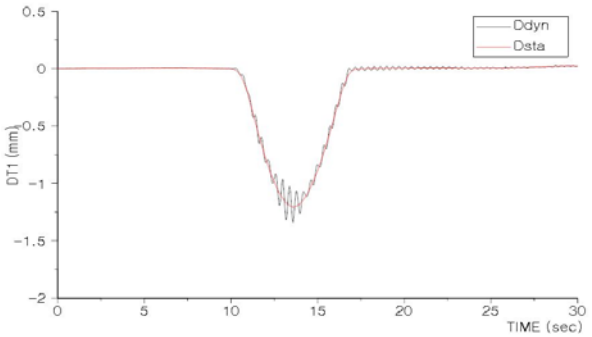
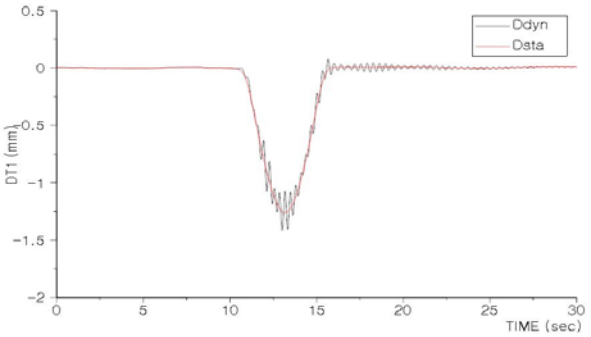
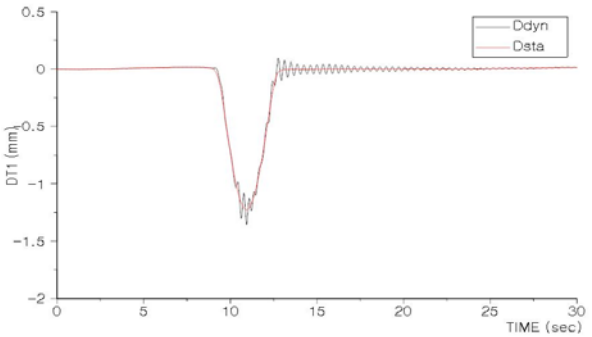
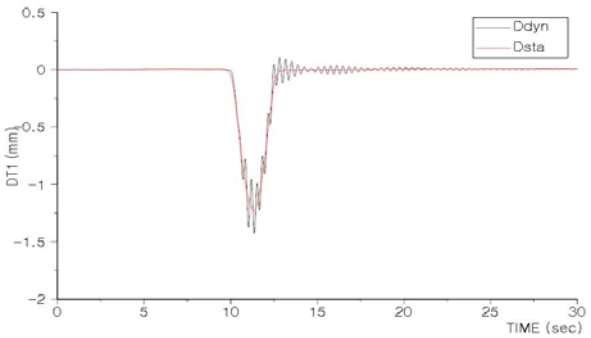
· 실측충격계수 i = (D－1)

여기서, D $=(\delta_{\mathrm{dynamic}})_{\max}/(\delta_{static})_{\max}$

구 분			주행속도 (km/h)							대표 충격계수
			10	20	30	40	50	60	80	
1경간	DT1	$\delta_{dyn(max)}$	-1.428	-1.354	-1.338	-1.414	-1.295	-1.355	-1.426	**0.160**
		$\delta_{sta(max)}$	-1.302	-1.249	-1.204	-1.258	-1.215	-1.225	-1.229	
		충격계수(i)	0.096	0.084	0.111	0.124	0.066	0.106	**0.160**	
	DT2	$\delta_{dyn(max)}$	-1.563	-1.500	-1.597	-1.550	-1.474	-1.495	-1.586	**0.145**
		$\delta_{sta(max)}$	-1.432	-1.421	-1.427	-1.408	-1.396	-1.380	-1.386	
		충격계수	0.091	0.056	0.120	0.101	0.056	0.083	**0.145**	
	DT3	$\delta_{dyn(max)}$	-1.434	-1.393	-1.528	-1.449	-1.405	-1.393	-1.513	**0.156**
		$\delta_{sta(max)}$	-1.297	-1.318	-1.372	-1.298	-1.313	-1.277	-1.309	
		충격계수	0.106	0.057	0.114	0.117	0.070	0.091	**0.156**	
계측결과			• 계산충격계수 : i = 15/(40+L) = **0.166**(1경간, L=50.572) • 실측충격계수 : 1경간-**0.160**(80km, DT1)							

2) 산정 결과

동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 G1~G5의 상부를 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT1, DT2, DT3(1경간)을 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.160(1경간)으로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계기준 0.166(1경간)보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행 시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

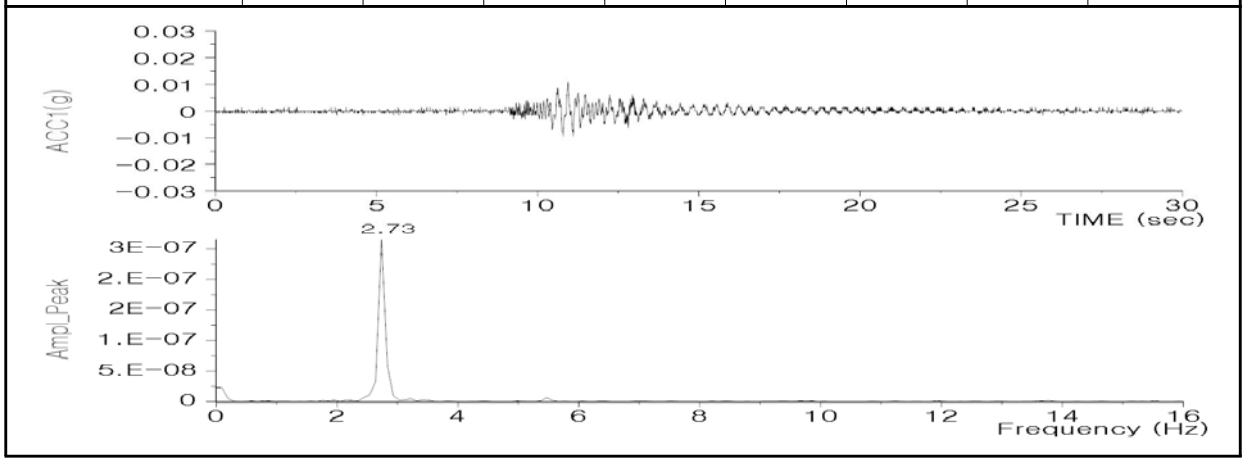
10km/hr, DT1	20km/hr, DT1
	
30km/hr, DT1	**40km/hr, DT1**
	
60km/hr, DT1	**80km/hr, DT1**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

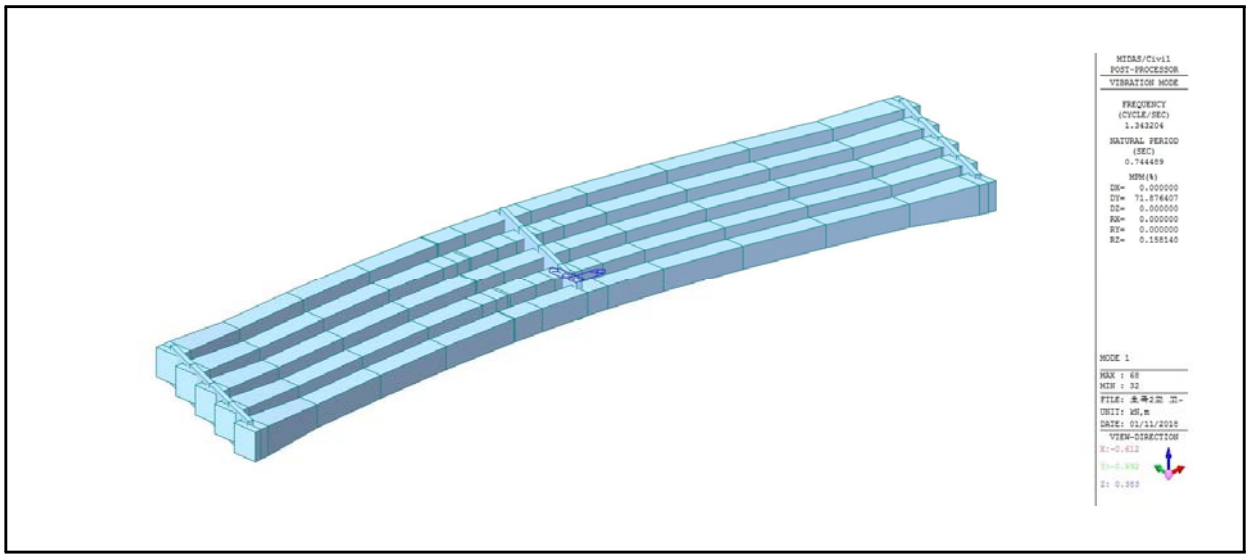
다. 고유진동수 산정 결과

1) 재하시험에 의한 고유진동수 산정

구 분	10km	20km	30km	40km	50km	60km	80km	비 고
고유진동수 (cycle/sec(Hz))	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	



2) 구조해석에 의한 고유진동수 계산



3) 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 2.73Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 1.343Hz보다 큰 것으로 나타나 교량의 강성은 양호한 것으로 판단된다.

라. 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 멀어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

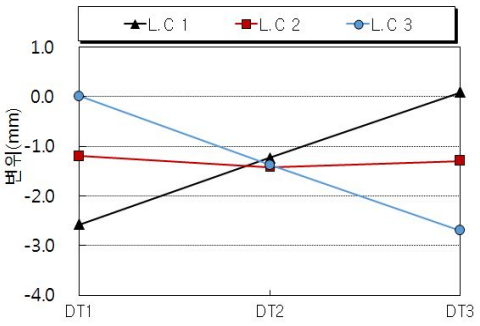
1) 응답비 산정

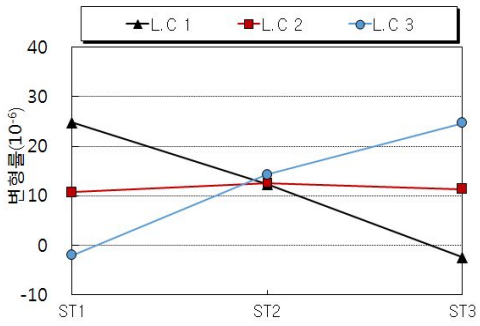
구 분		처 짐(㎜)			비고
		L.C1	L.C2	L.C3	
G1	계산처짐	-6.643	-2.494	1.145	DT1
	실측처짐	-2.570	-1.197	0.010	
	응답비	2.585	**2.084**	114.500	
G3	계산처짐	-2.508	-2.858	-2.492	DT2
	실측처짐	-1.234	-1.418	-1.377	
	응답비	2.032	2.016	**1.810**	
G5	계산처짐	1.128	-2.379	-6.637	DT3
	실측처짐	0.088	-1.292	-2.700	
	응답비	12.818	**1.841**	2.458	

2) 응답보정계수 산정

구 분		응답비	i(충격계수)		$\frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$	위치별 Ks
			계산	실측max		
응답보정계수	DT1(G1)	2.084	0.166	0.160	1.005	2.094
	DT2(G3)	1.810				1.819
	DT3(G5)	1.841				1.850

3.1.4 정·동적 재하시험 고찰

<table>
<tr><th colspan="2">분석항목</th><th>분석결과</th></tr>
<tr><td colspan="2">시험트럭</td><td>• 재하하중 : 설계하중의 약 62%
• 총 중 량 : 269.10kN</td></tr>
<tr><td rowspan="3">정적
재하
시험</td><td>최대
응답</td><td>• 처 짐 : -2.700 ㎜
• 변형률 : 24.74 με</td></tr>
<tr><td>횡방향
거동특성</td><td>

처짐


변형률
• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">동적
재하
시험</td><td>충격
계수</td><td>• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.160(DT1)으로 이론 충격계수 0.166보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td>고유
진동수</td><td>• 실측고유진동수(2.73Hz)가 이론 고유진동수(1.343Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

3.2 안전성평가 및 내하력평가

3.2.1 구조해석 방법 및 개요

호죽2교는 연장 50.00m, 총폭 옥산방향 12.455m, 오창방향 11.825m, 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 20°이며 평면선형 직선교 이다. 상부구조는 Bicon GIRDER로 이루어져 있으며, 하부구조는 풍화암 위에 직접기초인 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

3.2.2 검토 조건

가. 기본 사항

1) 형 식 : Bicon교
2) 연 장 : 50.000m
3) 교 폭 : B = 12.455m
4) 거더높이 : H = 2.500m
5) 거더간격 : 2.500m
6) 사 각 : 20°
7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
8) 단위중량
   - 철근 콘크리트 : W_{c1} = 2500.0kg/㎥
   - 무근 콘크리트 : W_{c2} = 2350.0kg/㎥
9) 사용 프로그램 : SAP2000
10) 구조 검토방식 : 강도설계법(바닥판), 허용응력설계법(거더)
11) 참고문헌
   ① 도로교 설계기준(2010)
   ② 콘크리 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
   ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

나. 사용재료 및 허용응력

1) 콘크리트

① 압축강도(f_{ck}) 및 탄성계수

【표 2.6.27】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa)

구 분	설계기준강도	탄성계수 추정식	적용 탄성계수
거 더	40	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	30,891
바닥판	27	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	27,804

② 허용응력

【표 2.6.28】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(f_{ck} = 40 MPa일 경우)

응력의 발생시기	응력구분	설계기준	허용응력
프리스트레스 도입 시	압축강도	$f_{ci'} = 0.8f_{ck}$	32.000
크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력	압축응력(Posttensioning)	$0.60f_{ci'}$	19.200
	부착된 철근이 없는 인장응력	$0.25\sqrt{f_{ci'}}$	1.414
모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력	압축응력	$0.45f_{ck}$	18.000
	부착된 철근이 있는 인장응력	$0.50\sqrt{f_{ck}}$	3.16
	부착된 철근이 없는 인장응력	0	0
	균열응력	$0.63\sqrt{f_{ck}}$	3.98

③ 바닥판

허용휨압축응력 : $0.4 \times f_{ck} = 0.4 \times 27 = 10.800$ MPa

2) PS 강연선(KS D 7002 SWPC 7B, 저릴렉세이션 강재)

긴장력 및 강선에 대한 계수값 들은 도면에 표기된 값을 사용하였다.

① 극한강도 : f_{put} = 1900.0MPa

② 항복강도 : f_{pyt} = 1600.0MPa

③ 탄성계수 : Ep = 200,000MPa

④ 긴장시 최대응력 : MIN($0.94\times f_{pyt}$, $0.8\times f_{put}$) = 1,504MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN($0.74\times f_{pyt}$, $0.82\times f_{put}$) = 1,312MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN($0.74\times f_{pyt}$, $0.82\times f_{put}$) = 1,312MPa

3) PS 강봉(KS D 3505, 저릴렉세이션 강재)

① 극한강도 : f_{puc} = 1050.0MPa

② 항복강도 : f_{pyc} = 950.0㎫

③ 탄성계수 : Ep = 200,000㎫

④ 긴장시 최대응력 : MIN(0.94×f_{pyc}, 0.8×f_{puc}) = 840㎫

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777㎫

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777㎫

4) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	강 연 선						강봉
PS강재 개수	개, ㎜	7	10	11	13	16	19	40
쉬스관 내경	㎜	65	75	75	85	85	100	50
쉬스관 외경	㎟	70	80	80	90	90	105	55
곡률마찰계수 μ	1/rad	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-
파상마찰계수 κ	1/m	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.008

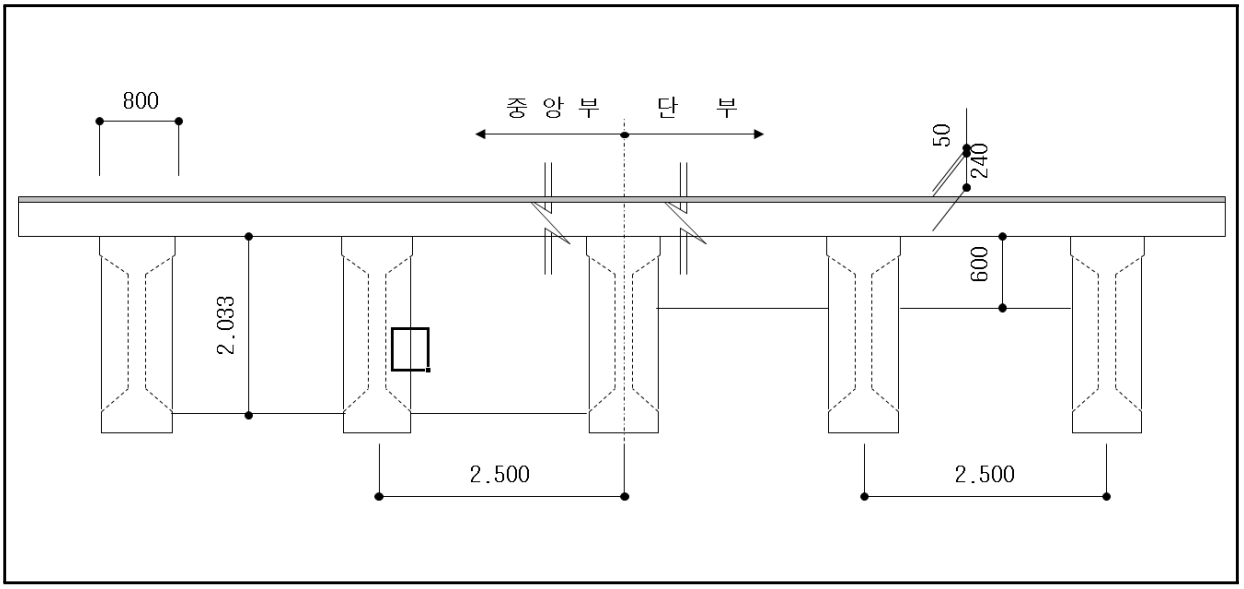
5) 철근

구 분	항복강도(fy)	탄성계수(Es)	허용인장응력(f_{ta})	비고
바닥판	400MPa	200,000	180MPa	SD400
거더	300MPa	200,000		SD300

3.2.3 구조해석

가. 바닥판 검토

1) 단면제원



2) 좌측 캔틸레버부

① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(무근콘크리트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	100.0㎞/hr	96.000kN	∞	

② 하중산정

㉠ 고정하중

구 분	면적 (m2)	단위중량 (kN/m3)	하중 (kN)	작용거리 (m)	휨모멘트 (kN·m)
방호벽	0.398	25.000	9.950	0.617	6.139
바닥판	0.193	25.000	4.825	0.403	1.942
포 장	0.018	23.000	0.408	0.178	0.072
방음판			1.000	0.617	0.617
합 계			16.183		8.770

㉡ 차량충돌하중

구 분	h	H	M_{co} = H×h	곡선반경	적용 M_{co}
Case1	1.000m	23.333kN/m	23.333kN·m/m	R= ∞ > 200m	23.333kN·m/m
Case2	1.320m	10.000kN/m	13.200kN·m/m		

※ Case1 : 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시, 여기서 $H=(V/60)^2\times7500+2500$
Case2 : 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10kN/m의 수평하중 재하시

㉢ 풍하중

각 형 부 재	풍상측 부재(MPa)	재하위치(mm)	휨모멘트(kN·m)
활하중 재하시	0.0015	1500	6.750
활하중 비재하시	0.0030	660	2.614

㉣ 하중조합(도.설 2.2.3.2)

하중경우	고정하중	활 하 중	차량충돌하중	원심하중	풍 하 중	합 계(kN·m/m)
Case 1	1.30	2.15		1.30		14.567
Case 2	1.30		1.30			11.384
Case 3	1.30	1.30	0.65	1.30		21.317
Case 4	1.30	1.30		1.30		14.567
Case 5	1.25	1.25	0.625	1.25		21.317
Case 6	1.30	1.30		1.30	1.30	37.900
Case 7	1.20		1.20		1.20	34.717

③ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 49.270kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 240.0㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 60.0㎜	유 효 높 이	d = 180.0㎜

㉡ 검토결과

구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	240.0	60.0	H16@200 = 993.00	49.270	57.850	O.K S.F=1.174

사 용 성 검 토	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	231.599㎜	100㎜	O.K

바 닥 판 최소두께	h_{min} = (280L+180)	최소h	적용h	결과
	195.400㎜	220.0㎜	240.0㎜	O.K

3) 중앙부

① 검토조건

- 지간방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.4% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상
- 지간방향에 직각방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

구 분			산 정 식	검 토
주철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.4% = 960.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
배력 철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
㉠ • 여기서 바닥판 슬래브 단면적 = 1,000㎜ × 240㎜ = 240,000㎟				

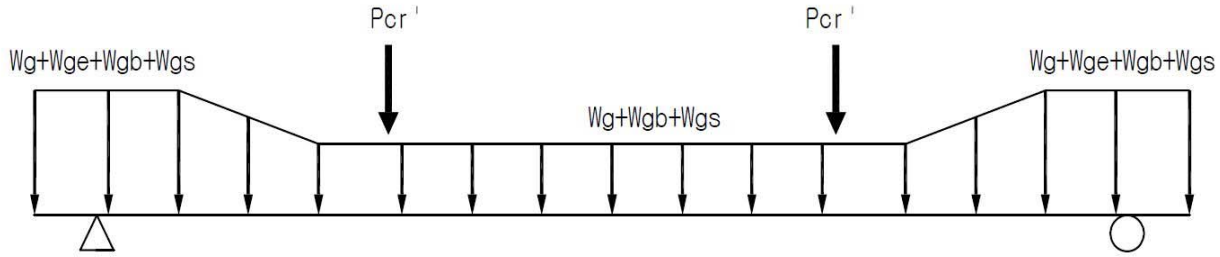
나. 거더 검토

1) 거더 자중

① 하중산정

구 분	산 출 근 거									
거더본체 (Wg)	Anet×wgc	=	0.962	×	25000			=	24044	N/m
단부보강 (Wge)	Avar×wgc	=	1.015	×	25000			=	25375	N/m
가 로 보 (Pcr')	Avar×Lcr×wgc×ea	=	1.015	×	1	×	25000 × 1 EA	=	15225	N
강 봉 (Wgb)	w1cm×Cea	=	102.1	×	2 EA			=	204	N/m
T1 강연선 (Wgs1)	w1tm×Tea	=	11.01	×	7 EA			=	77	N/m
T2~T5 강연선 (Wgs2)	w2tm×Tea	=	11.01	×	4 EA	×	17 EA	=	749	N/m

② 모델링



2) 합성전 고정하중

① 바닥판 콘크리트(Wsc)

㉠ G1 거더 : 0.24 × 2.455 × 25000 = 14730 N/m

㉡ G2 ~ G4 거더 : 0.24 × 2.500 × 25000 = 15000 N/m

㉢ G5 거더 : 0.24 × 2.500 × 25000 = 15000 N/m

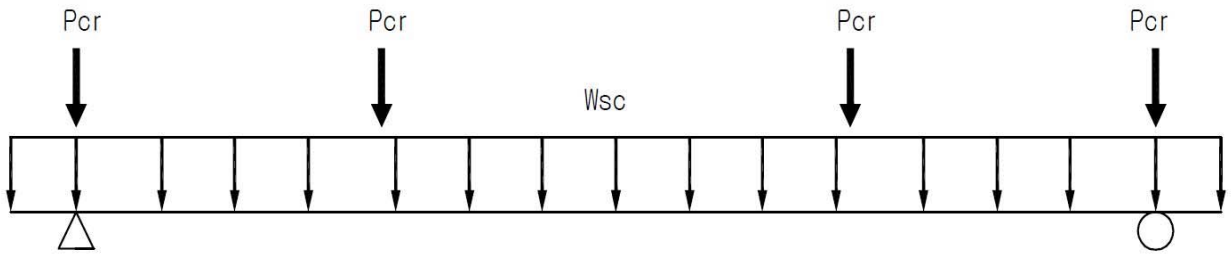
② 가로보 콘크리트(Pcr)

㉠ G1 거더 : 0.300 × 2.033 × 1.25 × 25000 = 19063 N

㉡ G2 ~ G4 거더 : 0.300 × 2.033 × 2.50 × 25000 = 38125 N

㉢ G5 거더 : 0.300 × 2.033 × 1.25 × 25000 = 19063 N

③ 모델링



3) 합성후 고정하중

① 좌측 캔틸레버 하중

- 방호벽 (좌) : A × w = 0.398 × 25000 = 9955 N/m

② 우측 캔틸레버 하중

- 중분대 (우) : A × w = 0.421 × 25000 = 10531 N/m

③ 중앙부 하중

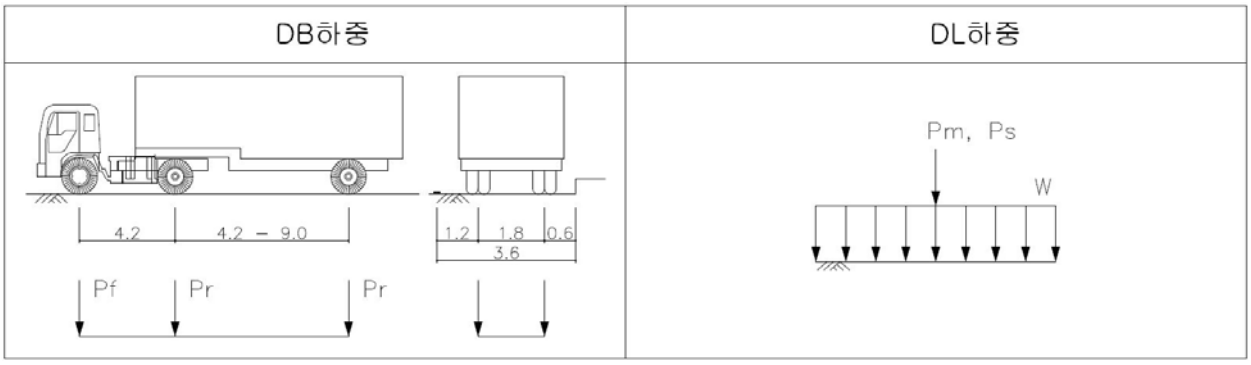
- 콘크리트 포장 : t × w = 0.050 × 23500 = 1175 N/m^2

4) 활하중

① 차로수 : 3 차로

② 차로폭 : 3.6m

③ 적용하중 (1등급)



㉠ DB-24 : DBr = 96.00 kN

DBf = 24.00 kN

㉡ DL-24 : DLw = 12.70 kN/m

DLm = 108.00 kN

DLs = 156.00 kN

5) 단면력 집계표

① 지간중앙부의 휨모멘트 집계(kN·m)

구 분	G1	G2~G4	G5	저 항 단 면	비 고
거더 자중	7882.0	7882.0	7882.0	순 단 면	
합성전 고정하중	4643.9	4967.4	4733.9	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	1924.5	2072.1	1993.3	바닥판 합성단면	
DB 활하중	3899.3	3312.4	3123.4		
DL 활하중	4211.8	3533.2	3394.1		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	4211.8	3533.2	3394.1		
합 계	18662.2	18454.7	18003.3		

② 지간지점부의 전단력 집계(kN)

구 분	G1	G2~G4	G5	저 항 단 면	비 고
거더 자중	692.8	692.8	692.8	순 단 면	
합성전 고정하중	369.7	386.6	377.0	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	183.5	154.7	189.5	바닥판 합성단면	
DB 활하중	382.7	373.8	282.7		
DL 활하중	396.0	367.3	295.9		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	396.0	373.8	295.9		
합 계	1642.0	1607.9	1555.3		

6) 응력검토

① G1거더 응력산출

㉠ G1거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.816

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw	-	-	15.100	-11.679	-	-	
2	fps	-	-	-12.271	30.375	392.447	-1181.758	
계		-	-	2.829	18.696	392.447	-1181.758	
응력 검토		-	-	-1.410	±19.200	±777.00	±1312.00	
		-	-	O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	-	-	8.210	-5.918	49.815	-34.573	
4	fal	1.214	0.956	1.074	-1.824	6.155	-11.161	
5	fll	2.657	2.093	2.351	-3.993	13.470	-24.427	
6	fsh	0.117	0.047	0.052	-0.739	0.074	4.650	
7	fcr	0.535	0.213	0.239	-3.378	0.337	21.267	
8	frgb	-0.035	-0.032	-0.036	0.003	-0.226	0.007	
9	frgs	0.049	0.019	0.022	-0.307	0.031	1.932	
계		4.536	3.296	14.742	2.541	462.103	-1224.065	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	17	17	17	17
P_{CT}	(kN)	-493.306	-493.306	967.192	2952.864	2648.320	2790.600	±2934.263
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00236	0.00236	0.00236	±0.0024
fps	(MPa)	-392.447	-392.447	996.180	1252.328	1123.169	1183.511	±1244.439
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.000
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

② G2~G4거더 응력산출

㉠ G2~G4거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.818

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw	-	-	15.100	-11.679	-	-	
2	fps	-	-	-12.271	30.375	392.447	-1181.758	
계		-	-	2.829	18.696	392.447	-1181.758	
응력 검토		-	-	-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
		-	-	O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	-	-	8.782	-6.330	53.286	-36.982	
4	fal	1.292	1.016	1.142	-1.960	6.534	-11.997	
5	fll	2.204	1.733	1.947	-3.343	11.141	-20.456	
6	fsh	0.114	0.044	0.050	-0.736	0.060	4.635	
7	fcr	0.513	0.199	0.224	-3.299	0.268	20.772	
8	frgb	-0.035	-0.032	-0.036	0.003	-0.226	0.007	
9	frgs	0.048	0.019	0.021	-0.309	0.025	1.947	
계		4.136	2.979	14.959	2.723	463.534	-1223.832	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	17	17	17	17
P_{CT}	(kN)	-493.306	-493.306	967.192	2952.864	2648.320	2790.600	2934.263
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00236	0.00236	0.00236	0.00236
fps	(MPa)	-392.447	-392.447	996.180	1252.328	1123.169	1183.511	1244.439
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

③ G5거더 응력산출

㉠ G5거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.816

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw	-	-	15.100	-11.679	-	-	
2	fps	-	-	-12.271	30.375	392.447	-1181.758	
계		-	-	2.829	18.696	392.447	-1181.758	
응력 검토		-	-	-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
		-	-	O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	-	-	8.369	-6.032	50.781	-35.243	
4	fal	1.243	0.978	1.098	-1.886	6.285	-11.541	
5	fll	2.117	1.665	1.870	-3.211	10.702	-19.651	
6	fsh	0.114	0.044	0.050	-0.736	0.060	4.635	
7	fcr	0.520	0.202	0.227	-3.345	0.272	21.065	
8	frgb	-0.035	-0.032	-0.036	0.003	-0.225	0.007	
9	frgs	0.048	0.019	0.021	-0.307	0.025	1.932	
계		4.007	2.875	14.429	3.182	460.347	-1220.554	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	17	17	17	17
P_{CT}	(kN)	-493.306	-493.306	967.192	2952.864	2648.320	2790.600	2934.263
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00236	0.00236	0.00236	0.00236
fps	(MPa)	-392.447	-392.447	996.180	1252.328	1123.169	1183.511	1244.439
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

7) 거더 안전성평가 결과

【표 2.6.29】 거더 안전성평가 결과

구 분		거더 응력 검토					
		바닥판		거더		PS강재	
		상연	하연	상연	하연	상연	하연
G1	응력	4.536	3.296	14.742	2.541	462.103	-1224.065
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	-
	안전율	2.381		**1.221**		1.681	
G2~G4	응력	4.136	2.979	14.959	2.723	463.534	-1223.832
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	2.611		**1.203**		1.676	
G5	응력	4.007	2.875	14.429	3.182	460.347	-1220.554
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	2.695		**1.247**		1.688	

다. 안전성평가 결과

바닥판 및 거더의 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 “A”로 검토되었다.

【표 2.6.30】 안전성 평가 결과

	구 분	켄틸레버부		중앙부
바닥판	안전율	1.174		-
	최소안전율	**S.F = 1.174**		
	구 분	**G1**	**G2~G4**	**G5**
거 더	안전율	1.221	1.203	1.247
	최소안전율	**S.F = 1.203**		

3.2.4 내하력평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

가. 개요

1) 강도설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서, ϕM_n = 설계휨강도 M_d = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$ = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d = 고정하중 계수 (1.30) γ_ℓ = 활하중 계수 (2.15)

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수 P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24)

2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서, f_ℓ = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

f_a = 재료의 허용응력 f_d = 고정하중 응력

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수

P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

나. 기본내하율 산정

【표 2.6.31】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과

구 분		ϕMn(kN·m)	M_d(kN·m)	$M_l(1+i)$(kN·m)	기본내하율(RF)
바닥판	켄틸레버	57.850	8.770	5.797	3.727
	-	-	-	-	-

【표 2.6.32】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과

구 분		허용응력 (f_a)(MPa)	고정하중응력 (f_d)(MPa)	활하중응력 (f_l)(MPa)	기본내하율 (RF)	비고
G1	상연	18.000	12.391	2.351	**2.386**	
	하연	-3.162	6.534	-3.993	2.428	
G2~G4	상연	18.000	12.559	1.870	**2.910**	
	하연	-3.162	6.393	-3.211	2.976	
G5	상연	18.000	13.012	1.947	**2.562**	
	하연	-3.162	6.066	-3.343	2.760	

다. 내하력평가 결과

【표 2.6.33】 공용내하력 산정결과

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	G1	1.819	2.386	4.340	DB, DL-24 이상
	G2~G4	1.819	2.910	5.293	DB, DL-24 이상
	G5	1.819	2.562	4.660	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

3.3 종합평가 및 안전등급

3.3.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

호죽2교의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.6.34】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

3.3.2 안전등급 지정

호죽2교에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.6.35】 호죽2교 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	호죽2교	A등급(우수)

3.4 종합결론

호죽2교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

제7장 성산교

7.1 시설물의 개요

7.2 현장조사 및 시험

7.3 상태평가

7.4 교량 재하시험

7.5 안전성평가 및 내하력평가

7.6 종합평가 및 안전등급

7.7 종합결론

제7장 성산교

7.1 시설물의 개요

7.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 성산교에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

【표 2.7.1】 과업대상 시설물의 개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		성산교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 60.447m			
	폭	B = 24.300m			
구조형식	상부	Precom Girder	기초형식	교대	직접기초
	하부	교대:역T형		교각	-
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(지방도540호선)	통과높이		12.4m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

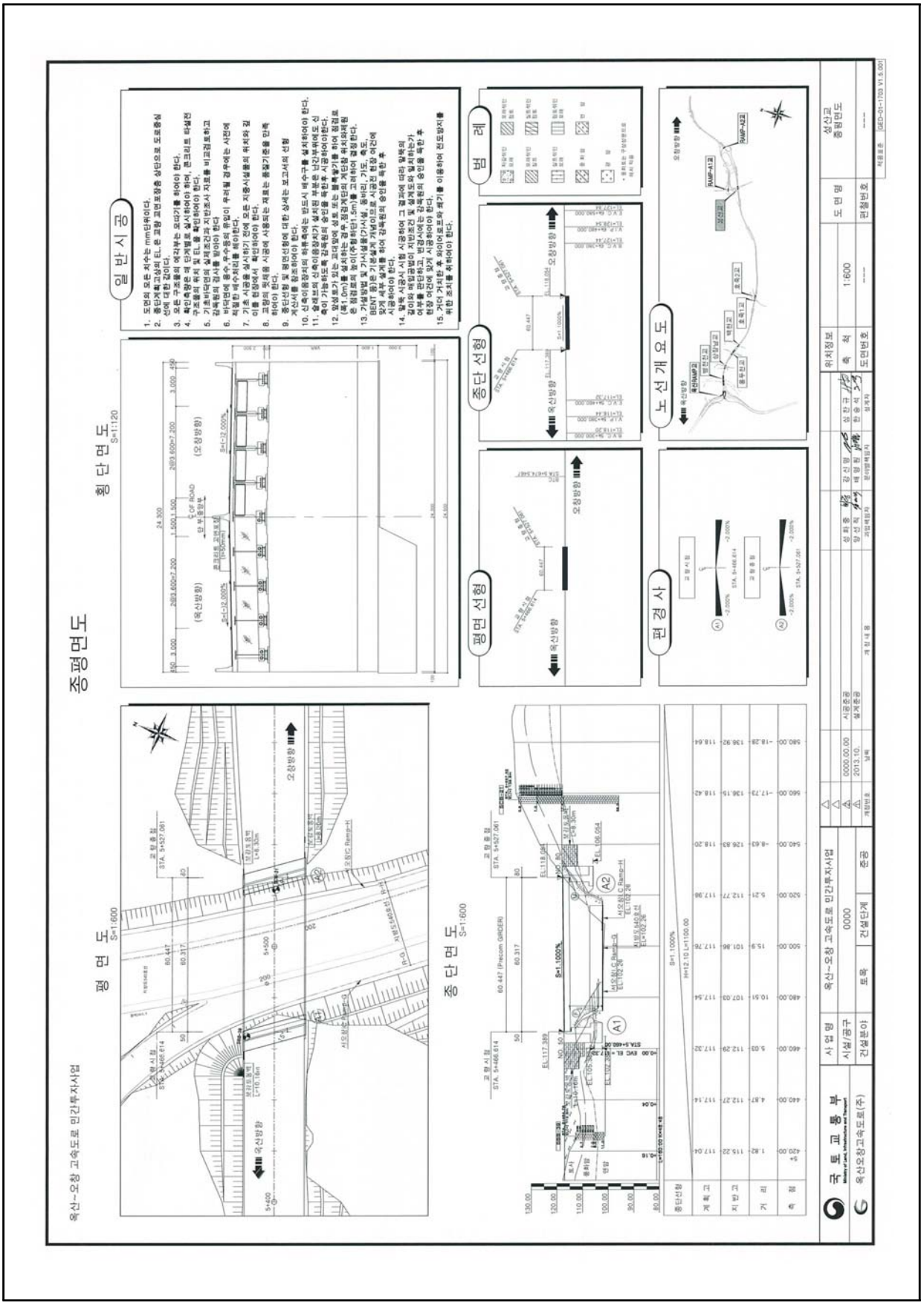


상면전경

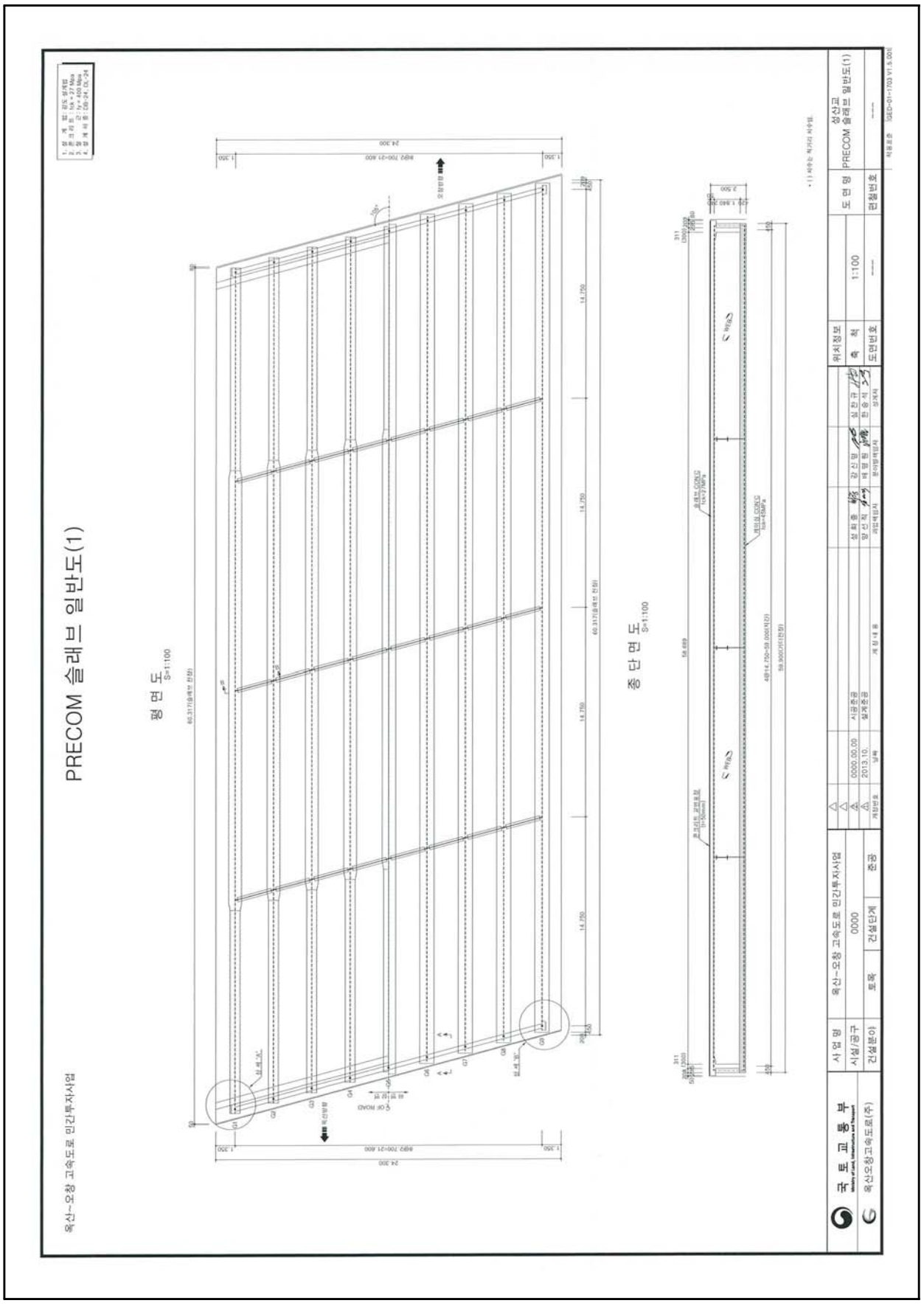


측면전경

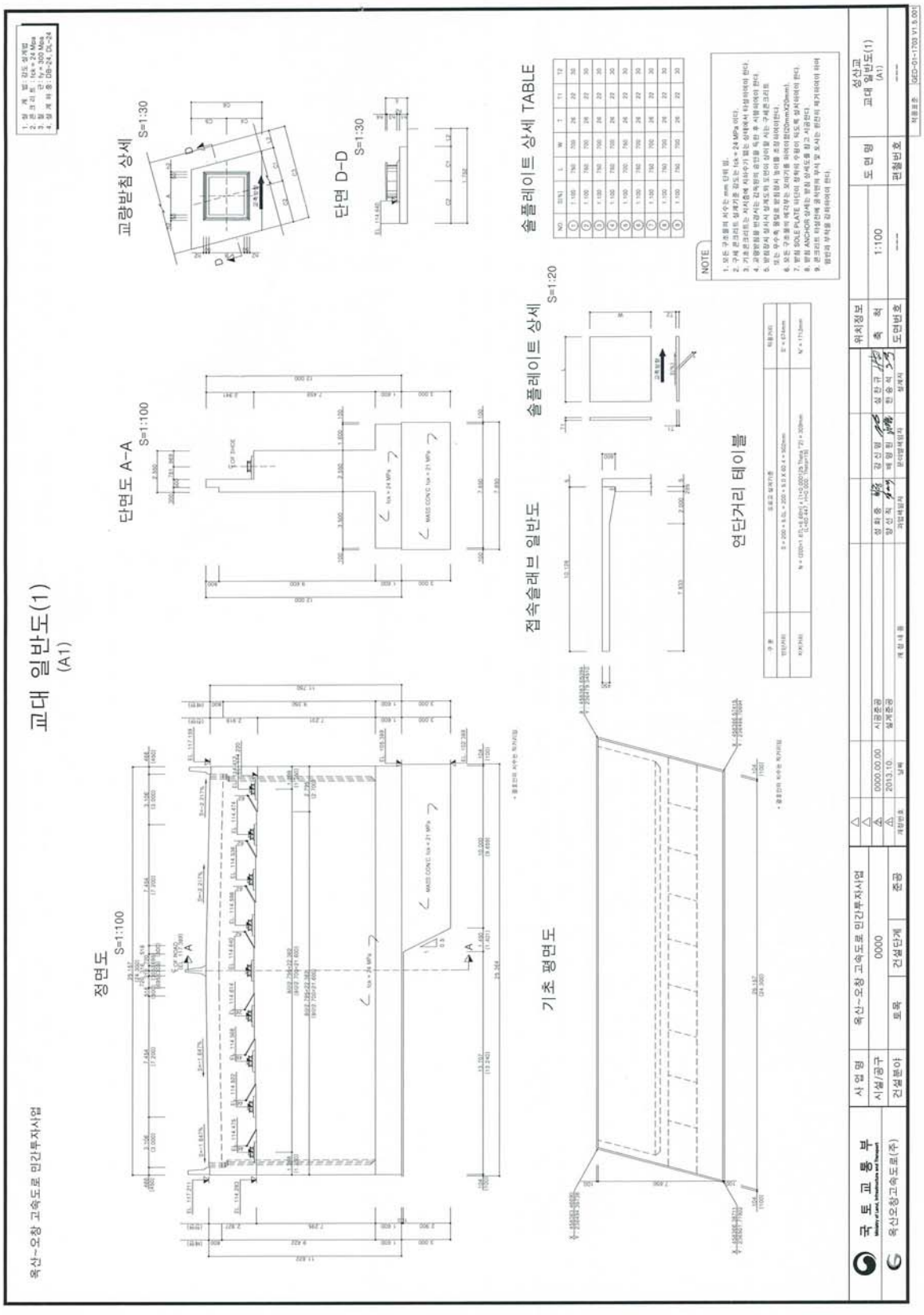
7.1.2 관련도면



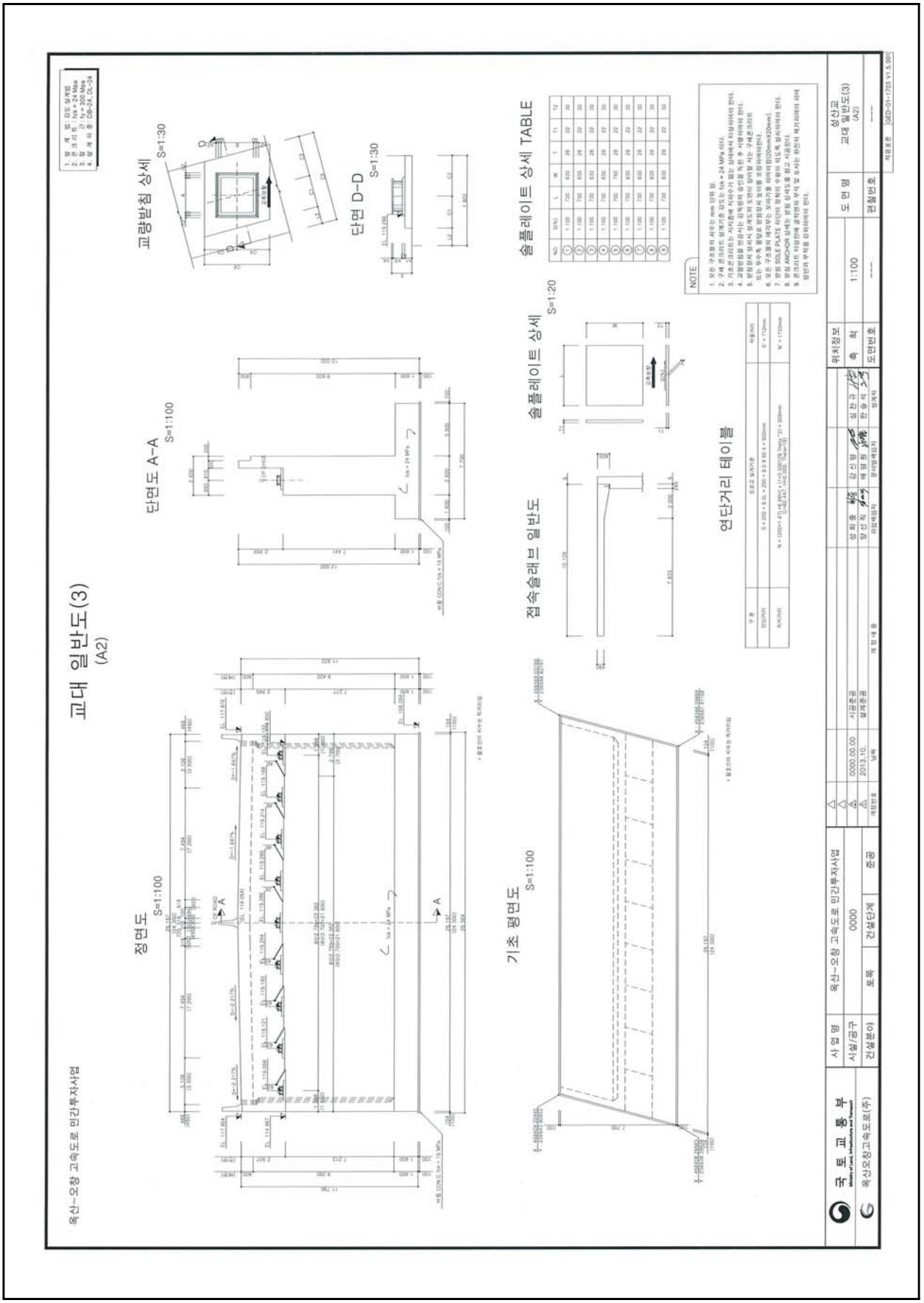
【그림 2.7.1】 종평면도



【그림 2.7.2】 슬래브 일반도



【그림 2.7.3】 교대 A1 일반도



【그림 2.7.4】 교대 A2 일반도

7.2 현장조사 및 시험

7.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 성산교에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교면포장 상태양호(옥산방향)



교면포장 상태양호(오창방향)

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



배수구 상태양호



배수관 설치상태 양호

다. 난간 및 연석

본 교량의 좌·우측 방호벽 및 중앙분리대는 콘크리트 구조로 시공되어있다. 외관조사결과 균열, 파손, 박리, 박락 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



방호벽 상태양호



중앙분리대 상태양호

라. 신축이음

본 교량의 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동상태도 양호한 것으로 나타났다.



신축이음 상태양호(A1)



신축이음 상태양호(A2)

마. 바닥판 하면

바닥판은 철근콘크리트 구조로 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과, 재료분리가 국부적으로 발생된 것으로 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
바닥판	재료분리	14.0㎡/6ea	보수완료



바닥판 하면 전경



바닥판 하면 재료분리(보수완료)

바. 거더

본 교량의 거더는 Precom Girder형식이며, 거더에 대한 외관조사 결과, 특별한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



거더 상태양호



거더 상태양호

사. 가로보

본 교량의 가로보는 철근콘크리트 및 강재 가로보로 시공되어 있다. 가로보에 대한 점검결과, 강재 가로보는 볼트 체결상태, 도장상태, 변형여부 등의 손상이 없는 양호한 상태이나, 콘크리트 가로보 재료분리 1개소 조사되었으며, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
가로보	재료분리	2.0㎡/1ea	보수완료



강재 가로보 상태양호



콘크리트 가로보 재료분리(A=2.0㎡)(보수완료)

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

본 교량의 받침장치는 탄성받침 형식으로 총 18개소(9개소/교대 1EA당)가 설치되어 있으며, A1에 고정단이 설치되어 있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받침 본체 및 받침콘크리트에 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

	
교량받침 상태 양호	교량받침 상태 양호

자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 외관조사결과, 균열(폭 0.3mm미만 및 이상)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

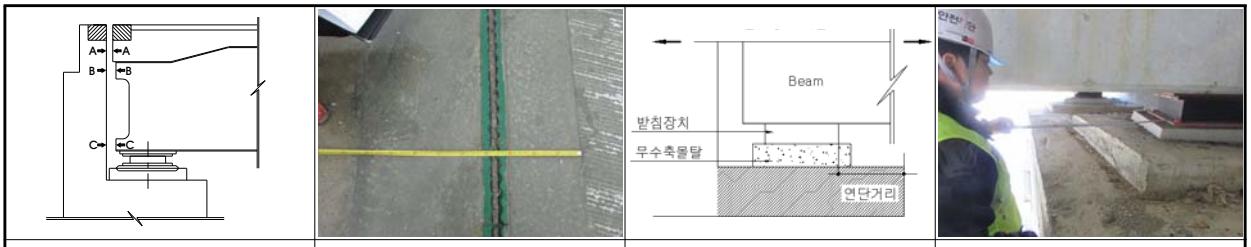
구 분	손상상태	손상물량	비 고
교대	균열(폭 0.3mm미만)	4.5m/4ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	25.5m/9ea	보수완료

	
교대 A1 전경(상태양호)	교대 A2 균열(폭 0.3mm)(보수완료)

7.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법	유간거리 측정전경	연단거리 측정방법	연단거리 측정전경

【그림 2.7.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.7.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 11일		
온도변화 범위	-15℃~+40℃(한냉지방)	선팽창 계수(α)	1.0×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (콘크리트교=1/300)		
주형높이(h)	2,500m		
지간장(L)	60.0m(S1)		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.8℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 한냉지방, 콘크리트교 : -15~+40℃ 적용

※ 유간 측정일 기온이 온도변화 범위(보통지방)를 초과하여 한냉한지방의 온도범위로 적용함.

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-15℃)=5.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=60.0m)

{[A2지점] = 60.0m}

▷ A2지점 = (29.58mm - 신장 / 3.42mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 ($\Delta \ell t$)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.7.3】 유간거리 검토결과

위치		계산 신축량 (mm)			성산교		
					측정유간 (mm)	판정	
		$\Delta \ell t$	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A2	신장	29.58	5.0	34.58	65.0	OK	OK
	수축	3.42	5.0	8.42	15.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A2=80㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이

  * 60.0m : S = 200 + (5 × 60.0) = 500.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 730㎜~800㎜로 도로교 설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 500.0㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.7.4】 연단거리 측정결과

구 분		실측거리(mm)	경장 L(m)	최소연단거리 S(mm)	평 가
성산교	A1	730~760	60	500	O.K
	A2	800	60	500	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.7.5】 교량받침 이동량 측정결과

측정당시 온도	3.3℃ (2017년 11월 20일)					교량받침 종류		탄성받침	
구분	가동단 변위량(mm)								비 고
	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	SH8	SH9	
A1	Fix									
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.3℃(2017년 11월 20일)

2) 온도변화 : -5℃~35℃(콘크리트교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 35℃-(3.3℃)=31.7℃(신장), 3.3℃-(-5℃)=8.3℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10-5

L : 신축들보의 길이(L=60.0m)

▷ A2 = (19.02mm - 신장 / 4.98mm - 수축)

【표 2.7.6】 교량 받침 이동량 검토

구 분	신축장 (mm)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판정
		신장	수축	신장	수축	
A2	60,000	19.02	4.98	50	50	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▶검토결과 : 온도 3.3℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.

7.2.3 내구성조사

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대의 총 6개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.7.7】 반발경도시험 결과

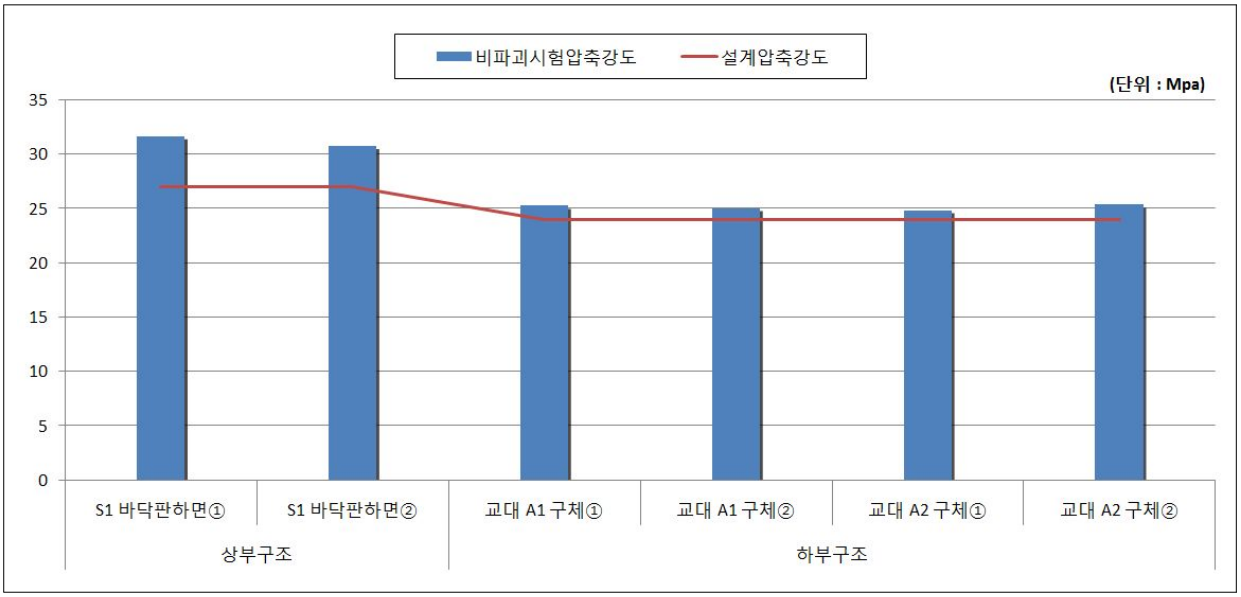
구 분		설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
상부구조	바닥판	27.0	30.8 ~ 31.7	114.1 ~ 117.4
하부구조	교 대	24.0	24.9 ~ 25.4	103.7 ~ 105.8

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.7.8】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치		평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	재령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (MPa)	설계압축강도(MPa)
상부구조	S1 바닥판하면①	49.4	-3.2	46.2	0.75	30.5	32.8	31.7	27.0
	S1 바닥판하면②	48.3	-3.3	45.0	0.75	29.4	32.1	30.8	27.0
하부구조	교대 A1 구체①	42.9	0	42.9	0.65	23.7	26.9	25.3	24.0
	교대 A1 구체②	42.7	0	42.7	0.65	23.5	26.7	25.1	24.0
	교대 A2 구체①	42.3	0	42.3	0.65	23.2	26.5	24.9	24.0
	교대 A2 구체②	41.3	0	41.3	0.68	23.4	27.3	25.4	24.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.7.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.7.9】 철근탐사시험 결과

탐사위치		배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	S1 바닥판하면	주 철 근	@150	52	≒@150	≒50
		배력철근	@200	68	≒@200	≒70
하부구조	교대 A1 구체	수직철근	@250	84	≒@250	≒90
		수평철근	@300	65	≒@300	≒60
	교대 A2 구체	수직철근	@250	84	≒@250	≒100
		수평철근	@300	65	≒@300	≒60

7.3 상태평가

7.3.1 상태평가 결과

본 성산교에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 **『A등급』**으로 평가되었다.

【표 2.7.10】 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	Precom	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	Precom	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.7.11】 상태평가 결과표

교 량 명	성산교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	60.0	4	240.0	1.000	0.100
합계(Σ)			60.0		240.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

7.4 교량 재하시험

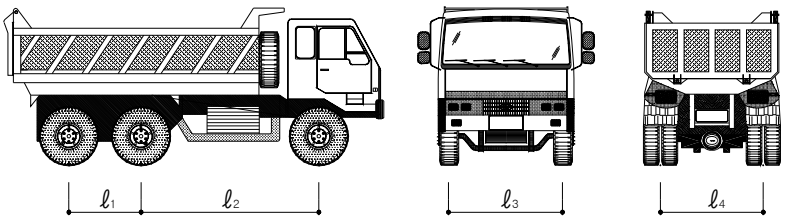
7.4.1 개 요

가. 현장시험의 개요

구 분		내 용
시험일자		2017. 12. 20
시험시간		PM 03:00 ~ PM 05:00
시험위치		S1(최대 정모멘트가 작용하는 지점)
재하시험차량 대수		2대
하중 경우 수	정적재하시험	Load Case 1~4 (4회)
	동적재하시험	10km/hr ~ 80km/hr

나. 재하시험 차량의 제원 및 하중

대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62~64%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN, 276,00kN 트럭 2대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

차 량 제 원	계량증명서
	

구 분	재하차량 제원(m)			
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
15ton 덤프트럭	1.30	3.20	2.10	1.85
구 분	**총 중 량 (kN)**	**전륜축중량 (kN)**	**중륜축중량 (kN)**	**후륜축중량 (kN)**
1호차 - 덤프트럭 (5328)	269.10	79.80	94.65	94.65
2호차 - 덤프트럭 (7001)	276.00	79.80	98.10	98.10

다. 교량 재하시험 사진

<table>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td>변형률계 설치 현황</td><td>처짐계 설치 현황</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가속도계 설치 현황</td><td>재하시험 계측 전경</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>정적 재하시험 전경</td><td>동적 재하시험 전경</td></tr>
</table>

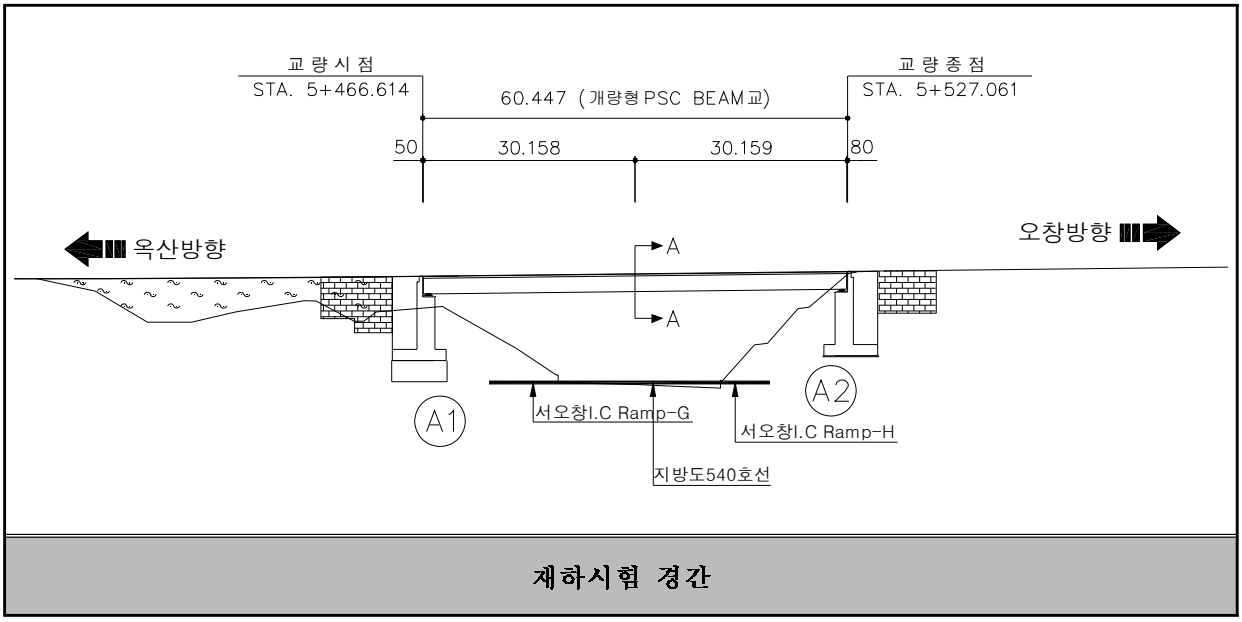
라. 계측센서 사양 및 수량

구분	센서명	모델명	사 양	수량(ea)
계측센서	콘크리트 변형률게이지	PL-60 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20~+80℃ • 형식 : 전기저항식	5
	강재 변형률게이지	FLA-5 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20~+80℃ • 형식 : 전기저항식	1
	처짐계	OU-30	• 범위 : ±30mm • 민감도: ($x10^{-6}$/mm) : 1000 • 허용온도범위 : 0~+60℃ • 형식 : 전기저항식	5
	가속도계	ARF-20A	• 용량 : 2.04g • 응답주파수 : 80hz • 고유주파수 : 150hz • 형식 : 전기저항식	1
소 계				12
측정장비	정, 동적 시험장비	DRA-30A	• 측정점수 : 30채널 • 측정대상 : Dynamic Strian, 전압 • 각 채널별 112k word 데이터메모리 탑재 (정적스트레인측정시 30000scans)	1
소 계				1

마. L/C별 재하시험 방법

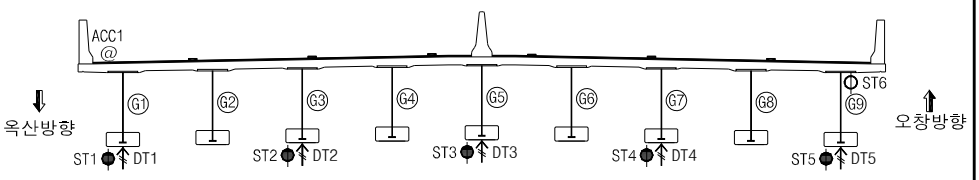
재하시험 위치	재하목적	비 고
단경간(S1)	· 최대 정모멘트가 작용하는 지점	

바. 계측센서 설치도



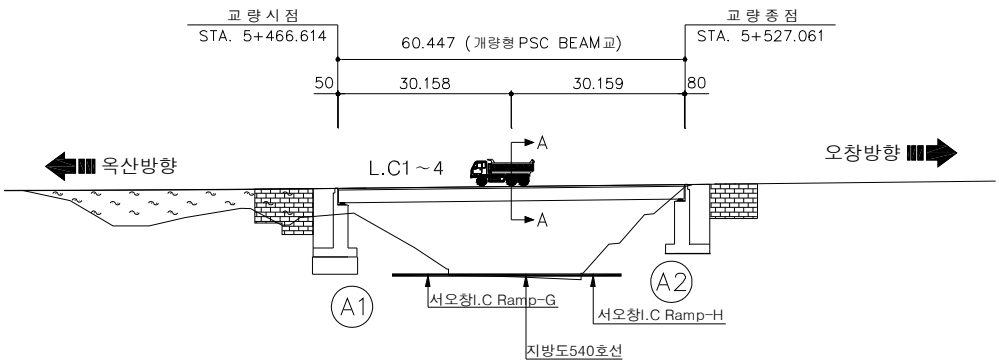
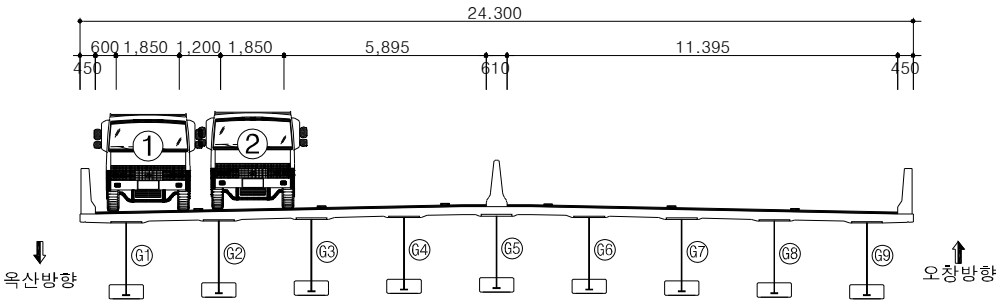
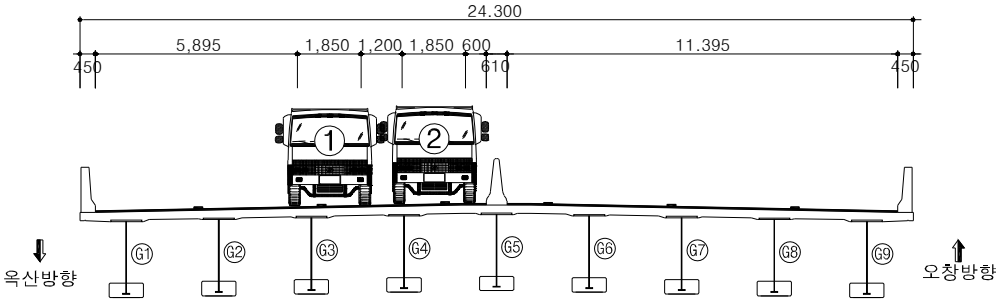
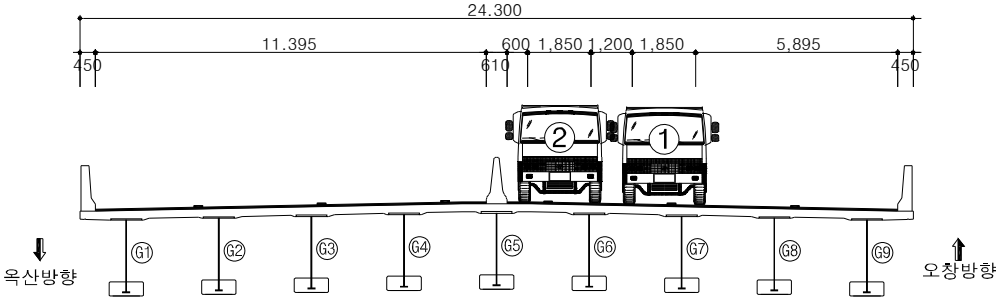
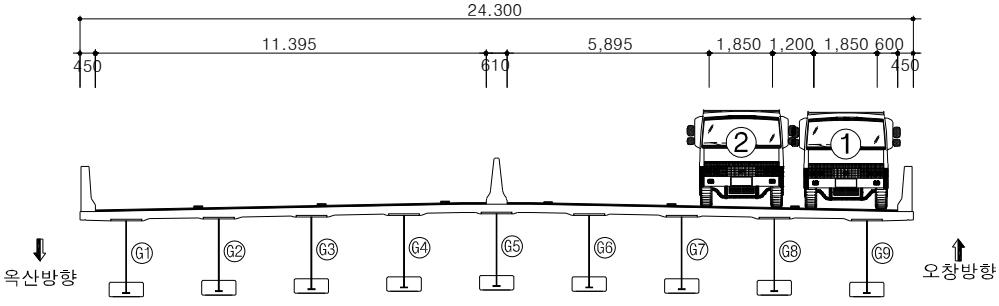
재하시험 경간

A-A단면 부착위치

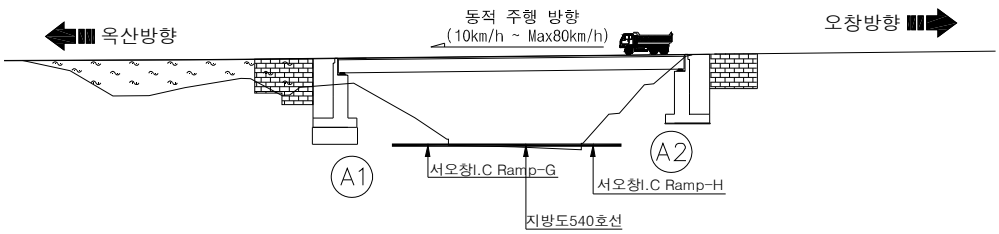
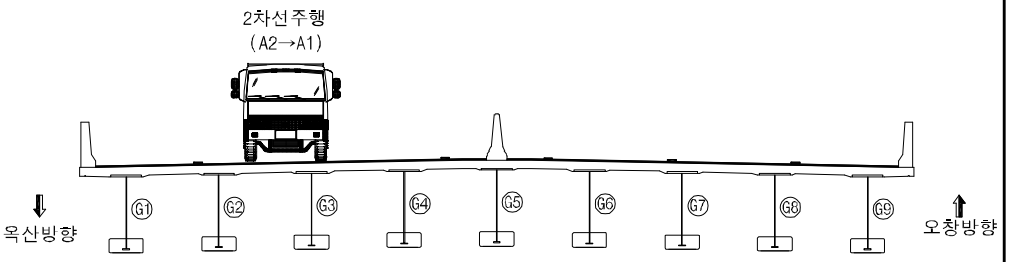


구 분	계측기명	설치수량	비 고
●	콘크리트 변형률계	5	교축방향
⊖	강재 변형률계	1	교축방향
↑	처짐계	5	연직방향
@	가속도계	1	연직방향
계측센서 총 수량		12	

사. 정적 재하시험 LOAD CASE

종방향 재하위치	
L.C 1	
L.C 2	
L.C 3	
L.C 4	

아. 동적 재하시험 LOAD CASE

차량주행방향	
주행위치	

재하경우	주행방향	주행위치	비 고
10km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
20km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
30km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
40km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
50km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
60km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
80km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대

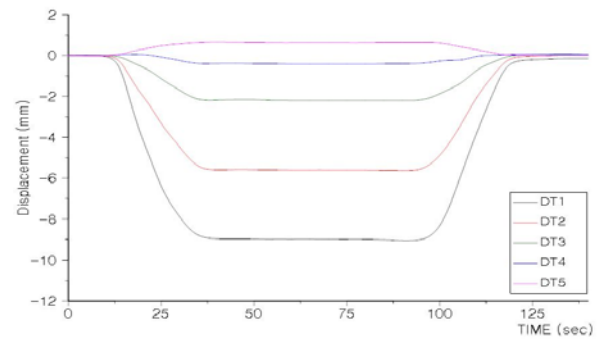
7.4.2 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

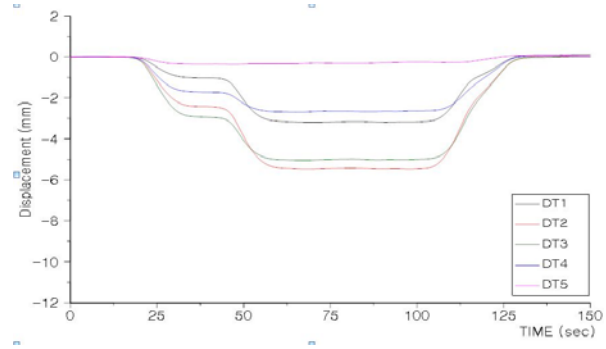
가. 재하시험에서 측정된 계측DATA

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	비 고
ST1	58.86	14.15	1.80	-1.89	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST2	37.04	38.04	11.46	1.23	
ST3	10.45	32.28	31.35	11.13	
ST4	0.97	9.44	38.84	37.97	
ST5	-3.96	1.93	17.05	62.78	
ST6	2.41	-2.62	-9.54	-14.19	
DT1	-9.003	-3.162	-0.099	0.676	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT2	-5.607	-5.436	-2.207	-0.240	
DT3	-2.200	-5.025	-5.073	-2.213	
DT4	-0.243	-2.662	-6.654	-6.511	
DT5	0.622	-0.316	-3.669	-10.798	

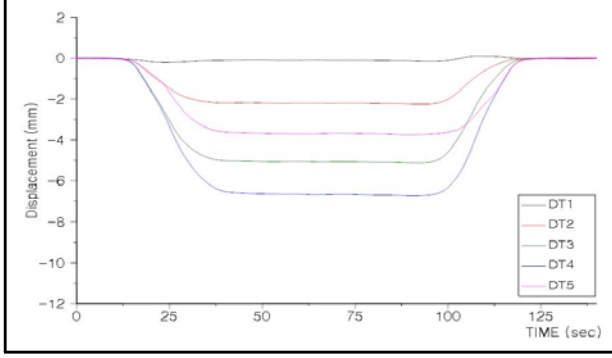
L.C1 처짐



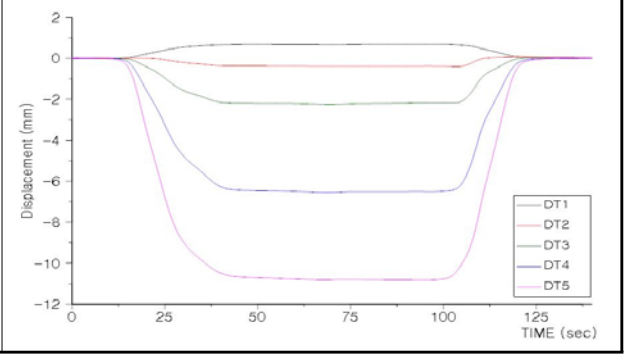
L.C2 처짐



L.C3 처짐



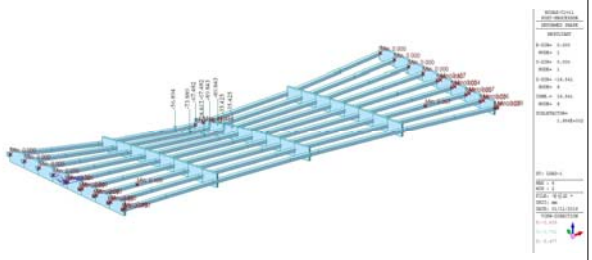
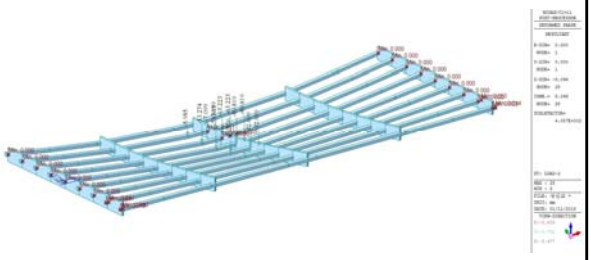
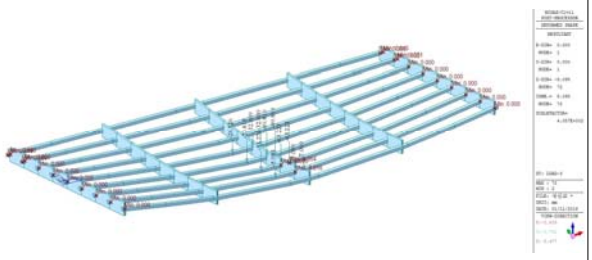
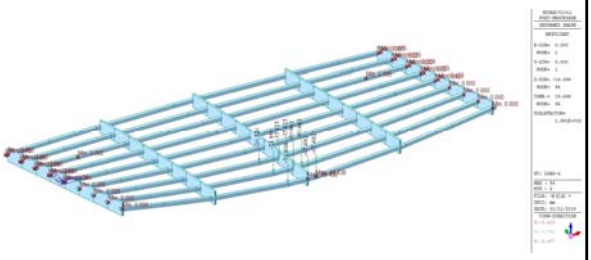
L.C4 처짐



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

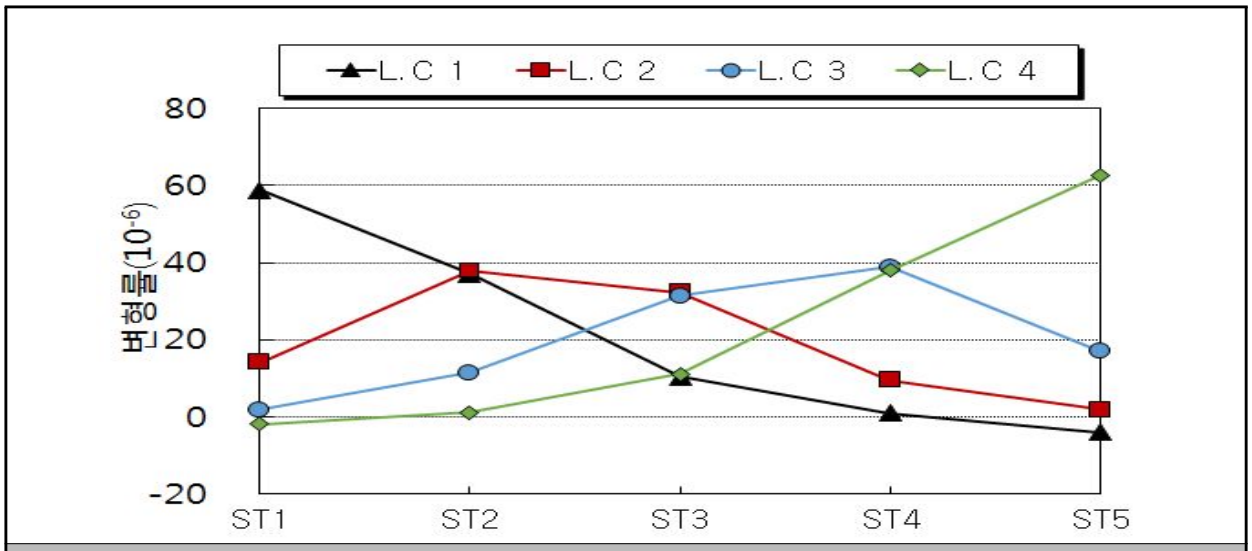
나. 구조해석에 의한 변위량

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	비 고
G1(DT1)	-16.541	-7.786	-0.566	3.163	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
G3(DT2)	-10.197	-8.096	-3.644	-0.274	
G5(DT3)	-4.511	-6.620	-6.621	-4.487	
G7(DT4)	-0.282	-3.643	-8.095	-10.158	
G9(DT5)	3.168	-0.565	-7.784	-16.496	

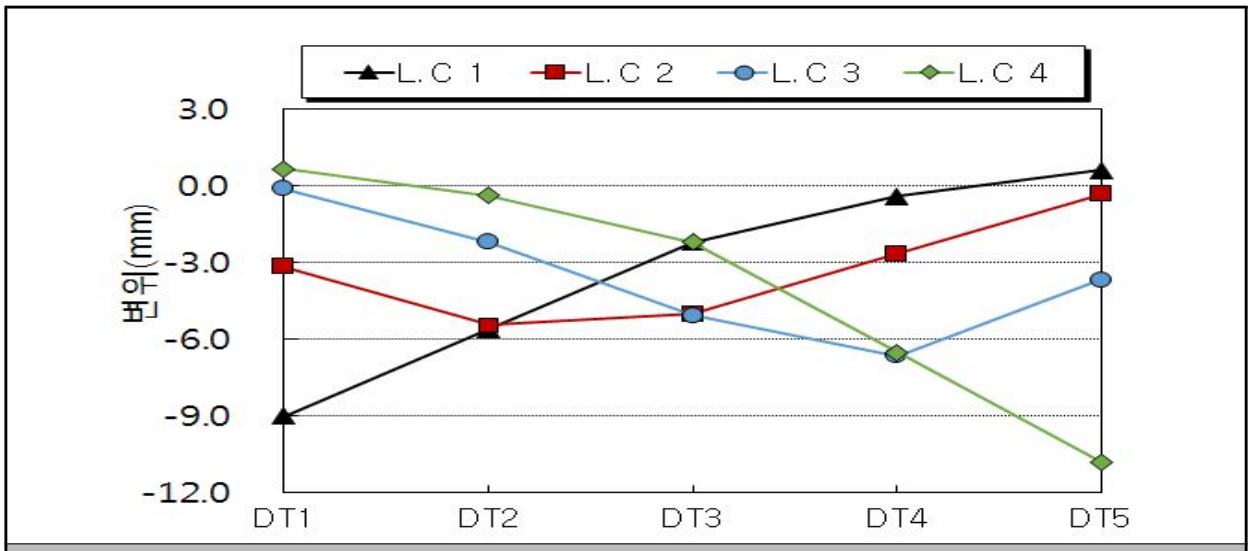
L.C1 하중재하 및 처짐	L.C2 하중재하 및 처짐
	
L.C3 하중재하 및 처짐	**L.C4 하중재하 및 처짐**
	

다. 하중 횡분배 검토 결과

거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단면응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 하중 횡분배는 대체로 대칭성을 보이고 있는 양호한 것으로 평가되었다.



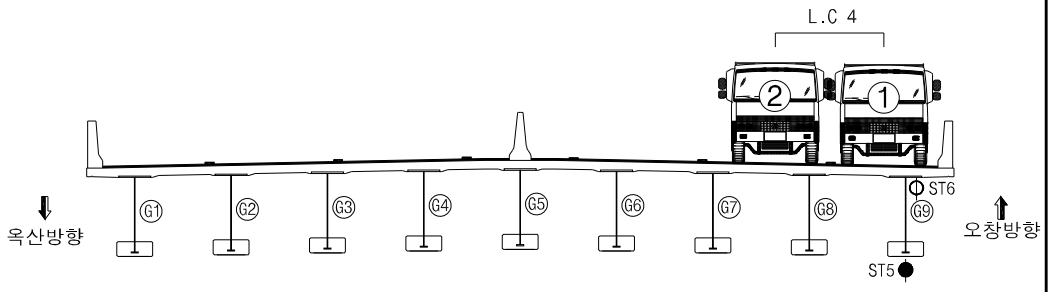
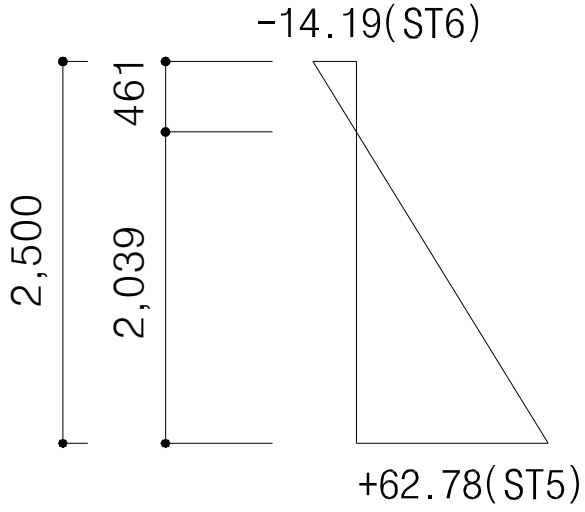
변형율 횡분배 현황



처짐 횡분배 현황

라. 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

<table>
<tr><th>구 분</th><th>L.C 4</th></tr>
<tr><td>재하위치</td><td>
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">중립축</td><td>L.C 4(1경간 - G9)</td></tr>
<tr><td>
</td></tr>
<tr><td><table>
<tr><th>구분</th><th>이론중립축위치
(mm)</th><th>실측중립축위치
(mm)</th></tr>
<tr><td>1경간</td><td>1,499</td><td>2,039</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>검토 의견</td><td>* 실측중립축이 이론중립축 대비 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.</td></tr>
</table>

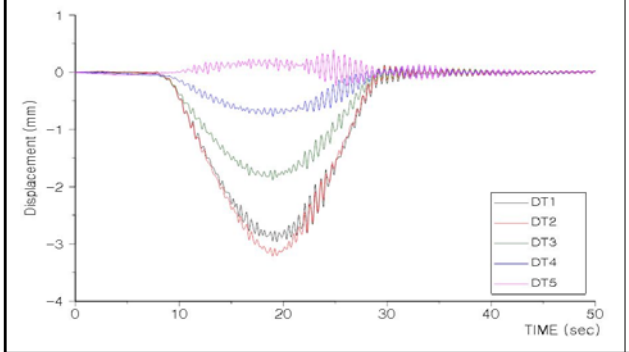
7.4.3 동적 재하시험 결과

가. 동적처짐

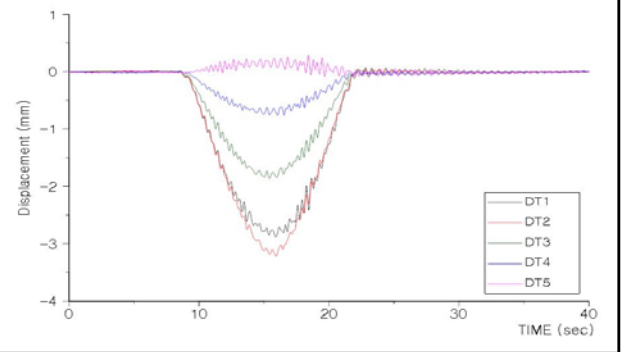
동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

구 분		주행속도 (km/h)							비고
		10	20	30	40	50	60	80	
1경간	G1(DT1)	-2.958	-2.882	-2.874	-2.547	-2.568	-2.349	-2.898	단위 : ㎜
	G3(DT2)	-3.217	-3.219	-3.155	-3.198	-3.085	-3.009	-3.256	
	G5(DT3)	-1.890	-1.858	-1.796	-2.052	-2.084	-1.968	-2.533	
	G7(DT4)	-0.773	-0.764	-0.755	-0.936	-0.968	-0.916	-1.325	
	G9(DT5)	-0.246	-0.084	-0.063	-0.267	-0.165	-0.196	-0.551	

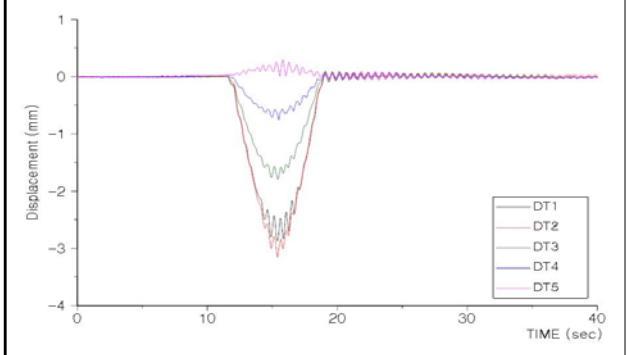
10km/hr



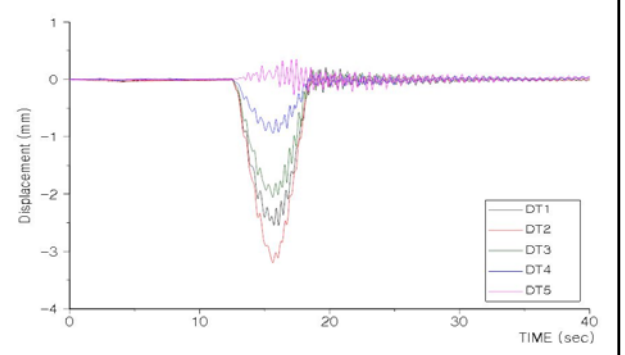
20km/hr



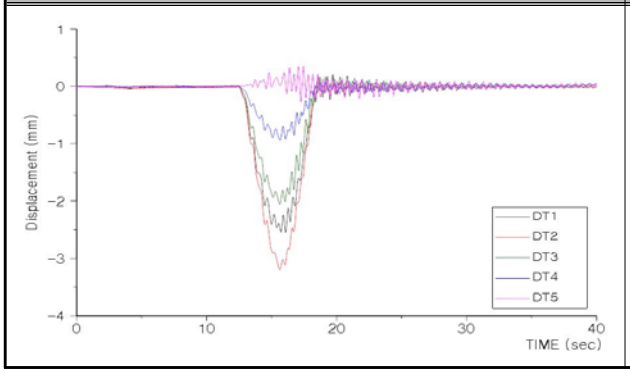
30km/hr



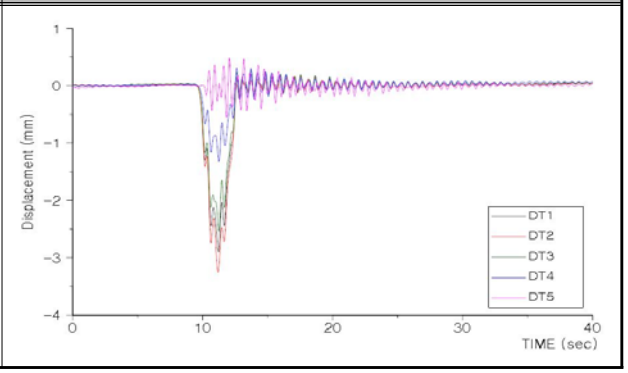
40km/hr



60km/hr



80km/hr



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

나. 충격계수 산정 결과

1) 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

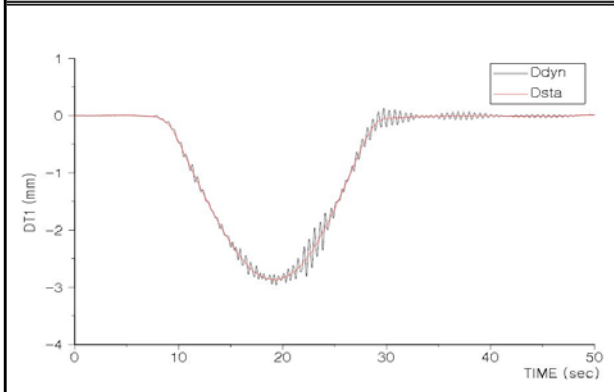
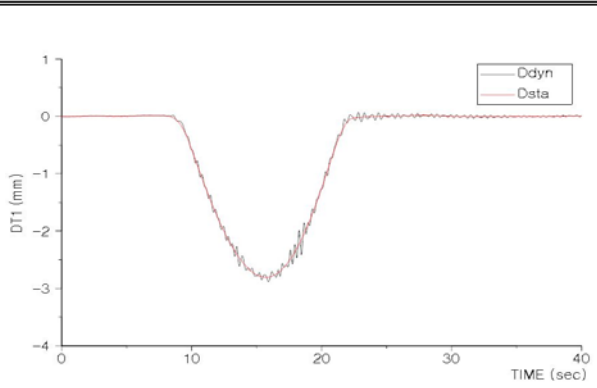
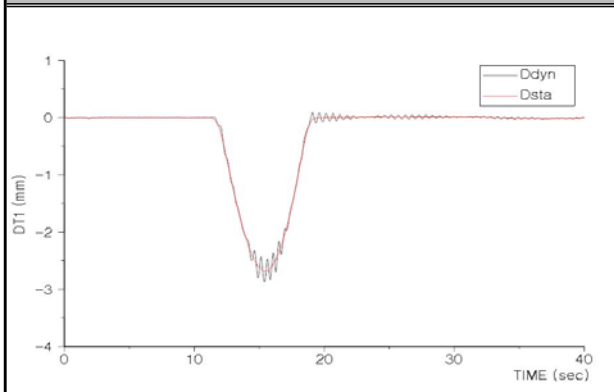
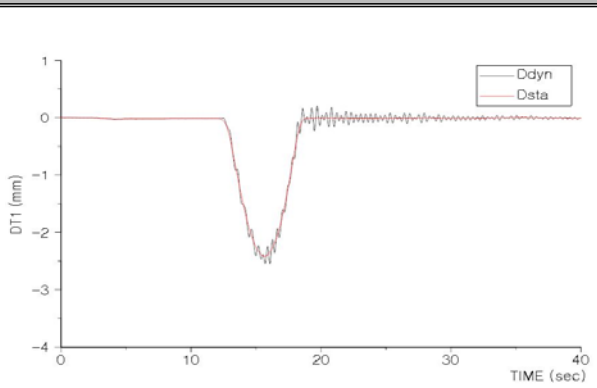
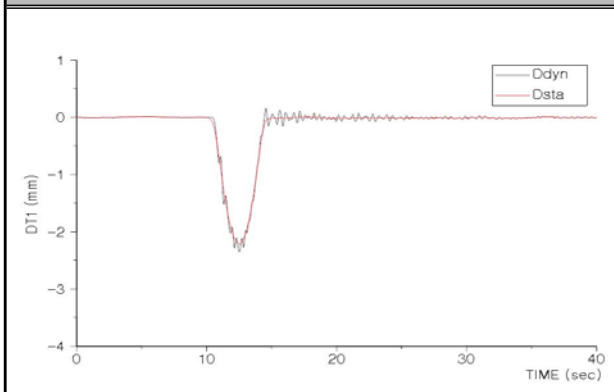
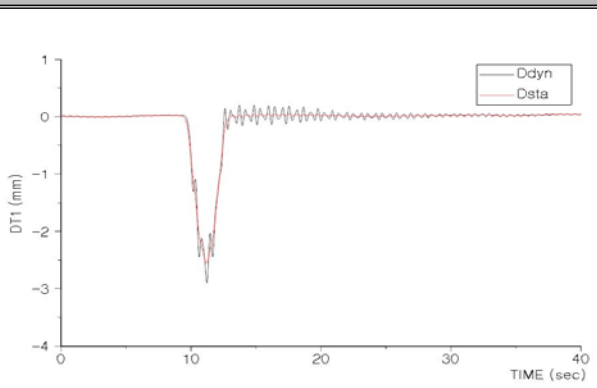
· 실측충격계수 i = (D－1)

여기서, D $=(\delta_{\mathrm{dynamic}})_{\max}/(\delta_{static})_{\max}$

구 분			주행속도 (km/h)							대표 충격계수
			10	20	30	40	50	60	80	
1경간	DT1	$\delta_{dyn(max)}$	-2.958	-2.882	-2.874	-2.547	-2.568	-2.349	-2.898	**0.137**
		$\delta_{sta(max)}$	-2.876	-2.807	-2.683	-2.413	-2.333	-2.215	-2.548	
		충격계수(i)	0.029	0.027	0.071	0.056	0.101	0.060	**0.137**	
	DT2	$\delta_{dyn(max)}$	-3.217	-3.219	-3.155	-3.198	-3.085	-3.009	-3.256	**0.117**
		$\delta_{sta(max)}$	-3.158	-3.149	-2.976	-3.078	-2.884	-2.893	-2.915	
		충격계수	0.019	0.022	0.060	0.039	0.070	0.040	**0.117**	
	DT3	$\delta_{dyn(max)}$	-1.890	-1.858	-1.796	-2.052	-2.084	-1.968	-2.533	**0.120**
		$\delta_{sta(max)}$	-1.805	-1.794	-1.688	-1.937	-1.894	-1.901	-2.262	
		충격계수	0.047	0.036	0.064	0.059	0.100	0.035	**0.120**	
계측결과			• 계산충격계수 : i = 15/(40+L) = **0.149**(1경간, L=60.447) • 실측충격계수 : 1경간-**0.137**(80km, DT1)							

2) 산정 결과

동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 G1~G5의 상부를 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT1, DT2, DT3(1경간)을 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.137(1경간)로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계기준 0.149(1경간)보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행 시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

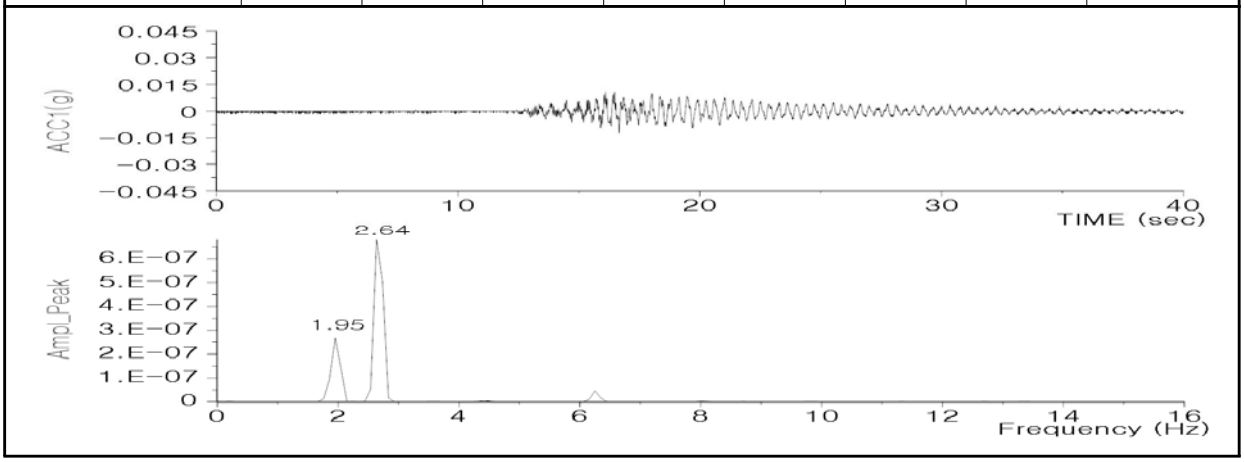
10km/hr, DT1	20km/hr, DT1
	
30km/hr, DT1	**40km/hr, DT1**
	
60km/hr, DT1	**80km/hr, DT1**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

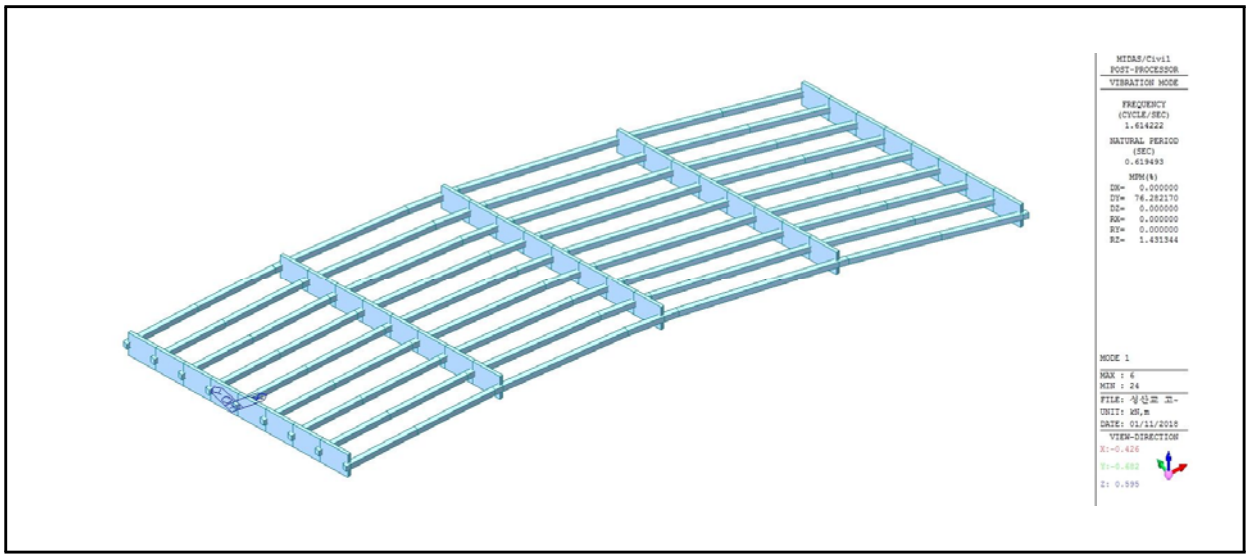
다. 고유진동수 산정 결과

1) 재하시험에 의한 고유진동수 산정

구 분	10km	20km	30km	40km	50km	60km	80km	비 고
고유진동수 (cycle/sec(Hz))	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	



2) 구조해석에 의한 고유진동수 계산



3) 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 1.95Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 1.614Hz보다 큰 것으로 나타나 교량의 강성은 양호한 것으로 판단된다.

라. 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 멀어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

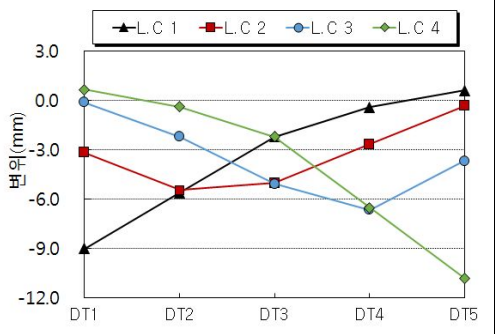
1) 응답비 산정

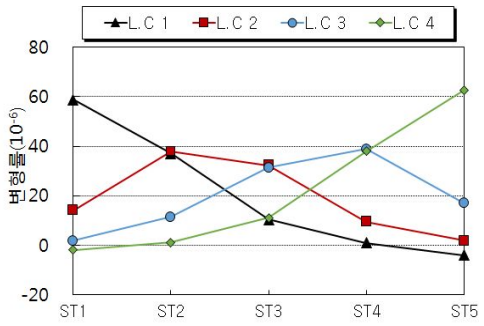
구 분		처 짐(㎜)				비고
		L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	
G1	계산처짐	-16.541	-7.786	-0.566	3.163	DT1
	실측처짐	-9.003	-3.162	-0.099	0.676	
	응답비	**1.837**	2.462	5.717	4.679	
G3	계산처짐	-10.197	-8.096	-3.644	-0.274	DT2
	실측처짐	-5.607	-5.436	-2.207	-0.240	
	응답비	1.819	1.489	1.651	**1.142**	
G5	계산처짐	-4.511	-6.620	-6.621	-4.487	DT3
	실측처짐	-2.200	-5.025	-5.073	-2.213	
	응답비	2.050	1.317	**1.305**	2.028	
G7	계산처짐	-0.282	-3.643	-8.095	-10.158	DT4
	실측처짐	-0.243	-2.662	-6.654	-6.511	
	응답비	**1.160**	1.369	1.217	1.560	
G9	계산처짐	3.168	-0.565	-7.784	-16.496	DT5
	실측처짐	0.622	-0.316	-3.669	-10.798	
	응답비	5.093	1.788	2.122	**1.528**	

2) 응답보정계수 산정

구 분		응답비	i(충격계수)		$\frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$	위치별 Ks
			계산	실측max		
응답보정계수	DT1(G1)	1.837	0.149	0.137	1.011	1.857
	DT2(G3)	1.142				1.155
	DT3(G5)	1.305				1.319
	DT4(G7)	1.160				1.173
	DT5(G9)	1.528				1.545

7.4.4 정·동적 재하시험 고찰

<table>
<tr><th colspan="2">분석항목</th><th>분석결과</th></tr>
<tr><td colspan="2">시험트럭</td><td>• 재하하중 : 설계하중의 약 62~64%
• 총 중 량 : 269.10kN(1호차), 276.00kN(2호차)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">정적
재하
시험</td><td>최대
응답</td><td>• 처 짐 : -10.798 ㎜
• 변형률 : 62.78 με</td></tr>
<tr><td rowspan="3">횡방향
거동특성</td><td>


</td></tr>
<tr><td>처짐</td><td>변형률</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">동적
재하
시험</td><td>충격
계수</td><td>• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.137(DT1)으로 이론 충격계수 0.149보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td>고유
진동수</td><td>• 실측고유진동수(1.95Hz)가 이론 고유진동수(1.614Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

7.5 안전성평가 및 내하력평가

7.5.1 구조해석 방법 및 개요

성산교는 연장 60.00m, 총폭 24.300m, 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 15°이며 평면선형 직선교 이다. 상부구조는 Precom GIRDER로 이루어져 있으며, 하부구조는 풍화암 위에 직접기초인 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

7.5.2 검토 조건

가. 기본 사항

1) 형　　식 : Precom GIRDER교
2) 연　　장 : 60.000m
3) 교　　폭 : B = 24.300m
4) 거더높이 : H = 2.000m
5) 거더간격 : 2.700m
6) 사　　각 : 15°
7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
8) 단위중량
   - 철근 콘크리트 : W_{c1} = 2500.0kg/m³
   - 무근 콘크리트 : W_{c2} = 2350.0kg/m³
9) 사용 프로그램 : SAP2000
10) 구조 검토방식 : 강도설계법(바닥판), 허용응력설계법(거더)
11) 참고문헌
   ① 도로교 설계기준(2010)
   ② 콘크리 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
   ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

나. 사용재료 및 허용응력

1) 콘크리트

① 압축강도(f_{ck}) 및 탄성계수

【표 2.7.12】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa)

구 분	설계기준강도	탄성계수 추정식	적용 탄성계수
거 더	50	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	32,902
바닥판	27	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	27,804

② 허용응력

【표 2.1.17】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(f_{ck} = 40 MPa일 경우)

응력의 발생시기	응력구분	설계기준	허용응력
프리스트레스 도입 시	압축강도	$f_{ci'} = 0.8f_{ck}$	32.000
크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력	압축응력(Posttensioning)	$0.60f_{ci'}$	19.200
	부착된 철근이 없는 인장응력	$0.25\sqrt{f_{ci'}}$	1.414
모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력	압축응력	$0.45f_{ck}$	18.000
	부착된 철근이 있는 인장응력	$0.50\sqrt{f_{ck}}$	3.16
	부착된 철근이 없는 인장응력	0	0
	균열응력	$0.63\sqrt{f_{ck}}$	3.98

③ 바닥판

허용휨압축응력 : $0.4 \times f_{ck} = 0.4 \times 27 = 10.800$ MPa

2) P.S STRAND(SWPC 7B Ø15.2mm)

긴장력 및 강선에 대한 계수값 들은 도면에 표기된 값을 사용하였다.

① 인장강도 : f_{pu} = 1,900MPa

② 항복강도 : f_{py} = 1,600MPa

③ 포스트텐션 긴장응력 : $0.7\times f_{pu}$ = 1,330MPa

④ PRESTRESS 도입직후 : $0.82\times f_{py}$ = 1312MPa

3) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	22T	19T	14T	비 고
쉬스관의 외경	㎜	110	100	85	
쉬스관의 두께	㎜	4	4	4	
수용가능 긴장재 면적	㎟	3,051	2,635	1,942	
파상마찰계수 κ	k/m	0.005	0.005	0.005	
곡률마찰계수 μ	m/rad	0.25	0.25	0.25	

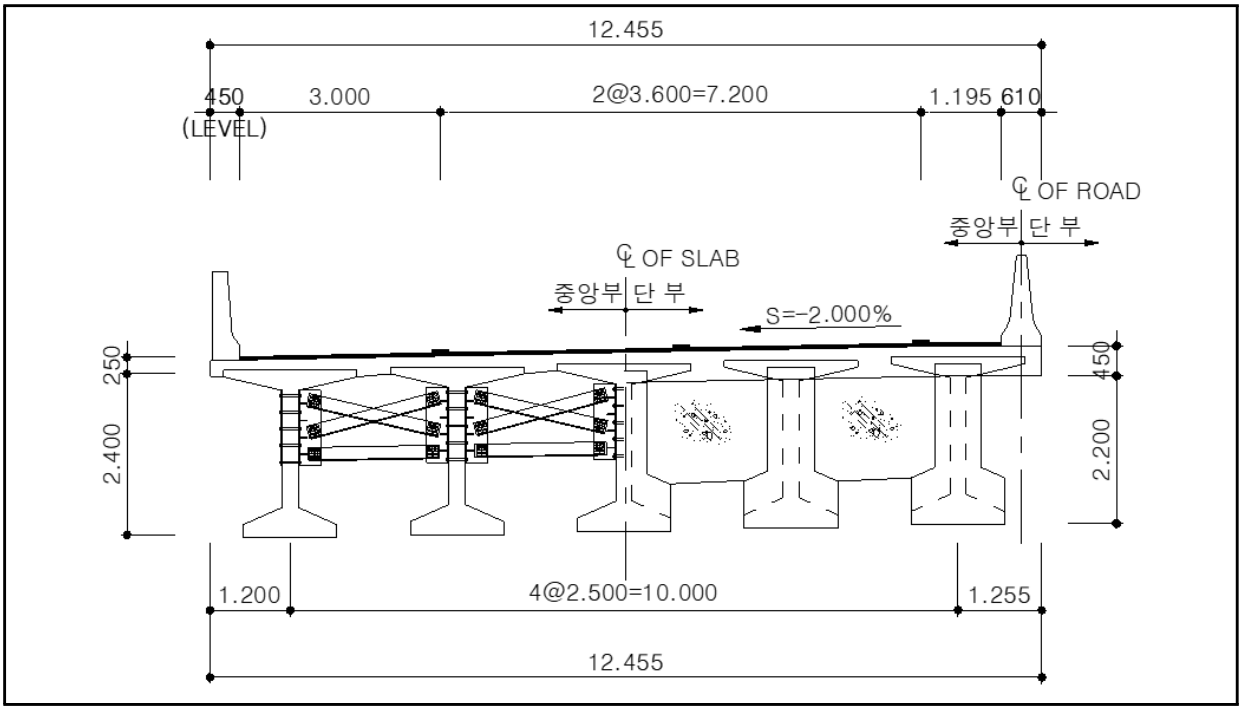
4) 철근

구 분	항복강도(fy)	탄성계수(Es)	허용인장응력(f_{ta})	비고
바닥판	400MPa	200000	180MPa	SD-40

7.5.3 구조해석

가. 바닥판 검토

1) 단면제원



2) 좌측 켄틸레버부

① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(무근콘크리트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	100.0㎞/hr	96.000kN	∞	

② 하중산정

㉠ 고정하중

구 분	면적 (m2)	단위중량 (kN/m3)	하중 (kN)	작용거리 (m)	휨모멘트 (kN·m)
방호벽	0.335	25.000	8.375	0.958	8.023
바닥판	0.323	25.000	8.075	0.575	4.643
헌 치	0.000	25.000	0.000	0.000	0.000
포 장	0.035	23.000	0.805	0.350	0.282
기 타			1.000	0.145	0.145
합 계			18.255		13.093

㉡ 차량충돌하중

구 분	h	H	M_{co} = H×h	곡선반경	적용 M_{co}
Case1	1.000m	23.333kN/m	23.333kN·m/m	R= ∞ > 200m	23.333kN·m/m
Case2	1.080m	10.800kN/m	10.800kN·m/m		

※ Case1 : 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시, 여기서 H=(V/60)²×7500+2500
Case2 : 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10kN/m의 수평하중 재하시

㉢ 풍하중

각 형 부 재	풍상측 부재(MPa)	재하위치(mm)	휨모멘트(kN·m)
활하중 재하시	1.500	1500	2.430
활하중 비재하시	3.000	705	2.285

㉣ 하중조합(도.설 2.2.3.2)

하중경우	고정하중	활 하 중	차량충돌하중	원심하중	풍 하 중	합 계(kN·m/m)
Case 1	1.30	2.15		1.30		47.285
Case 2	1.30		1.30			15.378
Case 3	1.30	1.30	0.65	1.30		49.715
Case 4	1.30	1.30		1.30		47.285
Case 5	1.25	1.25	0.625	1.25		49.715
Case 6	1.30	1.30		1.30	1.30	70.618
Case 7	1.20		1.20		1.20	38.711

③ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 91.803kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 280.5㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 60.0㎜	유 효 높 이	d = 180.0㎜

㉡ 검토결과

구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	240.0	60.0	H16@150=1324.0 H13@150=844.667	91.803	148.650	O.K S.F=1.619

사 용 성 검 토	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	345.366㎜	75㎜	O.K

바 닥 판 최소두께	h_{min} = (280L+180)	최소h	적용h	결과
	262.0㎜	262.0㎜	280.5㎜	O.K

3) 중앙부

① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(무근콘크리트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	100.0㎞/hr	96.000kN	∞	

② 하중산정

㉠ 고정하중

- 바닥판 : Wc × Tcs × 1m = 6.00 kN/m
- 포 장 : Wc × Tcs × 1m = 1.15 kN/m
- 합 계 : 7.15 kN/m

③ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 91.803kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 240.0㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 40.0㎜	유 효 높 이	d = 200.0㎜

㉡ 검토결과

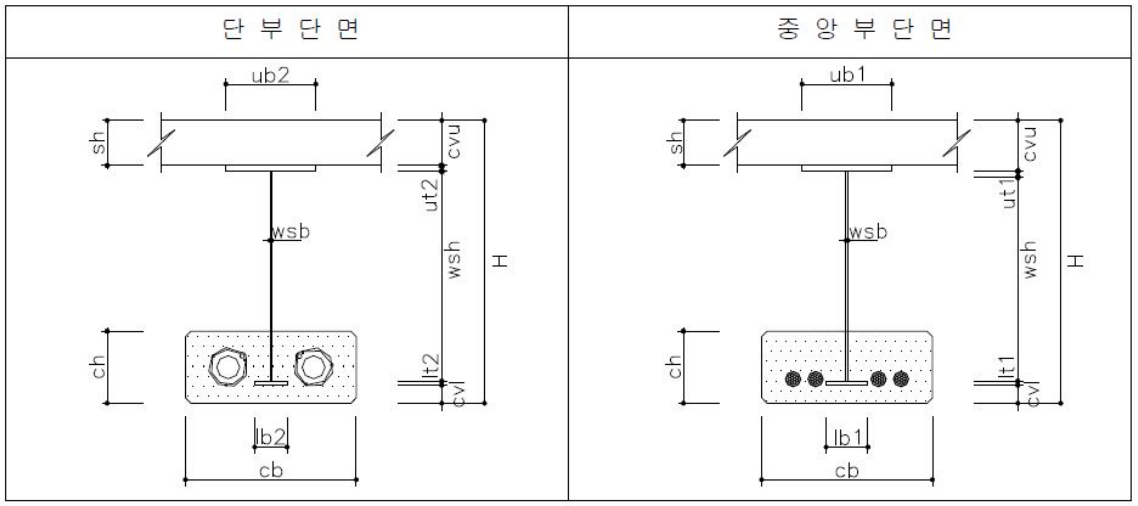
구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	240.0	60.0	H16@150=1324.0	80.564	84.838	O.K S.F=1.053

사 용 성 검 토	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	383.174㎜	150㎜	O.K

바 닥 판 최소두께	h_{min} = (280L+180)	최소h	적용h	결과
	211.0㎜	220.0㎜	240.0㎜	O.K

나. 거더 검토

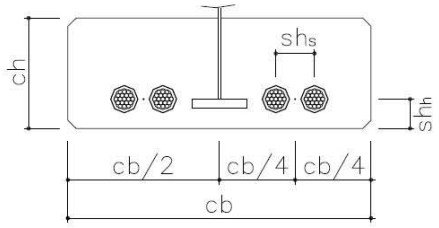
1) 해석단면



(단위 : mm)

바닥판 두께(sh)	복부콘크리트 폭(wcb)	헌치 크기 (hh×hb)	강재피복 (cvu / cvl)	단부가로보 두께	중간가로보 두께
240	-	-	240/100	300	300

거 더	하부케이싱 (cb×ch)	상부 강재(ub×ut)		하부 강재(lb×lt)		복부 강재 (wsh×wst)
		중앙부(1)	단 부(2)	중앙부(1)	단 부(2)	
ALL	1000×420	900×44	700×44	200×28	150×28	2088×19



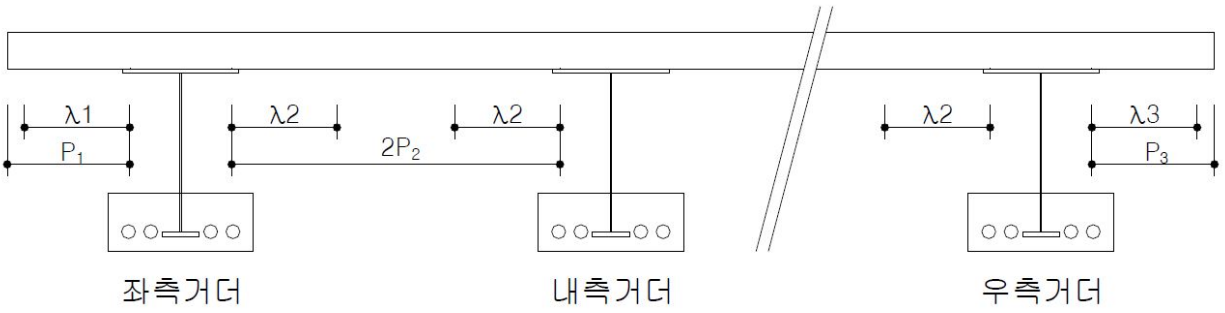
거 더	선긴장측 긴장력(kN)	후긴장측 긴장력(kN)	정착구당 강선수(EA)	쉬이스관 직 경(mm)	shs(mm)	shh(mm)
ALL	2725	2600	15	95	135	129

※ 긴장 시 선긴장측의 도입긴장력은 거더의 탄성변형에 의한 긴장력손실을 고려하여야 한다.

【그림 2.7.7】 해석단면

2) 단면특성 산출

① 유효폭 산정 (G1)



※ wb : 복부콘크리트 폭, hh : 헌치 높이

- 거더 좌측

P1 = B1 - wb/2 - hh = 1.35 - 0/2 - 1E-05 = 1.350 m

P1/L = 1.350 / 59 = 0.023 m

P1/L ≤ 0.05

∴ λ1 = P1 = 1.350 m

- 거더 우측

P2 = B2/2 - wb/2 - hh = 2.7/2 - 0/2 - 1E-05 = 1.350 m

P2/L = 1.350 / 59 = 0.023 m

P2/L ≤ 0.05

∴ λ2 = P2 = 1.350 m

- 유효폭

∴ Bce = λ1 + λ2 + wb + 2 · hh = 2.700 m

② 단면특성 집계표

㉠ 기본단면

1) 강재단면

부 재 명	치 수	A(㎡)	y(m)	A×y(㎥)	A×y² (m⁴)	Io(m⁴)
상부덮개판	0.000 × 0.000	0.00000	0.000	0.00000	0.00000	0.0000000
상부플랜지	0.700 × 0.044	0.03080	2.238	0.06893	0.15427	0.0000050
복 부 판	0.019 × 2.088	0.03967	1.172	0.04650	0.05449	0.0144133
하부플랜지	0.150 × 0.028	0.00420	0.114	0.00048	0.00005	0.0000003
Σ		0.07467		0.11591	0.20881	0.0144186

단면 중립축 거리(z) = ∑(A×y) / ∑A = 1.552255 m

중립축에 대한 단면2차모멘트(Iyy) = ∑Io + ∑(A×y²) - A×z² = 0.04330667 m⁴

◆ 중립축에서 각 단면요소까지의 거리

강 재 상연 : 0.708 m 강 재 하연 : -1.452 m

2) 케이싱단면

부 재 명	치 수	A(㎡)	y(m)	A×y(㎥)	A×y² (m⁴)	Io(m⁴)
케 이 싱	1.000 × 0.420	0.42000	0.210	0.08820	0.01852	0.0061740
하부플랜지	0.150 × 0.028	-0.00420	0.114	-0.00048	-0.00005	-0.0000003
복 부 판	0.019 × 0.292	-0.00555	0.274	-0.00152	-0.00042	-0.0000394
쉬이스 관	Φ95 × 2EA	-0.01418	0.210	-0.00298	-0.00063	-0.0000080
∑		0.39608		0.08322	0.01742	0.0061263

단면 중립축 거리(z) = ∑(A×y) / ∑A = 0.2101114 m
중립축에 대한 단면2차모멘트(Iyy) = ∑Io + ∑(A×y²) - A×z² = 0.006060825 m⁴

3) 바닥판단면

부 재 명	치 수	A(㎡)	y(m)	A×y(㎥)	A×y² (m⁴)	Io(m⁴)
바 닥 판	2.700 × 0.240	0.64800	2.380	1.54224	3.67053	0.0031104
헌 치	0.000 × 0.000	0.00000	2.260	0.00000	0.00000	0.0000000
복부 Conc'	0.000 × 0.000	0.00000	2.260	0.00000	0.00000	0.0000000
상부덮개판	0.000 × 0.000	0.00000	0.000	0.00000	0.00000	0.0000000
상부플랜지	0.700 × 0.044	0.00000	0.000	0.00000	0.00000	0.0000000
복 부 판	0.019 × -0.044	0.00000	0.000	0.00000	0.00000	0.0000000
∑		0.64800		1.54224	3.67053	0.0031104

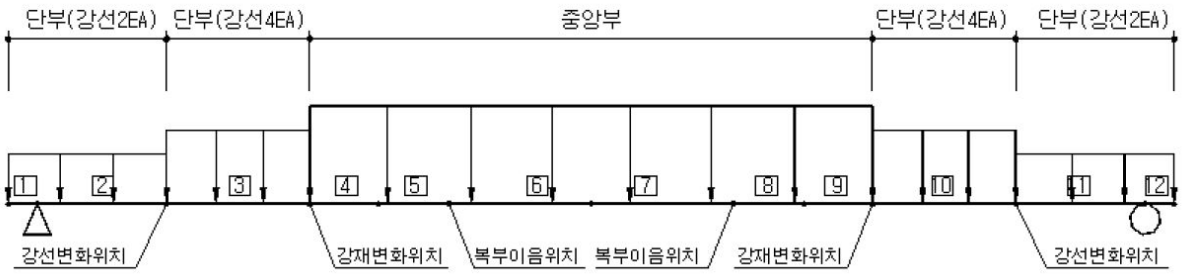
단면 중립축 거리(z) = ∑(A×y) / ∑A = 2.38 m
중립축에 대한 단면2차모멘트(Iyy) = ∑Io + ∑(A×y²) - A×z² = 0.003108917 m⁴

3) 하중산정

① 고정하중

㉠ 거더자중 및 탈형하중

매달기 지점에 힌지장치가 구성되어 회전변위가 자유로운 단순지지 상태를 설계의 조건으로 하였으며, 횡지지 장치 또는 동바리, 지점조건에 의해 거더의 변위구속조건이 변경될 경우에는 거더자중에 대한 응력 및 처짐량이 변화하므로 재설계하여야 한다.

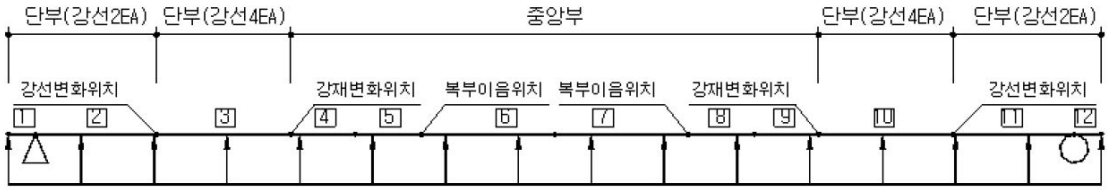


※ 매달기 거푸집(3000 N/m)은 모든거더의 전지간에 재하됨

※ 아래 하중 산출표는 각부재의 i단 기준으로 요약됨.

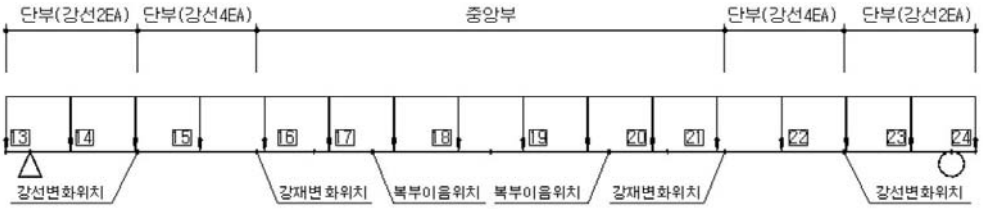
부재	강재 자중 (Ast×wst) N/m	케이싱 자중 (Acs×wcs) N/m	PS강재 자중 (EA×wtd/m) N/m
1	0.0747 × 78500 = 5862	0.396 × 25000 = 9902	30 × 11.01 = 330
2	0.0747 × 78500 = 5862	0.396 × 25000 = 9902	30 × 11.01 = 330
3	0.0747 × 78500 = 5862	0.382 × 25000 = 9547	60 × 11.01 = 661
4	0.0849 × 78500 = 6662	0.380 × 25000 = 9512	60 × 11.01 = 661
5	0.0849 × 78500 = 6662	0.380 × 25000 = 9512	60 × 11.01 = 661
6	0.0849 × 78500 = 6662	0.380 × 25000 = 9512	60 × 11.01 = 661
7	0.0849 × 78500 = 6662	0.380 × 25000 = 9512	60 × 11.01 = 661
8	0.0747 × 78500 = 5862	0.382 × 25000 = 9547	60 × 11.01 = 661
9	0.0747 × 78500 = 5862	0.396 × 25000 = 9902	30 × 11.01 = 330
10	0.0747 × 78500 = 5862	0.396 × 25000 = 9902	30 × 11.01 = 330

※ 거푸집 탈형으로 인한 탄성복원력(CW단계)



- 거푸집 탈형 시 매달기 거푸집의 자중과 동일한 크기로 강재의 탄성복원력이 상향력으로 작용.

㉡ 가로보 중량



위 치	가 로 보			헌 치		재하하중(N)
	높이(m)	길이(m)	면적(㎡)	길이(m)	면적(㎡)	
시점	1.840	1.398	0.552	2.748	0.000	19288
1번	0.800	2.456	0.027	1.398	0.000	52055
2번	0.800	2.456	0.027	1.398	0.000	52055
3번	0.800	2.456	0.027	1.398	0.000	52055
종점	1.840	1.398	0.552	2.748	0.000	19288

② 합성후 고정하중

(1) 좌측 캔틸레버 하중

- 방호벽(좌) : A × w = 0.398 × 25000 = 9955 N/m

(2) 우측 캔틸레버 하중

- 방호벽(우) : A × w = 0.398 × 25000 = 9955 N/m

(3) 중앙부 하중

- 포장하중 : t × w = 0.050 × 23500 = 1175 N/m

(4) 기타 하중

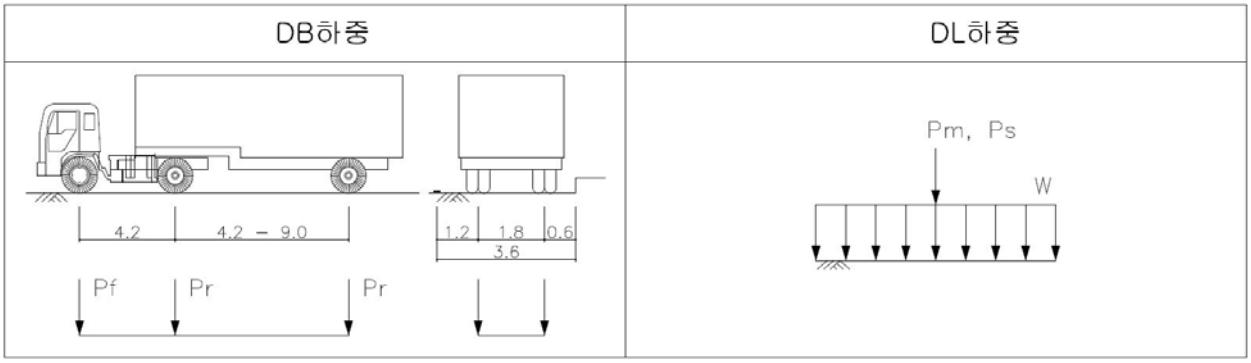
	위 치	하중크기
- 중분대	12.15m	11250 N/m

③ 활하중

④ 차로수 : 6 차로

⑤ 차로폭 : 3.6m

⑥ 적용하중 (1등급)



㉠ DB-24 : DBr = 96.00 kN

DBf = 24.00 kN

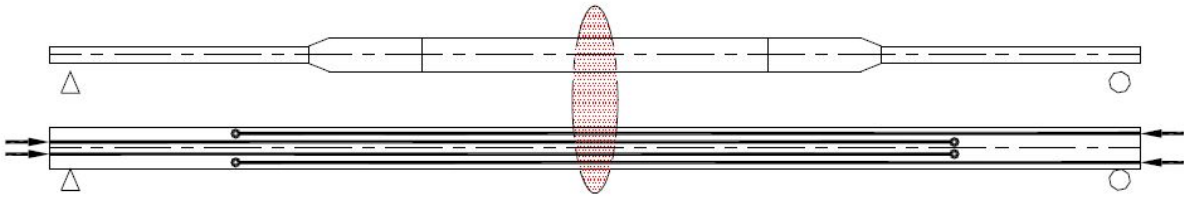
㉡ DL-24 : DLw = 12.70 kN/m

DLm = 108.00 kN

DLs = 156.00 kN

4) 거더 휨 응력

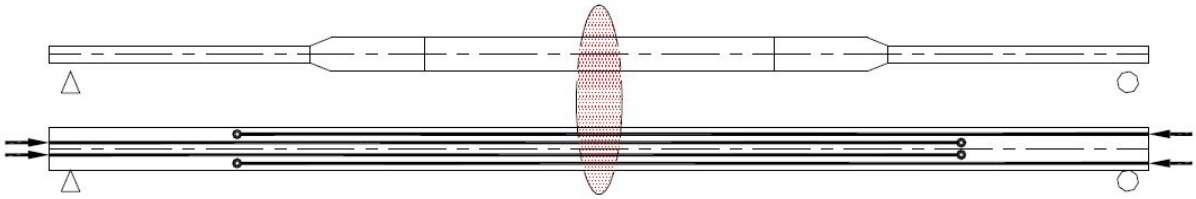
① 거더1 지간 중앙부 응력 산정결과



(단위:MPa)

하 중 조 건	바 닥 판		하부케이싱		강 재		강 선 도 심
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	
거더 자중(SW)					112.629	-255.743	
거푸집 탈형(CW)			0.991	1.564	-13.977	13.135	
케이싱 초기 C&S 손실			-0.402	-0.442	-1.012	8.519	
응 력 누 계			0.589	1.122	97.641	-234.089	
허 용 응 력			압 축	8.400	압 축	268.750	
			인 장	-0.935	인 장	-268.750	
프리스트레스 도입(PS)			18.060	23.055	-25.102	143.626	-1206.540
응 력 누 계			18.649	24.177	72.538	-90.463	-1206.540
허 용 응 력			압 축	27.000	압 축	215.000	압 축
			인 장	-1.677	인 장	-215.000	-1312.000
합성전 고정하중(BL)			-5.495	-9.548	80.509	-56.376	-53.208
합성후 고정하중(AL)	1.700	1.297	-2.098	-2.923	9.955	-17.909	-17.107
케이싱 최종 C&S 손실	-0.991	-0.060	-3.649	-3.099	-0.463	63.844	61.445
바닥판 C&S 손실	-1.881	-1.838	-0.016	-0.899	25.311	-4.523	-4.022
릴렉세이션 손실	0.060	0.012	-0.418	-0.516	0.089	-3.238	3.309
강선 C&S 손실	0.110	0.021	-0.772	-0.954	0.165	-5.980	6.112
활 하 중(LL)	3.163	2.413	-3.904	-5.439	18.525	-33.325	-31.833
군중 하중(GJ)							
응 력 누 계	2.161	1.844	2.297	0.799	206.630	-147.969	-1241.844
허 용 응 력	압 축	10.800	압 축	20.250	압 축	215.000	압 축
	인 장	-1.890	인 장	-3.354	인 장	-215.000	-1312.000

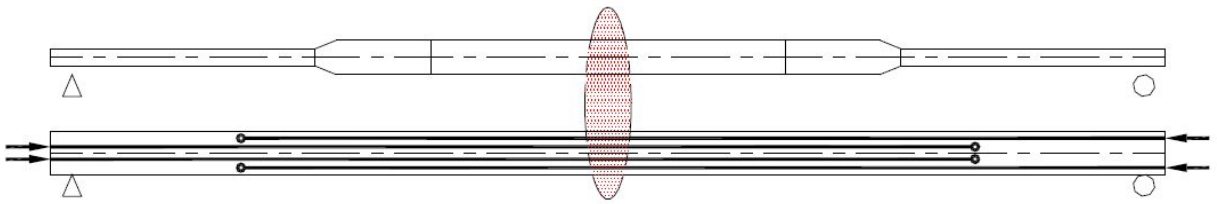
② 거더5 지간 중앙부 응력 산정결과



(단위:MPa)

하 중 조 건	바 닥 판		하부게이싱		강 재		강 선
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	도 심
거더 자중(SW)					112.629	-255.743	
거푸집 탈형(CW)			0.991	1.564	-13.977	13.135	
게이싱 초기 C&S 손실			-0.402	-0.442	-1.012	8.519	
응 력 누 계			0.589	1.122	97.641	-234.089	
허 용 응 력			압 축	8.400	압 축	268.750	
			인 장	-0.935	인 장	-268.750	
프리스트레스 도입(PS)			18.060	23.055	-25.102	143.626	-1206.540
응 력 누 계			18.649	24.177	72.538	-90.463	-1206.540
허 용 응 력			압 축	27.000	압 축	215.000	압 축
			인 장	-1.677	인 장	-215.000	-1312.000
합성전 고정하중(BL)			-5.896	-10.243	86.373	-60.483	-57.084
합성후 고정하중(AL)	1.572	1.199	-1.940	-2.703	9.206	-16.560	-15.819
게이싱 최종 C&S 손실	-0.974	-0.059	-3.628	-3.005	-0.455	62.749	60.391
바닥판 C&S 손실	-1.846	-1.815	-0.015	-0.885	24.916	-4.453	-3.959
릴렉세이션 손실	0.060	0.012	-0.418	-0.516	0.089	-3.238	3.309
강선 C&S 손실	0.108	0.021	-0.759	-0.937	0.162	-5.877	6.006
활 하 중(LL)	2.383	1.818	-2.941	-4.098	13.957	-25.108	-23.984
군중 하중(GJ)							
응 력 누 계	1.303	1.175	3.053	1.790	206.787	-143.432	-1237.679
허 용 응 력	압 축	10.800	압 축	20.250	압 축	215.000	압 축
	인 장	-1.890	인 장	-3.354	인 장	-215.000	-1312.000

③ 거더9 지간 중앙부 응력 산정결과



(단위:MPa)

하 중 조 건	바 닥 판		하부케이싱		강 재		강 선 도 심
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	
거더 자중(SW)					112.629	-255.743	
거푸집 탈형(CW)			0.991	1.564	-13.977	13.135	
케이싱 초기 C&S 손실			-0.402	-0.442	-1.012	8.519	
응 력 누 계			0.589	1.122	97.641	-234.089	
허 용 응 력			압 축	8.400	압 축	268.750	
			인 장	-0.935	인 장	-268.750	
프리스트레스 도입(PS)			18.060	23.055	-25.102	143.626	-1206.540
응 력 누 계			18.649	24.177	72.538	-90.463	-1206.540
허 용 응 력			압 축	27.000	압 축	215.000	압 축
			인 장	-1.677	인 장	-215.000	-1312.000
합성전 고정하중(BL)			-5.495	-9.548	80.509	-56.376	-53.208
합성후 고정하중(AL)	1.701	1.297	-2.099	-2.925	9.961	-17.919	-17.117
케이싱 최종 C&S 손실	-0.991	-0.060	-3.649	-3.099	-0.463	63.840	61.441
바닥판 C&S 손실	-1.881	-1.839	-0.016	-0.899	25.314	-4.524	-4.022
릴렉세이션 손실	0.060	0.012	-0.418	-0.516	0.089	-3.238	3.309
강선 C&S 손실	0.110	0.021	-0.772	-0.954	0.165	-5.980	6.111
활 하 중(LL)	2.808	2.142	-3.466	-4.829	16.447	-29.586	-28.262
군중 하중(GJ)							
응 력 누 계	1.807	1.574	2.734	1.408	204.560	-144.245	-1238.288
허 용 응 력	압 축	10.800	압 축	20.250	압 축	215.000	압 축
	인 장	-1.890	인 장	-3.354	인 장	-215.000	-1312.000

5) 거더 안전성평가 결과

【표 2.7.13】 거더 안전성평가 결과

구 분		거더 응력 검토					
		바닥판		하부케이싱		강재	
		상연	하연	상연	하연	상연	하연
G1	응력	2.161	1.844	2.297	0.799	206.630	-147.969
	허용응력	10.800	-	20.250	-	215.000	-
	안전율	4.998		8.816		**1.041**	
G5	응력	1.303	1.175	3.053	1.790	206.787	-143.432
	허용응력	10.800	-	20.250	-	215.000	
	안전율	8.289		6.633		**1.040**	
G9	응력	1.807	1.574	2.734	1.408	204.560	-144.245
	허용응력	10.800	-	20.250	-	215.000	
	안전율	5.977		7.407		**1.051**	

다. 안전성평가 결과

바닥판 및 거더의 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 “A”로 검토되었다.

【표 2.7.14】 안전성 평가 결과

	구 분	켄틸레버부		중앙부
바닥판	안전율	1.619		1.053
	최소안전율	**S.F = 1.053**		
거 더	구 분	**G1**	**G5**	**G9**
	안전율	1.041	1.040	1.051
	최소안전율	**S.F = 1.040**		

7.5.4 내하력평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

가. 개요

1) 강도설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서, ϕM_n = 설계휨강도 M_d = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$ = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d = 고정하중 계수 (1.30) γ_ℓ = 활하중 계수 (2.15)

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수 P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24)

2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서, f_ℓ = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

f_a = 재료의 허용응력 f_d = 고정하중 응력

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수

P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

나. 기본내하율 산정

【표 2.7.15】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과

구 분		ϕMn(kN·m)	M_d(kN·m)	$M_l(1+i)$(kN·m)	기본내하율(RF)
바닥판	켄틸레버	148.650	13.093	34.192	1.791
	중 앙 부	84.838	5.212	34.320	1.058

【표 2.7.16】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과

구 분		허용응력 (f_a)(MPa)	고정하중응력 (f_d)(MPa)	활하중응력 (f_l)(MPa)	기본내하율 (RF)	비고
G1	상연	20.250	6.201	-3.904	3.599	
	하연	-3.354	6.238	-5.439	**1.764**	
G5	상연	20.250	5.994	-2.941	4.847	
	하연	-3.354	5.888	-4.098	**2.255**	
G9	상연	20.250	6.200	-3.466	4.054	
	하연	-3.354	6.237	-4.829	**1.986**	

다. 내하력평가 결과

【표 2.7.17】 공용내하력 산정결과

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	외측거더(방호벽)	1.155	1.764	2.037	DB, DL-24 이상
	외측거더(중분대)	1.155	2.255	2.605	DB, DL-24 이상
	내측거더	1.155	1.986	2.294	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

7.6 종합평가 및 안전등급

7.6.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

성산교의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.7.18】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

7.6.2 안전등급 지정

성산교에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.7.19】 성산교 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	성산교	A등급(우수)

7.7 종합결론

성산교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

제8장 서오창IC Ramp-A1교

8.1 시설물의 개요

8.2 현장조사 및 시험

8.3 상태평가

8.4 교량 재하시험

8.5 안전성평가 및 내하력평가

8.6 종합평가 및 안전등급

8.7 종합결론

제8장 서오창IC Ramp-A1교

8.1 시설물의 개요

8.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 서오창IC Ramp-A1교에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

【표 2.8.1】 과업대상 시설물의 개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		서오창IC Ramp-A1교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.305m			
	폭	B = 19.2m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	매입복합말뚝(A1) 매입강관말뚝(A2)
	하부	교대:역T형		교각	-
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(지방도 540호선)	통과높이		5.2m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

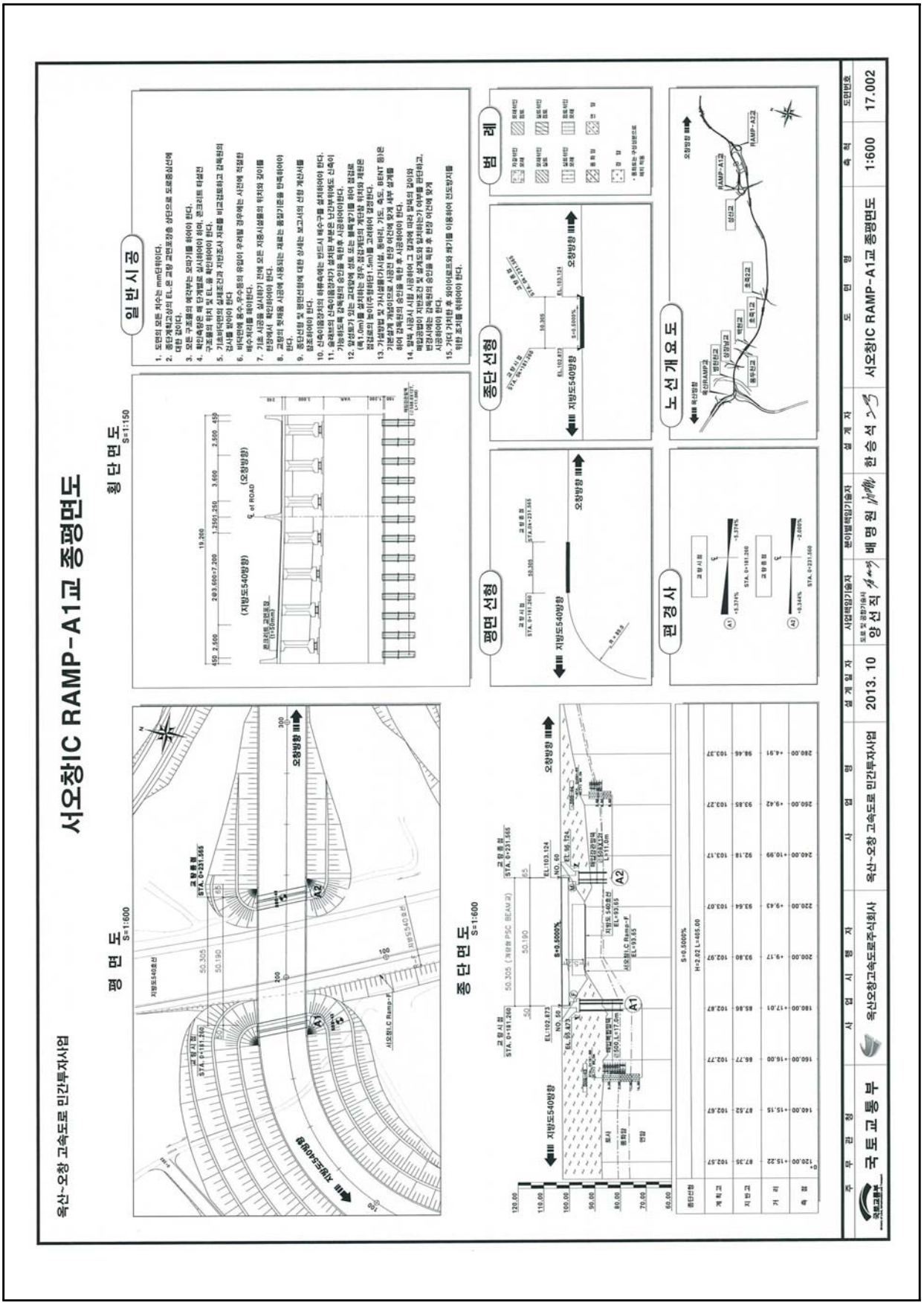


상면전경

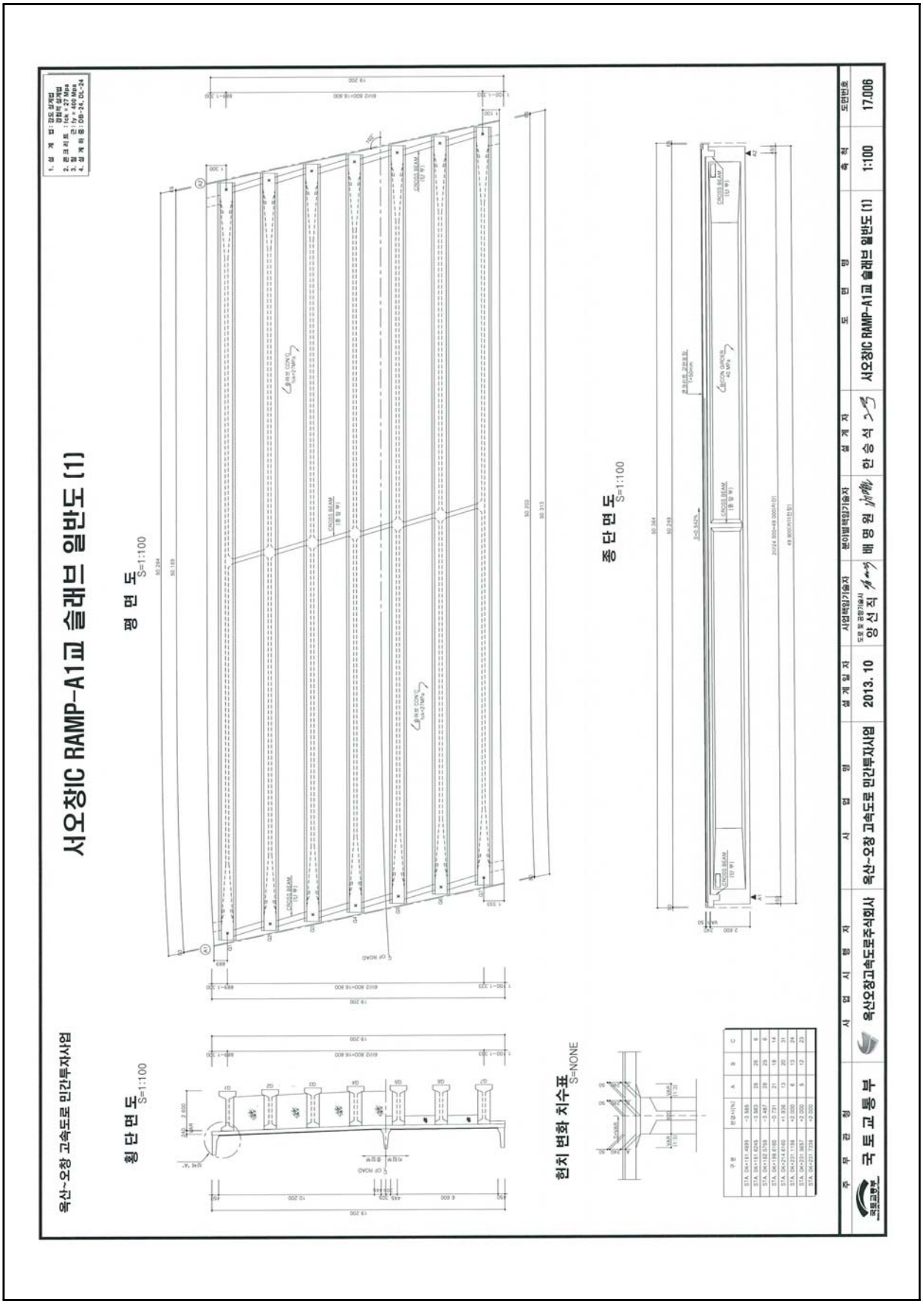


측면전경

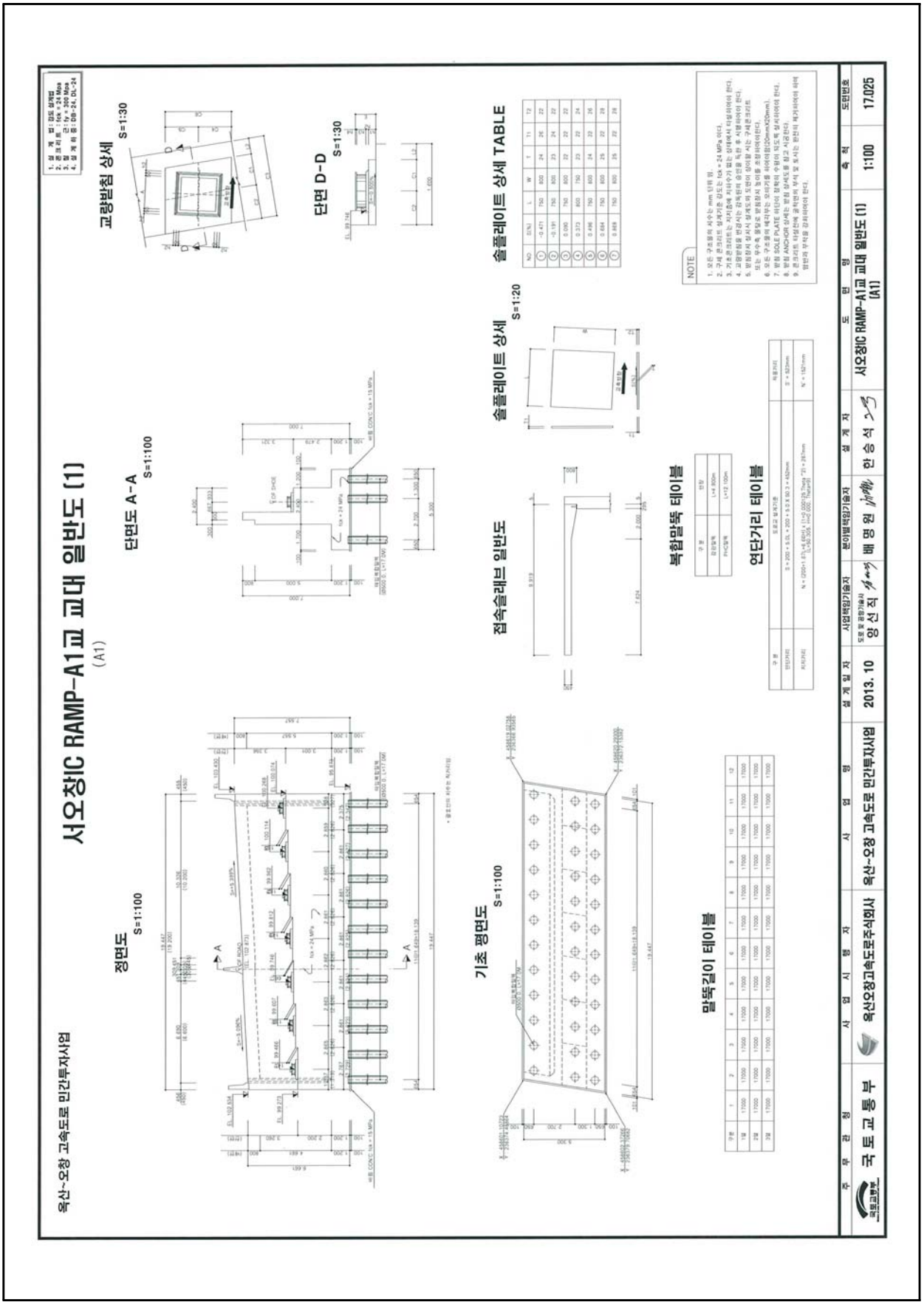
8.1.2 관련도면



【그림 2.8.1】 종평면도



【그림 2.8.2】 슬래브 일반도



【그림 2.8.3】 교대(A1) 일반도

8.2 현장조사 및 시험

8.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 서오창IC Ramp-A1교에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



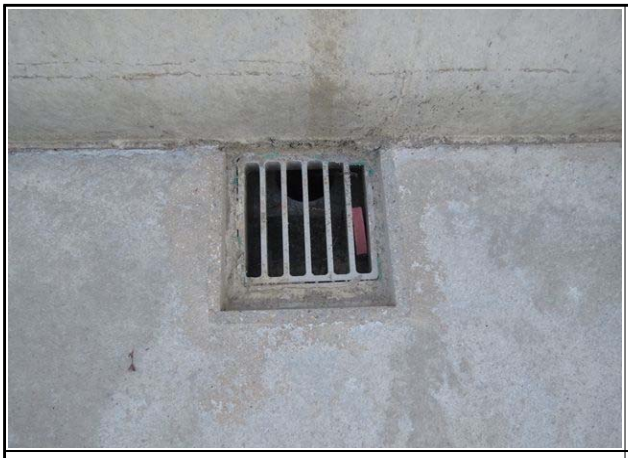
교면포장 상태양호



교면포장 상태양호

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



배수구 상태양호

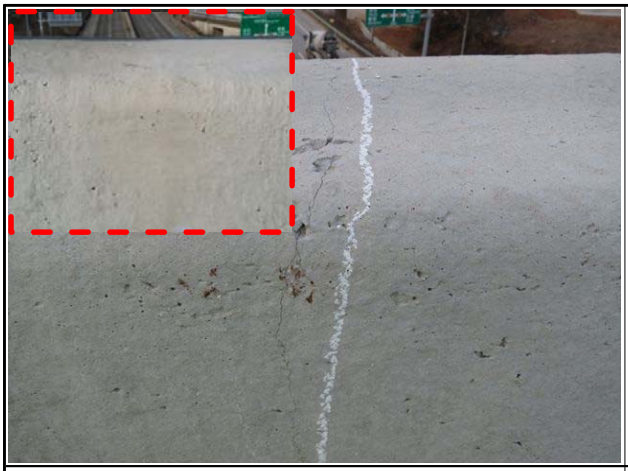


배수관 설치상태 양호

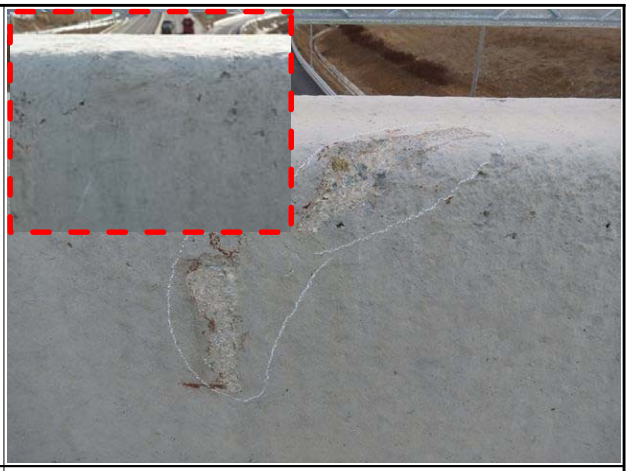
다. 난간 및 연석

본 교량의 좌·우측 방호벽 및 중앙분리대는 콘크리트 구조로 시공되어있다. 방호벽 및 중앙분리대에 대한 외관조사 결과, 일부 구간에서 균열(폭 0.3mm미만), 박리 등의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
방호벽	균열(폭 0.3㎜미만)	8.7m/14ea	보수완료
	박리	0.08㎡/1ea	보수완료



방호벽 균열(폭 0.1mm)(보수완료)



방호벽 박리(보수완료)

라. 신축이음

본 교량의 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동상태도 양호한 것으로 나타났다.



신축이음 상태양호(A1)



신축이음 상태양호(A2)

마. 바닥판 하면

바닥판은 철근콘크리트 구조로 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과, 특별한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

	
바닥판 하면 상태양호	바닥판 하면 상태양호

바. 거더

본 교량의 거더는 Bicon Girder 형식이며, 외관조사 결과 특별한 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
거더 상태양호	거더 상태양호

사. 가로보

본 교량의 가로보는 콘크리트 가로보로 시공되어 있다. 가로보에 대한 점검결과, 구조적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
가로보 상태양호	가로보 상태양호

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

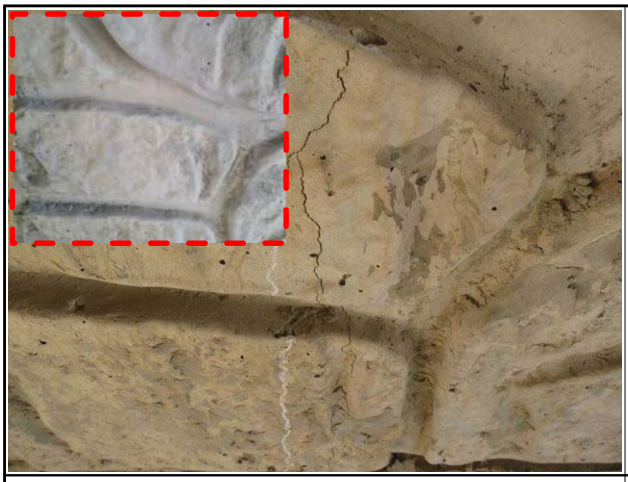
본 교량의 받침장치는 탄성받침 형식으로 총 14개소(7개소/교대 1EA당)가 설치되어 있으며, A1에 고정단이 설치되어 있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받침 본체 및 받침콘크리트에 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

	
교량받침 상태 양호	교량받침 상태 양호

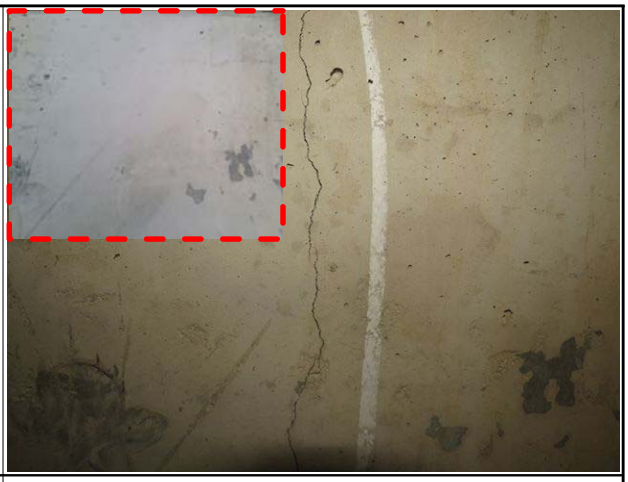
자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 교대 점검결과, 균열(폭 0.3mm미만 및 이상)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교대	균열(폭 0.3mm미만)	2.5m/2ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	1.0m/1ea	보수완료



교대 A1 균열(폭 0.3mm미만)(보수완료)

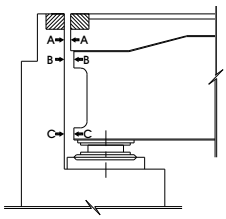


교대 A2 균열(폭 0.3mm)(보수완료)

8.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

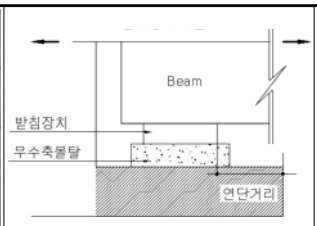
부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법



유간거리 측정전경



연단거리 측정방법



연단거리 측정전경

【그림 2.8.4】부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.8.2】온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 11일		
온도변화 범위	-15℃~+40℃(한냉지방)	선팽창 계수(α)	1.0×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (콘크리트교=1/300)		
주형높이(h)	3,000m		
지간장(L)	50.0m(S1)		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 한냉지방, 콘크리트교 : -15~+40℃ 적용

※ 유간 측정일 기온이 온도변화 범위(보통지방)를 초과하여 한냉한지방의 온도범위로 적용함.

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-15℃)=5.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=50.0m)

{[A2지점] = 50.0m}

▷ A2지점 = (24.65mm - 신장 / 2.85mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 (Δℓt)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.8.3】 유간거리 검토결과

위치		계산 신축량 (mm)			서오창IC Ramp-A1교		
					측정유간 (mm)	판정	
		Δℓt	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A2	신장	24.65	5.0	29.65	36.0	OK	OK
	수축	2.85	5.0	7.85	24.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A2=60㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이

  * 50.0m : S = 200 + (5 × 50.0) = 450.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 500㎜~600㎜로 도로교설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 450.0㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.8.4】 연단거리 측정결과

구 분		실측거리(㎜)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(㎜)	평 가
서오창IC Ramp-A1교	A1	600	50	450	O.K
	A2	500~520	50	450	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.8.5】 교량받침 이동량 측정결과

측정당시 온도	3.3℃ (2017년 11월 20일)			교량받침 종류		탄성받침	
구분	가동단 변위량(mm)						비 고
	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	
A1	Fix							
A2	↓ 5.0	↓ 5.0	↓ 5.0	↓ 5.0	↓ 5.0	↓ 5.0	↓ 5.0	

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.3℃(2017년 11월 20일)

2) 온도변화 : -5℃~35℃(콘크리트교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 35℃-(3.3℃)=31.7℃(신장), 3.3℃-(-5℃)=8.3℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10-5

L : 신축들보의 길이(L=50.0m)

▷ A2 = (15.85mm - 신장 / 4.15mm - 수축)

【표 2.8.6】 교량 받침 이동량 검토

구 분	신축장 (mm)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판정
		신장	수축	신장	수축	
A2	50,000	15.85	4.15	45	55	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▶검토결과 : 온도 3.3℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.

8.2.3 내구성조사

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대의 총 5개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.8.7】 반발경도시험 결과

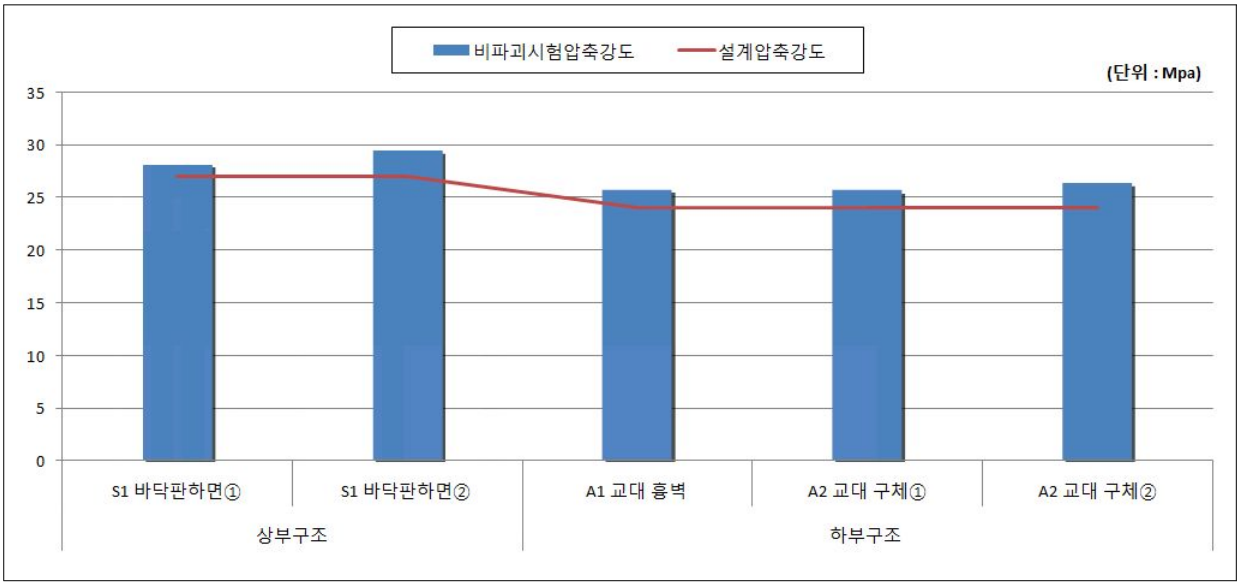
구 분		설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
상부구조	바닥판	27.0	28.2 ~ 29.5	104.4 ~ 109.3
하부구조	교 대	24.0	25.7 ~ 26.4	107.1 ~ 110.0

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.8.8】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치		평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	재령계수 an	추정 압축강도 방법1	추정 압축강도 방법2	평균 강도 (MPa)	설계압축강도(MPa)
상부구조	S1 바닥판하면①	47.5	-3.3	44.2	0.7	26.7	29.6	28.2	27.0
	S1 바닥판하면②	49.3	-3.2	46.1	0.7	28.4	30.5	29.5	27.0
하부구조	A1 교대 흉벽	41.3	0.0	41.3	0.69	23.8	27.7	25.8	24.0
	A2 교대 구체①	41.3	0.0	41.3	0.69	23.7	27.7	25.7	24.0
	A2 교대 구체②	42.3	0.0	42.3	0.69	24.6	28.2	26.4	24.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.8.5】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.8.9】 철근탐사시험 결과

탐사위치		배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	S1 바닥판하면	주 철 근	@200	32	≒@200	≒40
		배력철근	@250	48	≒@250	≒55
하부구조	교대 A1 흉벽	수직철근	@250	72	≒@250	≒80
		수평철근	@150	53	≒@150	≒55
	교대 A2 구체	수직철근	@250	90.5	≒@250	≒85
		수평철근	@300	71.5	≒@300	≒65

8.3 상태평가

8.3.1 상태평가 결과

본 서오창IC Ramp-A1교에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 **『A등급』**으로 평가되었다.

【표 2.8.10】 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	개량형 PSC BEAM	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.8.11】 상태평가 결과표

교 량 명	서오창IC Ramp-A1교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본 교	0.100	A	50.0	2	100.0	1.000	0.100
합계(Σ)			50.0		100.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

8.4 교량 재하시험

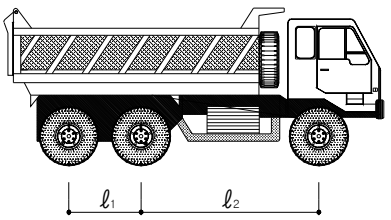
8.4.1 개 요

가. 현장시험의 개요

구 분		내 용
시험일자		2017. 12. 20
시험시간		AM 11:00 ~ PM 01:00
시험위치		S1(최대 정모멘트가 작용하는 지점)
재하시험차량 대수		2대
하중 경우 수	정적재하시험	Load Case 1~4 (4회)
	동적재하시험	10km/hr ~ 50km/hr

나. 재하시험 차량의 제원 및 하중

대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62~64%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN, 276.00kN 트럭 2대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

차 량 제 원	계량증명서
	

구 분	재하차량 제원(m)			
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
15ton 덤프트럭	1.30	3.20	2.10	1.85
구 분	**총 중 량 (kN)**	**전륜축중량 (kN)**	**중륜축중량 (kN)**	**후륜축중량 (kN)**
1호차 - 덤프트럭 (5328)	269.10	79.80	94.65	94.65
2호차 - 덤프트럭 (7001)	276.00	79.80	98.10	98.10

다. 교량 재하시험 사진

<table>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td>변형률계 설치 현황</td><td>처짐계 설치 현황</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가속도계 설치 현황</td><td>재하시험 계측 전경</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>정적 재하시험 전경</td><td>동적 재하시험 전경</td></tr>
</table>

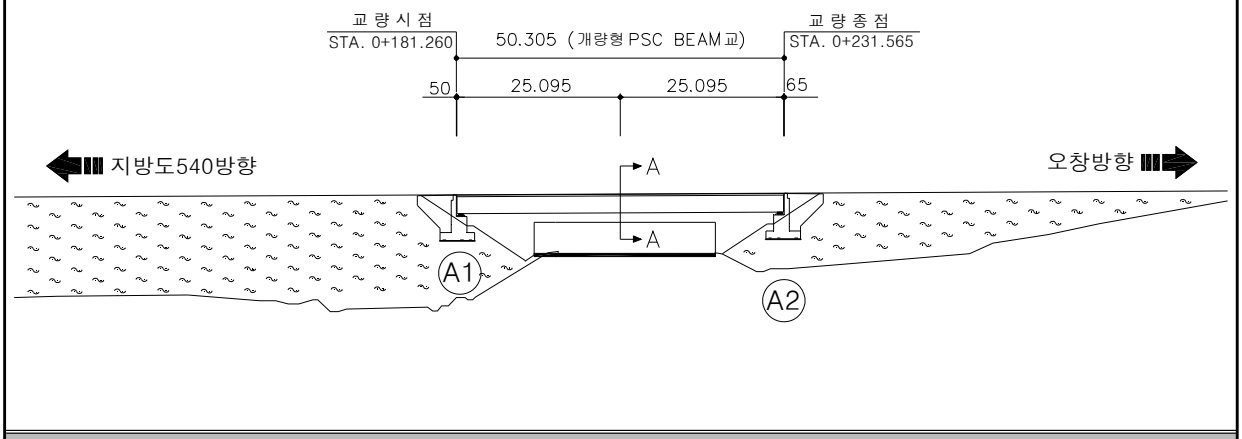
라. 계측센서 사양 및 수량

구분	센서명	모델명	사 양	수량(ea)
계측센서	콘크리트 변형률게이지	PL-60 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20~+80℃ • 형식 : 전기저항식	5
	처짐계	OU-30	• 범위 : ±30mm • 민감도: ($x10^{-6}$/mm) : 1000 • 허용온도범위 : 0~+60℃ • 형식 : 전기저항식	4
	가속도계	ARF-20A	• 용량 : 2.04g • 응답주파수 : 80hz • 고유주파수 : 150hz • 형식 : 전기저항식	1
소 계				10
측정장비	정, 동적 시험장비	DRA-30A	• 측정점수 : 30채널 • 측정대상 : Dynamic Strian, 전압 • 각 채널별 112k word 데이터메모리 탑재 (정적스트레인측정시 30000scans)	1
소 계				1

마. L/C별 재하시험 방법

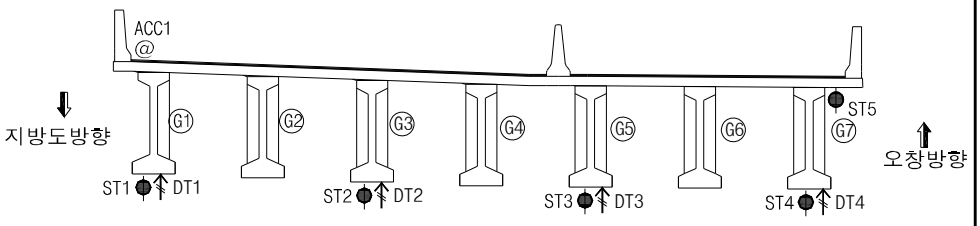
재하시험 위치	재하목적	비 고
단경간(S1)	· 최대 정모멘트가 작용하는 지점	

바. 계측센서 설치도



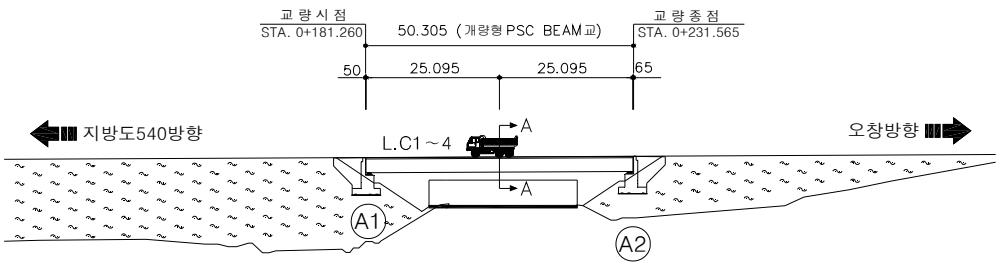
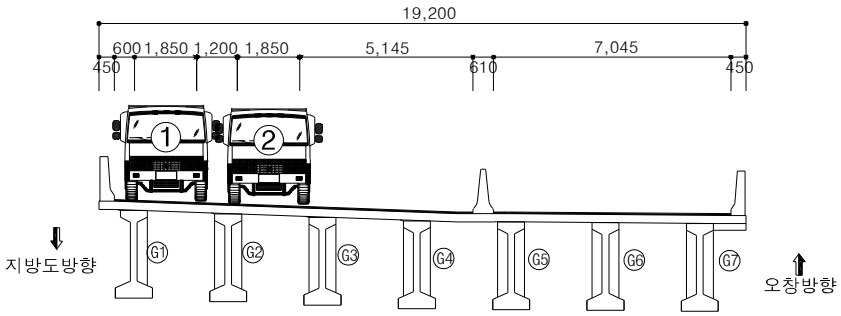
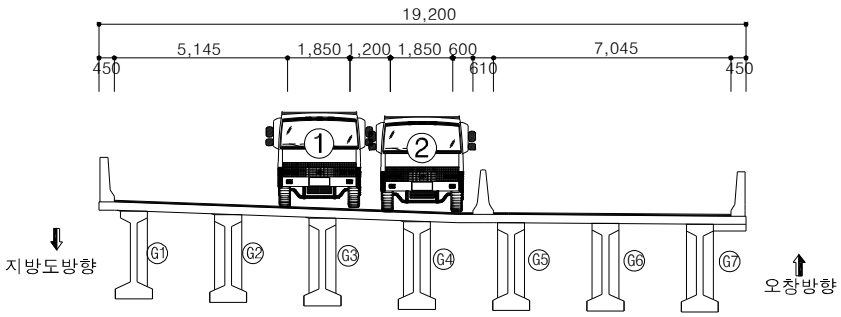
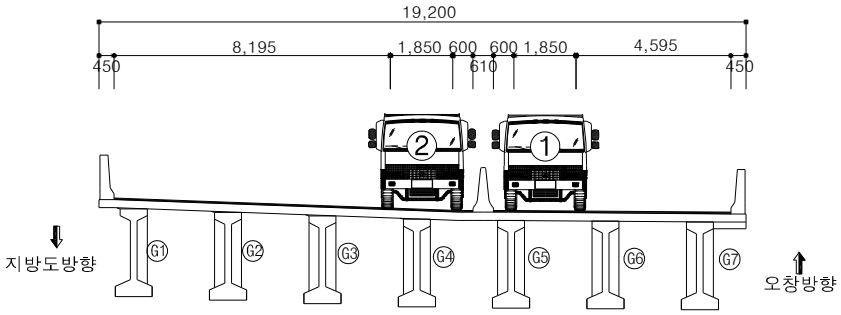
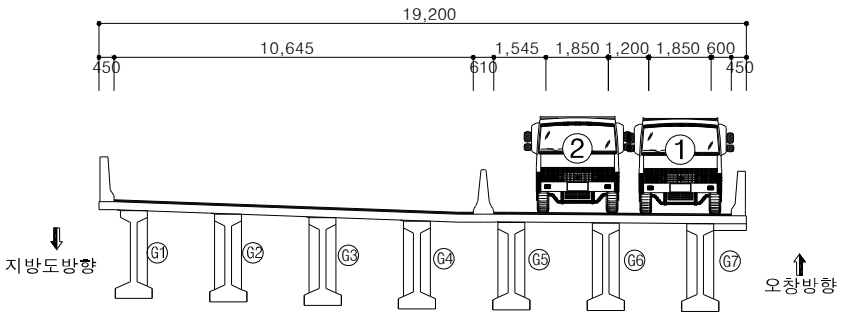
재하시험 경간

A-A단면 부착위치

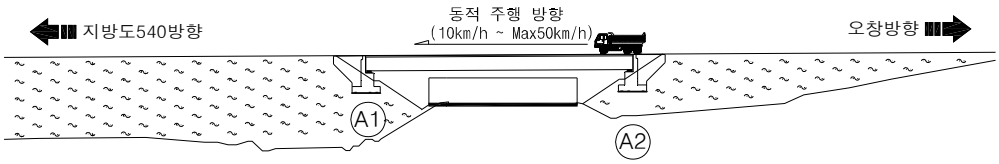
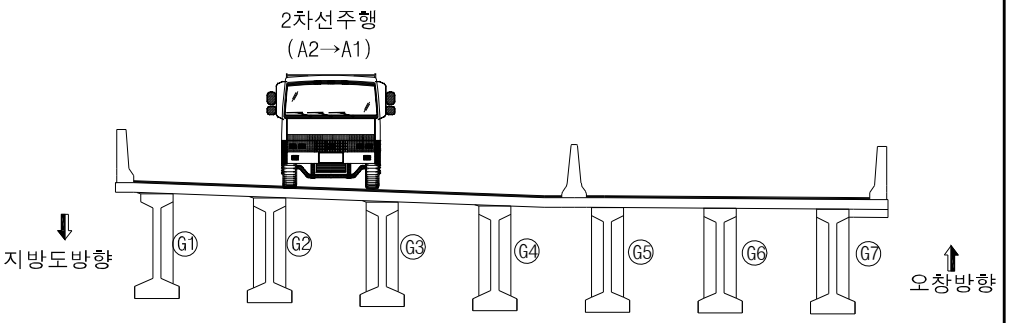


구 분	계측기명	설치수량	비 고
●	콘크리트 변형률계	5	교축방향
↑	처짐계	4	연직방향
@	가속도계	1	연직방향
계측센서 총 수량		10	

사. 정적 재하시험 LOAD CASE

종방향 재하위치	
L.C 1	
L.C 2	
L.C 3	
L.C 4	

아. 동적 재하시험 LOAD CASE

차량주행방향	
주행위치	

재하경우	주행방향	주행위치	비 고
10km/hr	종점→시점	지방도방향 2차선	재하차량 1대
20km/hr	종점→시점	지방도방향 2차선	재하차량 1대
30km/hr	종점→시점	지방도방향 2차선	재하차량 1대
40km/hr	종점→시점	지방도방향 2차선	재하차량 1대
50km/hr	종점→시점	지방도방향 2차선	재하차량 1대

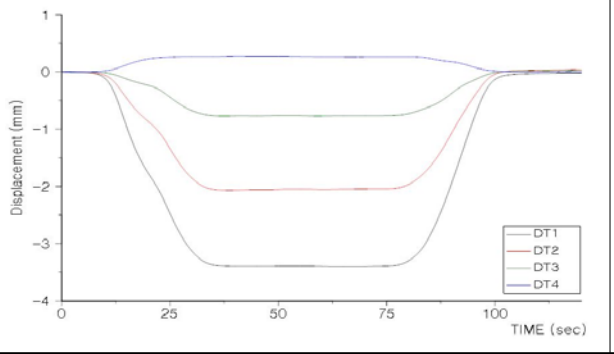
8.4.2 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

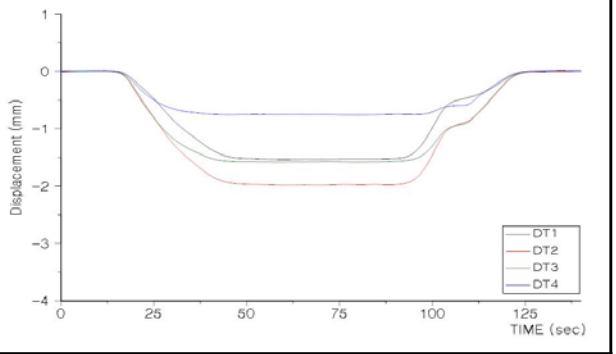
가. 재하시험에서 측정된 계측DATA

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	비 고
ST1	39.01	17.44	4.59	-3.82	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST2	20.06	20.67	13.51	5.39	
ST3	6.78	15.66	17.92	18.51	
ST4	-3.26	4.92	15.35	38.07	
ST5	1.56	-4.57	-8.57	-12.36	
DT1	-3.399	-1.533	-0.640	0.277	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT2	-2.055	-1.983	-1.514	-0.725	
DT3	-0.769	-1.578	-2.051	-2.121	
DT4	0.261	-0.753	-1.848	-3.543	

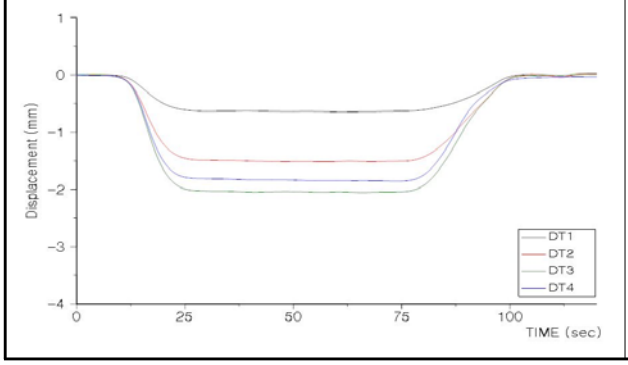
L.C1 처짐



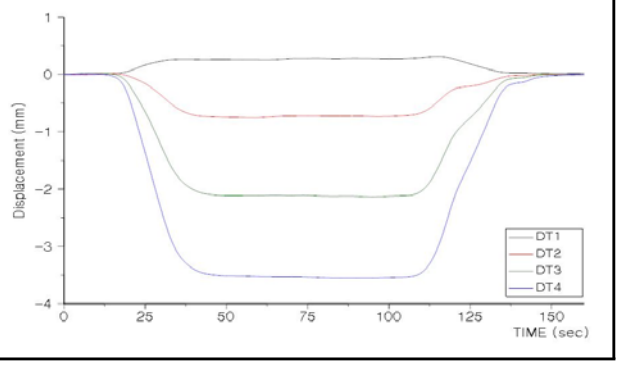
L.C2 처짐



L.C3 처짐



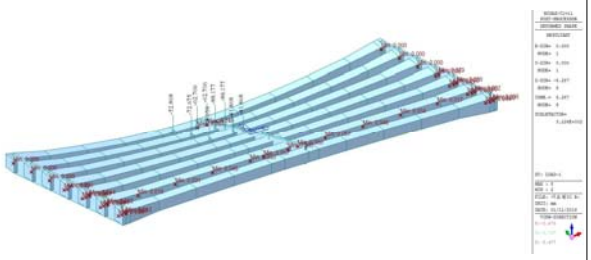
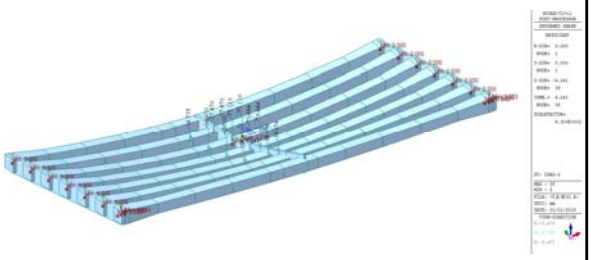
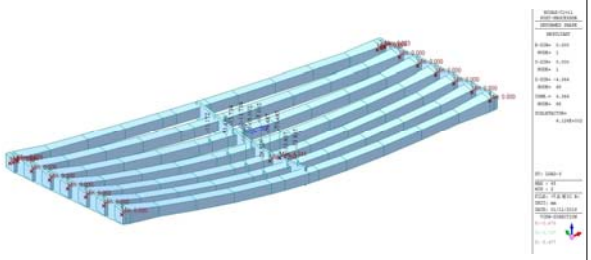
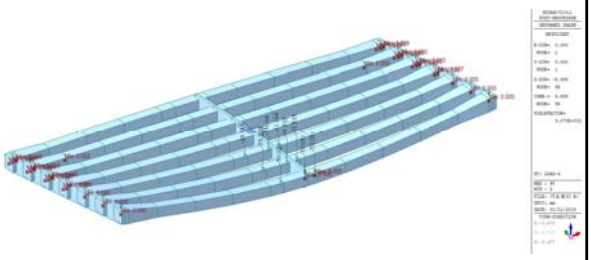
L.C4 처짐



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

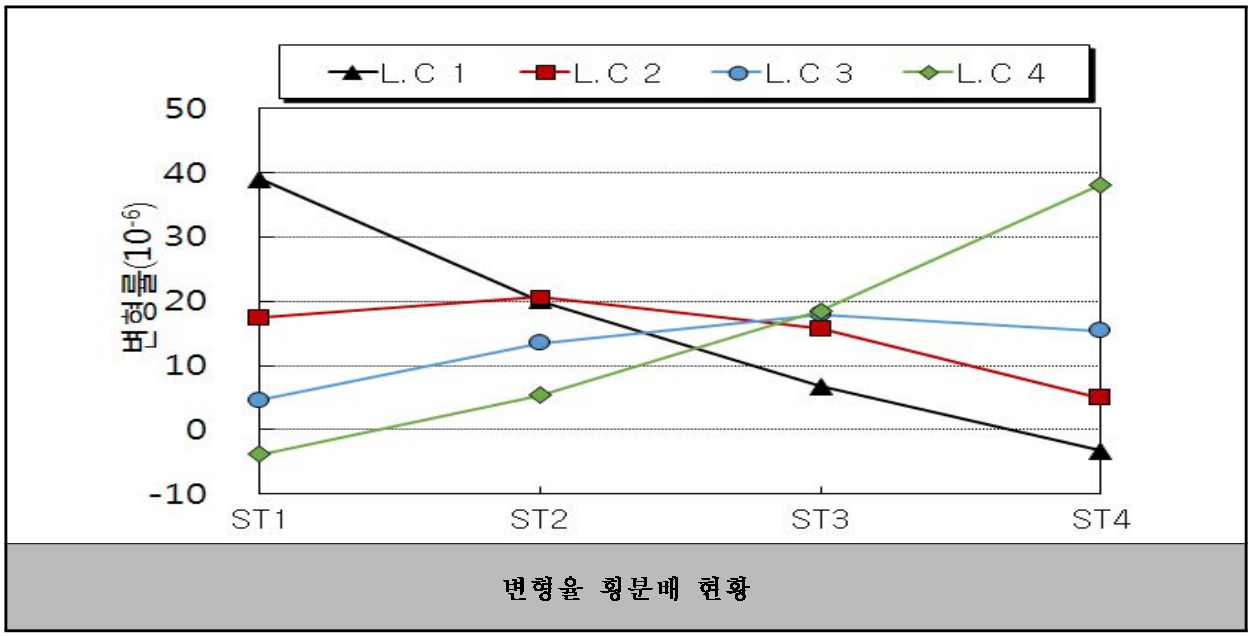
나. 구조해석에 의한 변위량

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	비 고
G1(DT1)	-8.287	-3.282	-0.812	1.424	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
G3(DT2)	-4.650	-4.241	-3.060	-1.174	
G5(DT3)	-1.290	-3.314	-4.364	-4.664	
G7(DT4)	1.301	-1.181	-3.886	-8.695	

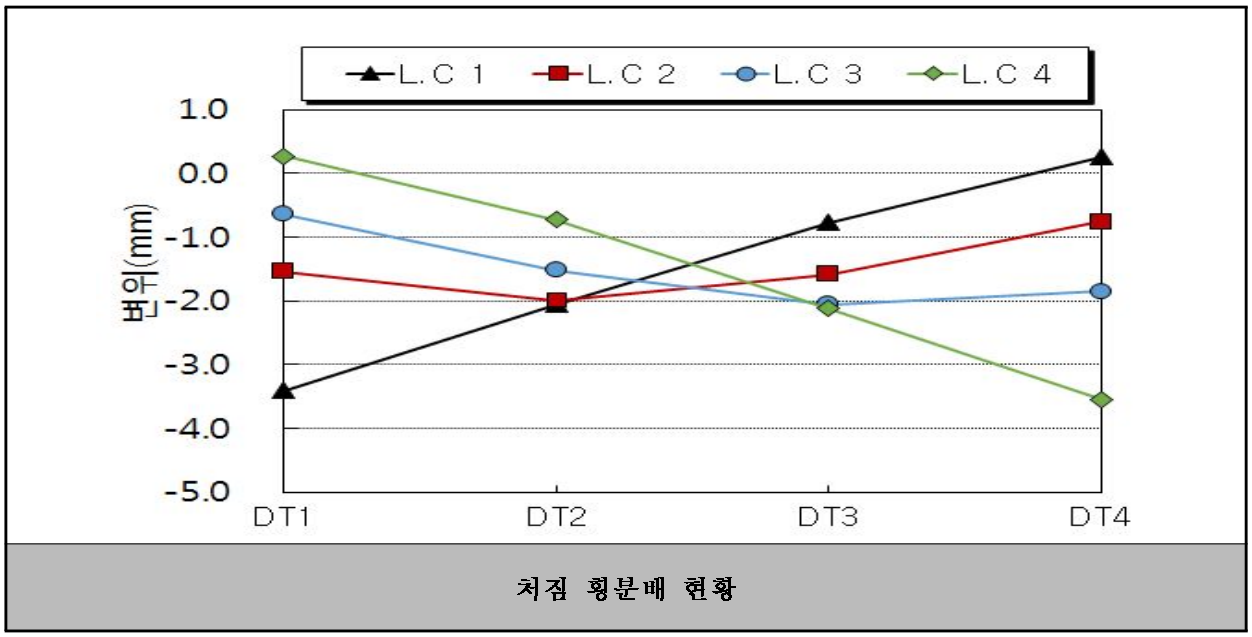
L.C1 하중재하 및 처짐	L.C2 하중재하 및 처짐
	
L.C3 하중재하 및 처짐	**L.C4 하중재하 및 처짐**
	

다. 하중 횡분배 검토 결과

거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단면응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 하중 횡분배는 대체로 대칭성을 보이고 있는 양호한 것으로 평가되었다.



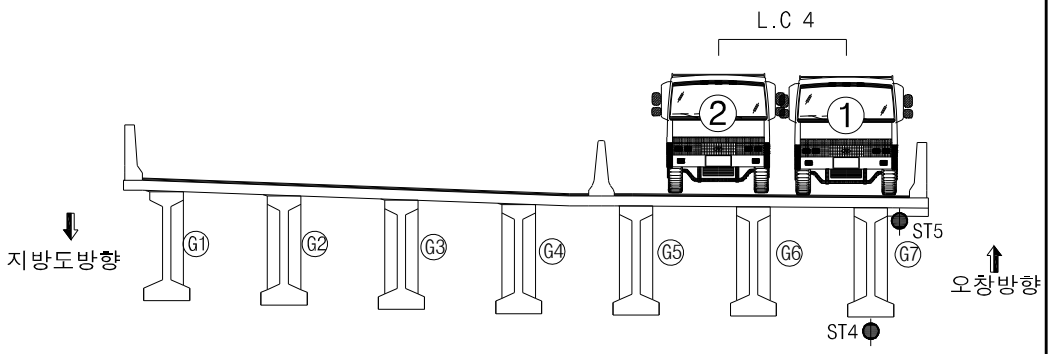
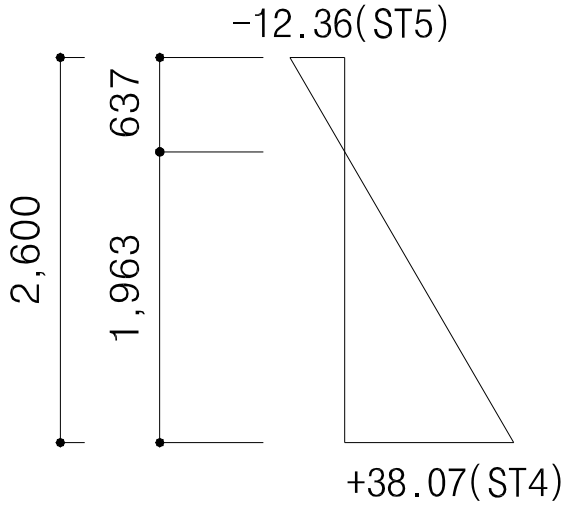
변형율 횡분배 현황



처짐 횡분배 현황

라. 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

<table>
<tr><th>구 분</th><th>L.C 4</th></tr>
<tr><td>재하위치</td><td>
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">중립축</td><td>L.C 4(1경간 - G7)</td></tr>
<tr><td>
</td></tr>
<tr><td><table>
<tr><th>구분</th><th>이론중립축위치
(mm)</th><th>실측중립축위치
(mm)</th></tr>
<tr><td>1경간</td><td>1,653</td><td>1,963</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>검토 의견</td><td>* 실측중립축이 이론중립축 대비 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.</td></tr>
</table>

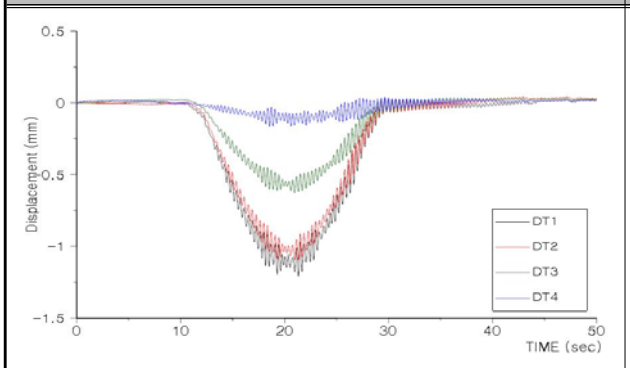
8.4.3 동적 재하시험 결과

가. 동적처짐

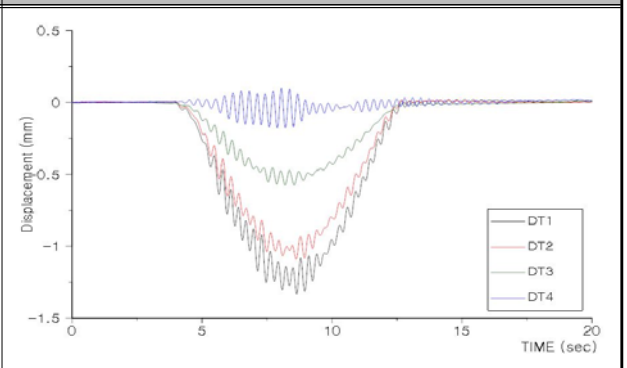
동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

구 분		주행속도 (km/h)					비고
		10	20	30	40	50	
1경간	G1(DT1)	-1.208	-1.336	-1.219	-1.382	-1.247	단위 : ㎜
	G3(DT2)	-1.095	-1.092	-1.160	-1.205	-1.173	
	G5(DT3)	-0.628	-0.577	-0.679	-0.629	-0.688	
	G7(DT4)	-0.164	-0.179	-0.186	-0.347	-0.330	

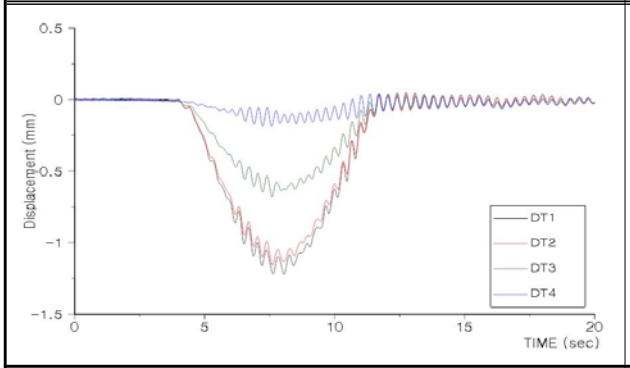
10km/hr



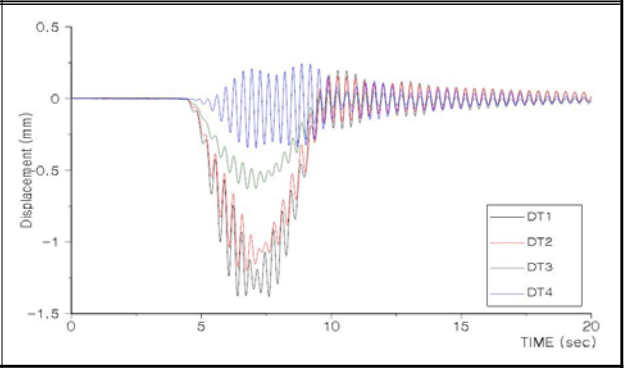
20km/hr



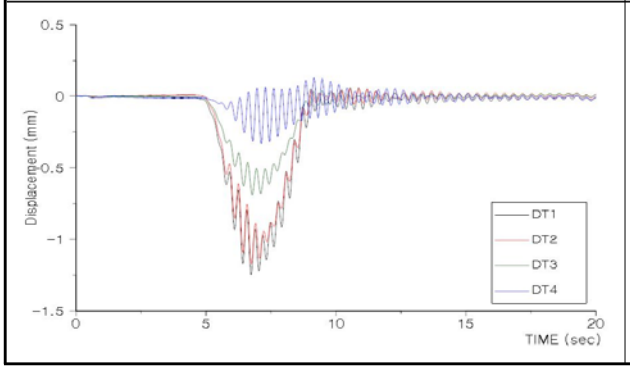
30km/hr



40km/hr



50km/hr



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

나. 충격계수 산정 결과

1) 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

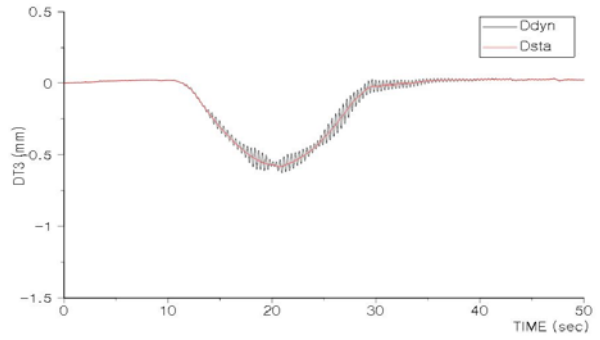
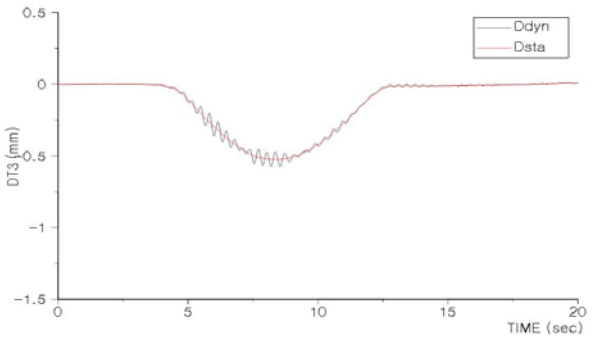
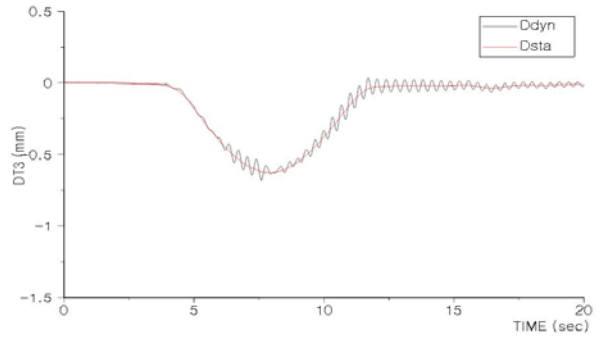
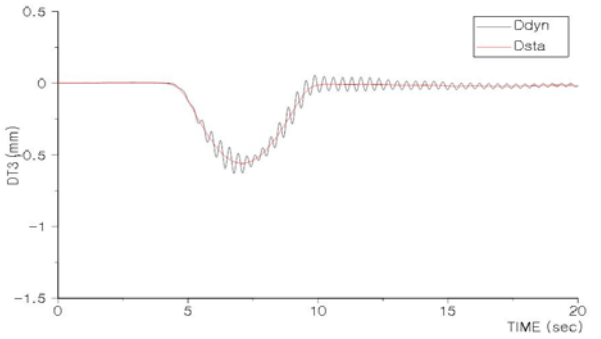
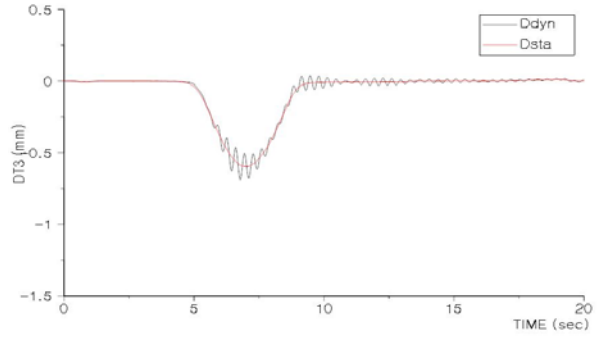
· 실측충격계수 i = (D－1)

여기서, D $=(\delta_{\mathrm{dynamic}})_{\max}/(\delta_{static})_{\max}$

구 분			주행속도 (km/h)					대표 충격계수
			10	20	30	40	50	
1경간	DT1	$\delta_{dyn(max)}$	-1.208	-1.336	-1.219	-1.382	-1.247	**0.147**
		$\delta_{sta(max)}$	-1.122	-1.235	-1.156	-1.260	-1.087	
		충격계수(i)	0.077	0.082	0.054	0.097	**0.147**	
	DT2	$\delta_{dyn(max)}$	-1.095	-1.092	-1.160	-1.205	-1.173	**0.138**
		$\delta_{sta(max)}$	-1.041	-1.042	-1.102	-1.080	-1.031	
		충격계수	0.052	0.048	0.053	0.116	**0.138**	
	DT3	$\delta_{dyn(max)}$	-0.628	-0.577	-0.679	-0.629	-0.688	**0.158**
		$\delta_{sta(max)}$	-0.582	-0.526	-0.628	-0.562	-0.594	
		충격계수	0.079	0.097	0.081	0.119	**0.158**	
계측결과			• 계산충격계수 : i = 15/(40+L) = **0.166**(1경간, L=50.190) • 실측충격계수 : 1경간-**0.158**(50km, DT3)					

2) 산정 결과

동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 G1~G5의 상부를 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT1, DT2, DT3(1경간)을 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.158(1경간)로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계기준 0.166(1경간)보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행 시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

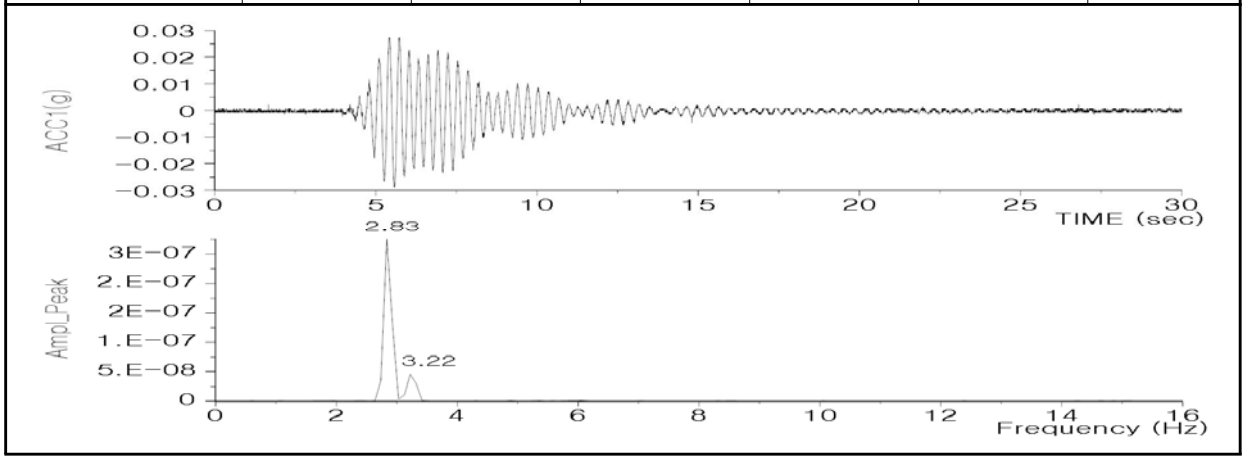
10km/hr, DT3	20km/hr, DT3
	
30km/hr, DT3	**40km/hr, DT3**
	
50km/hr, DT3	
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

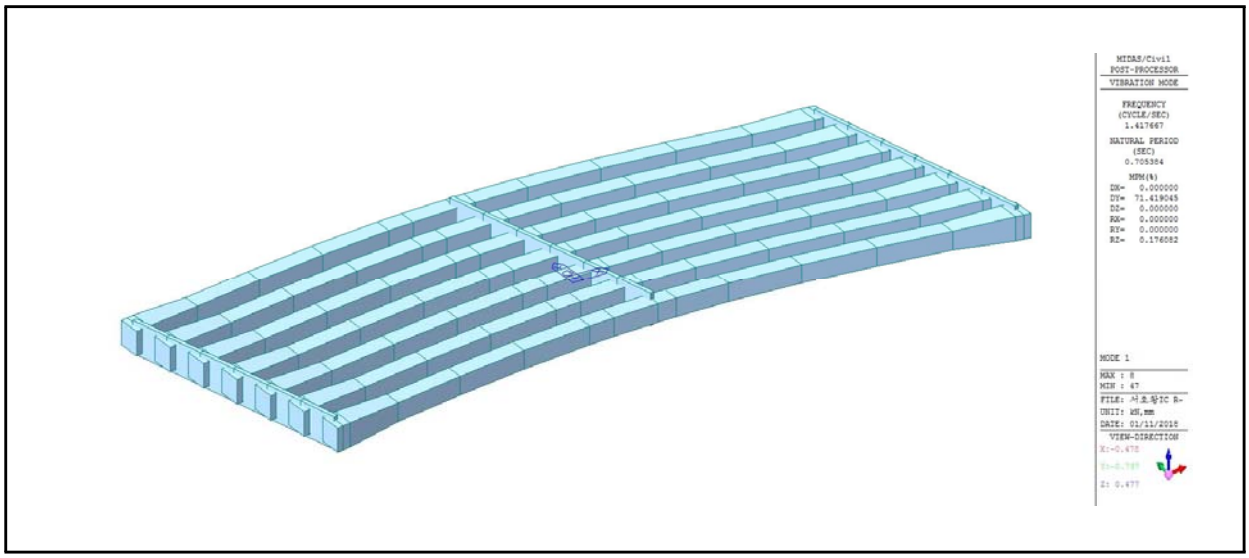
다. 고유진동수 산정 결과

1) 재하시험에 의한 고유진동수 산정

구 분	10km	20km	30km	40km	50km	비 고
고유진동수 (cycle/sec(Hz))	2.88	2.83	2.83	2.83	2.83	



2) 구조해석에 의한 고유진동수 계산



3) 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 2.83~2.88Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 1.418Hz보다 큰 것으로 나타나 교량의 강성은 양호한 것으로 판단된다.

라. 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 멀어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

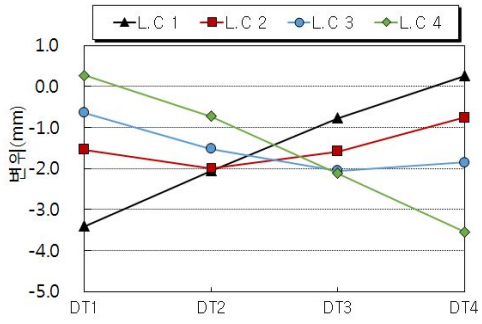
1) 응답비 산정

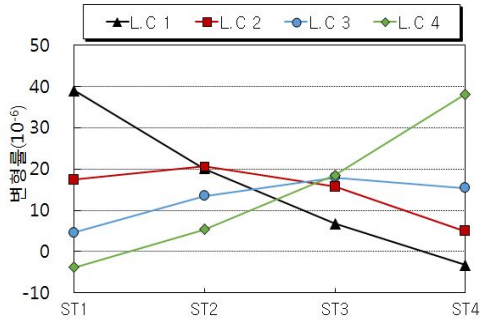
구 분		처 짐(㎜)				비고
		L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	
G1	계산처짐	-8.287	-3.282	-0.812	1.424	DT1
	실측처짐	-3.399	-1.533	-0.640	0.277	
	응답비	2.438	2.141	**1.269**	5.141	
G3	계산처짐	-4.650	-4.241	-3.060	-1.174	DT2
	실측처짐	-2.055	-1.983	-1.514	-0.725	
	응답비	2.263	2.139	2.021	**1.619**	
G5	계산처짐	-1.290	-3.314	-4.364	-4.664	DT3
	실측처짐	-0.769	-1.578	-2.051	-2.121	
	응답비	**1.678**	2.100	2.128	2.199	
G7	계산처짐	1.301	-1.181	-3.886	-8.695	DT4
	실측처짐	0.261	-0.753	-1.848	-3.543	
	응답비	4.985	**1.568**	2.103	2.454	

2) 응답보정계수 산정

구 분		응답비	i(충격계수)		$\frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$	위치별 Ks
			계산	실측max		
응답 보정 계수	DT1(G1)	1.269	0.166	0.158	1.007	1.278
	DT2(G3)	1.619				1.630
	DT3(G5)	1.678				1.690
	DT4(G7)	1.568				1.579

8.4.4 정·동적 재하시험 고찰

<table>
<tr><th colspan="2">분석항목</th><th>분석결과</th></tr>
<tr><td colspan="2">시험트럭</td><td>• 재하하중 : 설계하중의 약 62~64%
• 총 중 량 : 269.10kN(1호차), 276.00kN(2호차)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">정적
재하
시험</td><td>최대
응답</td><td>• 처 짐 : -3.543 ㎜
• 변형률 : 39.01 με</td></tr>
<tr><td>횡방향
거동특성</td><td>

처짐


변형률
• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">동적
재하
시험</td><td>충격
계수</td><td>• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.158(DT3)로 이론 충격계수 0.166보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td>고유
진동수</td><td>• 실측고유진동수(2.83~2.88Hz)가 이론 고유진동수(1.418Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

8.5 안전성평가 및 내하력평가

8.5.1 구조해석 방법 및 개요

서오창IC Ramp-A1교는 연장 50.00m, 총폭 19.200m, 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 9~12°이며 평면선형 R=80.0 곡선교 이다. 상부구조는 BICON GIRDER로 이루어져 있으며, 하부구조는 풍화암 위에 직접기초인 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

8.5.2 검토 조건

가. 기본 사항

1) 형　　식 : Bicon 교
2) 연　　장 : 50.000m
3) 교　　폭 : B = 19.200m
4) 거더높이 : H = 2.600m
5) 거더간격 : 2.900m
6) 사　　각 : 9~12°
7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
8) 단위중량
   - 철근 콘크리트 : W_{c1} = 2500.0kg/㎥
   - 무근 콘크리트 : W_{c2} = 2350.0kg/㎥
9) 사용 프로그램 : SAP2000
10) 구조 검토방식 : 강도설계법(바닥판), 허용응력설계법(거더)
11) 참고문헌
   ① 도로교 설계기준(2010)
   ② 콘크리 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
   ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

나. 사용재료 및 허용응력

1) 콘크리트

① 압축강도(f_{ck}) 및 탄성계수

【표 2.8.12】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa)

구 분	설계기준강도	탄성계수 추정식	적용 탄성계수
거 더	40	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	30,891
바닥판	27	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	27,804

② 허용응력

【표 2.8.13】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(f_{ck} = 40 MPa일 경우)

응력의 발생시기	응력구분	설계기준	허용응력
프리스트레스 도입 시	압축강도	$f_{ci'} = 0.8f_{ck}$	32.000
크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력	압축응력(Posttensioning)	$0.60f_{ci'}$	19.200
	부착된 철근이 없는 인장응력	$0.25\sqrt{f_{ci'}}$	1.414
모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력	압축응력	$0.45f_{ck}$	18.000
	부착된 철근이 있는 인장응력	$0.50\sqrt{f_{ck}}$	3.16
	부착된 철근이 없는 인장응력	0	0
	균열응력	$0.63\sqrt{f_{ck}}$	3.98

③ 바닥판

허용휨압축응력 : $0.4 \times f_{ck} = 0.4 \times 27 = 10.800$ MPa

2) PS 강연선(KS D 7002 SWPC 7B, 저릴렉세이션 강재)

긴장력 및 강선에 대한 계수값 들은 도면에 표기된 값을 사용하였다.

① 극한강도 : f_{put} = 1900.0MPa

② 항복강도 : f_{pyt} = 1600.0MPa

③ 탄성계수 : Ep = 200,000MPa

④ 긴장시 최대응력 : MIN(0.94×f_{pyt}, 0.8×f_{put}) = 1,504MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyt}, 0.82×f_{put}) = 1,312MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyt}, 0.82×f_{put}) = 1,312MPa

3) PS 강봉(KS D 3505, 저릴렉세이션 강재)

① 극한강도 : f_{puc} = 1050.0MPa

② 항복강도 : f_{pyc} = 950.0MPa

③ 탄성계수 : Ep = 200,000MPa

④ 긴장시 최대응력 : MIN(0.94×f_{pyc}, 0.8×f_{puc}) = 840MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777MPa

4) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	강 연 선						강봉
PS강재 개수	개, ㎜	7	10	11	13	16	19	40
쉬스관 내경	㎜	65	75	75	85	85	100	50
쉬스관 외경	㎟	70	80	80	90	90	105	55
곡률마찰계수 μ	1/rad	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-
파상마찰계수 κ	1/m	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.008

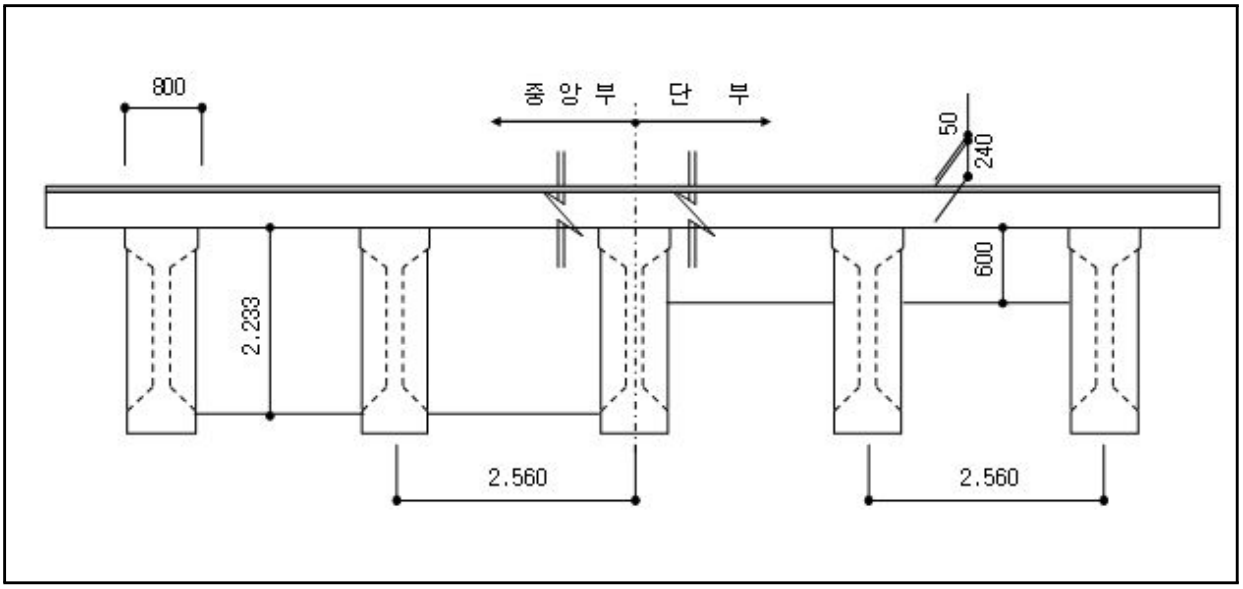
5) 철근

구 분	항복강도(fy)	탄성계수(Es)	허용인장응력(f_{ta})	비고
바닥판	400MPa	200,000	180MPa	SD400
거더	300MPa	200,000		SD300

8.5.3 구조해석

가. 바닥판 검토

1) 단면제원



2) 좌측 켄틸레버부

① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(무근콘크리트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	60.0㎞/hr	96.000kN	80	

② 하중산정

㉠ 고정하중

구 분	면적 (m2)	단위중량 (kN/m3)	하중 (kN)	작용거리 (m)	휨모멘트 (kN·m)
방호벽	0.394	25.000	9.850	0.775	7.634
바닥판	0.230	25.000	5.750	0.480	2.760
포 장	0.026	23.500	0.599	0.255	0.153
방음판			0.000	0.815	0.000
합 계			16.199		10.547

㉡ 차량충돌하중

구 분	h	H	M_{co} = H×h	곡선반경	적용 M_{co}
Case1	1.000m	7.708kN/m	7.708kN·m/m	R=80 < 200m	11.700kN·m/m
Case2	1.170m	10.000kN/m	11.700kN·m/m		

※ Case1 : 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시, 여기서 $H=(V/60)^2\times7500+2500$
Case2 : 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10kN/m의 수평하중 재하시

㉢ 원심하중(도.설.해 2.1.17)

곡선반경(R)	$CF = 0.79\times V^2/R$	$Pcf = Pr/E\times CF/100$	$Mcf = Pcf\times1.8$
80	7.5%	5.608 kN/m	10.094kN·m

※ 원심하중은 교면상 1.8m 높이에 작용하는 것으로 한다.

㉣ 풍하중

각 형 부 재	풍상측 부재(MPa)	재하위치(mm)	휨모멘트(kN·m)
활하중 재하시	0.0015	1500	2.970
활하중 비재하시	0.0030	805	3.188

㉤ 하중조합(도.설 2.2.3.2)

하중경우	고정하중	활 하 중	차량충돌하중	원심하중	풍 하 중	합 계(kN·m/m)
Case 1	1.30	2.15		1.30		30.584
Case 2	1.30		1.30			13.735
Case 3	1.30	1.30	0.65	1.30		33.554
Case 4	1.30	1.30		1.30		30.584
Case 5	1.25	1.25	0.625	1.25		33.554
Case 6	1.30	1.30		1.30	1.30	42.284
Case 7	1.20		1.20		1.20	25.435

③ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 56.790kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 240.0㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 60.0㎜	유 효 높 이	d = 180.0㎜

㉡ 검토결과

구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	240.0	60.0	H16@200 = 993.00 H13@200 = 633.50	56.790	91.703	O.K S.F=1.615

사 용 성 검 토	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	358.218㎜	100㎜	O.K

바 닥 판 최소두께	h_{min} = (280L+180)	최소h	적용h	결과
	238.80㎜	220.0㎜	240.0㎜	O.K

3) 중앙부

① 검토조건

- 지간방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.4% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상
- 지간방향에 직각방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

구 분			산 정 식	검 토
주철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.4% = 960.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
배력 철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
㉠ • 여기서 바닥판 슬래브 단면적 = 1,000㎜ × 240㎜ = 240,000㎟				

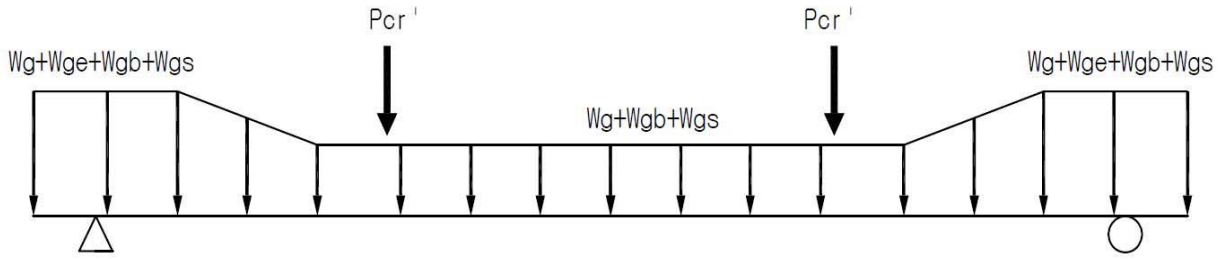
나. 거더 검토

1) 거더 자중

① 하중산정

구 분	산 출 근 거									
거더본체 (Wg)	Anet×wgc	=	1.011	×	25000			=	25274	N/m
단부보강 (Wge)	Avar×wgc	=	1.135	×	25000			=	28375	N/m
가 로 보 (Pcr')	Avar×Lcr×wgc×ea	=	1.135	×	1 ×	25000	× 1 EA	=	17025	N
강 봉 (Wgb)	w1cm×Cea	=	102.1	×	2 EA			=	204	N/m
T1 강연선 (Wgs1)	w1tm×Tea	=	11.01	×	7 EA			=	77	N/m
T2~T5 강연선 (Wgs2)	w2tm×Tea	=	11.01	×	4 EA ×	16 EA		=	705	N/m

② 모델링



2) 합성전 고정하중

① 바닥판 콘크리트(Wsc)

㉠ G1 거더 : 0.24 × 2.668 × 25000 = 16008 N/m

㉡ G2 ~ G5 거더 : 0.24 × 2.800 × 25000 = 16800 N/m

㉢ G6 거더 : 0.24 × 2.534 × 25000 = 15204 N/m

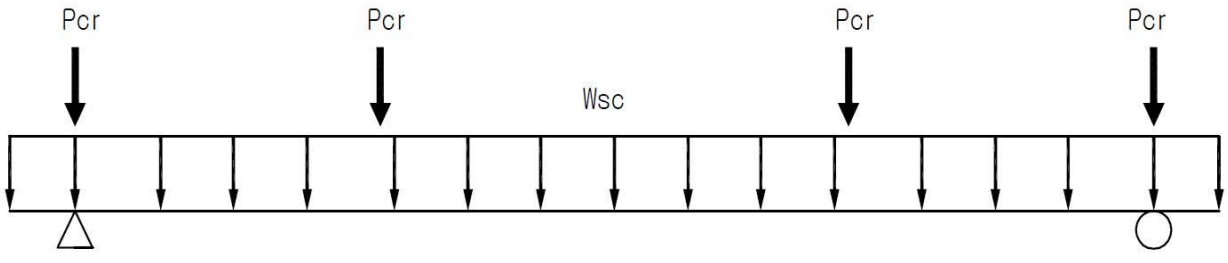
② 가로보 콘크리트(Pcr)

㉠ G1 거더 : 0.300 × 2.233 × 1.40 × 25000 = 23450 N

㉡ G2 ~ G5 거더 : 0.300 × 2.233 × 2.80 × 25000 = 46900 N

㉢ G6 거더 : 0.300 × 2.233 × 1.40 × 25000 = 23450 N

③ 모델링



3) 합성후 고정하중

① 좌측 캔틸레버 하중

- 방호벽 (좌) : A × w = 0.394 × 25000 = 9839 N/m

② 우측 캔틸레버 하중

- 중분대 (우) : A × w = 0.421 × 25000 = 10531 N/m

③ 중앙부 하중

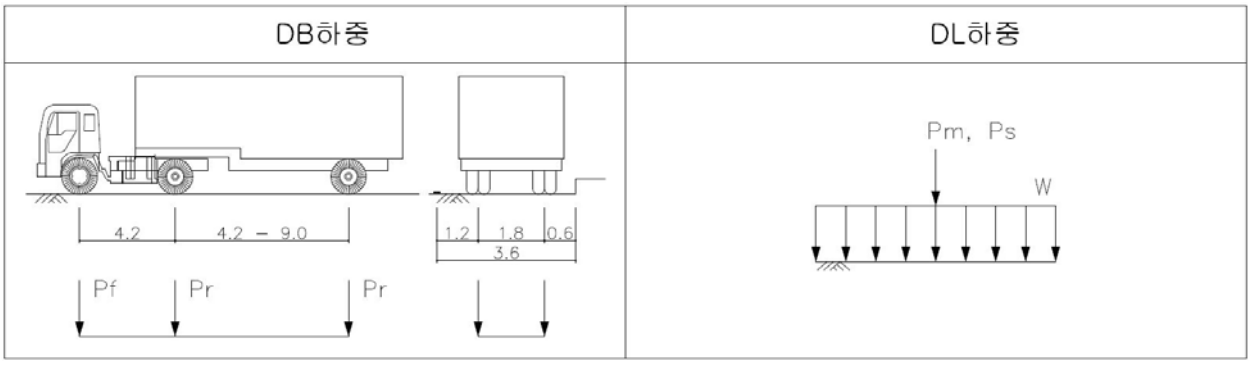
- 콘크리트 포장 : t × w = 0.050 × 23500 = 1175 N/m^2

4) 활하중

① 차로수 : 5 차로

② 차로폭 : 3.0m

③ 적용하중 (1등급)



㉠ DB-24 : DBr = 96.00 kN

DBf = 24.00 kN

㉡ DL-24 : DLw = 12.70 kN/m

DLm = 108.00 kN

DLs = 156.00 kN

5) 단면력 집계표

① 지간중앙부의 휨모멘트 집계(kN·m)

구 분	G1	G2~G6	G7	저 항 단 면	비 고
거더 자중	8215.5	8215.5	8215.5	순 단 면	
합성전 고정하중	5090.0	5614.9	4848.8	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	2004.8	2171.1	2361.8	바닥판 합성단면	
DB 활하중	4493.0	3759.2	4073.7		
DL 활하중	4841.5	3996.7	4382.3		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	4841.5	3996.7	4382.3		
합 계	20151.8	19998.2	19808.4		

② 지간지점부의 전단력 집계(kN)

구 분	G1	G2~G6	G7	저 항 단 면	비 고
거더 자중	725.9	725.9	725.9	순 단 면	
합성전 고정하중	403.9	435.1	384.2	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	205.6	166.3	226.3	바닥판 합성단면	
DB 활하중	443.4	438.0	424.5		
DL 활하중	455.3	429.0	429.9		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	455.3	438.0	429.9		
합 계	1790.7	1765.2	1766.3		

6) 응력검토

① G1거더 응력산출

㉠ G1거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.831

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-11.807	28.061	424.845	-1214.251	
계				1.997	17.490	424.845	-1214.251	
응력 검토				-1.410	±19.200	±777.00	±1312.00	
				0.K	0.K	0.K	0.K	
3	fbl	0.000	0.000	7.942	-5.723	47.161	-32.834	
4	fal	1.085	0.866	0.962	-1.678	5.405	-10.049	
5	fll	2.620	2.091	2.323	-4.053	13.054	-24.269	
6	fsh	0.103	0.043	0.048	-0.674	0.086	4.139	
7	fcr	0.438	0.183	0.204	-2.863	0.364	17.586	
8	frgb	-0.035	-0.032	-0.036	0.003	-0.220	0.009	
9	frgs	0.041	0.017	0.019	-0.270	0.034	1.657	
10	f2	2.638	2.727	-5.350	1.417	-4.907	1.256	
계		6.890	5.895	8.109	3.650	485.821	-1256.757	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{CT}	(kN)	-534.030	-534.030	1038.299	2824.811	2575.914	2697.763	±2820.794
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	±0.0022
fps	(MPa)	-424.845	-424.845	1069.419	1272.896	1160.740	1215.647	±1271.086
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.000
		0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K	0.K

② G2~G5거더 응력산출

㉠ G2~G5거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.834

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-11.807	28.061	424.845	-1214.251	
계				1.997	17.490	424.845	-1214.251	
응력 검토				-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	8.761	-6.314	52.024	-36.220	
4	fal	1.139	0.905	1.006	-1.808	5.634	-10.835	
5	fll	2.096	1.666	1.851	-3.328	10.372	-19.945	
6	fsh	0.097	0.038	0.042	-0.668	0.054	4.103	
7	fcr	0.401	0.158	0.175	-2.757	0.221	16.942	
8	frgb	-0.035	-0.032	-0.035	0.003	-0.217	0.010	
9	frgs	0.039	0.016	0.017	-0.271	0.022	1.667	
10	f2	2.979	3.012	-5.675	1.504	-5.205	1.332	
계		6.717	5.763	8.140	3.852	487.751	-1257.196	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{CT}	(kN)	-534.030	-534.030	1038.299	2824.811	2575.914	2697.763	2820.794
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222
fps	(MPa)	-424.845	-424.845	1069.419	1272.896	1160.740	1215.647	1271.086
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

③ G6거더 응력산출

㉠ G6거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.831

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-11.807	28.061	424.845	-1214.251	
계				1.997	17.490	424.845	-1214.251	
응력 검토				-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	**O.K**	**O.K**	**O.K**	
3	fbl	0.000	0.000	7.565	-5.452	44.926	-31.278	
4	fal	1.321	1.058	1.176	-1.988	6.627	-11.896	
5	fll	2.451	1.963	2.182	-3.689	12.296	-22.073	
6	fsh	0.110	0.049	0.054	-0.680	0.121	4.177	
7	fcr	0.464	0.206	0.229	-2.881	0.513	17.692	
8	frgb	-0.036	-0.033	-0.037	0.003	-0.225	0.007	
9	frgs	0.044	0.019	0.022	-0.273	0.049	1.675	
10	f2	2.620	2.721	-5.058	1.340	-4.639	1.187	
계		6.973	5.984	8.130	3.869	484.513	-1254.760	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	**O.K**	**O.K**	**O.K**	**O.K**	**O.K**	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{CT}	(kN)	-534.030	-534.030	1038.299	2824.811	2575.914	2697.763	2820.794
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222
fps	(MPa)	-424.845	-424.845	1069.419	1272.896	1160.740	1215.647	1271.086
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	**O.K**	**O.K**	**O.K**	**O.K**	**O.K**	**O.K**

7) 거더 안전성평가 결과

【표 2.8.14】 거더 안전성평가 결과

구 분		거더 응력 검토					
		바닥판		거더		PS강재	
		상연	하연	상연	하연	상연	하연
G1	응력	6.890	5.895	8.109	3.650	485.821	-1256.757
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	-
	안전율	**1.567**		2.220		1.599	
G2~G5	응력	6.717	5.763	8.140	3.852	487.751	-1257.196
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	1.608		2.211		**1.593**	
G6	응력	6.973	5.984	8.130	3.869	484.513	-1254.760
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	**1.549**		2.214		1.604	

다. 안전성평가 결과

바닥판 및 거더의 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 “A”로 검토되었다.

【표 2.8.15】 안전성 평가 결과

	구 분	캔틸레버부	중앙부	
바닥판	안전율	1.615	-	
	최소안전율	**S.F = 1.615**		
거 더	구 분	**G1**	**G2~G6**	**G7**
	안전율	1.567	1.593	1.549
	최소안전율	**S.F = 1.549**		

8.5.4 내하력평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

가. 개요

1) 강도설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서, ϕM_n = 설계휨강도 M_d = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$ = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d = 고정하중 계수 (1.30) γ_ℓ = 활하중 계수 (2.15)

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수 P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24)

2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서, f_ℓ = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

f_a = 재료의 허용응력 f_d = 고정하중 응력

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수

P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

나. 기본내하율 산정

【표 2.8.16】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과

구 분		ϕMn(kN·m)	M_d(kN·m)	$M_l(1+i)$(kN·m)	기본내하율(RF)
바닥판	켄틸레버	91.703	10.547	20.037	1.810
	-	-	-	-	-

【표 2.8.17】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과

구 분		허용응력 (f_a)(MPa)	고정하중응력 (f_d)(MPa)	활하중응력 (f_l)(MPa)	기본내하율 (RF)	비고
G1	상연	18.000	5.786	2.323	5.258	
	하연	0	7.703	-4.053	**1.901**	
G2~G5	상연	18.000	5.948	2.182	5.523	
	하연	0	7.18	-3.328	**2.157**	
G6	상연	18.000	5.780	1.851	6.602	
	하연	0	7.18	-3.328	**2.157**	

다. 내하력평가 결과

【표 2.8.18】 공용내하력 산정결과

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	G1	1.278	1.901	2.429	DB, DL-24 이상
	G2~G5	1.278	2.157	2.757	DB, DL-24 이상
	G6	1.278	2.157	2.757	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

8.6 종합평가 및 안전등급

8.6.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

서오창IC Ramp-A1교의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.8.19】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

8.6.2 안전등급 지정

서오창IC RAMP-A교에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.8.20】 서오창IC RAMP-A1교 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	서오창IC RAMP-A1교	A등급(우수)

8.7 종합결론

서오창IC RAMP-A1교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

9. 산수교

제1장 산수교(옥산방향)
1.1 시설물의 개요
1.2 현장조사 및 시험
1.3 상태평가
1.4 종합평가 및 안전등급
1.5 종합결론

제2장 산수교(오창방향)
2.1 시설물의 개요
2.2 현장조사 및 시험
2.3 상태평가
2.4 종합평가 및 안전등급
2.5 종합결론

제3장 안전성평가
3.1 교량 재하시험
3.2 안전성평가 및 내하력평가
3.3 종합평가 및 안전등급
3.4 종합결론

제1장 산수교(옥산방향)

1.1 시설물의 개요

1.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 산수교(옥산방향)에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

【표 2.9.1】 과업대상 시설물의 개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		산수교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 4@35.0 = 140.0m			
	폭	B = 11.825m			
구조형식	상부	PSC BEAM	기초형식	교대	복합말뚝기초(A1) 직접기초(A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	직접기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(지방도510호선), 하천(양지천)	통과높이		12.8m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

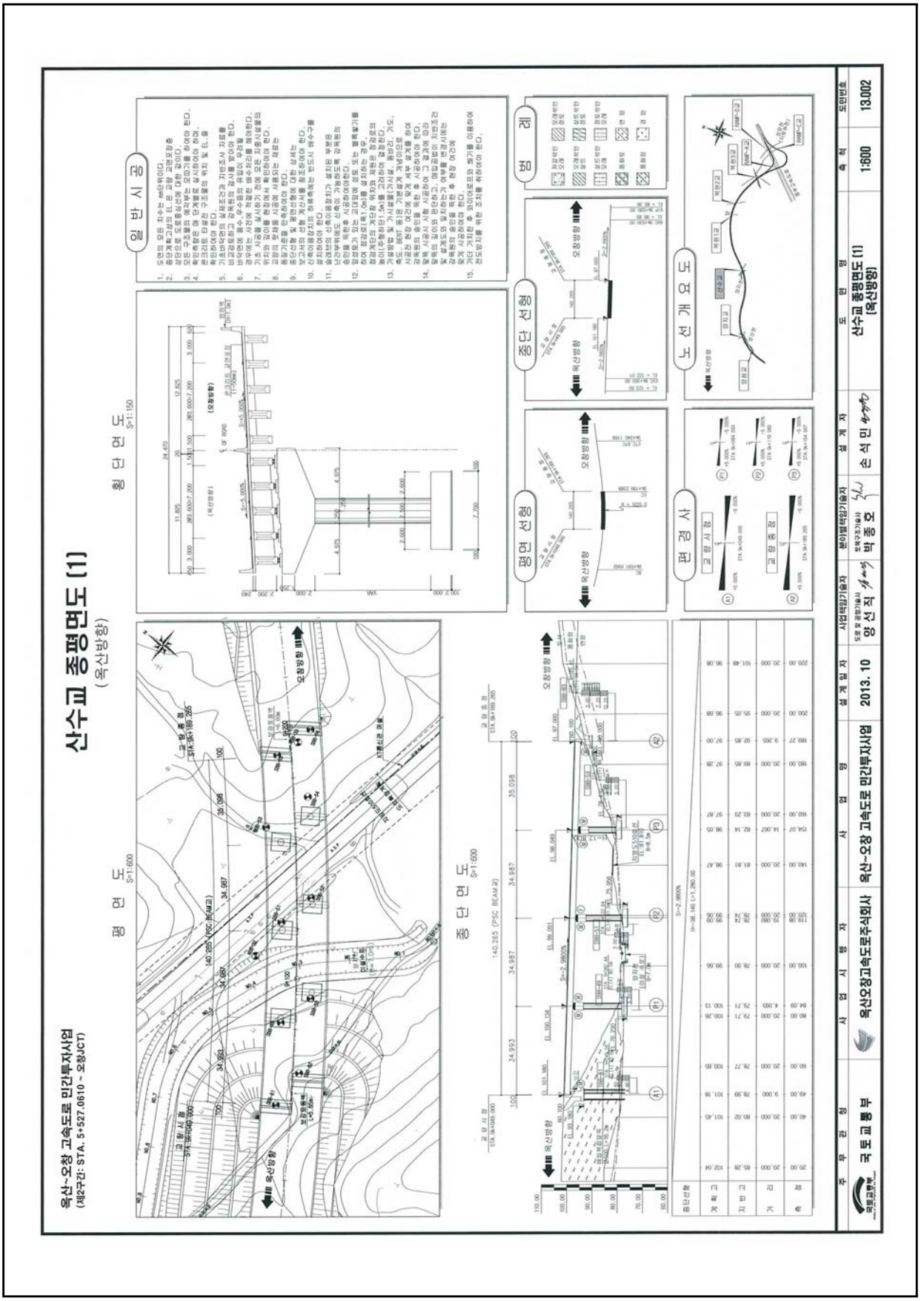


상면전경

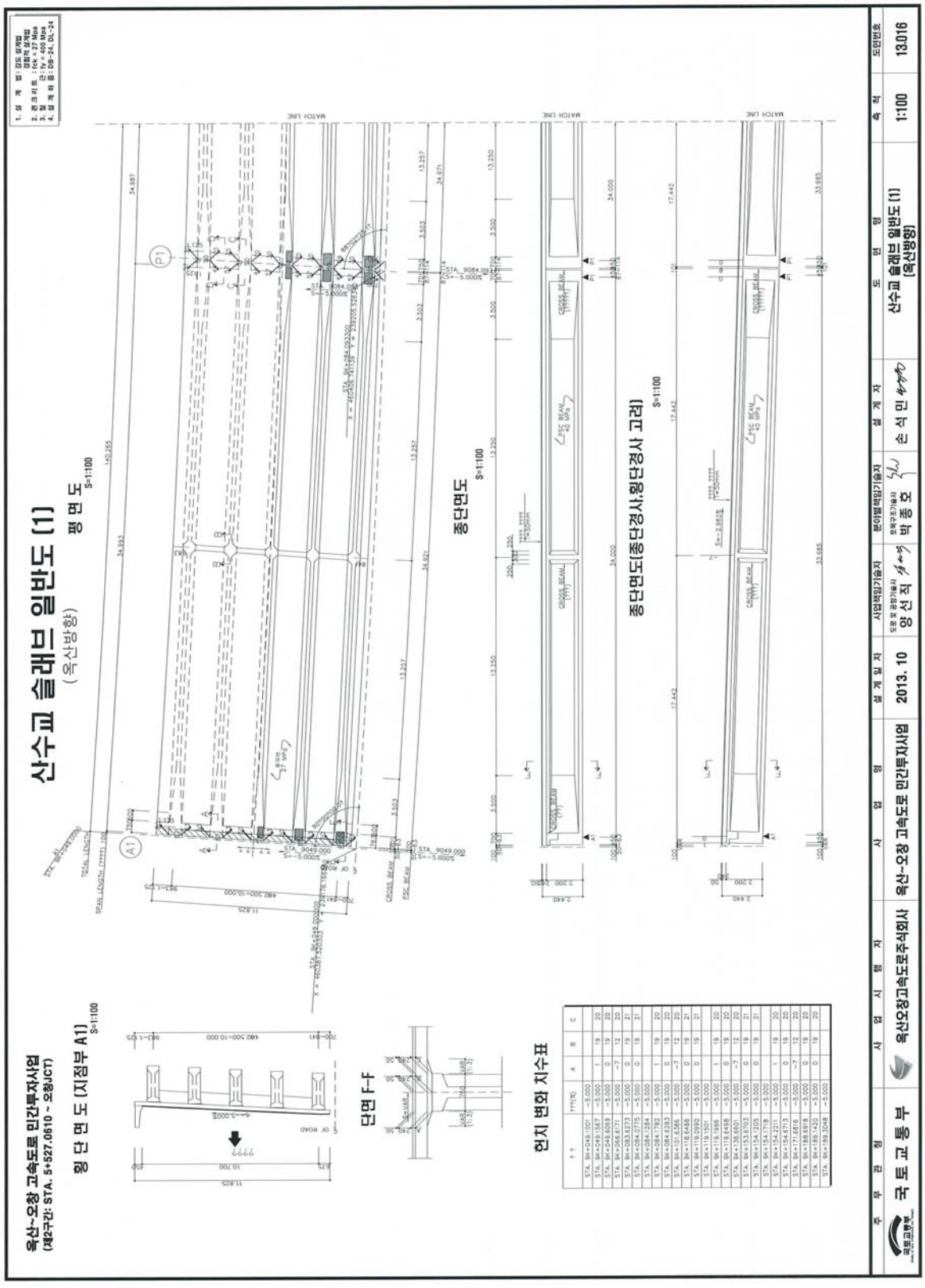


하부전경

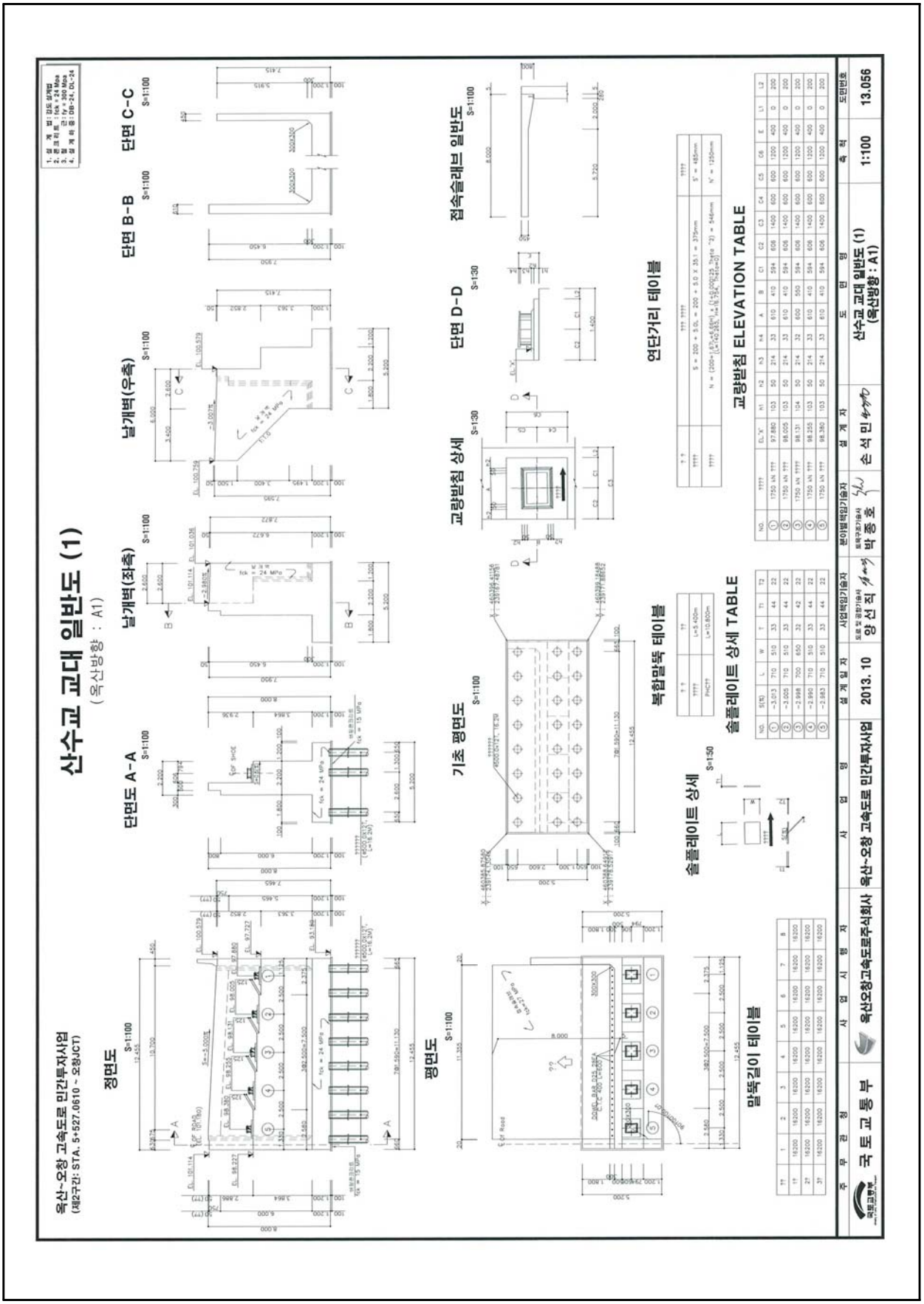
1.1.2 관련도면



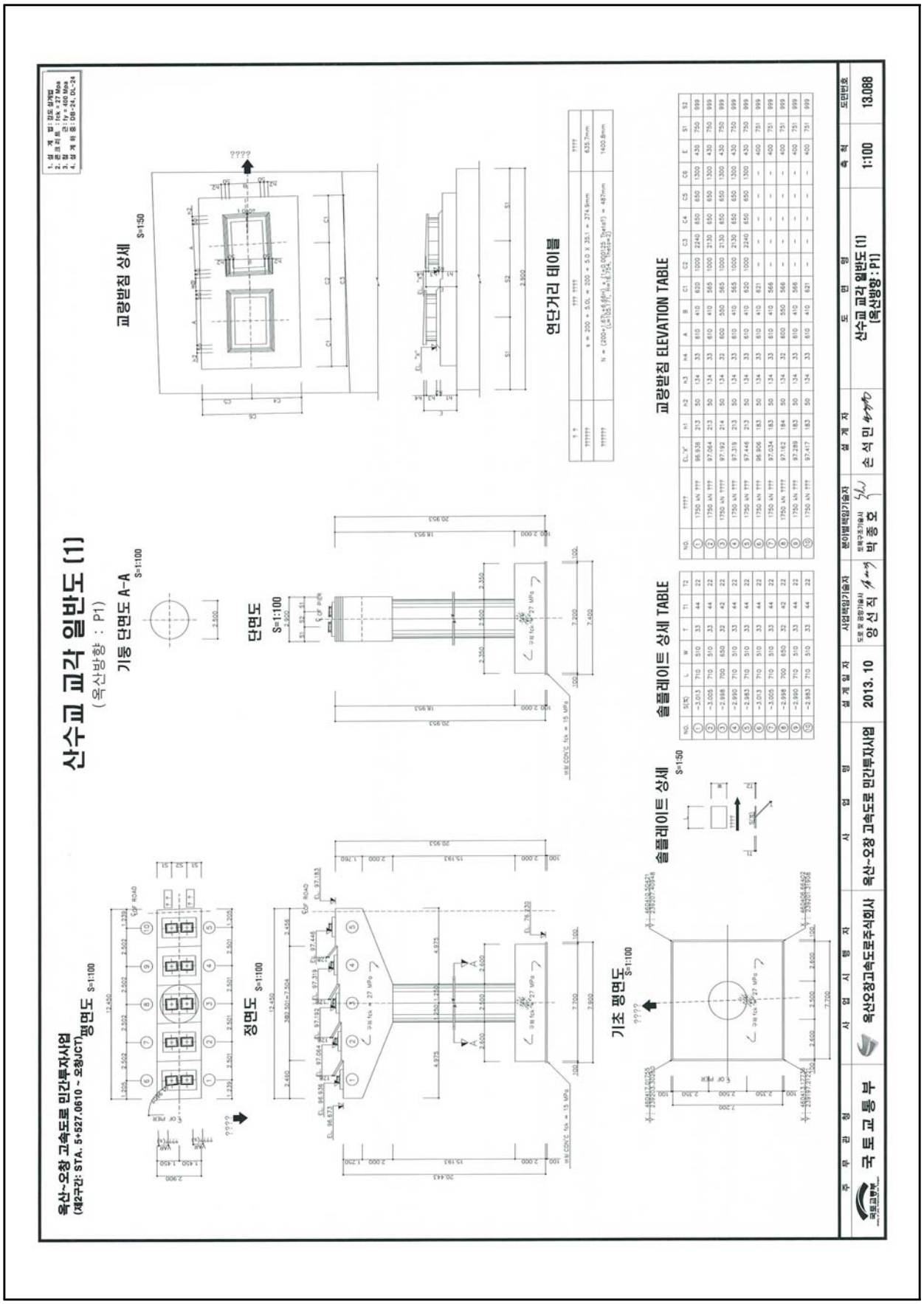
【그림 2.9.1】 종평면도(옥산방향)



【그림 2.9.2】 슬래브 일반도(옥산방향)



【그림 2.9.3】 교대(A1) 일반도(옥산방향)



【그림 2.9.4】 교각(P1) 일반도(옥산방향)

1.2 현장조사 및 시험

1.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 산수교(옥산방향)에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교면포장 상태양호(옥산방향)



교면포장 상태양호(옥산방향)

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



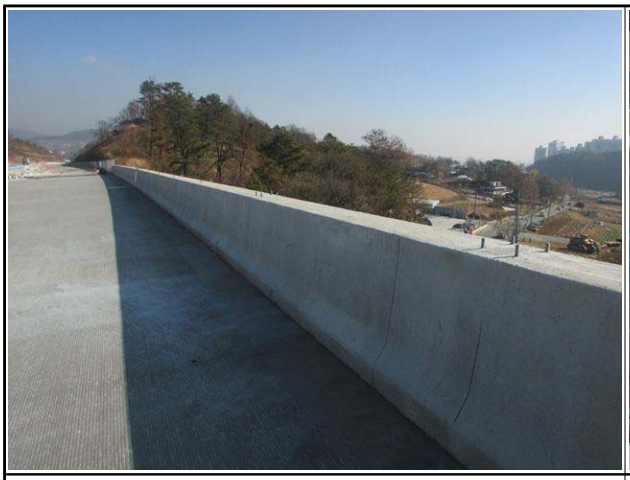
배수관 설치상태 양호(옥산방향)



배수관 설치상태 양호(옥산방향)

다. 난간 및 연석

본 교량의 외측 방호벽 및 중앙분리대는 콘크리트 구조로 시공되어있다. 외관조사 결과 콘크리트의 균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



방호벽 상태양호(옥산방향)



중앙분리대 상태양호(옥산방향)

라. 신축이음

본 교량의 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검 결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동 상태도 양호한 것으로 나타났다.



신축이음 상태양호(A1, 옥산방향)



신축이음 상태양호(A2, 옥산방향)

마. 바닥판 하면

바닥판은 철근콘크리트 구조로 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과, 특별한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

	
바닥판 하면 상태양호(옥산방향)	바닥판 하면 상태양호(옥산방향)

바. 거더

본 교량의 거더는 PSC BEAM형식이며, 거더에 대한 외관조사 결과, 특별한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

	
거더 상태양호(옥산방향)	거더 상태양호(옥산방향)

사. 가로보

본 교량의 가로보는 철근콘크리트로 시공되어 있다. 가로보에 대한 점검결과, 콘크리트의 균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



가로보 상태양호(옥산방향)



가로보 상태양호(옥산방향)

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

본 교량의 받침장치는 탄성받침 형식으로 총 40개소(5개소/교대 1EA당, 10개소/교각 1EA당)가 설치되어 있으며, P2에 고정단이 설치되어 있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받침 본체 및 받침콘크리트에 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교량받침 상태 양호(옥산방향)



교량받침 상태 양호(옥산방향)

자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 외관조사 결과, 균열(폭 0.3mm미만)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교대(옥산방향)	균열(폭 0.3mm미만)	2.0m/1ea	보수완료



교대 A1(옥산방향) 균열(폭 0.2mm)(보수완료)



교대 A2(옥산방향) 상태양호

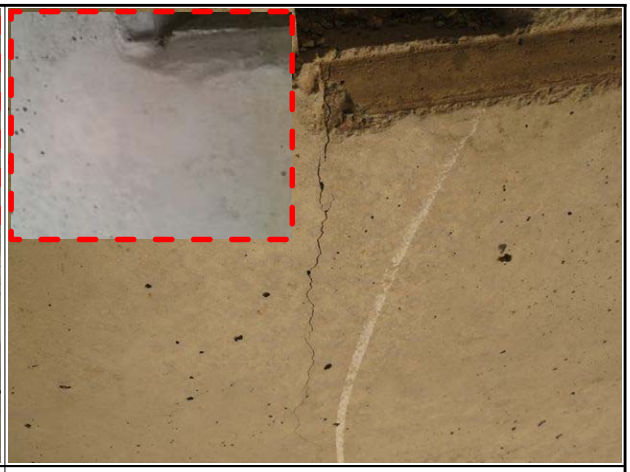
차. 교각

교각은 T형으로 시공되어 있다. 외관조사 결과, 균열(폭 0.3mm미만), 망상균열 등의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교각 (옥산방향)	균열(폭 0.3mm미만)	33.2m/38ea	보수완료
	망상균열	2.5㎡/2ea	보수완료



교각 P1(옥산방향) 균열(폭 0.2mm)(보수완료)

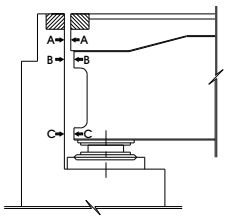


교각 P3(옥산방향) 균열(폭 0.2mm)(보수완료)

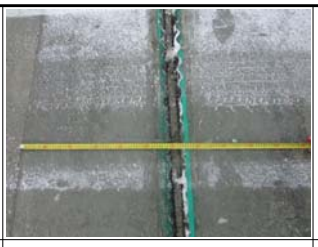
1.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

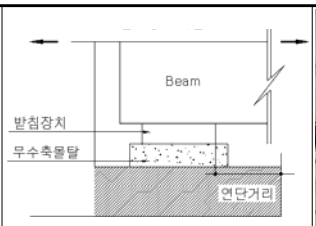
부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법



유간거리 측정전경



연단거리 측정방법



연단거리 측정전경

【그림 2.9.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.9.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 11일		
온도변화 범위	-15℃~+40℃(한냉지방)	선팽창 계수(α)	1.0×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (콘크리트교=1/300)		
주형높이(h)	2,200m		
지간장(L)	35.0m(S1, S2, S3, S4)		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 한냉지방, 콘크리트교 : -15~+40℃ 적용

※ 유간 측정일 기온이 온도변화 범위(보통지방)를 초과하여 한냉한지방의 온도범위로 적용함.

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(-9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-15℃)=5.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=35.0m)

{[A1지점, A2지점] = 70.0m}

▷ A1지점, A2지점 = (34.51mm - 신장 / 3.99mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 (Δℓt)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.9.3】 유간거리 검토결과(옥산방향)

위치		계산 신축량 (mm)			산수교(옥산방향)		
					측정유간 (mm)	판정	
		Δℓt	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A1	신장	34.51	5.0	39.51	70.0	OK	OK
	수축	3.99	5.0	8.99	30.0	OK	OK
A2	신장	34.51	5.0	39.51	65	OK	OK
	수축	3.99	5.0	8.99	35.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A1=100㎜, A2=100㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이

  * 35.0m : S = 200 + (5 × 35.0) = 375.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 500㎜~730㎜로 도로교 설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 375.0㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.9.4】 연단거리 측정결과(옥산방향)

구 분			실측거리(mm)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(mm)	평 가
산수교 (옥산방향)	A1		500	35	375	O.K
	P1	A1측	680~730	35	375	O.K
		A2측	650~700	35	375	O.K
	P2	A1측	660~670	35	375	O.K
		A2측	700~750	35	375	O.K
	P3	A1측	650~700	35	375	O.K
		A2측	680	35	375	O.K
	A2		500	35	375	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.9.5】 교량받침 이동량 측정결과(옥산방향)

측정당시 온도		3.3℃ (2017년 11월 20일)		교량받침 종류		탄성받침	
구분		가동단 변위량(mm)					허용이동량 (mm)
		SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	
A1		↑ 2.0	↑ 2.0	↑ 2.0	↑ 2.0	↑ 2.0	±144
P1	A1측	0	0	0	0	0	±54
	A2측	↓ 2.0	↓ 2.0	↓ 2.0	↓ 2.0	↓ 2.0	±54
P2		Fix					-
P3	A1측	0	0	0	0	0	±54
	A2측	0	0	0	0	0	±54
A2		↑ 18.0	↑ 18.0	↑ 18.0	↑ 18.0	↑ 18.0	±144

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.3℃(2017년 11월 20일)

2) 온도변화 : -5℃~35℃(콘크리트교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 35℃-(3.3℃)=31.7℃(신장), 3.3℃-(-5℃)=8.3℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10-5

L : 신축들보의 길이(L=75.0m, 35.0m)

위 치	신축길이(m)	이론신축량		비 고
		신장량(mm)	수축량(mm)	
A1, A2	70.0	22.19	5.81	옥산방향
P1, P3	35.0	11.10	2.91	

【표 2.9.6】 교량 받침 이동량 검토(옥산방향)

구 분		신축장(mm)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판 정
			신장	수축	신장	수축	
A1		70,000	27.08	5.81	142	146	O.K
P1	A1측	35,000	11.10	2.91	54	54	O.K
	A2측	35,000	11.10	2.91	56	52	O.K
P3	A1측	35,000	11.10	2.91	54	54	O.K
	A2측	35,000	11.10	2.91	54	54	O.K
A2		70,000	27.08	5.81	162	126	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▸검토결과 : 온도 3.3℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.

1.2.3 내구성조사

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대, 교각의 총 5개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.9.7】 반발경도시험 결과

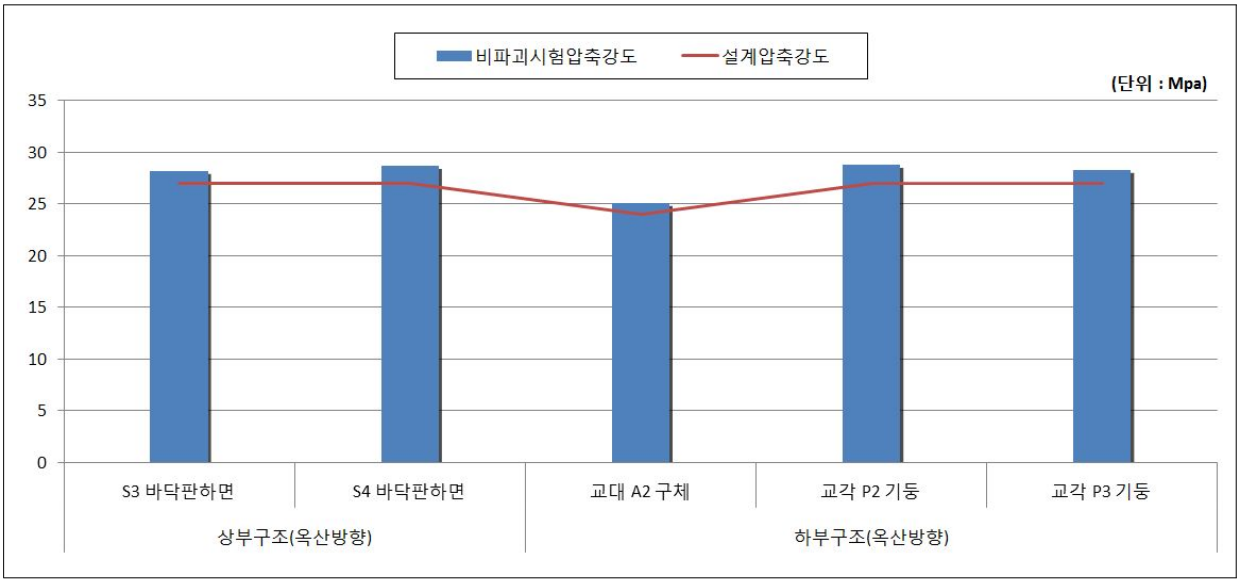
구 분			설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
옥산방향	상부구조	바닥판	27.0	28.2 ~ 28.7	104.4 ~ 106.3
	하부구조	교 대	24.0	25.1	104.6
		교 각	27.0	28.3 ~ 28.8	104.8 ~ 106.7

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.9.8】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치			평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	재령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (MPa)	설계압축강도 (MPa)
옥산방향	상부구조	S3 바닥판하면	50.0	-3.2	46.8	0.66	27.3	29.1	28.2	27.0
		S4 바닥판하면	50.5	-3.1	47.4	0.66	27.9	29.4	28.7	27.0
	하부구조	교대 A2 구체	42.6	0	42.6	0.65	23.4	26.7	25.1	24.0
		교각 P2 기둥	48.4	0	48.4	0.65	28.2	29.4	28.8	27.0
		교각 P3 기둥	47.5	0	47.5	0.65	27.5	29.0	28.3	27.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.9.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.9.9】 철근탐사시험 결과

탐사위치			배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
옥산방향	상부구조	S3 바닥판하면	주 철 근	@200	32	≒@200	≒40
			배력철근	@250	48	≒@250	≒55
		S4 바닥판하면 (지점부)	주 철 근	@200	32	≒@200	≒40
			배력철근	@125	48	≒@125	≒55
	하부구조	교대 A2 구체	수직철근	@250	90.5	≒@250	≒100
			수평철근	@300	71.5	≒@300	≒80
		교각 P2 기둥	수직철근	@140	84	≒@140	≒95
			수평철근	@150	65	≒@150	≒75
		교각 P3 기둥	수직철근	@140	85.5	≒@140	≒95
			수평철근	@150	66.5	≒@150	≒75

1.3 상태평가

1.3.1 상태평가 결과

본 산수교(옥산방향)에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 **『A등급』**으로 평가되었다.

【표 2.9.10】 상태평가 결과

산수교(옥산방향)												
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	PSC BAEM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	PSC BAEM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
3	PSC BAEM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
4	PSC BAEM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
5	PSC BAEM	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.9.11】 상태평가 결과표

교 량 명	산수교(옥산방향)						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	140.0	4	560.0	0.100	0.100
합계(Σ)			140.0		560.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

1.4 종합평가 및 안전등급

1.4.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

산수교(옥산방향)의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.9.12】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

1.4.2 안전등급 지정

산수교(옥산방향)에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.9.13】 산수교(옥산방향) 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	산수교(옥산방향)	A등급(우수)

1.5 종합결론

산수교(옥산방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

제2장 산수교(오창방향)

2.1 시설물의 개요

2.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 산수교(오창방향)에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

【표 2.9.14】 과업대상 시설물의 개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		산수교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 4@35.0 = 140.0m			
	폭	B = 12.645m			
구조형식	상부	PSC BEAM	기초형식	교대	복합말뚝기초(A1) 직접기초(A2)
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	직접기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(지방도510호선), 하천(양지천)	통과높이		12.8m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

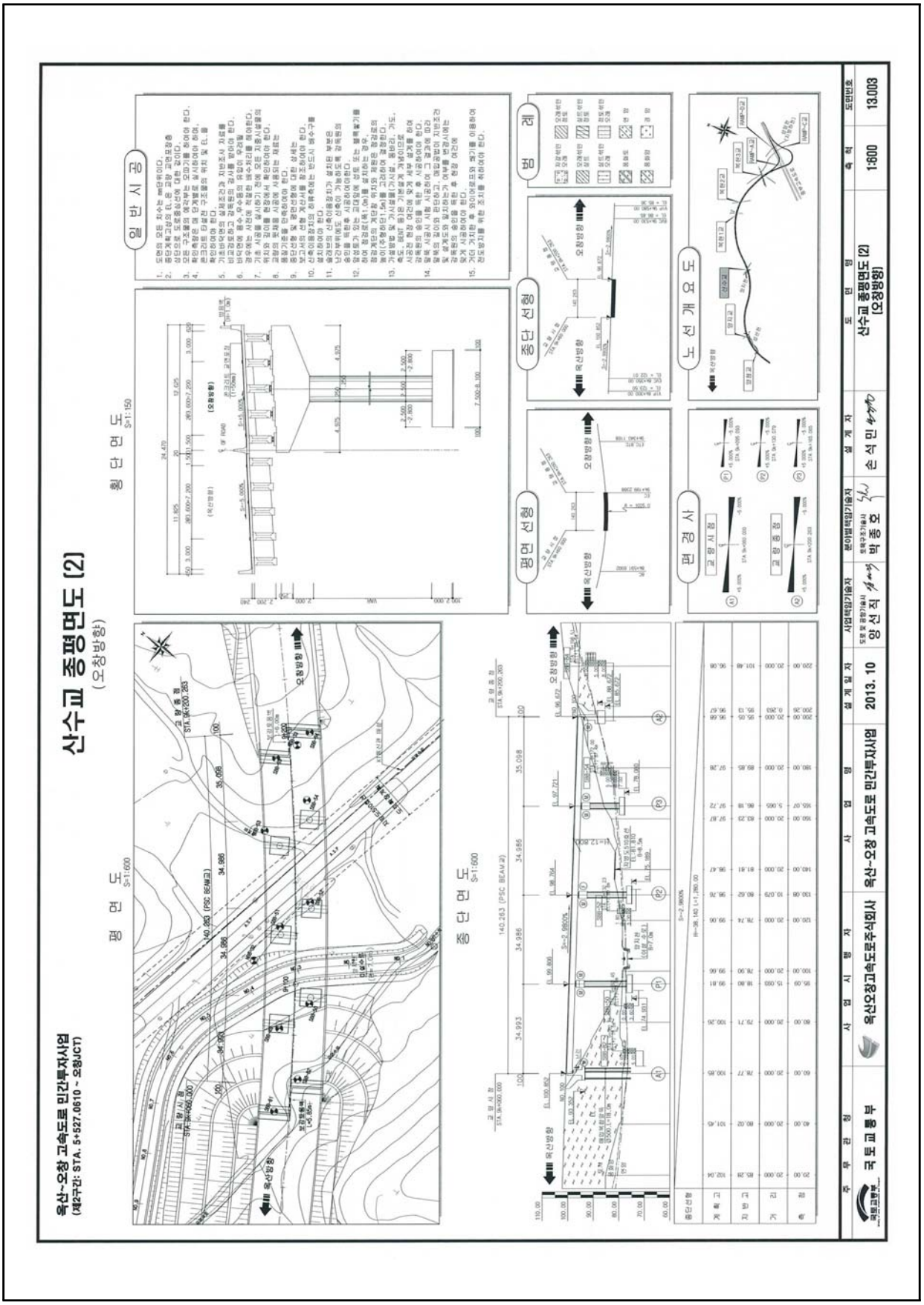


상면전경

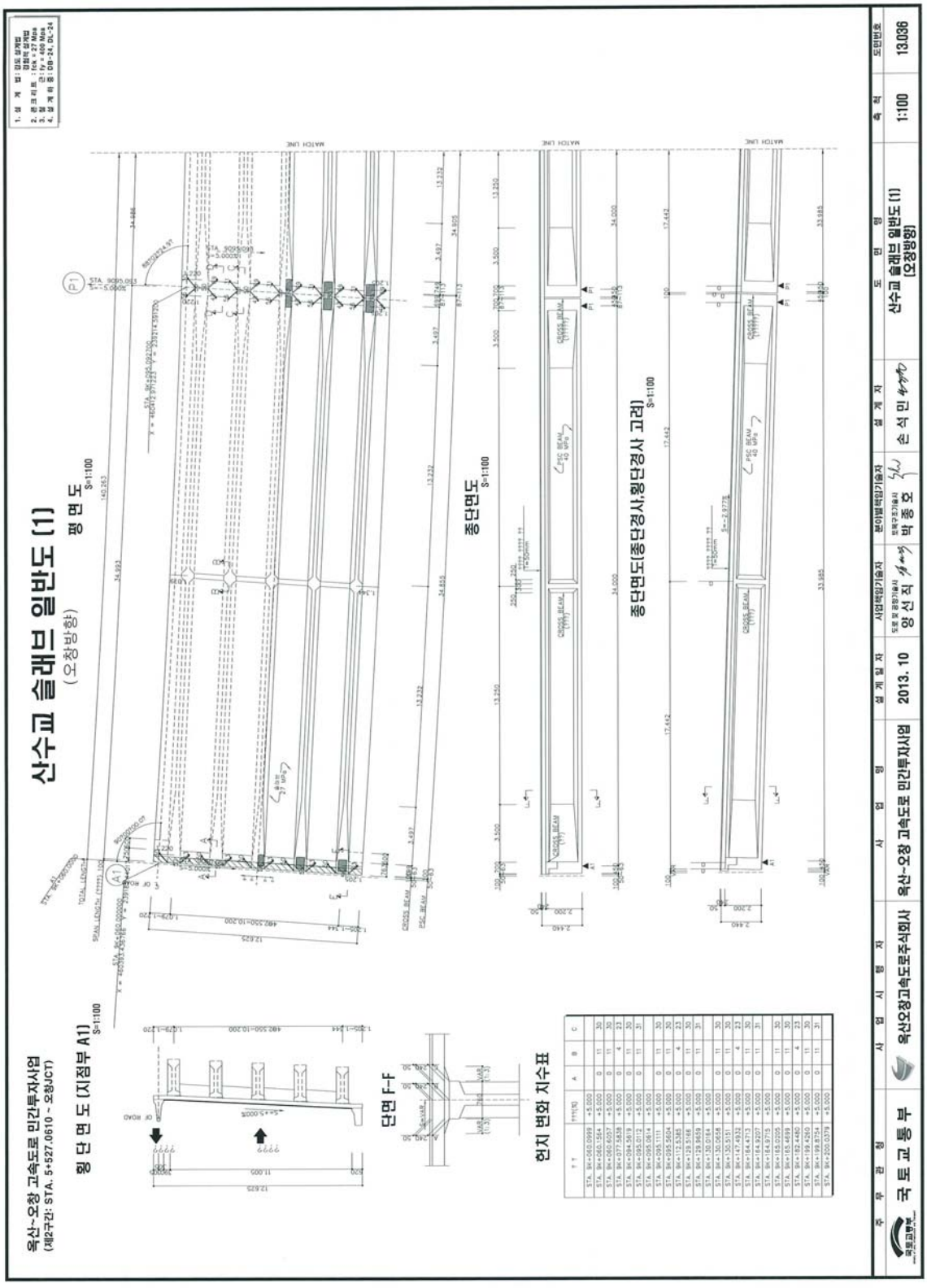


하부전경

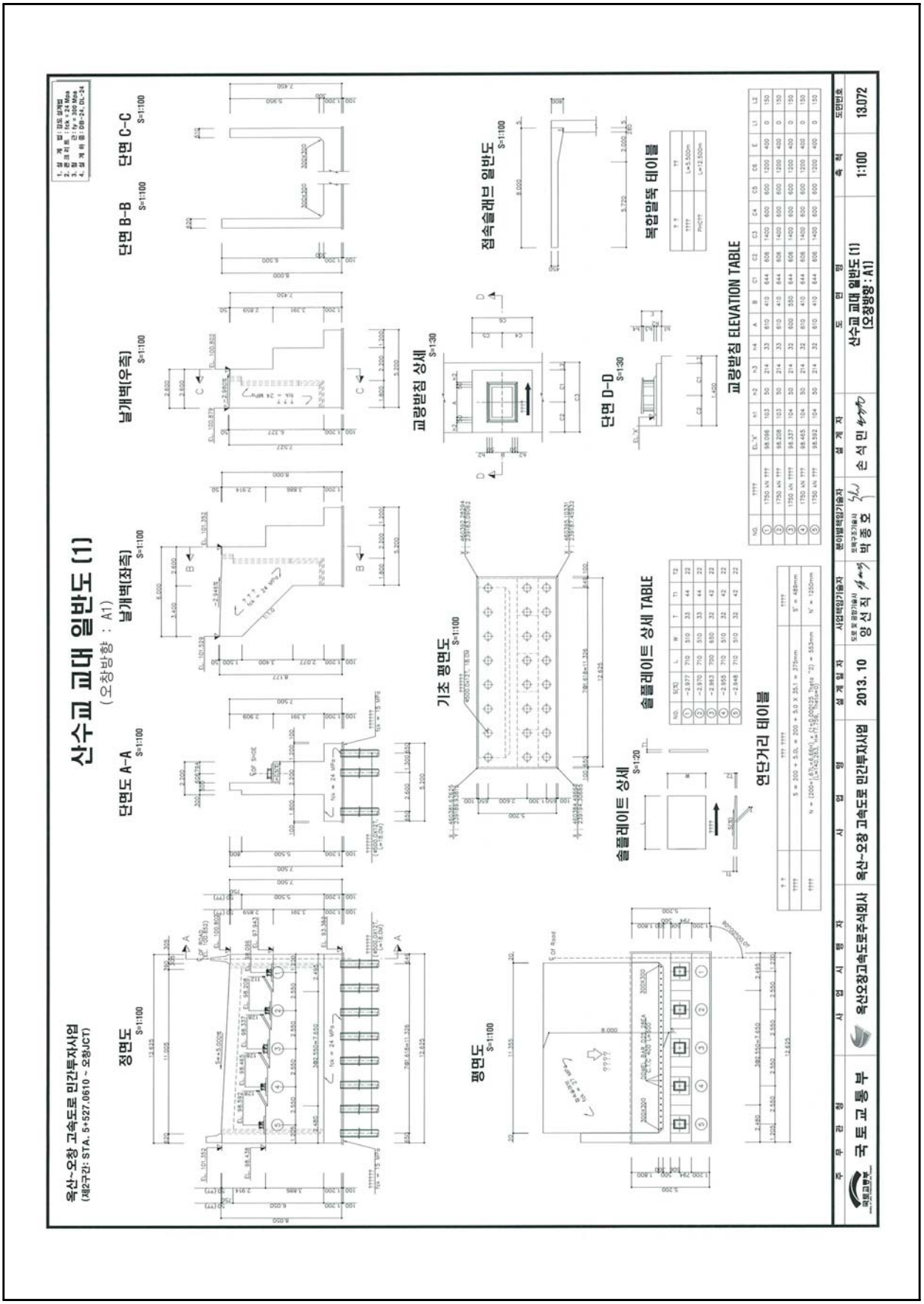
2.1.2 관련도면



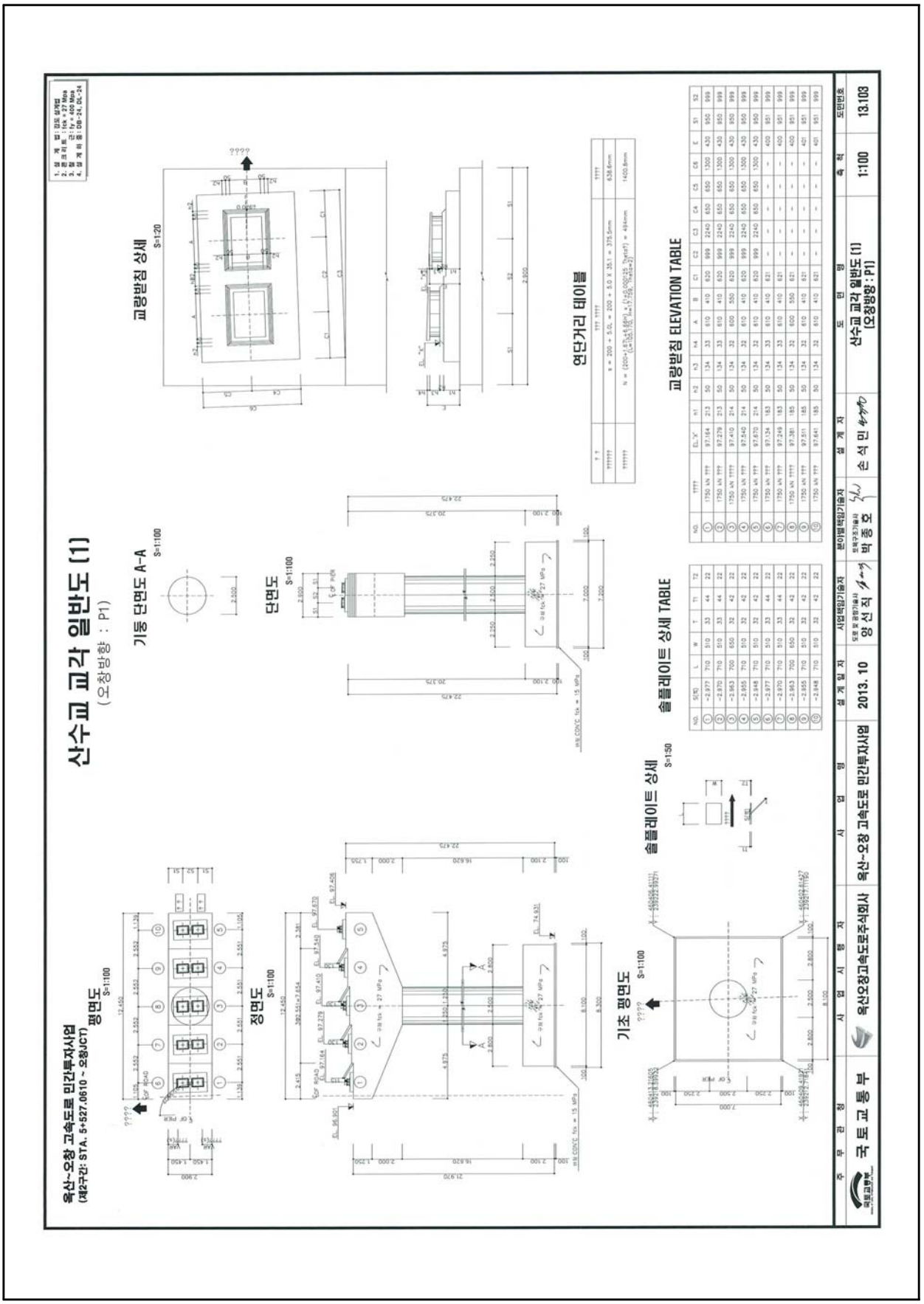
【그림 2.9.7】 종평면도(오창방향)



【그림 2.9.8】 슬래브 일반도(오창방향)



【그림 2.9.9】 교대(A1) 일반도(오창방향)



【그림 2.9.10】 교각(P1) 일반도(오창방향)

2.2 현장조사 및 시험

2.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 산수교(오창방향)에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교면포장 상태양호(오창방향)



교면포장 상태양호(오창방향)

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



배수관 상태양호(오창방향)

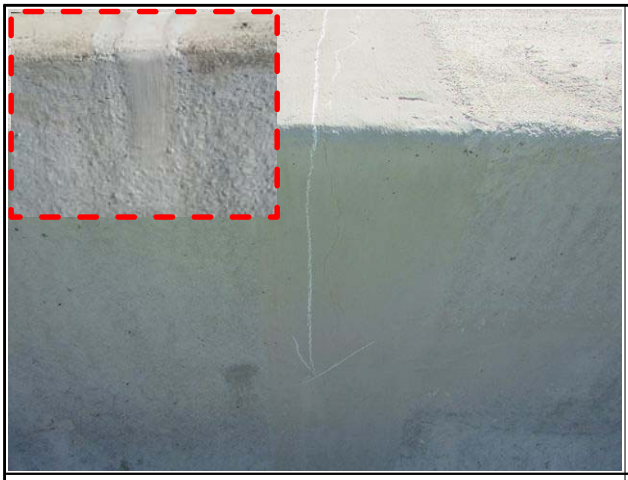


배수관 연결부 설치상태 양호(오창방향)

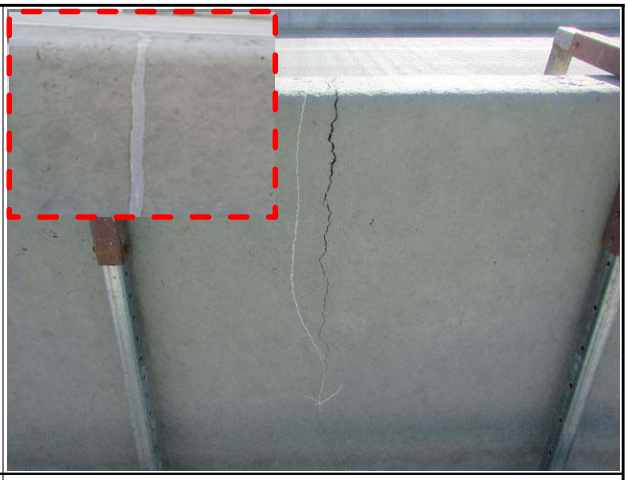
다. 난간 및 연석

본 교량의 외측 방호벽 및 중앙분리대는 콘크리트 구조로 시공되어있다. 외관조사 결과 균열(폭 0.3mm이상)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분		손상상태	손상물량	비 고
오창방향	방호벽	균열(폭 0.3mm이상)	69.5m/42ea	보수완료
	중앙분리대	균열(폭 0.3mm이상)	69.5m/57ea	보수완료



방호벽(오창방향) 균열(폭 0.3mm)(보수완료)



중앙분리대(오창방향) 균열(폭 0.3mm)(보수완료)

라. 신축이음

본 교량의 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검 결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동 상태도 양호한 것으로 나타났다.



신축이음 상태양호(A1, 오창방향)



신축이음 상태양호(A2, 오창방향)

마. 바닥판 하면

바닥판 철근콘크리트 구조로 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과, 콘크리트의 균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



바닥판 하면 상태양호(오창방향)



바닥판 하면 상태양호(오창방향)

바. 거더

본 교량의 거더는 PSC BEAM 형식이며, 외관조사 결과 특별한 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



거더 상태양호(오창방향)



거더 상태양호(오창방향)

사. 가로보

본 교량의 가로보는 철근콘크리트로 시공되어 있다. 가로보에 대한 점검결과, 구조적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
가로보 상태양호(오창방향)	가로보 상태양호(오창방향)

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

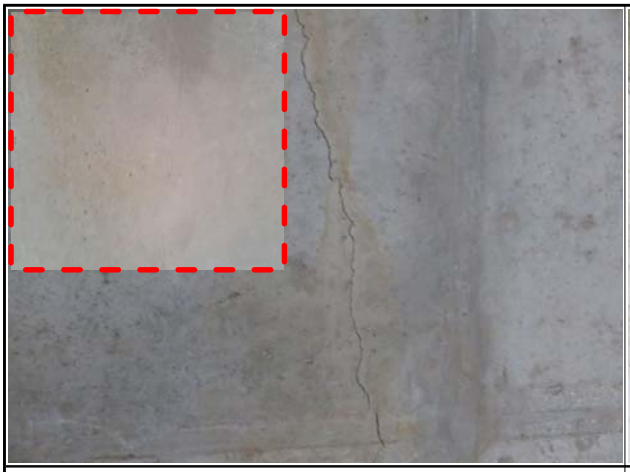
본 교량의 받침장치는 탄성받침 형식으로 총 40개소(5개소/교대 1EA당, 10개소/교각 1EA당)가 설치되어 있으며, P2에 고정단이 설치되어 있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받침 본체 및 받침콘크리트에 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

	
교량받침 상태양호(오창방향)	교량받침 상태양호(오창방향)

자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 교대 점검결과, 균열(폭 0.3mm미만 및 이상)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교대 (오창방향)	균열(폭 0.3mm미만)	81.0m/82ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	9.3㎡/6ea	보수완료



교대 A1(오창방향) 균열(폭 0.3mm)(보수완료)

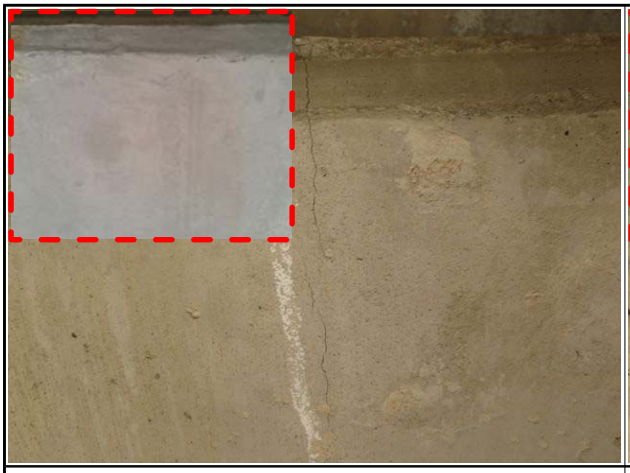


교대 A1(오창방향) 균열(폭 0.2mm)(보수완료)

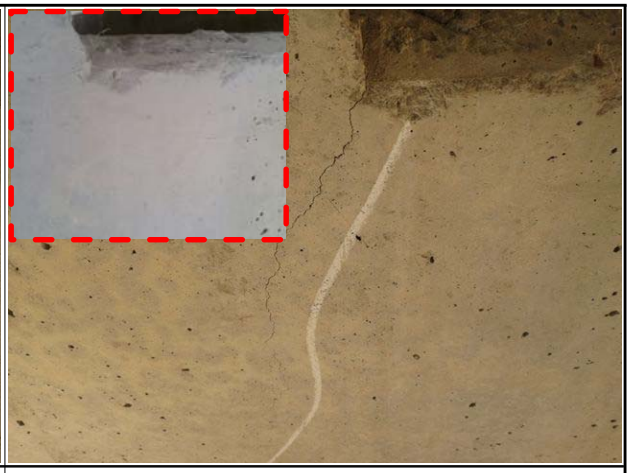
차. 교각

교각은 T형으로 시공되어 있다. 교각 점검결과, 균열(0.3mm미만)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교각	균열(폭 0.3mm미만)	49.0m/64ea	보수완료



교각 P1(오창방향) 균열(폭 0.2mm)(보수완료)

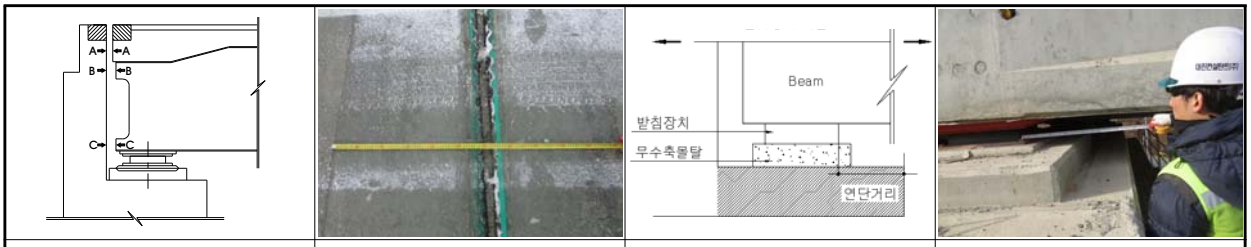


교각 P3(오창방향) 균열(폭 0.1mm)(보수완료)

2.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법	유간거리 측정전경	연단거리 측정방법	연단거리 측정전경

【그림 2.9.11】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.9.15】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 11일		
온도변화 범위	-15℃~+40℃(한냉지방)	선팽창 계수(α)	1.0×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (콘크리트교=1/300)		
주형높이(h)	2,200m		
지간장(L)	35.0m(S1, S2, S3, S4)		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 한냉지방, 콘크리트교 : -15~+40℃ 적용

※ 유간 측정일 기온이 온도변화 범위(보통지방)를 초과하여 한냉한지방의 온도범위로 적용함.

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(-9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-15℃)=5.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=35.0m)

{[A1지점, A2지점] = 70.0m}

▷ A1지점, A2지점 = (34.51mm - 신장 / 3.99mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 (Δℓt)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.9.16】 유간거리 검토결과(오창방향)

위치		계산 신축량 (mm)			산수교(오창방향)		
					측정유간 (mm)	판정	
		Δℓt	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A1	신장	34.51	5.0	39.51	73.0	OK	OK
	수축	3.99	5.0	8.99	30.0	OK	OK
A2	신장	34.51	5.0	39.51	65.0	OK	OK
	수축	3.99	5.0	8.99	35.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A1=100㎜, A2=100㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이

  * 35.0m : S = 200 + (5 × 35.0) = 375.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 450㎜~720㎜로 도로교 설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 375.0㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.9.17】 연단거리 측정결과(오창방향)

구 분			실측거리(mm)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(mm)	평 가
산수교 (오창방향)	A1		500	35	375	O.K
	P1	A1측	680~700	35	375	O.K
		A2측	650~660	35	375	O.K
	P2	A1측	690~700	35	375	O.K
		A2측	710~720	35	375	O.K
	P3	A1측	660~680	35	375	O.K
		A2측	670~690	35	375	O.K
	A2		450	35	375	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.9.18】 교량받침 이동량 측정결과(오창방향)

측정당시 온도		3.3℃ (2017년 11월 20일)			교량받침 종류	탄성받침	
구분		가동단 변위량(mm)					허용이동량 (mm)
		SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	
A1		↑ 10.0	↑ 12.0	↑ 10.0	↑ 12.0	↑ 10.0	±144
P1	A1측	↓ 2.0	↓ 2.0	↓ 2.0	↓ 2.0	↓ 2.0	±54
	A2측	↓ 2.0	↓ 2.0	↓ 2.0	↓ 2.0	↓ 2.0	±54
P2		Fix					-
P3	A1측	0	0	0	0	0	±54
	A2측	0	0	0	0	0	±54
A2		↑ 16.0	↑ 16.0	↑ 16.0	↑ 18.0	↑ 18.0	±144

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.3℃(2017년 11월 20일)

2) 온도변화 : -5℃~35℃(콘크리트교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 35℃-(3.3℃)=31.7℃(신장), 3.3℃-(-5℃)=8.3℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10-5

L : 신축들보의 길이(L=70.0m, 35.0m)

위 치	신축길이(m)	이론신축량		비 고
		신장량(mm)	수축량(mm)	
A1, A2	70.0	22.19	5.81	오창방향
P1, P3	35.0	11.10	2.91	

【표 2.9.19】 교량 받침 이동량 검토(오창방향)

구 분		신축장 (mm)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판정
			신장	수축	신장	수축	
A1		70,000	27.08	5.81	132~134	154~156	O.K
P1	A1측	35,000	11.10	2.91	56	52	O.K
	A2측	35,000	11.10	2.91	56	52	O.K
P3	A1측	35,000	11.10	2.91	54	54	O.K
	A2측	35,000	11.10	2.91	54	54	O.K
A2		70,000	27.08	5.81	160~162	126~128	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▸검토결과 : 온도 3.3℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.

2.2.3 내구성조사

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대, 교각의 총 5개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.9.20】 반발경도시험 결과

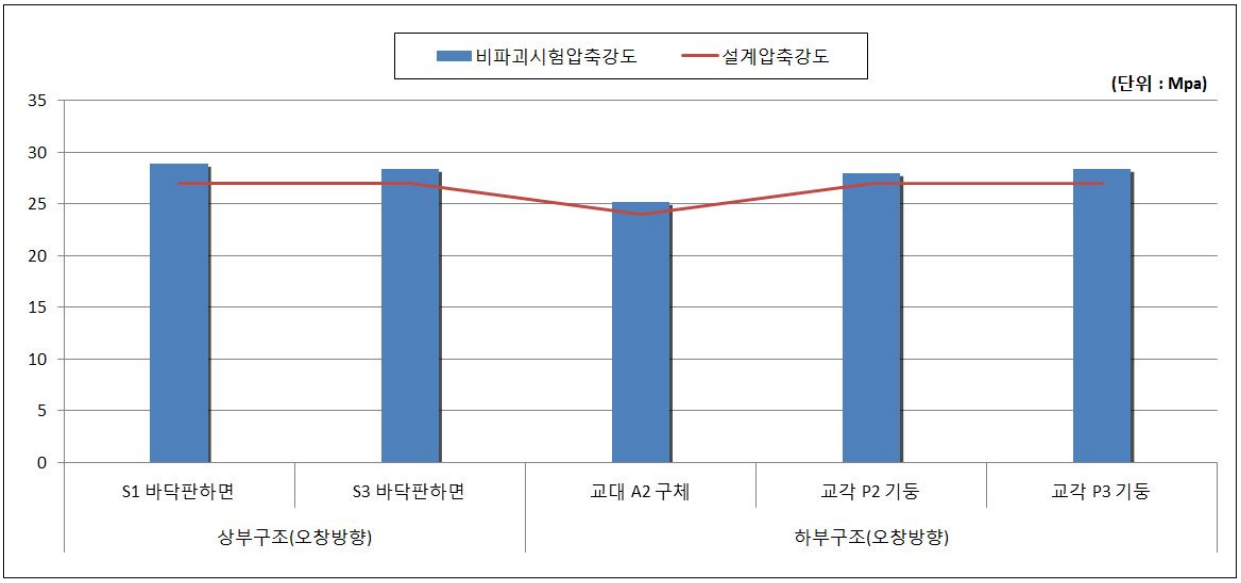
구 분			설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
오창방향	상부구조	바닥판	27.0	28.4 ~ 28.9	105.2 ~ 107.0
	하부구조	교 대	24.0	25.2	105.0
		교 각	27.0	28.0 ~ 28.4	103.7 ~ 105.2

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.9.21】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치			평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	재령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (MPa)	설계압축강도 (MPa)
오창방향	상부구조	S1 바닥판하면	50.8	-3.1	47.7	0.66	28.1	29.6	28.9	27.0
		S3 바닥판하면	50.1	-3.1	47.0	0.66	27.5	29.2	28.4	27.0
	하부구조	교대 A2 구체	42.8	0	42.8	0.65	23.6	26.8	25.2	24.0
		교각 P2 기둥	47.0	0	47.0	0.65	27.1	28.8	28.0	27.0
		교각 P3 기둥	47.7	0	47.7	0.65	27.6	29.1	28.4	27.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.9.12】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.9.22】 철근탐사시험 결과

탐사위치			배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
오창방향	상부구조	S1 바닥판하면 (지점부)	주 철 근	@200	32	≒@200	≒40
			배력철근	@125	48	≒@125	≒55
		S3 바닥판하면	주 철 근	@200	32	≒@200	≒40
			배력철근	@250	48	≒@250	≒55
	하부구조	교대 A2 구체	수직철근	@250	89	≒@250	≒95
			수평철근	@300	70	≒@300	≒75
		교각 P2 기둥	수직철근	@140	84	≒@140	≒90
			수평철근	@150	65	≒@150	≒70
		교각 P3 기둥	수직철근	@140	84	≒@140	≒90
			수평철근	@150	65	≒@150	≒70

2.3 상태평가

2.3.1 상태평가 결과

본 산수교(오창방향)에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 **『A등급』**으로 평가되었다.

【표 2.9.23】 상태평가 결과

산수교(오창방향)													
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
3	PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
4	PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
5	PSC BEAM	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.9.24】 상태평가 결과표

교 량 명	산수교(오창방향)						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	140.0	4	560.0	0.100	0.100
합계(Σ)			140.0		560.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

2.4 종합평가 및 안전등급

2.4.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

산수교(오창방향)의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.9.25】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

2.4.2 안전등급 지정

산수교(오창방향)에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.9.26】 산수교(오창방향) 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	산수교(오창방향)	A등급(우수)

2.5 종합결론

산수교(오창방향)는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

제3장 안전성평가

3.1 교량 재하시험

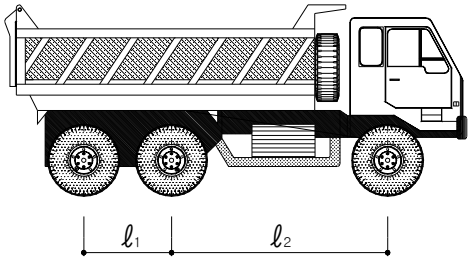
3.1.1 개 요

가. 현장시험의 개요

구 분		내 용
시험일자		2017. 12. 18
시험시간		AM 09:00 ~ AM 11:00
시험위치		오창방향 - S4(최대 정모멘트가 작용하는 지점)
재하시험차량 대수		1대
하중 경우 수	정적재하시험	Load Case 1~3 (3회)
	동적재하시험	10km/hr ~ 80km/hr

나. 재하시험 차량의 제원 및 하중

대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN 트럭 1대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

차 량 제 원	계량증명서
	

구 분	재하차량 제원(m)			
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
15ton 덤프트럭	1.30	3.20	2.10	1.85
구 분	**총 중 량 (kN)**	**전륜축중량 (kN)**	**중륜축중량 (kN)**	**후륜축중량 (kN)**
덤프트럭 (5328)	269.10	79.80	94.65	94.65

다. 교량 재하시험 사진



변형률계 설치 현황



처짐계 설치 현황



가속도계 설치 현황



재하시험 계측 전경



정적 재하시험 전경



동적 재하시험 전경

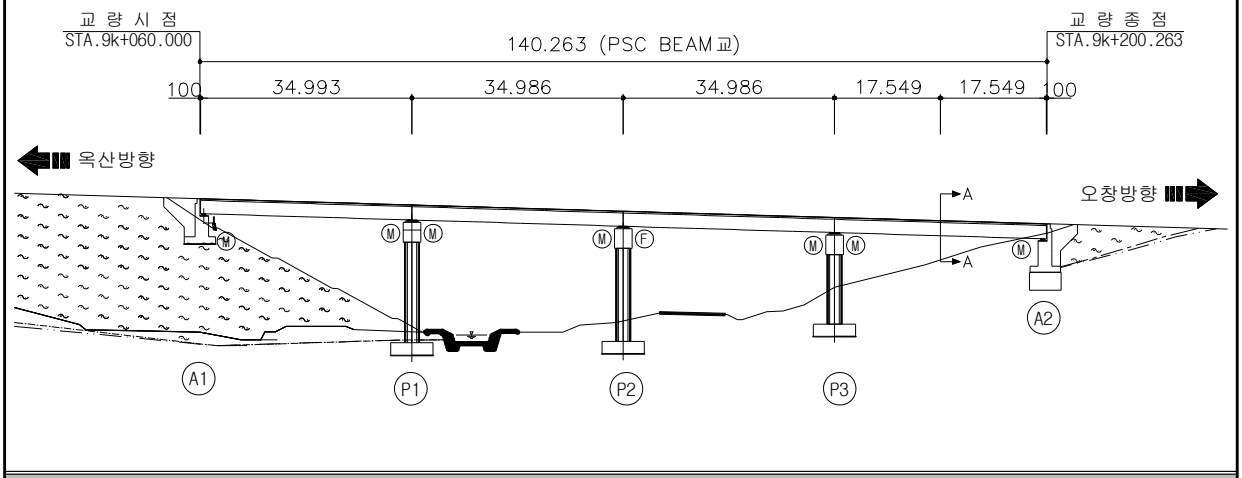
라. 계측센서 사양 및 수량

구분	센서명	모델명	사 양	수량(ea)
계측센서	콘크리트 변형률게이지	PL-60 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20~+80℃ • 형식 : 전기저항식	4
	처짐계	OU-30	• 범위 : ±30mm • 민감도: ($x10^{-6}$/mm) : 1000 • 허용온도범위 : 0~+60℃ • 형식 : 전기저항식	3
	가속도계	ARF-20A	• 용량 : 2.04g • 응답주파수 : 80hz • 고유주파수 : 150hz • 형식 : 전기저항식	1
소 계				8
측정장비	정, 동적 시험장비	DRA-30A	• 측정점수 : 30채널 • 측정대상 : Dynamic Strian, 전압 • 각 채널별 112k word 데이터메모리 탑재 (정적스트레인측정시 30000scans)	1
소 계				1

바. L/C별 재하시험 방법

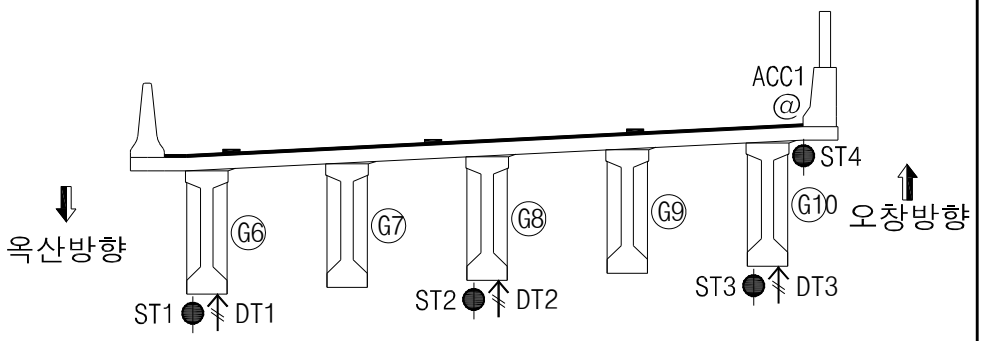
재하시험 위치	재하목적	비 고
오창방향 - 외측경간(S4)	· 최대 정모멘트가 작용하는 지점	

바. 계측센서 설치도



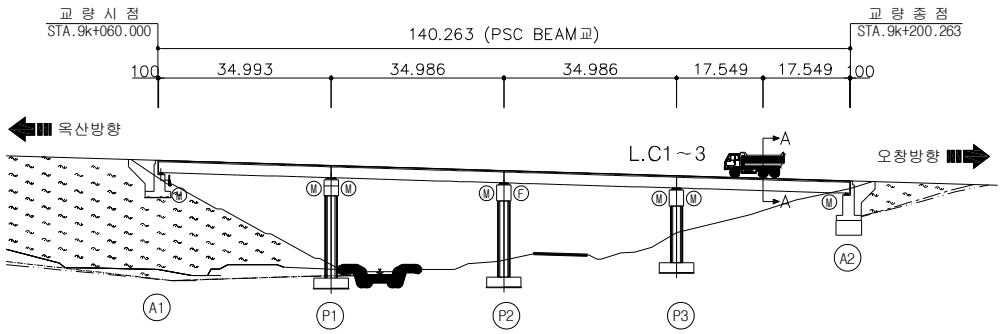
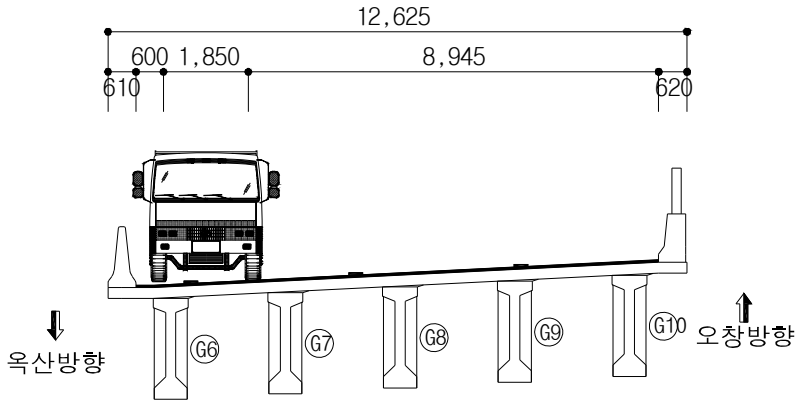
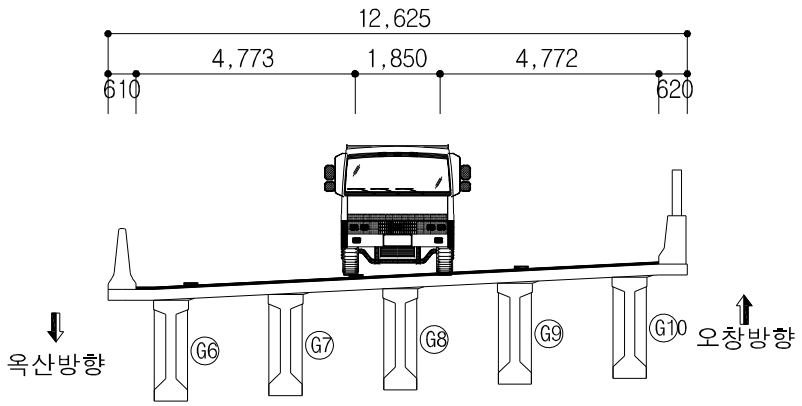
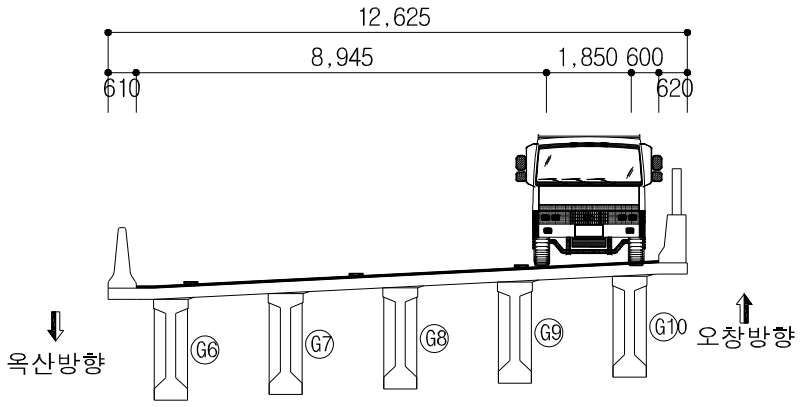
재하시험 경간

A-A단면 부착위치

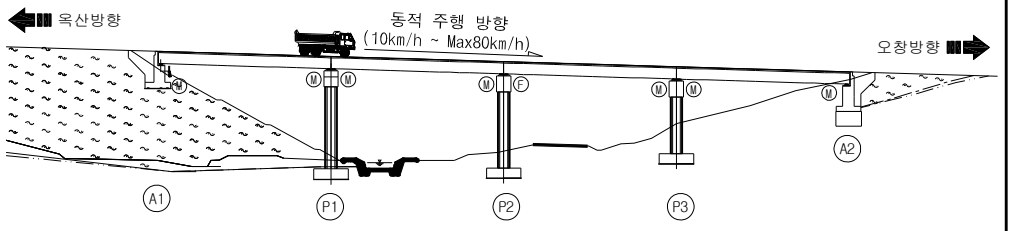
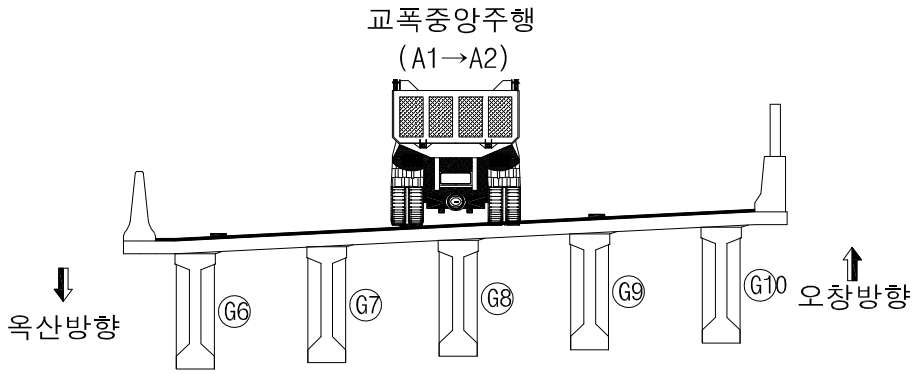


구 분	계측기명	설치수량	비 고
●	콘크리트 변형률계	4	교축방향
↑	처짐계	3	연직방향
@	가속도계	1	연직방향
계측센서 총 수량		8	

사. 정적 재하시험 LOAD CASE

종방향 재하위치	
L.C 1	
L.C 2	
L.C 3	

아. 동적 재하시험 LOAD CASE

차량주행방향	
주행위치	

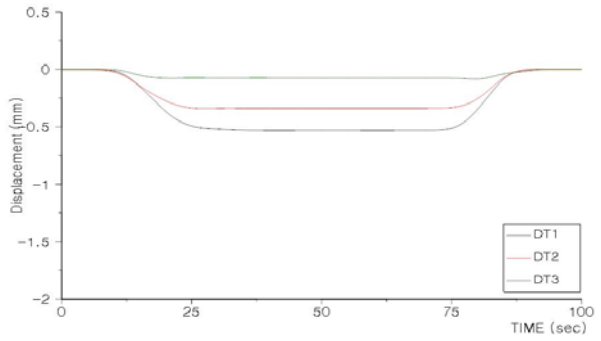
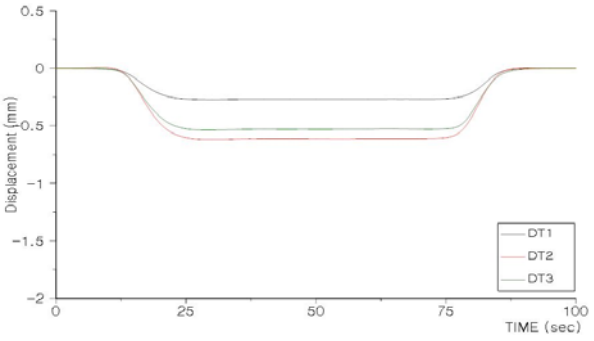
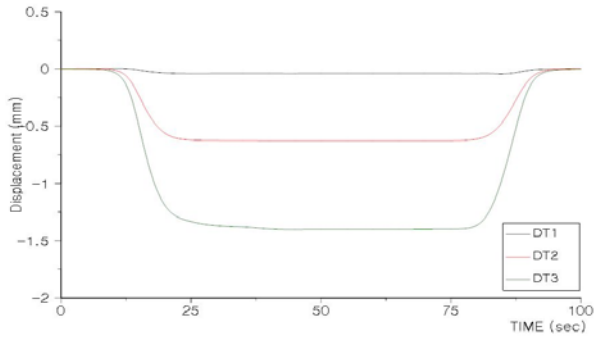
재하경우	주행방향	주행위치	비 고
10km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
20km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
30km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
40km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
50km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
60km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
80km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대

3.1.2 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

가. 재하시험에서 측정된 계측DATA

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
ST1	13.24	7.70	0.17	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST2	5.72	14.24	14.21	
ST3	0.66	12.23	29.44	
ST4	-1.31	-3.43	-3.75	
DT1	-0.529	-0.269	-0.040	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT2	-0.339	-0.614	-0.629	
DT3	-0.075	-0.531	-1.401	

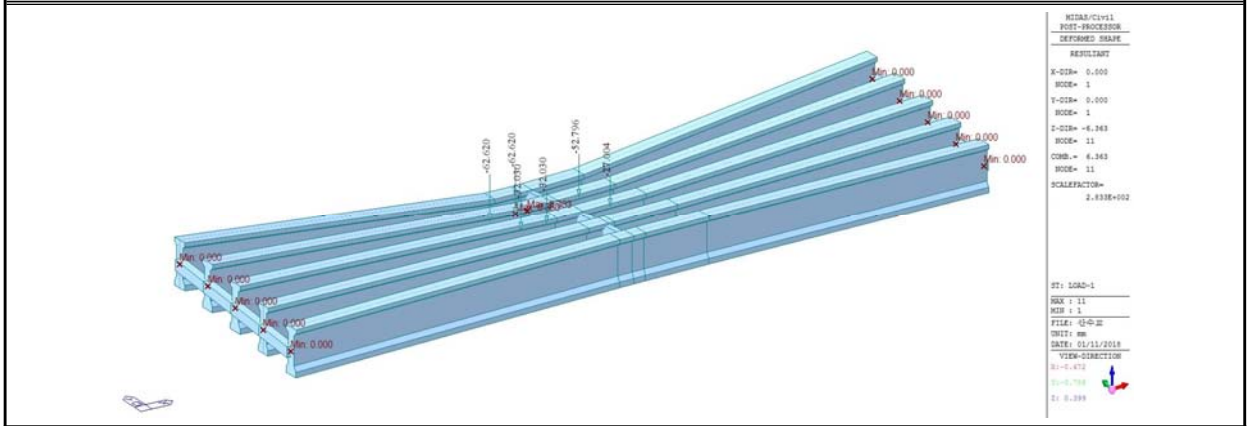
L.C1 처짐	L.C2 처짐
	
L.C3 처짐	
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

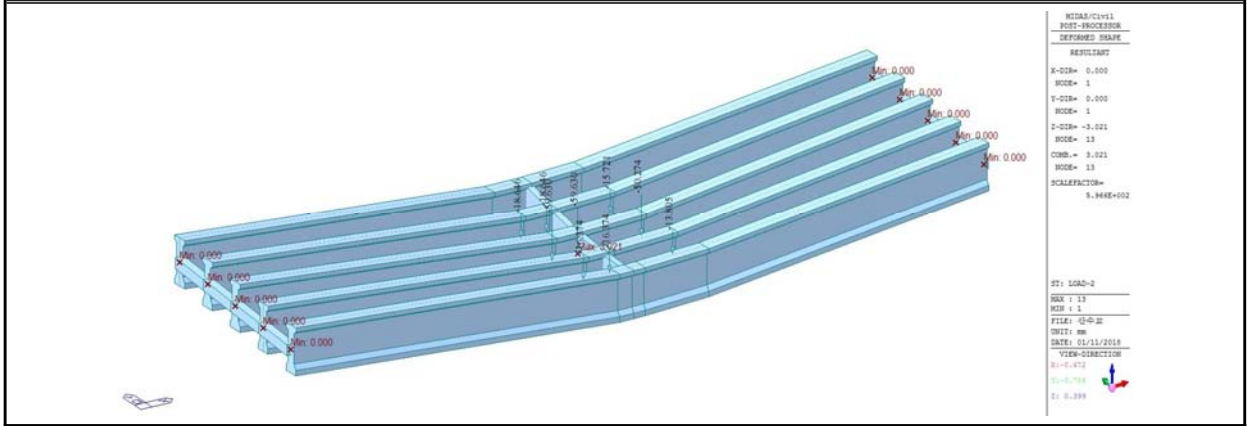
나. 구조해석에 의한 변위량

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
G6(DT1)	-6.363	-2.656	0.498	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
G8(DT2)	-2.673	-3.021	-2.672	
G10(DT3)	0.542	-2.555	-6.321	

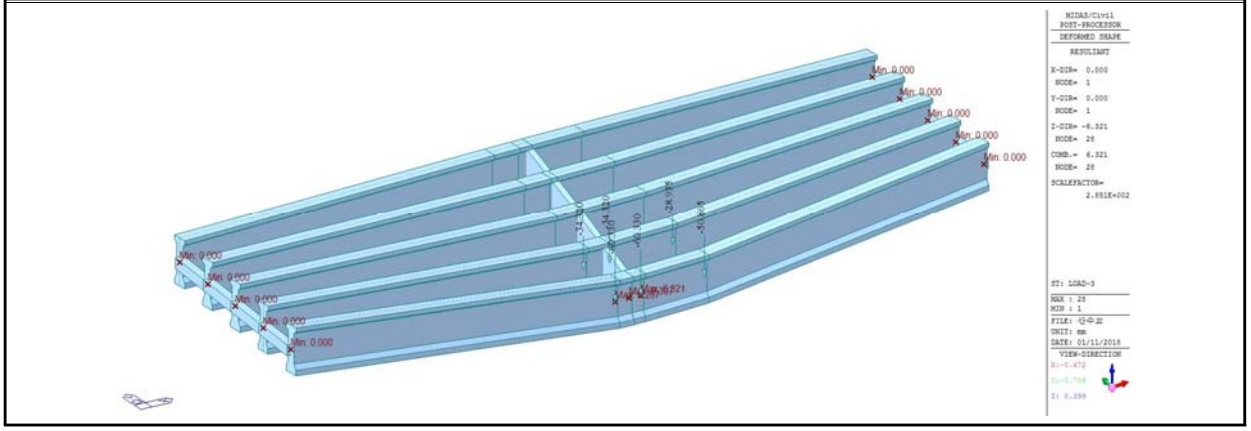
L.C1 하중재하 및 처짐



L.C2 하중재하 및 처짐

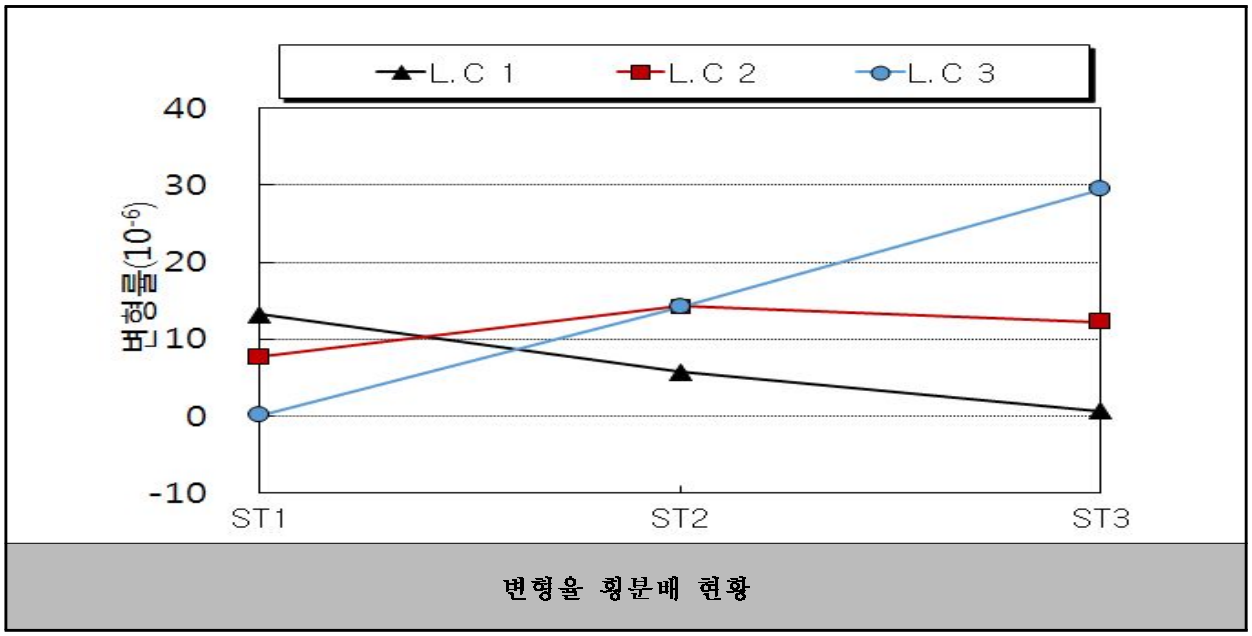


L.C3 하중재하 및 처짐

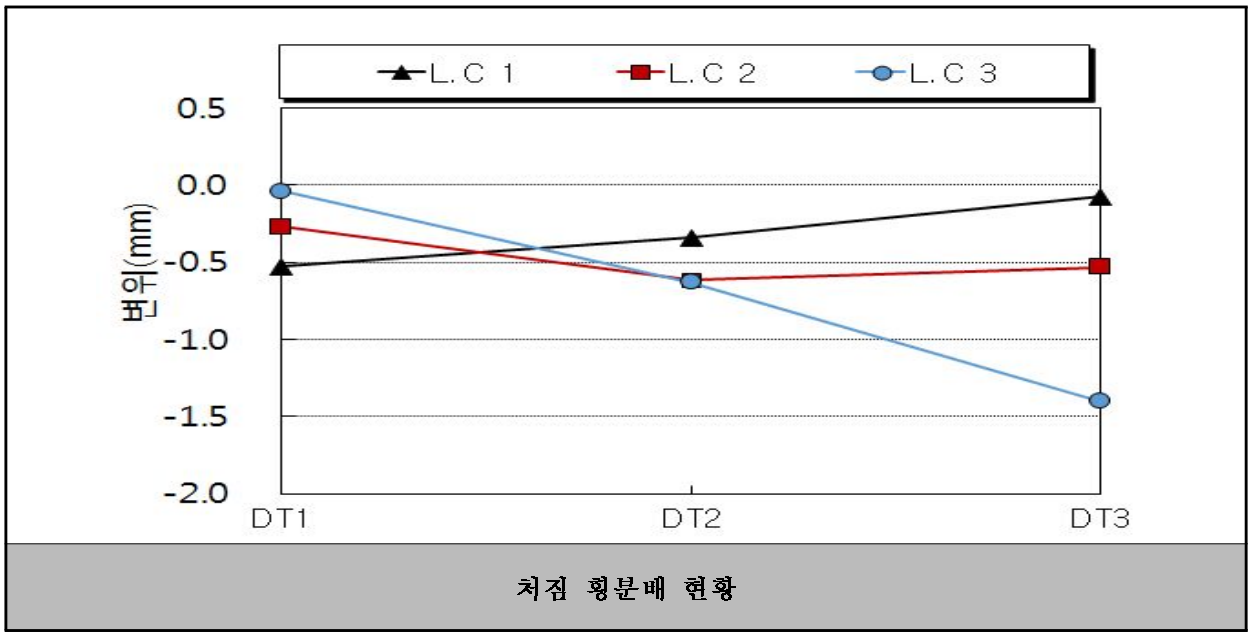


다. 하중 횡분배 검토 결과

거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단면응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 중분대에서 인접교량과의 간섭이 있는 것으로 나타났으나 각 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 나타나 이상 거동은 없는 것으로 판단된다.



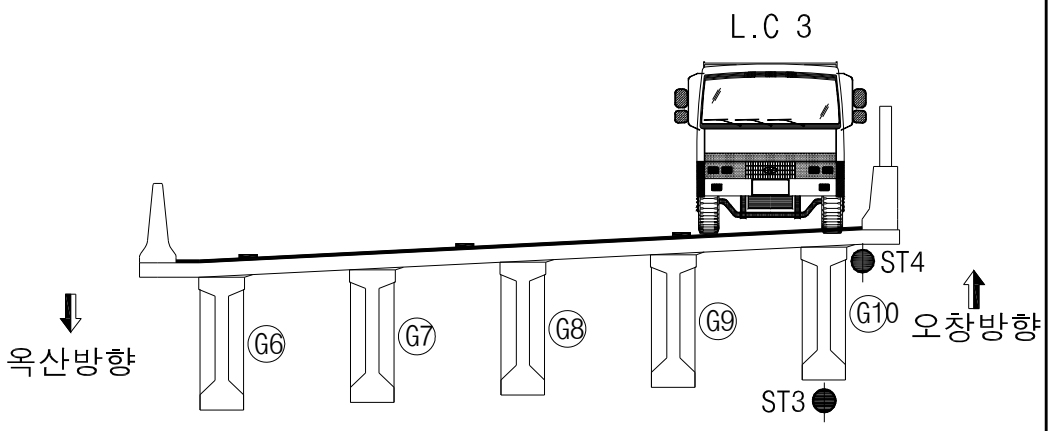
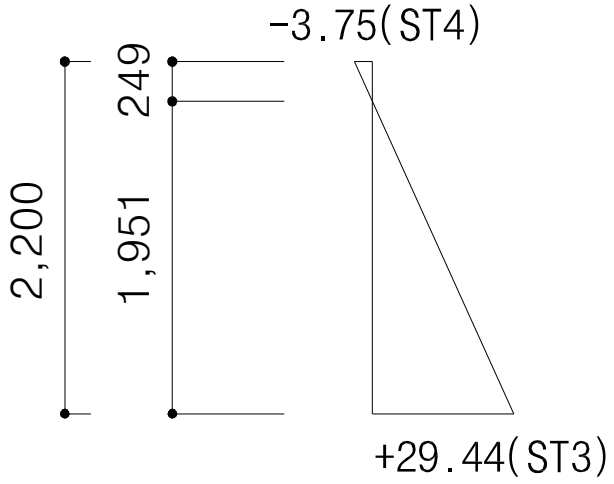
변형율 횡분배 현황



처짐 횡분배 현황

라. 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

<table>
<tr><th>구 분</th><th>L.C 3</th></tr>
<tr><td>재하위치</td><td>
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">중립축</td><td>L.C 3(4경간 - G10)</td></tr>
<tr><td>
</td></tr>
<tr><td><table>
<tr><th>구분</th><th>이론중립축위치
(mm)</th><th>실측중립축위치
(mm)</th></tr>
<tr><td>4경간</td><td>1,398</td><td>1,951</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>검토 의견</td><td>* 실측중립축이 이론중립축 대비 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.</td></tr>
</table>

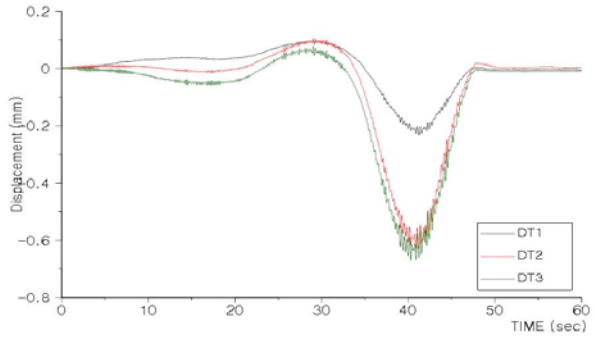
3.1.3 동적 재하시험 결과

가. 동적처짐

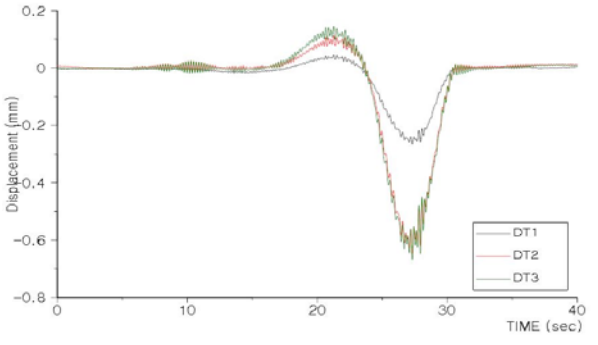
동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

구 분		주행속도 (km/h)							비고
		10	20	30	40	50	60	80	
4경간	G6(DT1)	-0.233	-0.265	-0.250	-0.237	-0.245	-0.233	-0.235	단위 : ㎜
	G8(DT2)	-0.629	-0.649	-0.638	-0.641	-0.638	-0.632	-0.643	
	G10(DT3)	-0.669	-0.667	-0.652	-0.617	-0.637	-0.658	-0.645	

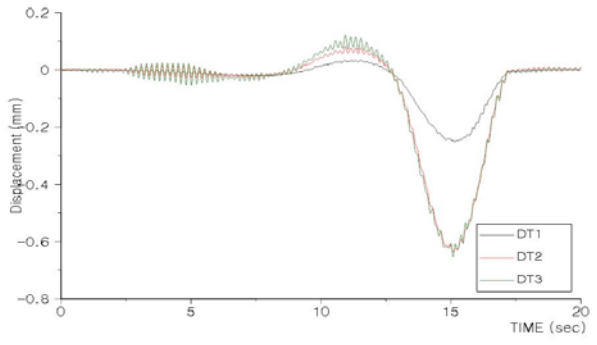
10km/hr



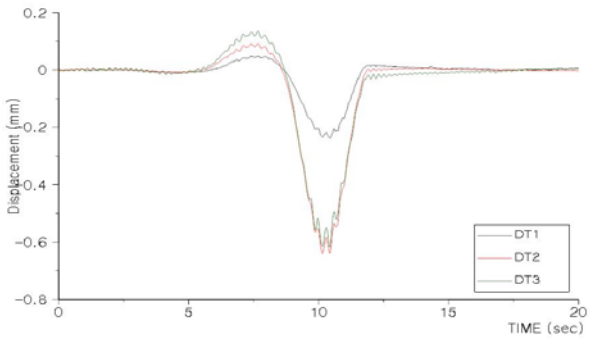
20km/hr



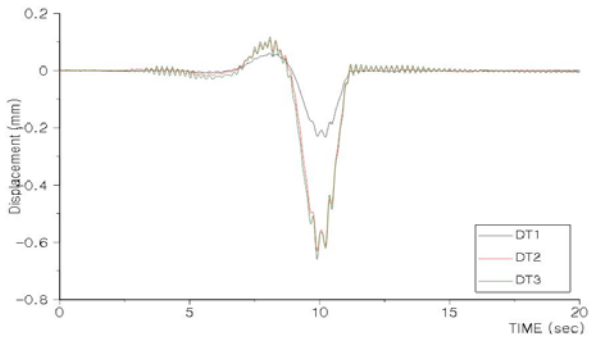
30km/hr



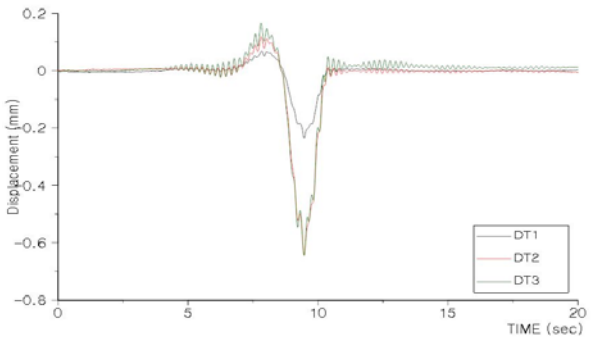
40km/hr



60km/hr



80km/hr



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

나. 충격계수 산정 결과

1) 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

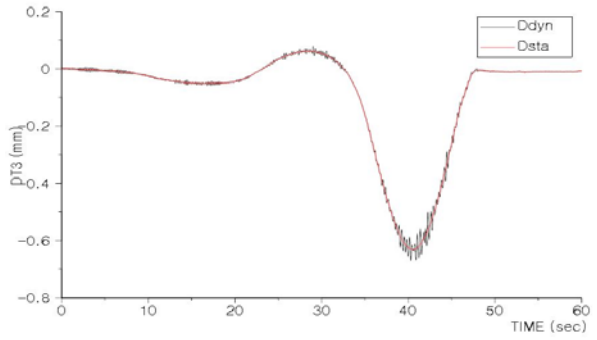
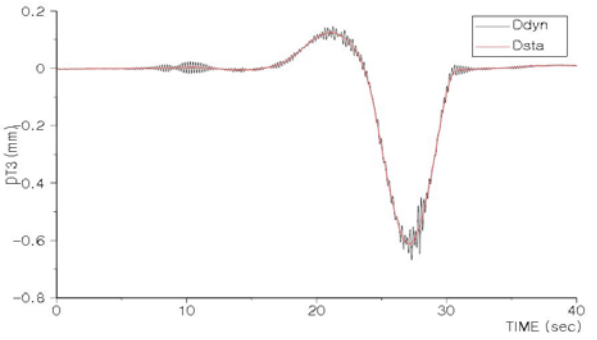
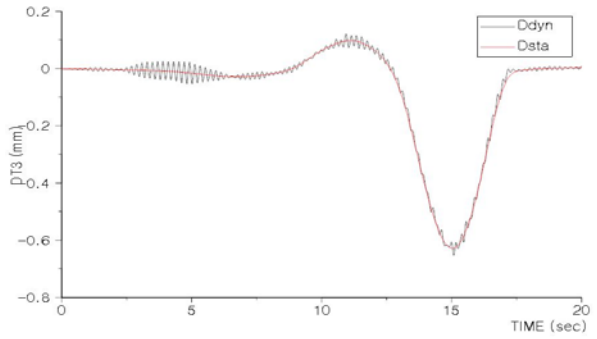
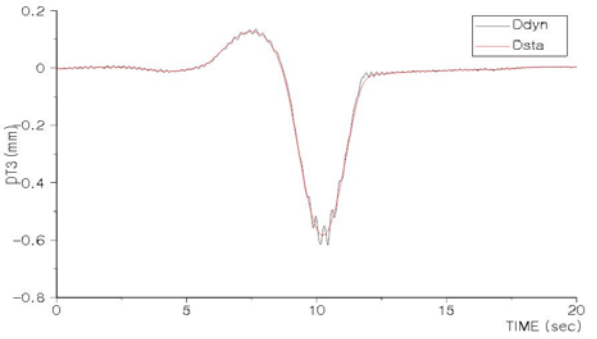
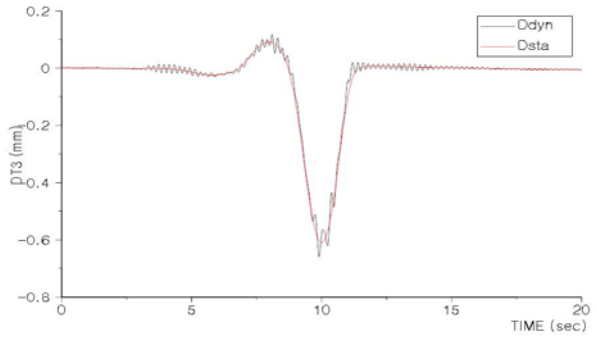
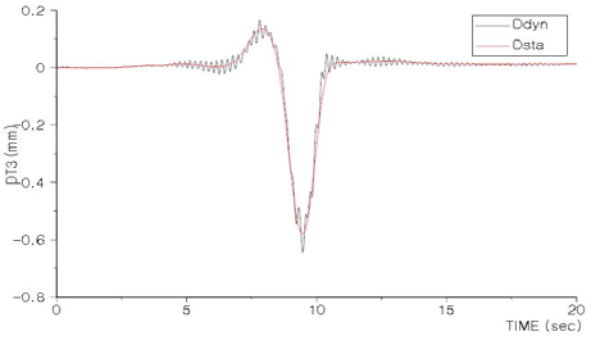
· 실측충격계수 i = (D－1)

여기서, D $=(\delta_{\mathrm{dynamic}})_{\max}/(\delta_{static})_{\max}$

구 분			주행속도 (km/h)							대표 충격계수
			10	20	30	40	50	60	80	
4경간	DT1	$\delta_{dyn(max)}$	-0.233	-0.265	-0.250	-0.237	-0.245	-0.233	-0.235	**0.108**
		$\delta_{sta(max)}$	-0.217	-0.252	-0.248	-0.228	-0.229	-0.221	-0.212	
		충격계수(i)	0.074	0.052	0.008	0.039	0.070	0.054	**0.108**	
	DT2	$\delta_{dyn(max)}$	-0.629	-0.649	-0.638	-0.641	-0.638	-0.632	-0.643	**0.081**
		$\delta_{sta(max)}$	-0.595	-0.603	-0.630	-0.612	-0.605	-0.595	-0.595	
		충격계수	0.057	0.076	0.013	0.047	0.055	0.062	**0.081**	
	DT3	$\delta_{dyn(max)}$	-0.669	-0.667	-0.652	-0.617	-0.637	-0.658	-0.645	**0.110**
		$\delta_{sta(max)}$	-0.631	-0.611	-0.629	-0.583	-0.604	-0.609	-0.581	
		충격계수	0.060	0.092	0.037	0.058	0.055	0.080	**0.110**	
계측결과			• 계산충격계수 : i = 15/(40+L) = **0.200**(4경간, L=35.098) • 실측충격계수 : 4경간-**0.110**(80km, DT3)							

2) 산정 결과

동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 G6~G10의 상부를 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT1, DT2, DT3(4경간)을 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.110(4경간)으로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계기준 0.200(4경간)보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행 시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

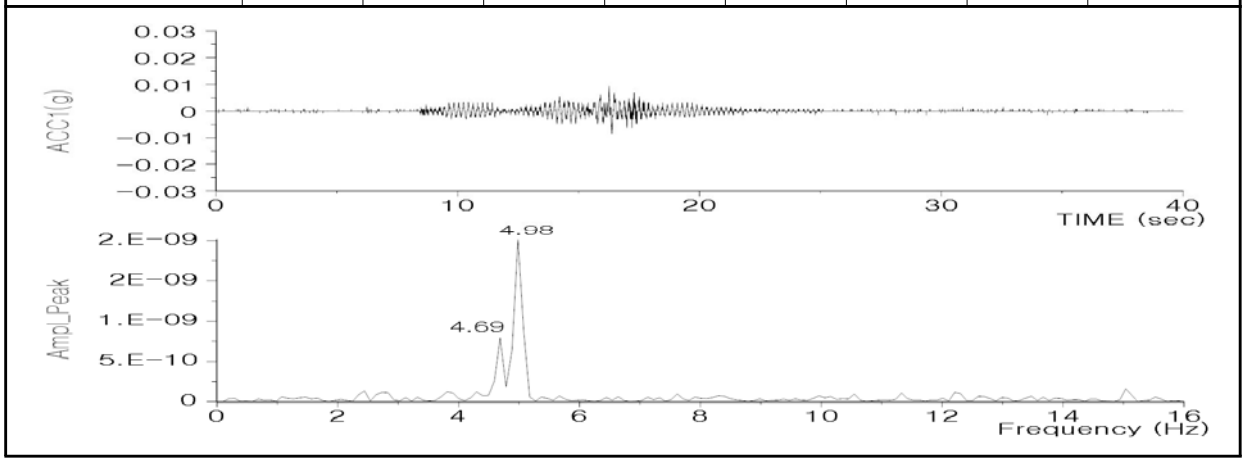
10km/hr, DT3	20km/hr, DT3
	
30km/hr, DT3	**40km/hr, DT3**
	
60km/hr, DT3	**80km/hr, DT3**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

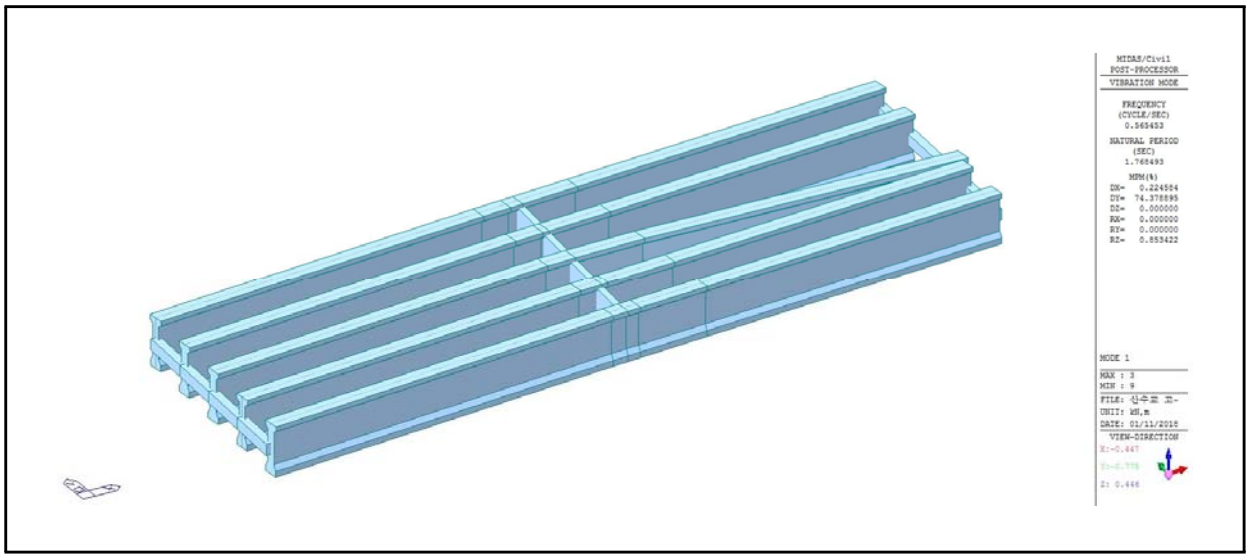
다. 고유진동수 산정 결과

1) 재하시험에 의한 고유진동수 산정

구 분	10km	20km	30km	40km	50km	60km	80km	비 고
고유진동수 (cycle/sec(Hz))	4.59	4.69	4.59	4.59	4.59	4.69	4.69	



2) 구조해석에 의한 고유진동수 계산



3) 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 4.59~4.69Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 0.565Hz보다 큰 것으로 나타나 교량의 강성은 양호한 것으로 판단된다.

라. 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 멀어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

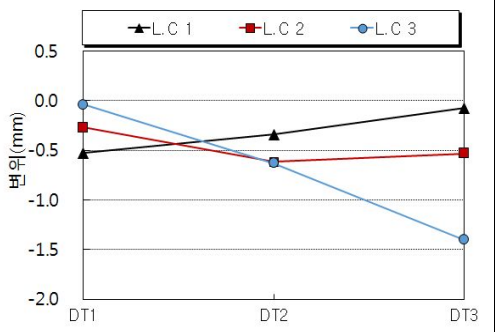
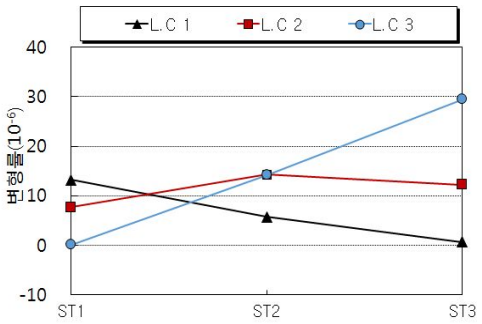
1) 응답비 산정

구 분		처 짐(㎜)			비고
		L.C1	L.C2	L.C3	
G6	계산처짐	-6.363	-2.656	-	DT1
	실측처짐	-0.529	-0.269	-	
	응답비	12.028	**9.874**	-	
G8	계산처짐	-2.673	-3.021	-2.672	DT2
	실측처짐	-0.339	-0.614	-0.629	
	응답비	7.885	4.920	**4.248**	
G10	계산처짐	-	-2.555	-6.321	DT3
	실측처짐	-	-0.531	-1.401	
	응답비	-	4.812	**4.512**	

2) 응답보정계수 산정

구 분		응답비	i(충격계수)		$\frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$	위치별 Ks
			계산	실측max		
응답 보정 계수	DT1(G6)	9.874	0.200	0.110	1.081	10.674
	DT2(G8)	4.248				4.592
	DT3(G10)	4.512				4.877

3.1.4 정·동적 재하시험 고찰

<table>
<tr><th colspan="2">분석항목</th><th>분석결과</th></tr>
<tr><td colspan="2">시험트럭</td><td>• 재하하중 : 설계하중의 약 62%
• 총 중 량 : 269.10kN</td></tr>
<tr><td rowspan="4">정적
재하
시험</td><td>최대
응답</td><td>• 처 짐 : -1.401 ㎜
• 변형률 : 29.44 με</td></tr>
<tr><td rowspan="3">횡방향
거동특성</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>처짐</td><td>변형률</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 중분대에서 인접교량과의 간섭이 있는 것으로 나타났으나 각 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 나타나 이상 거동은 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">동적
재하
시험</td><td>충격
계수</td><td>• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.110(DT3)으로 이론 충격계수 0.200보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td>고유
진동수</td><td>• 실측고유진동수(4.59~4.69Hz)가 이론 고유진동수(0.565Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

3.2 안전성평가 및 내하력평가

3.2.1 구조해석 방법 및 개요

산수교는 연장 140.00m, 총폭 오창방향 12.625m 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 90°이며 평면선형 직선교 이다. 상부구조는 PSC BEAM으로 이루어져 있으며, 하부구조는 풍화암 위에 직접기초인 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

3.2.2 검토 조건

가. 기본 사항

1) 형　　식 : PSC BEAM교
2) 연　　장 : 35.093+34.986+34.986+35.198 = 140.263m
3) 교　　폭 : B = 12.625m
4) 거더높이 : H = 2.500m
5) 거더간격 : 2.550m
6) 사　　각 : 90°
7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
8) 단위중량
   - 철근 콘크리트 : W_{c1} = 2500.0kg/m³
   - 무근 콘크리트 : W_{c2} = 2350.0kg/m³
9) 사용 프로그램 : SAP2000
10) 구조 검토방식 : 강도설계법(바닥판), 허용응력설계법(거더)
11) 참고문헌
   ① 도로교 설계기준(2010)
   ② 콘크리 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
   ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

나. 사용재료 및 허용응력

1) 콘크리트

① 압축강도(f_{ck}) 및 탄성계수

【표 2.9.27】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa)

구 분	설계기준강도	탄성계수 추정식	적용 탄성계수
거 더	40	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	30,891
바닥판	27	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	27,804

② 허용응력

【표 2.9.28】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(f_{ck} = 40 MPa일 경우)

응력의 발생시기	응력구분	설계기준	허용응력
프리스트레스 도입 시	압축강도	$f_{ci'} = 0.8f_{ck}$	32.000
허용응력	프리스트레스 도입 직후의 응력	$0.60f_{ci'}$	19.200
	부착된 철근이 없는 인장응력	$0.25\sqrt{f_{ci'}}$	1.414
모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력	압축응력	$0.45f_{ck}$	18.000
	인장응력	$0.50\sqrt{f_{ck}}$	3.162
	균열응력	$0.63\sqrt{f_{ck}}$	3.984

③ 바닥판

허용휨압축응력 : $0.4 \times f_{ck} = 0.4 \times 27 = 10.800$ MPa

2) P.S STRAND(SWPC 7B Ø15.2mm)

긴장력 및 강선에 대한 계수값 들은 도면에 표기된 값을 사용하였다.

① 인장강도 : f_{pu} = 1,900MPa

② 항복강도 : f_{py} = 1,600MPa

③ JACK에의한 최대 긴장응력 : $0.9\times f_{py}$ = 1,440MPa

④ PRESTRESS 도입직후 : $0.83\times f_{py}$ = 1,328MPa

⑤ 설계하중 작용시(손실후 사용하중) : $0.80\times f_{py}$ = 1,280MPa

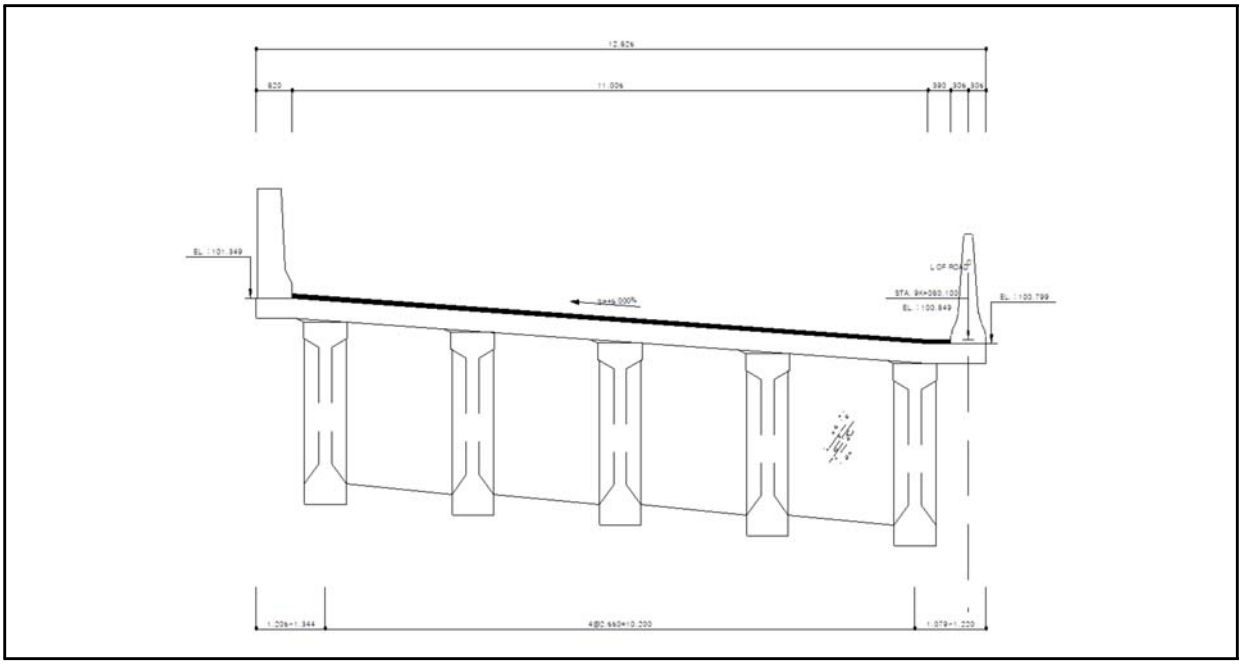
3) 철근

구 분	항복강도(fy)	탄성계수(Es)	비 고
바닥판	400MPa	200000	SD-40
가로보	300MPa	200000	SD-30

구조해석

다. 바닥판 검토

1) 단면제원



2) 좌측 켄틸레버부

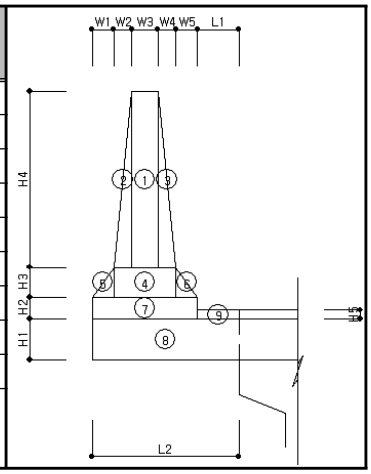
① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(무근콘크리트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	100.0㎞/hr	96.000kN	1025	

② 하중산정

㉠ 고정하중

NO.	작용하중 (kN)	중량	거리	모멘트 (kN·m)
1	0.15 × 1.02 × 25	3.825	0.544	2.081
2	1/2 × 0.105 × 1.02 × 25	1.339	0.654	0.876
3	1/2 × 0.105 × 1.02 × 25	1.339	0.434	0.581
4	0.36 × 0.175 × 25	1.575	0.544	0.857
5	1/2 × 0.125 × 0.175 × 25	0.273	0.766	0.209
6	1/2 × 0.125 × 0.175 × 25	0.273	0.322	0.088
7	0.61 × 0.125 × 25	1.906	0.544	1.037
8	0.849 × 0.24 × 25	5.094	0.425	2.162
9	0.239 × 0.05 × 23.5	0.281	0.120	0.034
합계		15.905		7.925



㉡ 차량충돌하중

구 분	h	H	M_{co} = H×h	곡선반경	적용 M_{co}
Case1	1.170m	23.333kN/m	27.300kN·m/m	R=∞ > 200m	27.300kN·m/m
Case2	1.440m	10.000kN/m	14.400kN·m/m		

※ Case1 : 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시, 여기서 $H=(V/60)^2\times7500+2500$
Case2 : 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10kN/m의 수평하중 재하시

㉢ 풍하중

작용높이	P_w = 방호벽 높이×3.0	M_w = P_w×작용높이
1.27m	3.810N/m	2.610kN·m/m

㉣ 하중조합(도.설 2.2.3.2)

하중경우	고정하중	차량충돌하중	풍 하 중	합 계(kN·m/m)
Case 1	1.30			10.302
Case 2	1.30	1.3		45.792
Case 3	1.30		0.65	11.998
Case 4	1.20	1.2	1.2	45.401
Case 5	1.30		1.3	13.695

③ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 45.792kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 250.0㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 60.0㎜	유 효 높 이	d = 180.0㎜

㉡ 검토결과

구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	240.0	60.0	H16@200 = 993.0	45.793	57.850	O.K S.F=1.263

사 용 성 검 토	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	1188.84㎜	200㎜	O.K
바 닥 판 최소두께	최소h	적용h	결과
	220.0㎜	240.0㎜	O.K

3) 중앙부

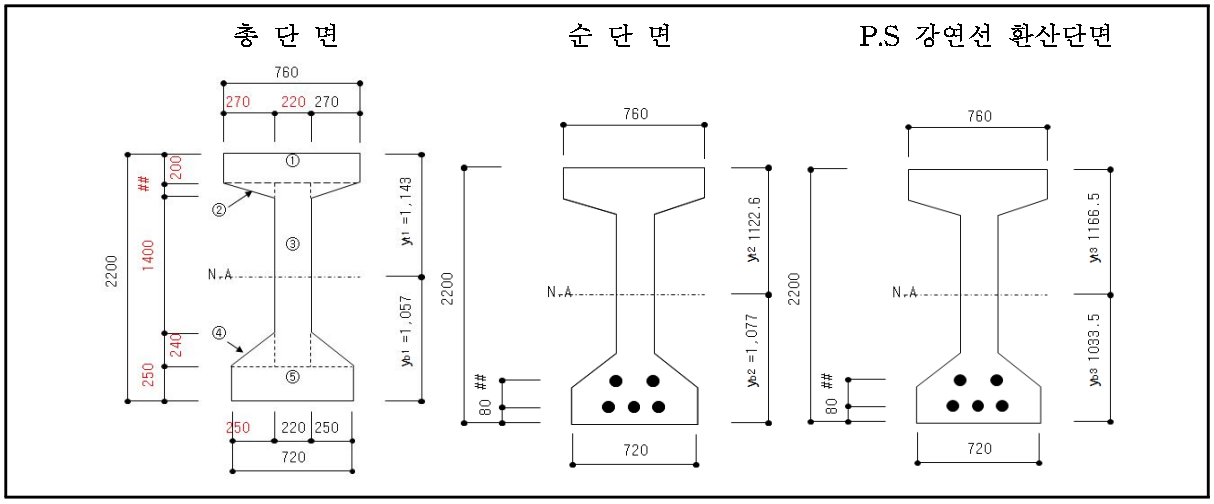
① 검토조건

- 지간방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.4% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상
- 지간방향에 직각방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

구 분			산 정 식			검 토
주철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.4%	=	960.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400	=	496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400	=	496.5㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3%	=	720.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400	=	496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400	=	496.5㎟	
배력 철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3%	=	720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250	=	794.4㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3%	=	720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250	=	794.4㎟	
㉠ • 여기서 바닥판 슬래브 단면적 = 1,000㎜ × 240㎜ = 240,000㎟						

라. 거더 검토

1) 해석단면



【그림 2.1.13】 해석단면

2) 단면특성 산출

① 유효폭 산정

㉠ 외측거더

$$b_e = \min.of \begin{cases} 6t + b_w = 6 \times 240 + 1,330 = 2,770.17\text{㎜} \\ \text{거더 경간의 } 1/12 + b_w = 34,000/12 + 1,330 = 4,163.50\text{㎜} \\ \text{인접거더와의 순경간의 } 1/2 + b_w = 2,330/2 + 1,330 = 2495.16\text{㎜} \end{cases}$$

$\therefore\ b_e = 2,245.81\text{㎜}$(외측거더 기준)

㉡ 내측거더

$$b_e = \min.of \begin{cases} 12t + b_w = 12 \times 240 + 220 = 3,100\text{㎜} \\ \text{양쪽 슬래브의 중심간 거리} = 2,550\text{㎜} \\ \text{거더 경간의} 1/4 = 34,100/4 = 8,500\text{㎜} \end{cases}$$

$\therefore\ b_e = 2,295.17\text{㎜}$(내측거더 기준)

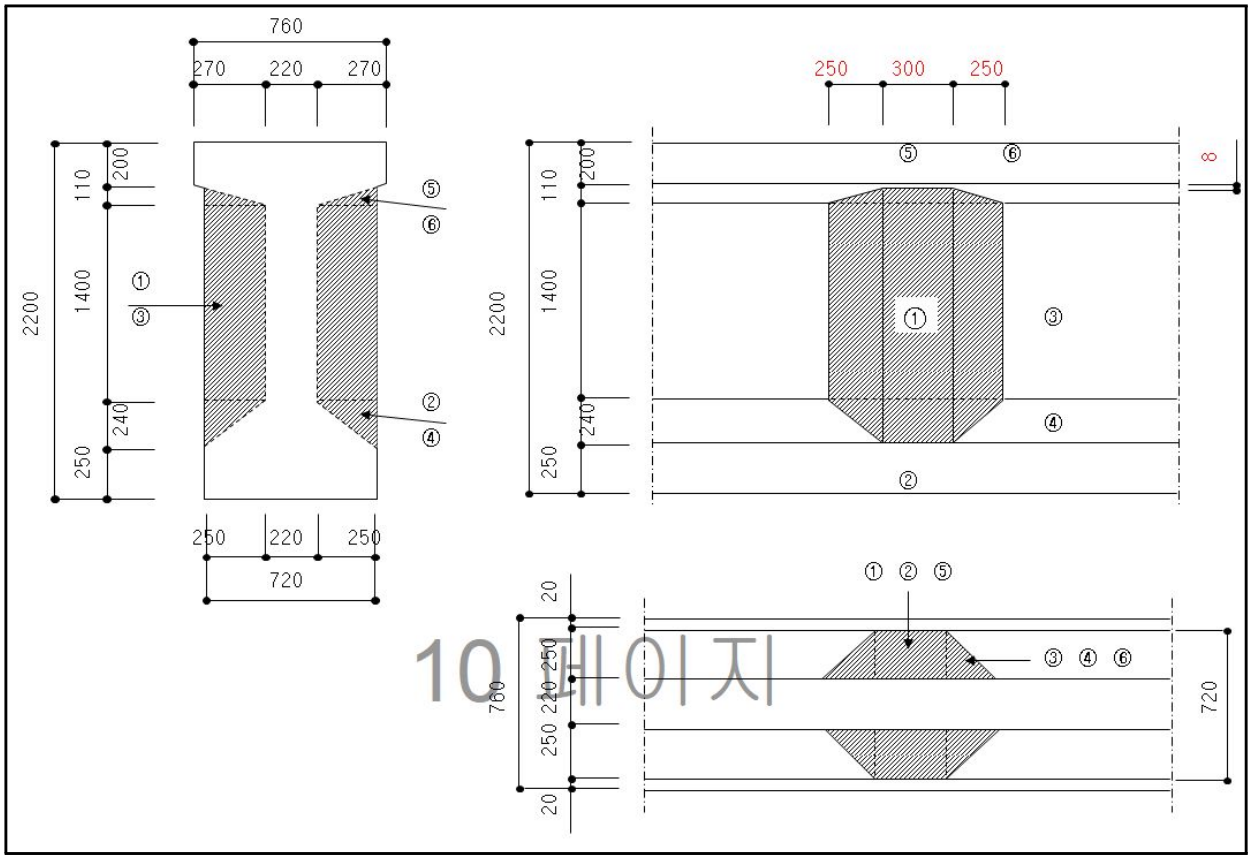
② 단면특성 집계표

구 분	순단면	P.C 강선 환산단면	슬래브 환산단면		비 고
			외측 거더	내측 거더	
A	789,594.03	827,939.18	1,366,934.01	1,378,780.78	
I_o					
y_t	1122.55	1166.52	659.24	652.54	
y_b	-1077.45	-1033.48	-1540.76	-1547.46	
I_c	464,353,043,161	497,318,427,094	1,040,251,435,395	1,047,439,953,663	

3) 하중산정

① 고정하중

㉠ 가로보 부근 PSC 거더 콘크리트 BLOCK 중량

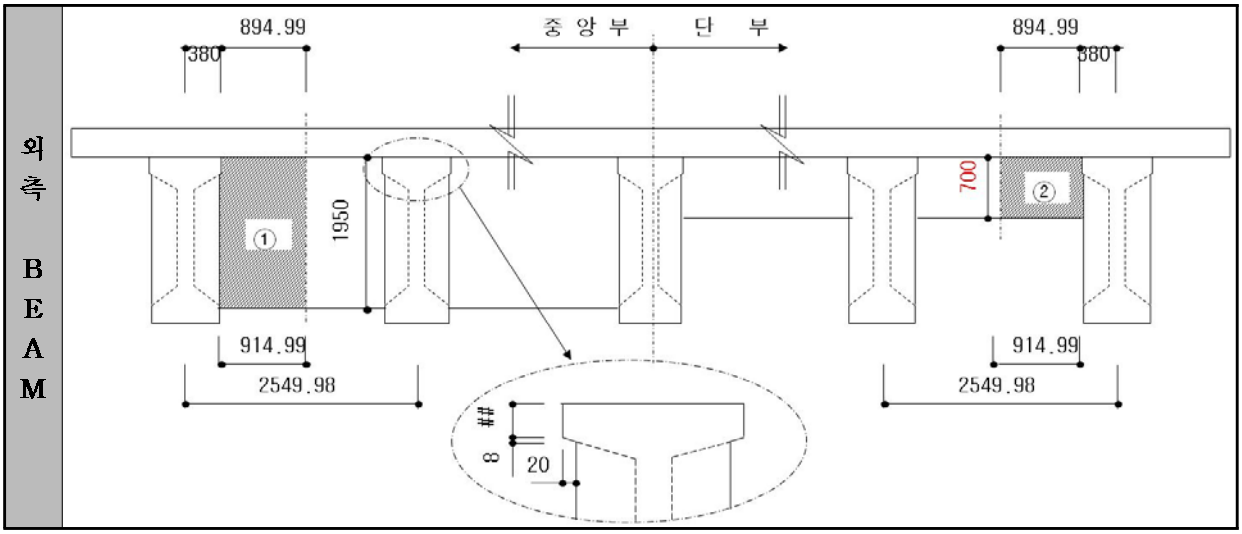


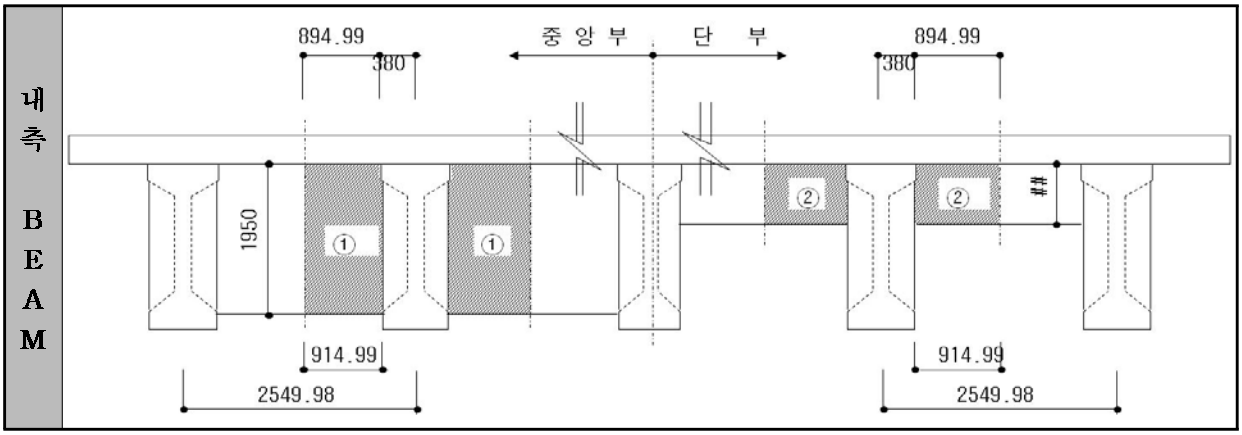
10 페이지

①	0.300	×	1.400	×	0.250	×	2	ea			=	0.210
②	0.250	×	0.240	/	2	×	0.300	×	2	ea	=	0.018
③	0.250	/	0.250	/	2		1.400	×	4	ea	=	0.175
④	0.250	/	0.250	/	2		0.240	/	3	× 4 ea	=	0.010
⑤	0.250	×	0.300	×	0.102	/	2	×	2	ea	=	0.008
⑥	0.250	/	0.250	/	2	×	0.102	/	3	× 4 ea	=	0.004
											Σ =	0.425㎥

가로보 본체 연결 헌치부 : 0.425×25.00 = 10.623kN

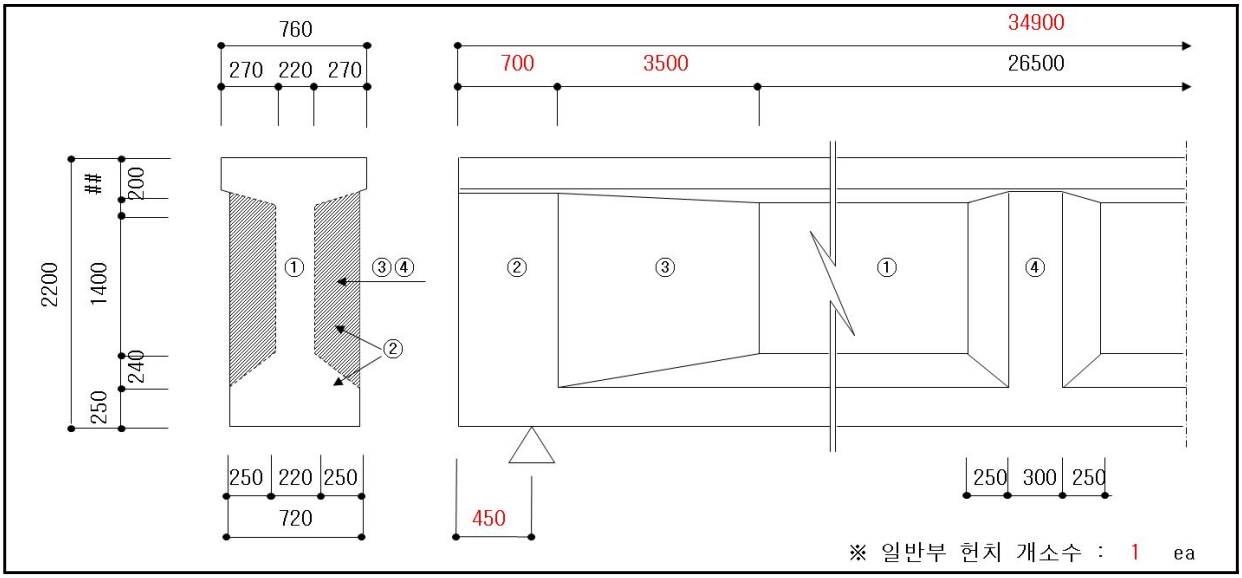
㉡ 가로보 중량





외측 가로보		내측 가로보		비 고
중앙부	단 부	중앙부	단 부	
13.351kN	6.364kN	26.702kN	12.728kN	

㉢ 거더 중량



표준구간	단부구간	거더 총중량
18.555kN/m	37.014kN/m	792.043kN

㉣ 바닥판 중량

바닥판은 콘크리트가 경화되기 전에는 강성이 없으므로 바닥판 고정하중에 대한 횡분배 효과는 고려하지 않는 것으로 하였다.

구 분	외측거더	내측거더
슬래브 자중	19.627KN/m	16.830kN/m

② 합성후 고정하중

합성후 고정하중(방호벽, 중분대, 포장하중)은 Plate 모델링한 바닥판에 직접 재하하였다.

구 분	외측거더	내측거더
포장, 방호벽, 중분대	23.584kN/m	1.466kN/m

③ 활하중

설계활하중의 재하는 해석프로그램 내의 이동하중해석 옵션을 사용하였으며 도로교설계기준(2010년)을 참조하여 가장 불리한 하중조건이 되도록 설정하였다. 본 구조해석에 사용된 이동하중해석 옵션은 입력된 차로(Traffic Lanes)를 기준으로 영향선(Influence Line)

을 계산하고 이를 이용하여 차량하중의 이동에 따른 해석결과를 산출하는 기능으로서 차선과 거더중심과의 위치차이에 따른 활하중의 편심재하가 가능하고 한 개의 이동하중조건에 대해 최대와 최소의 두 가지 해석결과를 산출한다.

【표 2.9.29】 활하중 검토

구 분	활하중 검토	
• 교폭(B)	10.625m	
• 해석지간(L)	35.0m	
• 연석간 교폭(Wc)	10.6250 - 0.610 - 0.590 = 9.425m	
• 재하차로수(N)	9.1 ≤ Wc < 12.8 m ∴ 3차로 재하	
• 설계차로폭(W)	9.425 / 3 = 3.142 m ∴ 3.142 m 마다 재하	
• 충격계수(i)	• 15 / (40+34.0) = 0.203 < 0.3 ∴ i = 0.203 적용	
• 활하중 모델	표준트럭하중(DB-24)	
	전륜	40.170 kN
	후륜	160.678kN
	총 중량	200.848 kN
• 재하방법	• 해석프로그램의 이동하중 해석기능 사용 • DB-24, DL-24 재하 • DB-24 또는 DL-24하중에 대하여 독립적으로 1~3개 차로에 경간별로 가장 불리한 부재력이 산출되도록 재하 • 최대 부재력이 3차로 이상의 활하중 동시 재하로 발생하는 경우에는 도로교설계기준(2010년)에 따라 백분율로 감소 - 3차로 동시 재하 시 : 90%	

4) 단면력 집계표

구 분		위 치	합성전 해석결과		합성후 해석결과		합 계
			BEAM자중	고정하중	고정하중	활하중	
외측 거더	전 단 력	0.000	396.022	346.690	400.930	331.836	1,475.478
		4.250	270.657	256.914	300.697	286.634	1,114.902
		8.500	182.208	173.501	200.465	241.432	797.606
	휨모멘트	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
		4.250	1384.581	1269.134	1490.957	1218.193	5,362.865
		8.500	2346.919	2183.765	2555.927	2052.170	9,138.781
내측 거더	전 단 력	0.000	396.022	312.187	24.926	311.197	1,044.332
		4.250	270.657	227.932	18.695	271.756	789.04
		8.500	182.208	156.405	12.463	232.315	583.391
	휨모멘트	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
		4.250	1384.581	1120.706	92.694	1154.961	3,752.942
		8.500	2346.919	1937.422	158.904	1974.675	6,417.92

5) 거더 휨 응력

① 외측 거더 응력 산정결과

구 분		모 멘 트 (kN.m)	단면계수 $Z(m^3)$	콘크리트단면휨응력(MPa)				P.S강선 응력 (MPa)
				슬 래 브	P.S.C BEAM			
				상 연	상 연	하 연	강선도심	
고정 하중	BEAM 자중	3143.88	0.4137		7.600			
			0.4310			-7.295		
			0.4891				-6.428	
	합성전	2949.52	0.4263		6.918			
			0.4812			-6.129		
			0.5492				-5.370	-34.769
	합성후	3407.90	1.1947	2.853				
			1.6397		2.078			
			0.6790			-5.019		
			0.7399				-4.606	-29.822
활 하 중		2651.85	1.1947	2.220				
			1.6397		1.617			
			0.6790			-3.906		
			0.7399				-3.584	-23.206
합 계		12,153.15	-	5.073	18.213	-22.349	-19.988	-87.797

주) 인장응력(+), 압축응력(-)로 표기함.

② 내측 거더 응력 산정결과

구 분		모 멘 트 (kN.m)	단면계수 Z(m^3)	콘크리트단면휨응력(MPa				P.S강선 응력 (MPa)
				슬 래 브	P.S.C BEAM			
				상 연	상 연	하 연	강선도심	
고정 하중	BEAM 자중	3143.88	0.4137		7.600			
			0.4310			-7.295		
			0.4891				-6.428	
	합성전	2658.89	0.4263		6.237			
			0.4812			-5.525		
			0.5492				-4.841	-31.343
	합성후	211.87	1.1735	0.181				
			1.6052		0.132			
			0.6769			-0.313		
			0.7379				-0.287	-1.859
활 하 중		2608.36	1.1735	2.223				
			1.6052		1.625			
			0.6769			-3.854		
			0.7379				-3.535	-22.885
합 계		8,623		2.404	15.594	-16.987	-15.091	-56.087

6) 프리스트레스

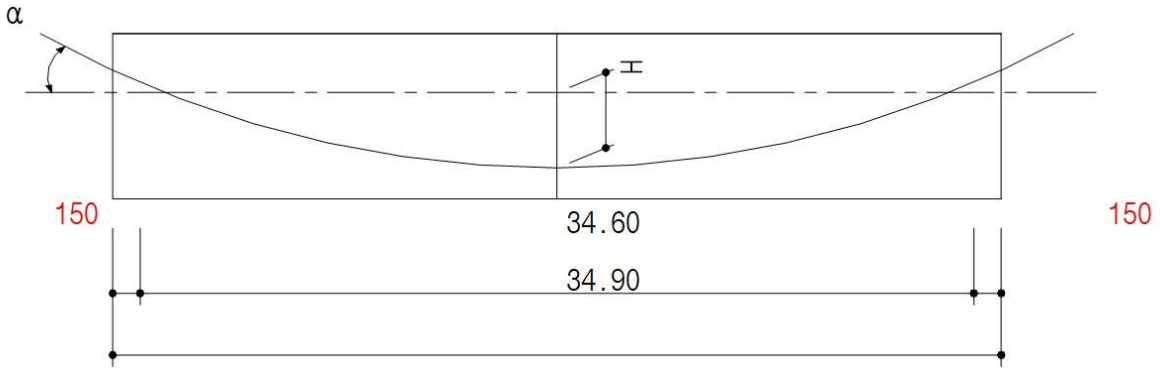
① 초기 프리스트레스

fpt = 1260MPa(허용치의 87.5%)

② 프리스트레스 손실

㉠ PS강선과 쉬스 사이의 마찰에 의한 손실(Δf_{pf})

▪ PS강선의 길이 및 접선 변화각 산출



번 호	Hend	Hmiddle	H	I	a	α (rad)	L
1	1.900	0.200	1.700	34.600	0.0057	0.1941	34.821
2	1.500	0.200	1.300	34.600	0.0043	0.1492	34.730
3	1.100	0.080	1.020	34.600	0.0034	0.1174	34.680
4	0.700	0.080	0.620	34.600	0.0021	0.0716	34.630
5	0.300	0.080	0.220	34.600	0.0007	0.0254	34.604
계				173.000		0.5576	173.465
평 균				34.600		0.1115	34.693

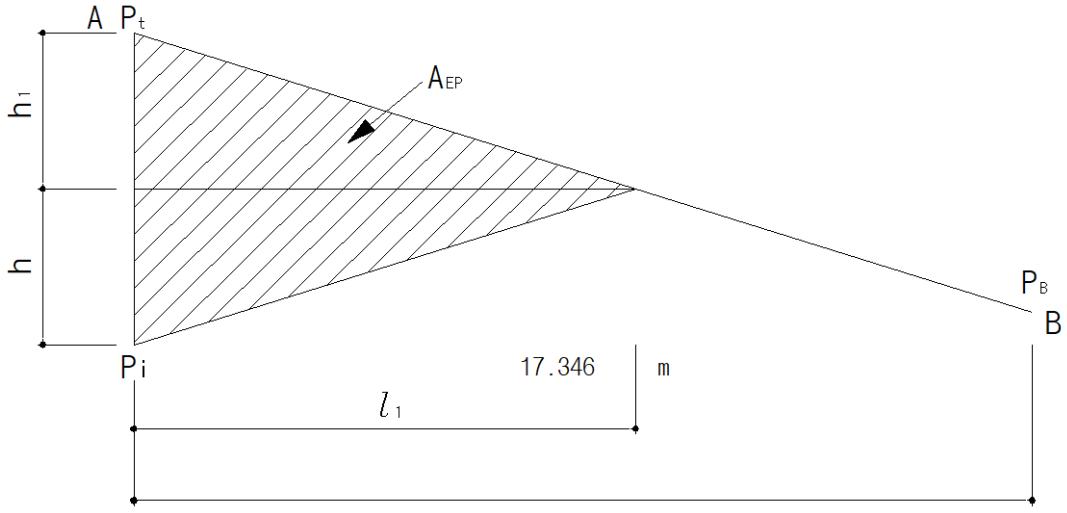
▪ PS강선과 쉬스 사이의 마찰에 의한 손실

○ fpf = 140.310MPa

㉡ 정착장치 활동량에 의한 손실량

▪ PS 강연선과 쉬스 사이에 마찰이 있는 경우

○ $\Delta l = \frac{A_{EP}}{A_p \cdot E_p}$ $\therefore A_{EP} = \Delta l \cdot A_p \cdot E_p$ = 6.0×5922.6×200,000 = 7107.120kN.m



○ 마찰에 의한 손실은 직선으로 변한다고 가정

- Pt = 1295.71×5922.60 / 10^3 = 7674.000KN
- PB = (1295.71-140.31)×5922.60/10^3 = 6843.000KN
- ΔPt = Pt - PB = 7674.000 - 6843.000 = 831.000KN
- l_1 : h1 = 17.35 : 831.00
- h1 = $\frac{831.00}{17.35} \times l_1$

- AEP = $\frac{1}{2} \times l_1 \times h_1 \times 2ea = \frac{831.00}{17.35} \times {l_1}^2$

- l_1 = 12.18m < 17.35m

∴ 정착장치의 활동량에 의한 손실이 중앙단면에는 영향을 미치지 않음.

㉡ 콘크리트 탄성변형에 의한 손실량(Δfpt)

▪ $\Delta f_{pel} = 0.5 \times \frac{E_s}{E_{ci}} \times f_{cir} = 0.5 \times \frac{E_s}{E_{ci}} (f_{ctg'} \frac{N-1}{N} + f_{dog'})$

여기서, Es : P.S 강재의 탄성계수(Ep = 200,000MPa)

E_{ci} : 27,033MPa(프리스트레스 도입시 콘크리트 탄성계수)

f_{cir} : 정착직후 주 거더의 고정하중과 프리스트레스 힘에의해 발생되는 긴장재 중심에서 콘크리트 응력으로 f_{cir}은 최대모멘트가 발생하는 단면에서 계산

$f_{ctg'}$: 프리스트레스에 의한 P.S 강선 도심위치에서의 응력

f_{dog} : 주 거더 자중에 의한 P.S강선 도심위치의 응력

- fpt = 1295.71 - 140.308 - 0 = 1155.405 MPa

- Pt′= N×fpt×Ap = 1155.40 × 5922.60 = 6843.000KN

- fctg′ = $\frac{P_t'}{A_c} + \frac{P_t' \cdot e_{p2}}{Z_{p2}} = \frac{6843}{789594} + \frac{6843 \times 949}{489076902.53}$ = 21.951MPa

- fdog = $\frac{M_d}{Z_{p2}} = \frac{3143.88}{489076902.53}$ = -6.428MPa

- fcir = 4/5 × 21.95 × 6.43 = 11.132MPa

- Δfpel = $0.5 \times \frac{E_s}{E_{ci}} \times f_{cir} = 0.5 \times \frac{200,000}{27032.90} \times 11.13$ = 41.181MPa

㉢ 프리스트레스 도입 직후의 콘크리트 응력

▪ 프리스트레스에 의한 콘크리트 응력

- Pt = 1114.22 × 5922.60 / 10^3 = 6599.100KN

- fct = $\frac{P_t}{A_c} + \frac{Pt \times e_{p2}}{Z_{t2}} = \frac{6599.10}{789594} + \frac{6599.10 \times 949.45}{413658348.23}$ = -6.789MPa

- fcb = $\frac{P_t}{A_c} + \frac{Pt \times e_{p2}}{Z_{t2}} = \frac{6599.10}{789594} + \frac{46599.10 \times 949.45}{430974934.98}$ = 22.896MPa

▪ 주 거더 자중에 의한 콘크리트 응력

- fct = 3143.88 / 413658348.23 = 7.600MPa
- fcb = 3143.88 / 430974934.98 = -7.295MPa

▪ 프리스트레스 도입직후의 콘크리트 응력 총계

- fct = -6.789 + 7.600 = 0.811MPa
- fcb = 22.8963 -7.295 = 15.601MPa

7) 설계하중 작용시의 휨응력

내·외측 거더의 응력 검토 결과는 아래표와 같으며, 검토 결과 거더응력은 허용응력 범위 이내로 나타났다.

① 외측거더

구 분		프리스트레스 도입 직후			설계하중 작용시		
		Prestress	거더자중	계	유효 Prestress	총하중 (D+L(1+i))	계
거더	상연	-6.789	7.600	0.811	-5.830	18.214	12.384
	하연	22.896	-7.295	15.601	19.663	-22.349	-2.686
거더 허용응력		1.41 < 계 < 19.20			3.16 < 계 < 18.00		
바닥판		-			5.072		5.072
바닥판 허용응력		-			0.68 < 계 < 10.800		

② 내측거더

구 분		프리스트레스 도입 직후			설계하중 작용시		
		Prestress	거더자중	계	유효 Prestress	총하중 (D+L(1+i))	계
거더	상연	-6.789	7.600	0.811	-5.634	15.594	9.960
	하연	22.896	-7.295	15.601	19.000	-16.987	2.013
거더 허용응력		1.41 < 계 < 19.20			3.16 < 계 < 18.000		
바닥판		-			2.403		2.403
바닥판 허용응력		-			0.68 < 계 < 10.800		

8) 거더 안전성평가 결과

【표 2.9.30】 거더 안전성평가 결과

구 분	최종 발생응력(MPa)			허용응력 (MPa)	안전율	검토결과
	고정하중	설계활하중	유효 프리스트레스			
외측거더	16.597	1.617	-5.830	18.000	1.453	O.K
	-18.443	-3.906	19.663	0	-	O.K
내측거더	13.969	1.625	-5.634	18.000	1.807	O.K
	-13.133	-3.854	19.000	0	-	O.K

마. 안전성평가 결과

바닥판 및 거더의 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 “A”로 검토되었다.

【표 2.9.31】 안전성 평가 결과

	구 분	켄틸레버부	중앙부
바닥판	안전율	1.263	-
	최소안전율	**S.F = 1.263**	
	구 분	외측거더	내측거더
거 더	안전율	1.453	1.807
	최소안전율	**S.F = 1.453**	

3.2.3 내하력평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

가. 개요

1) 강도설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서, ϕM_n = 설계휨강도 M_d = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$ = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d = 고정하중 계수 (1.30) γ_ℓ = 활하중 계수 (2.15)

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수 P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24)

2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서, f_ℓ = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

f_a = 재료의 허용응력 f_d = 고정하중 응력

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수

P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

나. 기본내하율 산정

【표 2.9.32】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과

구 분		ϕMn(kN·m)	M_d(kN·m)	$M_l(1+i)$(kN·m)	기본내하율(RF)
바닥판	켄틸레버	-	-	-	-
	중 앙 부	-	-	-	-

【표 2.9.33】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과

구 분		허용응력 (f_a)(MPa)	고정하중응력 (f_d)(MPa)	활하중응력 (f_l)(MPa)	프리스트레스 (MPa)	기본내하율 (RF)	비고
외측거더	상연	18.000	16.597	1.617	-5.830	4.473	
	하연	-3.16	-18.443	-3.906	19.663	**1.121**	
내 측 거 더	상연	18.000	13.969	1.625	-5.634	5.948	
	하연	-3.16	-13.133	-3.854	19.000	**2.342**	

다. 내하력평가 결과

【표 2.9.34】 공용내하력 산정결과

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	외측거더	4.592	1.121	5.148	DB, DL-24 이상
	내측거더	4.592	2.342	10.754	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

3.3 종합평가 및 안전등급

3.3.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

산수교의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.9.35】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

3.3.2 안전등급 지정

산수교에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.9.36】 산수교 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	산수교	A등급(우수)

3.4 종합결론

산수교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

제10장 복현1교

10.1 시설물의 개요
10.2 현장조사 및 시험
10.3 상태평가
10.4 교량 재하시험
10.5 안전성평가 및 내하력평가
10.6 종합평가 및 안전등급
10.7 종합결론

제10장 복현1교

10.1 시설물의 개요

10.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 복현1교에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

【표 2.10.1】 과업대상 시설물의 개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		복현1교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 30.0 + 45.0 + 30.0 = 105.0m			
	폭	B = 24.640m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	직접기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(국도17호선)	통과높이		5.3m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

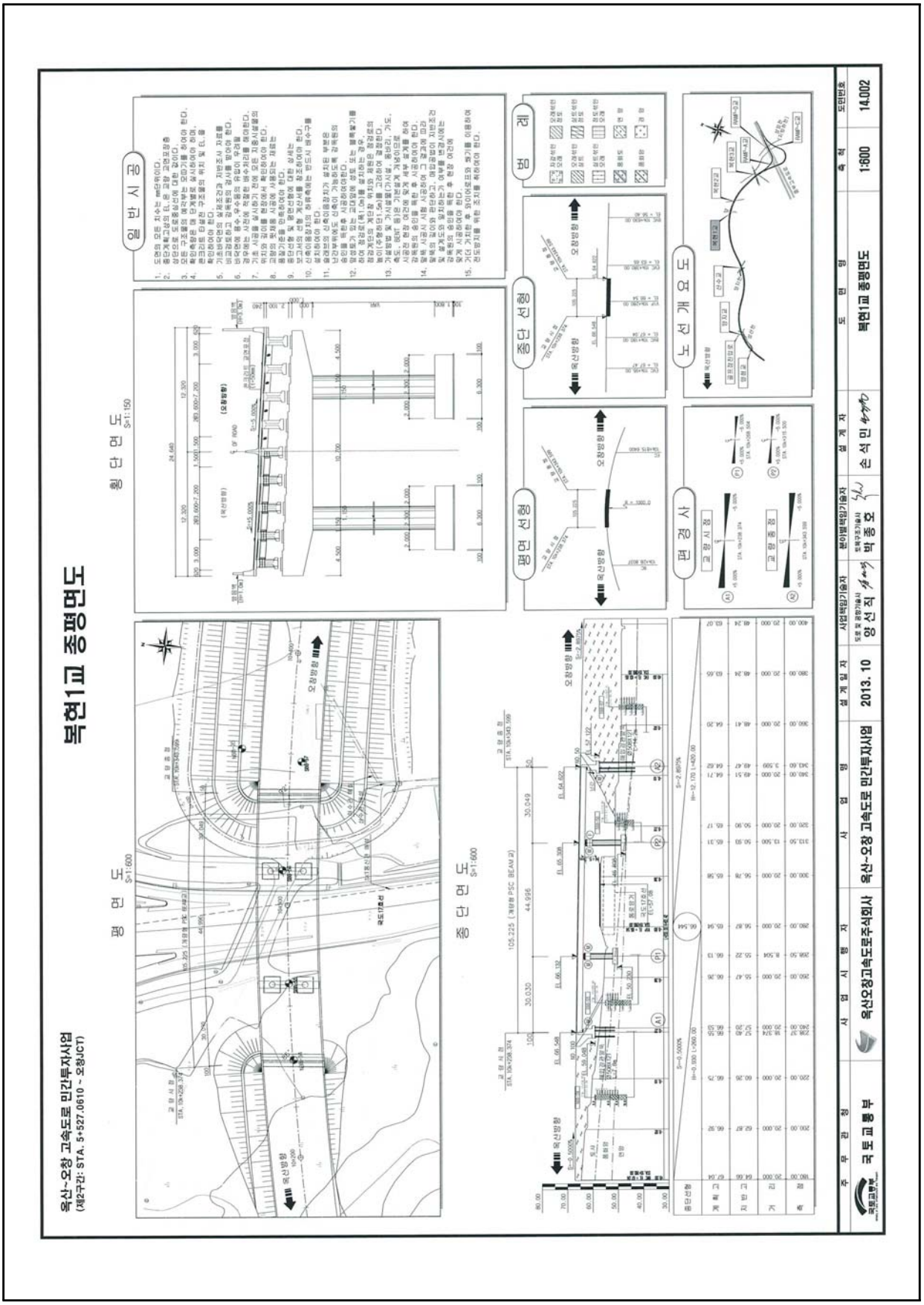


상면전경

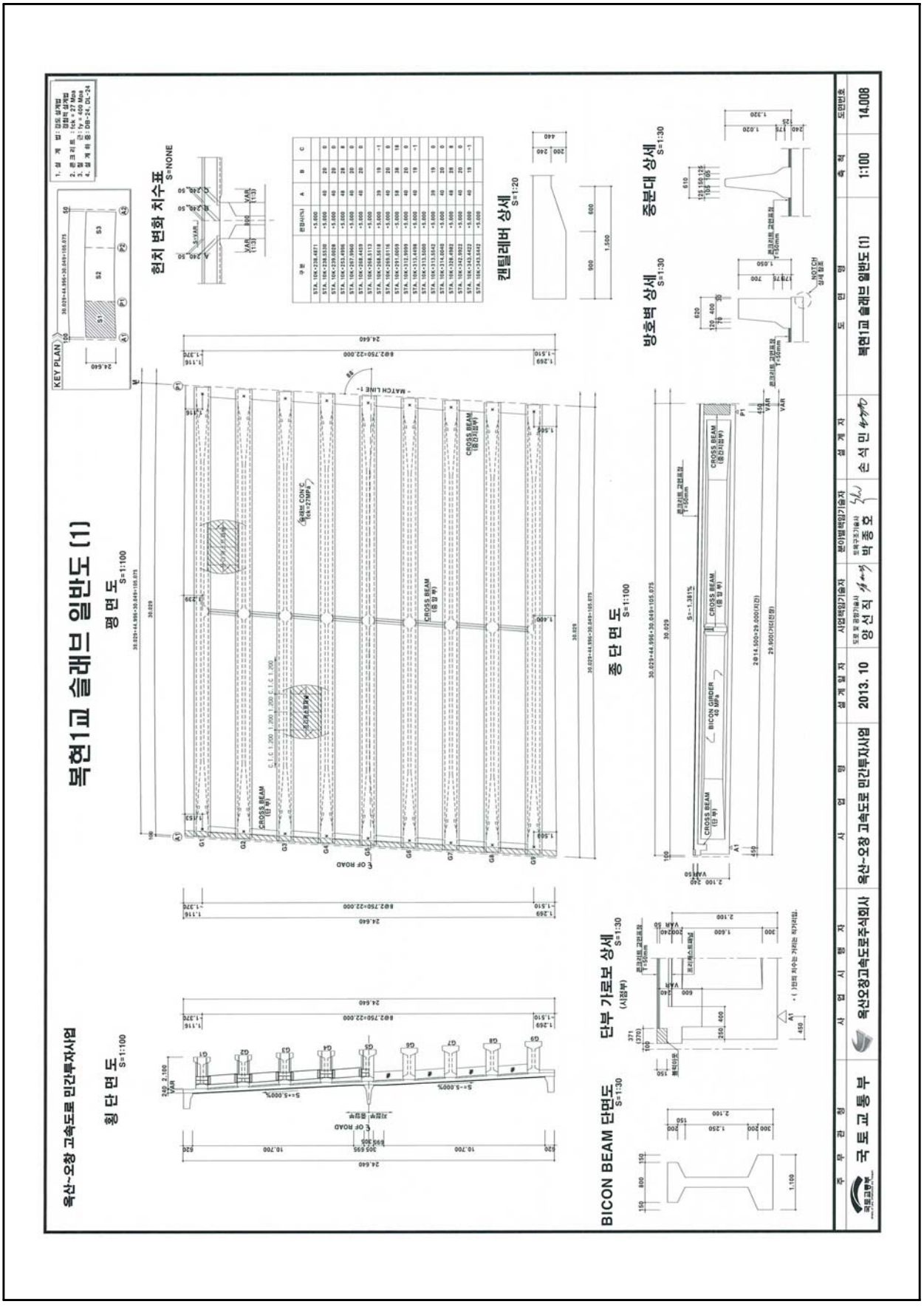


측면전경

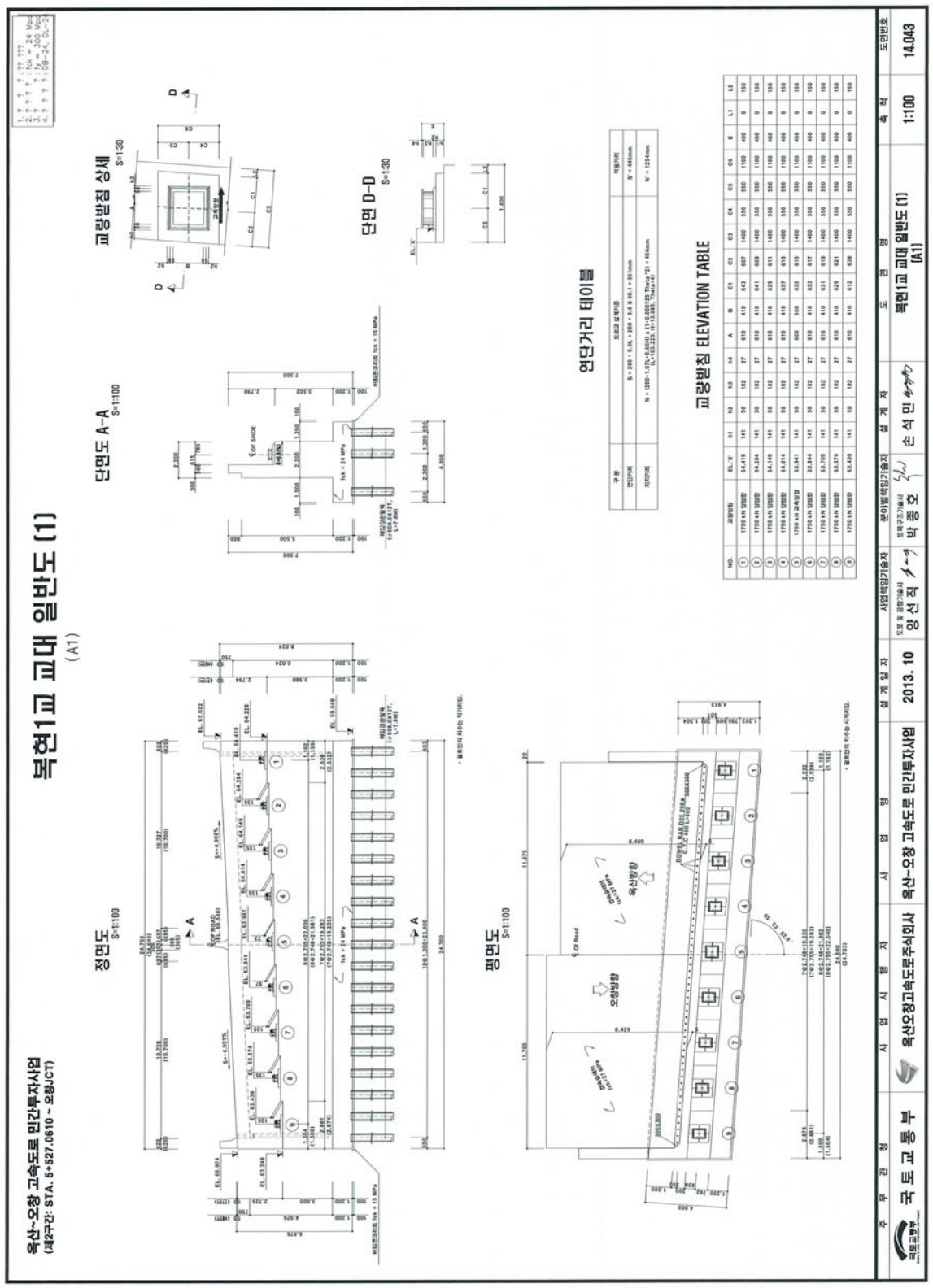
10.1.2 관련도면



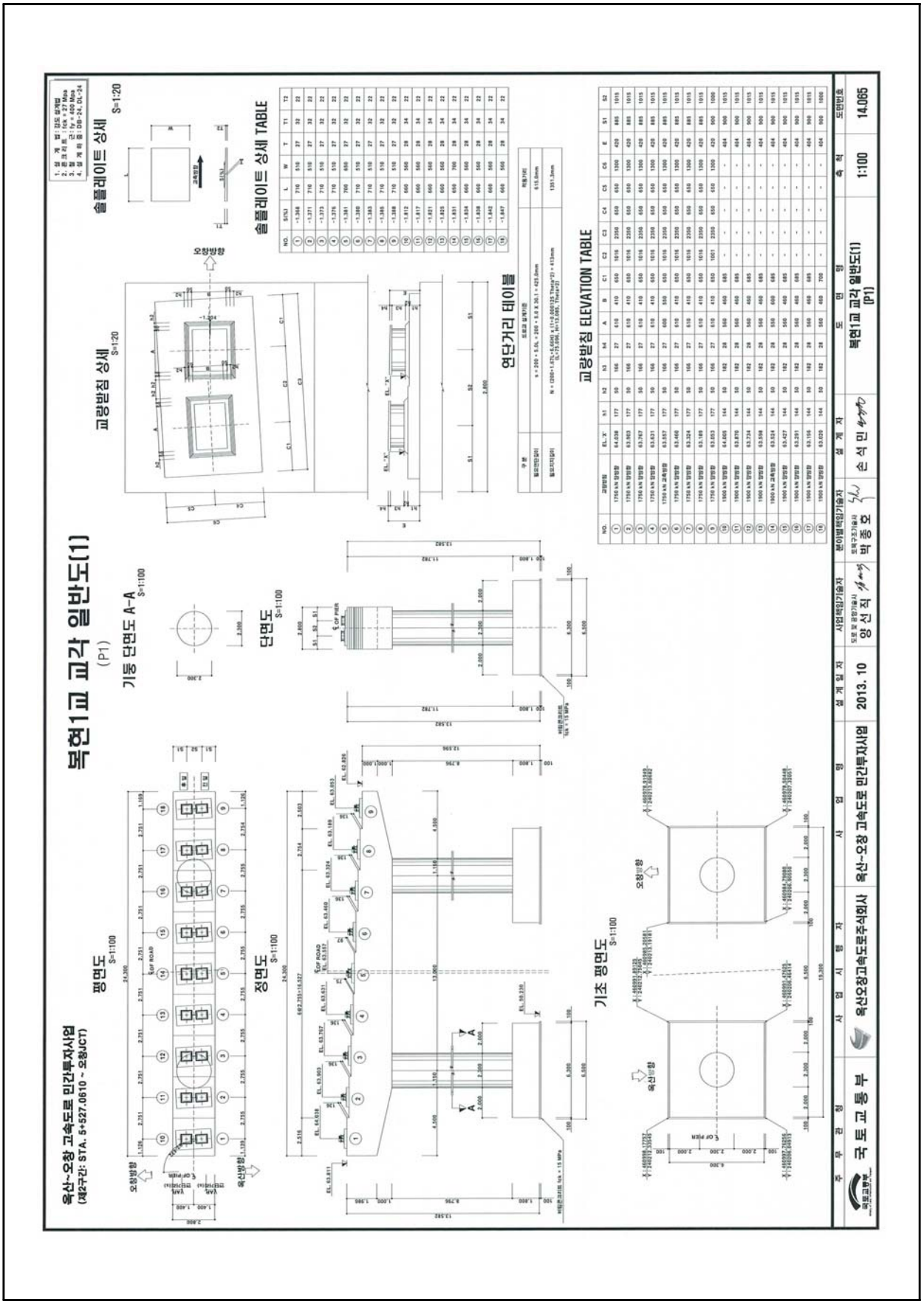
【그림 2.10.1】 종평면도



【그림 2.10.2】 슬래브 일반도



【그림 10.2.3】 교대(A1) 일반도



【그림 2.10.4】 교각(P1) 일반도

10.2 현장조사 및 시험

10.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 복현1교에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교면포장 상태양호



교면포장 상태양호

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



배수구 상태양호



배수관 설치상태 양호

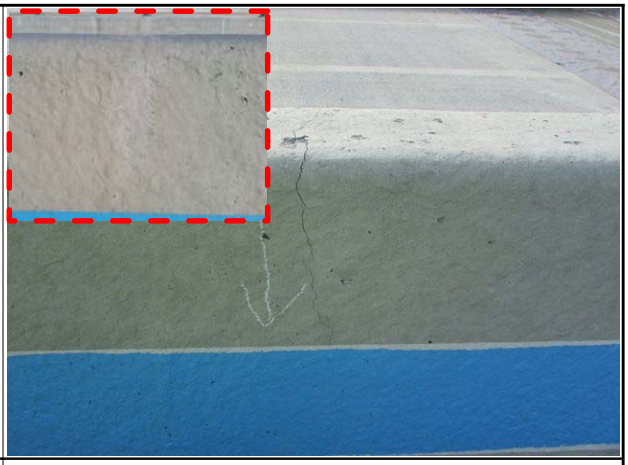
다. 난간 및 연석

본 교량의 외측 방호벽 및 중앙분리대는 콘크리트 구조로 시공되어있다. 방호벽 및 중앙분리대에 대한 외관조사 결과, 일부 구간에서 균열(폭 0.3mm미만 및 이상)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
방호벽	균열(폭 0.3mm미만)	11.0m/11ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	12.0m/6ea	보수완료
중앙분리대	균열(폭 0.3mm미만)	25.0m/25ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	27.0m/9ea	보수완료



방호벽 전경



중앙분리대 균열(폭 0.3mm)(보수완료)

라. 신축이음

본 교량의 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동상태도 양호한 것으로 나타났다.



신축이음 상태양호(A1)



신축이음 상태양호(A2)

마. 바닥판 하면

바닥판의 캔틸레버부는 철근콘크리트 구조로 시공되어 있으며, 중앙부는 프리캐스트패널로 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과, 특별한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



바닥판 하면 중앙부 프리캐스트패널 상태양호



바닥판 하면 캔틸레버부 상태양호

바. 거더

본 교량의 거더는 Bicon Girder 형식이며, 외관조사 결과 특별한 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



거더 상태양호



거더 상태양호

사. 가로보

경간 단부 및 지점부는 철근콘크리트로 시공되어 있으며, 경간 중앙부는 강재로 시공되어 있다. 가로보에 대한 점검결과, 구조적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



콘크리트 가로보 상태양호



강재 가로보 상태양호

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

본 교량의 받침장치는 탄성받침 형식으로 총 54개소(9개소/교대 1EA당, 18개소/교각 1EA당)가 설치되어 있으며, P2에 고정단이 설치되어 있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받침 콘크리트 파손 1개소 및 받침몰탈 균열(폭 0.3mm미만) 2개소가 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교량받침	받침콘크리트 파손	0.04㎡/1ea	보수완료
	받침몰탈 균열(폭 0.3mm미만)	3.0m/2ea	보수완료



교각 P2 받침콘크리트 파손(보수완료)



교각 P2 받침몰탈 균열(폭 0.3mm미만)(보수완료)

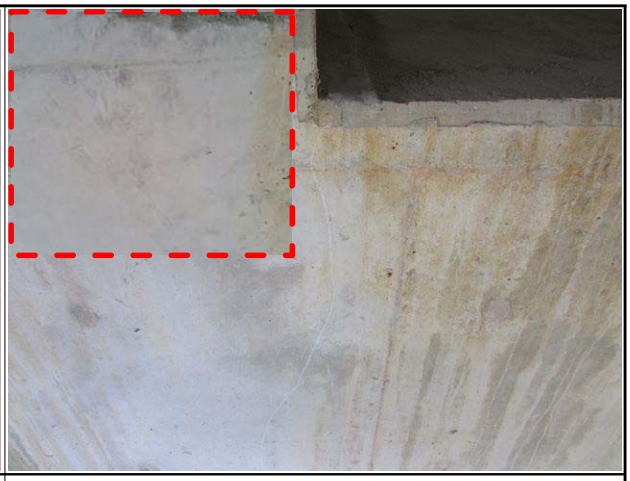
자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 교대 점검결과, 균열(폭 0.3mm미만 및 이상)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교대	균열(폭 0.3mm미만)	10.1m/14ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	2.5m/1ea	보수완료



교대 A1 균열(폭 0.3mm)(보수완료)

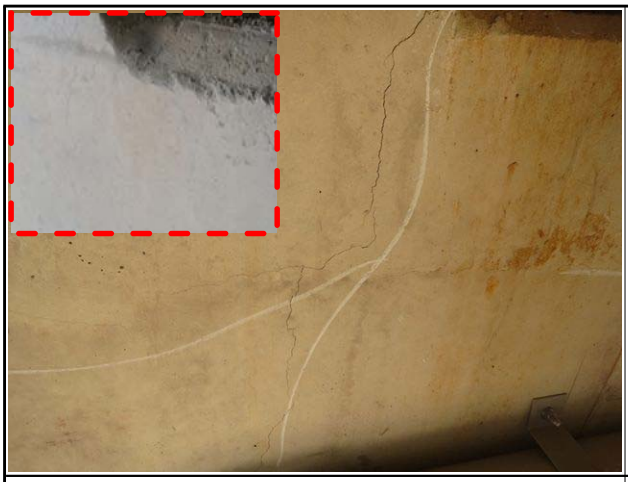


교대 A2 균열(폭 0.3mm미만)(보수완료)

차. 교각

교각은 Ⅱ형식으로 시공되어 있다. 교각 점검결과, 균열(폭 0.3mm미만 및 이상), 망상균열, 파손 등의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

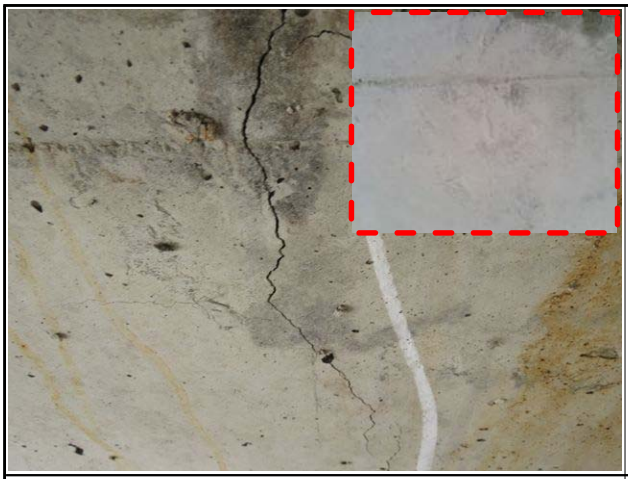
구 분	손상상태	손상물량	비 고
교각	균열(폭 0.3mm미만)	84.9m/62ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	3.5m/4ea	보수완료
	망상균열	29.5㎡/2ea	보수완료
	파손	0.04㎡/1ea	보수완료



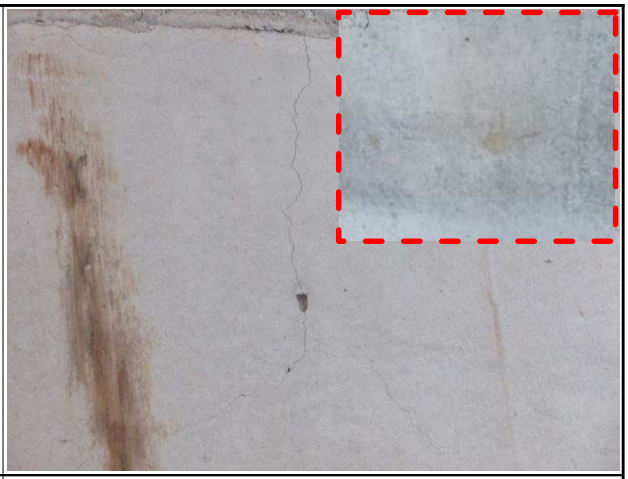
교각 망상균열(보수완료)



교각 파손(보수완료)



교각 균열(폭 0.3mm)(보수완료)

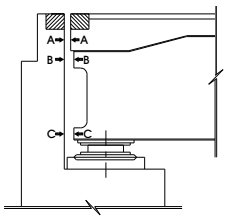


교각 균열(폭 0.2mm)(보수완료)

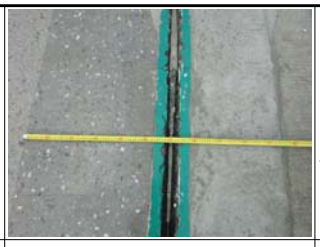
10.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

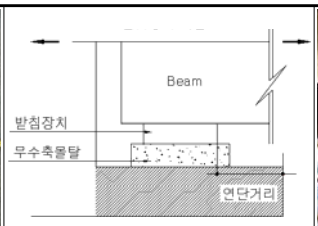
부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법



유간거리 측정전경



연단거리 측정방법



연단거리 측정전경

【그림 2.10.5】부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.10.2】온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 11일		
온도변화 범위	-15℃~+40℃(한냉지방)	선팽창 계수(α)	1.0×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (콘크리트교=1/300)		
주형높이(h)	2,100m		
지간장(L)	A1~P1, P2~A2 : 30.0m, P1~P2 : 45.0m		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 한냉지방, 콘크리트교 : -15~+40℃ 적용

※ 유간 측정일 기온이 온도변화 범위(보통지방)를 초과하여 한냉한지방의 온도범위로 적용함.

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(-9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-15℃)=5.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=30.0m, 45.0m)

{[A1지점] = 75.0m, [A2지점] = 30.0m}

▷ A1지점 = (36.98mm - 신장 / 4.28mm - 수축)

▷ A2지점 = (14.79mm - 신장 / 1.71mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 (Δℓt)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.10.3】 유간거리 검토결과

위치		계산 신축량 (mm)			복현1교		
					측정유간 (mm)	판정	
		Δℓt	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A1	신장	36.98	5.0	41.98	65.0	OK	OK
	수축	4.28	5.0	9.28	35.0	OK	OK
A2	신장	14.79	5.0	19.79	40.0	OK	OK
	수축	1.71	5.0	6.71	10.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A1=100㎜, A2=50㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이

  * 30.0m : S = 200 + (5 × 30.0) = 350.0(㎜)

  * 45.0m : S = 200 + (5 × 45.0) = 425.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 420㎜~700㎜로 도로교 설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 350㎜~425㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.10.4】 연단거리 측정결과

구 분			실측거리(mm)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(mm)	평 가
복현1교	A1		420	30	350	O.K
	P1	A1측	630	30	350	O.K
		A2측	640~660	45	425	O.K
	P2	A1측	650~700	45	425	O.K
		A2측	640~670	30	350	O.K
	A2		520	30	350	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.10.5】 교량받침 이동량 측정결과

측정당시 온도		3.3℃ (2017년 11월 20일)				교량받침 종류		탄성받침			
구분		가동단 변위량(mm)									허용이동량 (mm)
		SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	SH8	SH9	
A1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	±108
P1	A1측	0	0	0	0	0	0	0	0	0	±90
	A2측	0	0	0	0	0	0	0	0	0	±108
P2		Fix									
A2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	±108

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.3℃(2017년 11월 20일)

2) 온도변화 : -5℃~35℃(콘크리트교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 35℃-(3.3℃)=31.7℃(신장), 3.3℃-(-5℃)=8.3℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10-5

L : 신축들보의 길이(L=30.0m, 45.0m, , 75.0m)

위 치	신축길이(m)	이론신축량		비 고
		신장량(mm)	수축량(mm)	
A1	75.0	23.78	6.23	
P1	45.0	14.27	3.74	
A2	30.0	9.51	2.49	

【표 2.10.6】 교량 받침 이동량 검토

구 분		신축장 (mm)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판정
			신장	수축	신장	수축	
A1		75,000	28.44	6.23	108	108	O.K
P1	A1측	45,000	14.27	3.74	90~108	90~108	O.K
	A2측						
A2		30,000	9.51	2.49	108	108	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▶검토결과 : 온도 3.3℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.nn

10.2.3 내구성조사

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대, 교각의 총 6개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.10.7】 반발경도시험 결과

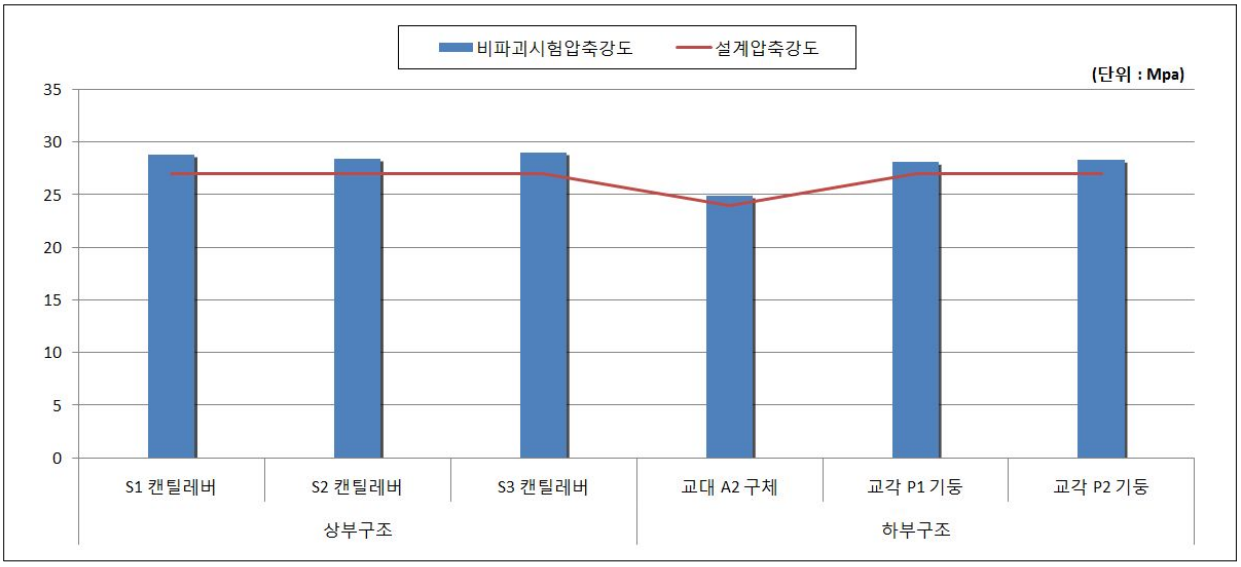
구 분		설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
상부구조	바닥판	27.0	28.5 ~ 29.1	105.6 ~ 107.8
하부구조	교 대	24.0	25.0	104.2
	교 각	27.0	28.2 ~ 28.4	104.4 ~ 105.2

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.10.8】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치		평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	재령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (MPa)	설계압축강도(MPa)
상부구조	S1 캔틸레버	50.2	-3.1	47.1	0.67	28.0	29.7	28.9	27.0
	S2 캔틸레버	49.7	-3.2	46.5	0.67	27.5	29.4	28.5	27.0
	S3 캔틸레버	50.6	-3.1	47.5	0.67	28.3	29.9	29.1	27.0
하부구조	교대 A2 구체	41.9	0.0	41.9	0.66	23.2	26.8	25.0	24.0
	교각 P1 기둥	46.7	0.0	46.7	0.66	27.2	29.1	28.2	27.0
	교각 P2 기둥	47.0	0.0	47.0	0.66	27.5	29.2	28.4	27.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.10.6】 콘크리트 강도시험 결과

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.10.9】 철근탐사시험 결과

탐사위치		배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	S1 캔틸레버	주 철 근	@200	62	≒@200	≒70
		배력철근	@250	78	≒@250	≒85
	S2 캔틸레버 (지점부)	주 철 근	@200	62	≒@200	≒65
		배력철근	@125	78	≒@125	≒80
	S3 캔틸레버 (지점부)	주 철 근	@200	62	≒@200	≒65
		배력철근	@125	78	≒@125	≒80
하부구조	교대 A2 구체	수직철근	@250	89	≒@250	≒95
		수평철근	@300	70	≒@300	≒75
	교각 P1 기둥	수직철근	@125	87.5	≒@125	≒90
		수평철근	@300	65.5	≒@300	≒65
	교각 P2 기둥	수직철근	@125	87.5	≒@125	≒90
		수평철근	@300	65.5	≒@300	≒65

10.3 상태평가

10.3.1 상태평가 결과

본 복현1교에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 **『A등급』**으로 평가되었다.

【표 2.10.10】 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
3	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
4	개량형 PSC BEAM	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.10.11】 상태평가 결과표

교 량 명	복현1교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본 교	0.100	A	105.0	4	420.0	1.000	0.100
합계(∑)			105.0		420.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

10.4 교량 재하시험

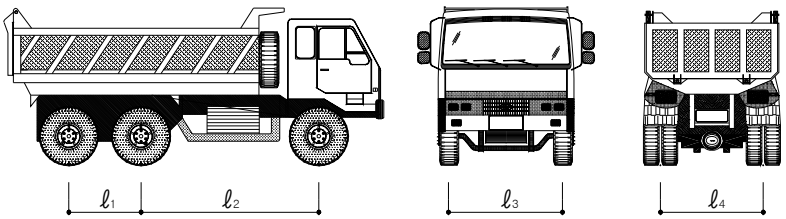
10.4.1 개 요

가. 현장시험의 개요

구 분		내 용
시험일자		2017. 12. 19
시험시간		PM 04:00 ~ PM 06:00
시험위치		S3(최대 정모멘트가 작용하는 지점)
재하시험차량 대수		2대
하중 경우 수	정적재하시험	Load Case 1~4 (4회)
	동적재하시험	10km/hr ~ 80km/hr

나. 재하시험 차량의 제원 및 하중

대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62~64%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN, 276.00kN 트럭 2대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

차 량 제 원	계량증명서
	

구 분	재하차량 제원(m)			
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
15ton 덤프트럭	1.30	3.20	2.10	1.85
구 분	**총 중 량 (kN)**	**전륜축중량 (kN)**	**중륜축중량 (kN)**	**후륜축중량 (kN)**
1호차 - 덤프트럭 (5328)	269.10	79.80	94.65	94.65
2호차 - 덤프트럭 (7001)	276.00	79.80	98.10	98.10

다. 교량 재하시험 사진

<table>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td>변형률계 설치 현황</td><td>처짐계 설치 현황</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가속도계 설치 현황</td><td>재하시험 계측 전경</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>정적 재하시험 전경</td><td>동적 재하시험 전경</td></tr>
</table>

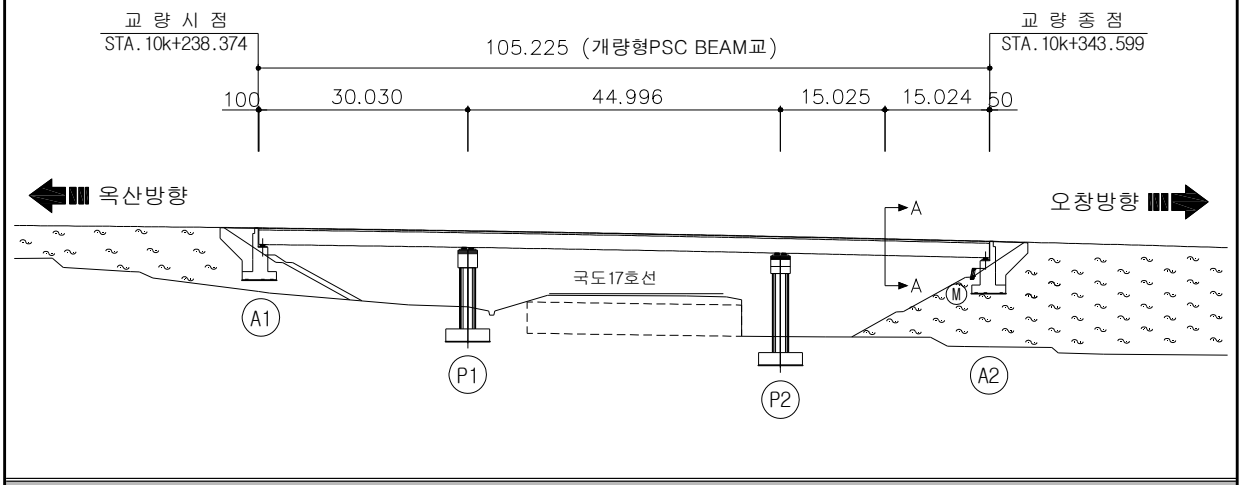
라. 계측센서 사양 및 수량

구분	센서명	모델명	사 양	수량(ea)
계측센서	콘크리트 변형률게이지	PL-60 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20~+80℃ • 형식 : 전기저항식	6
	처짐계	OU-30	• 범위 : ±30mm • 민감도: ($x10^{-6}$/mm) : 1000 • 허용온도범위 : 0~+60℃ • 형식 : 전기저항식	5
	가속도계	ARF-20A	• 용량 : 2.04g • 응답주파수 : 80hz • 고유주파수 : 150hz • 형식 : 전기저항식	1
소 계				12
측정장비	정, 동적 시험장비	DRA-30A	• 측정점수 : 30채널 • 측정대상 : Dynamic Strian, 전압 • 각 채널별 112k word 데이터메모리 탑재 (정적스트레인측정시 30000scans)	1
소 계				1

마. L/C별 재하시험 방법

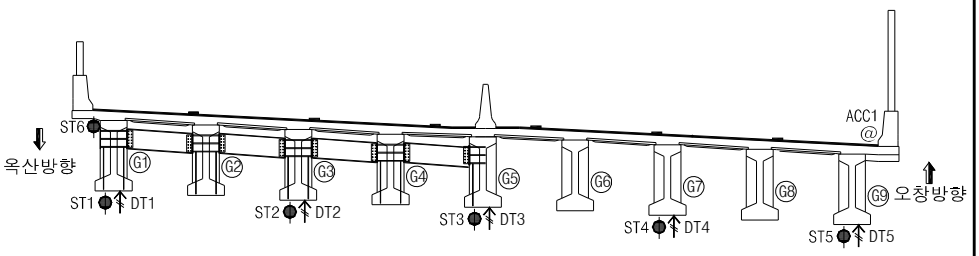
재하시험 위치	재하목적	비 고
외측경간(S3)	· 최대 정모멘트가 작용하는 지점	

바. 계측센서 설치도



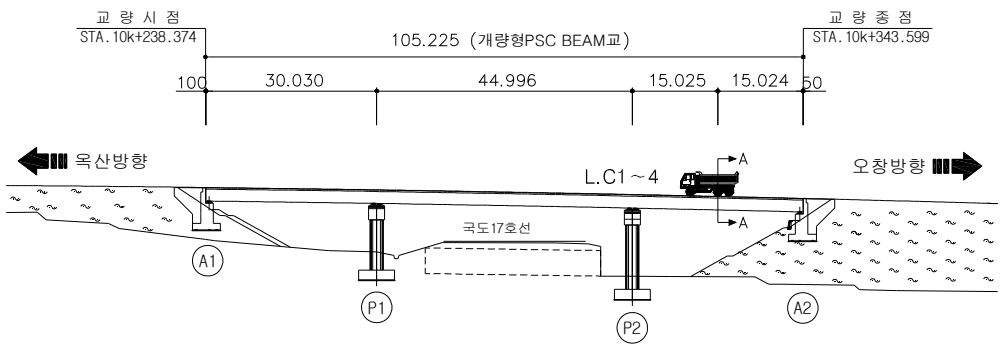
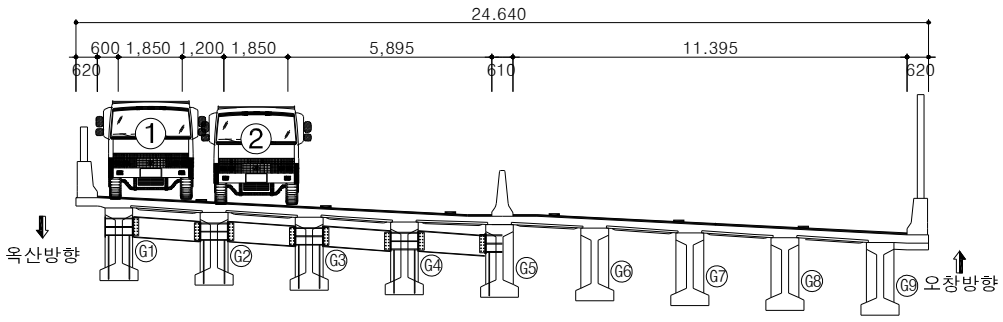
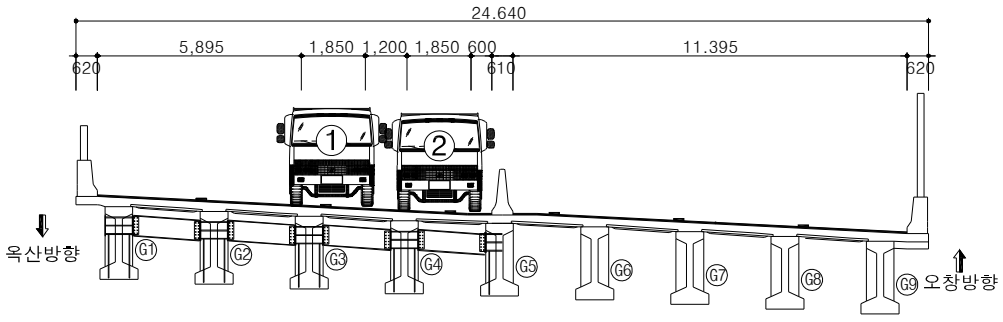
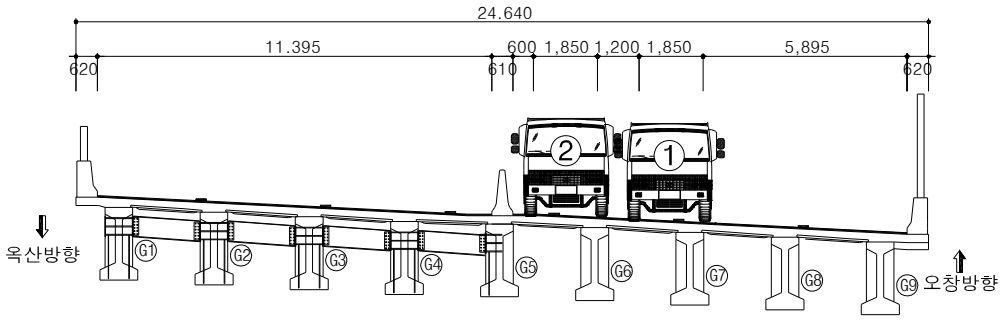
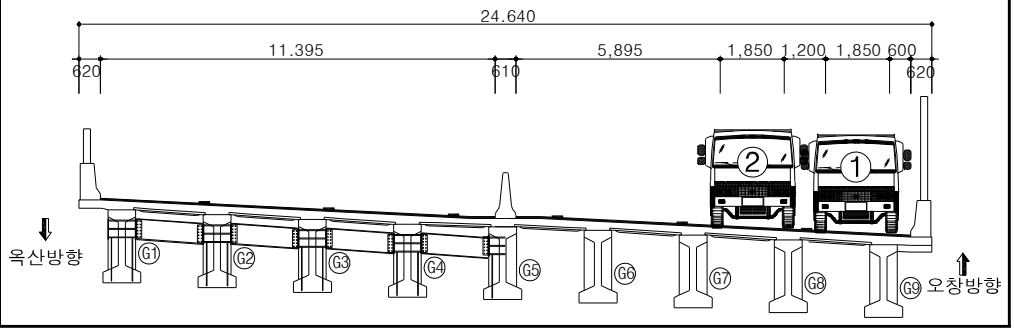
재하시험 경간

A-A단면 부착위치

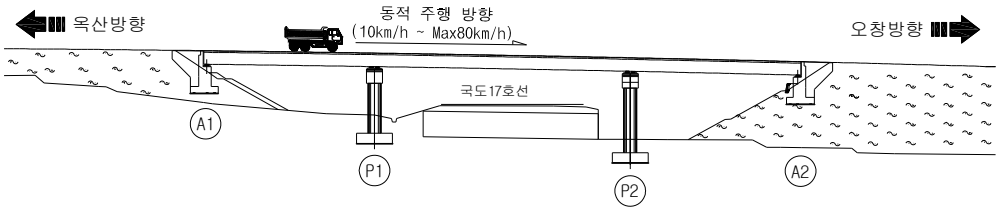
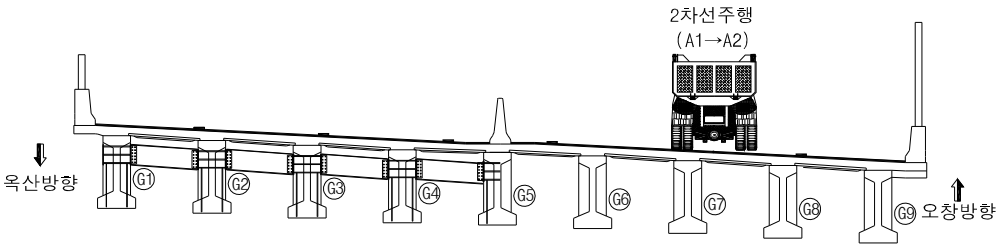


구 분	계측기명	설치수량	비 고
●	콘크리트 변형률계	6	교축방향
↑	처짐계	5	연직방향
@	가속도계	1	연직방향
계측센서 총 수량		12	

사. 정적 재하시험 LOAD CASE

종방향 재하위치	
L.C 1	
L.C 2	
L.C 3	
L.C 4	

아. 동적 재하시험 LOAD CASE

차량주행방향	
주행위치	

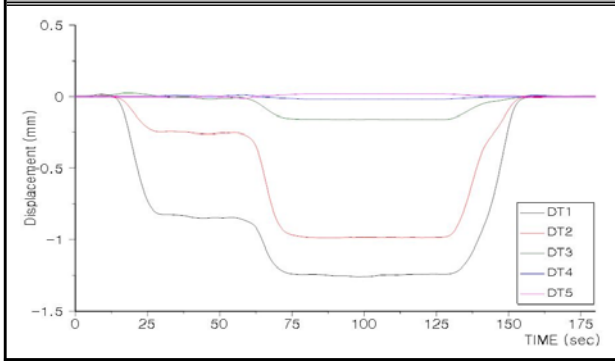
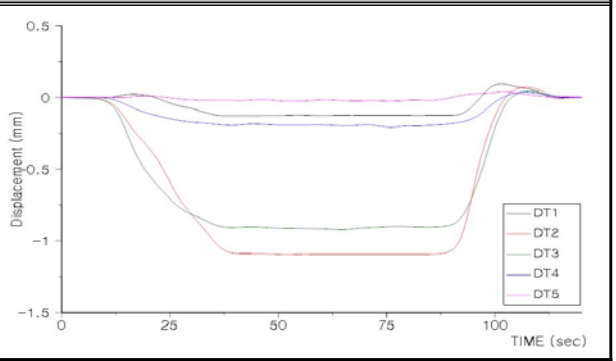
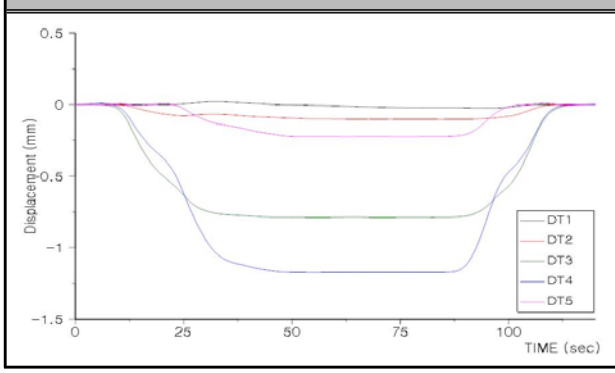
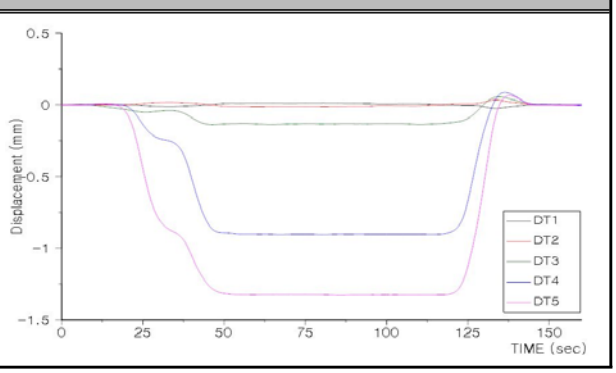
재하경우	주행방향	주행위치	비 고
10km/hr	종점→시점	오창방향 2차선	재하차량 1대
20km/hr	종점→시점	오창방향 2차선	재하차량 1대
30km/hr	종점→시점	오창방향 2차선	재하차량 1대
40km/hr	종점→시점	오창방향 2차선	재하차량 1대
50km/hr	종점→시점	오창방향 2차선	재하차량 1대
60km/hr	종점→시점	오창방향 2차선	재하차량 1대
80km/hr	종점→시점	오창방향 2차선	재하차량 1대

10.4.2 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

가. 재하시험에서 측정된 계측DATA

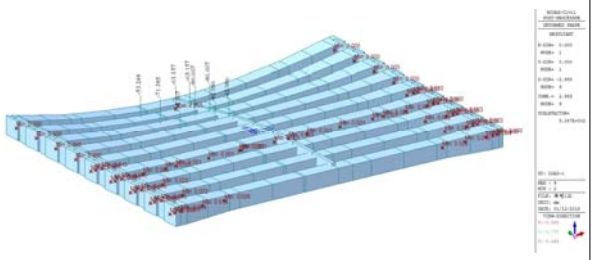
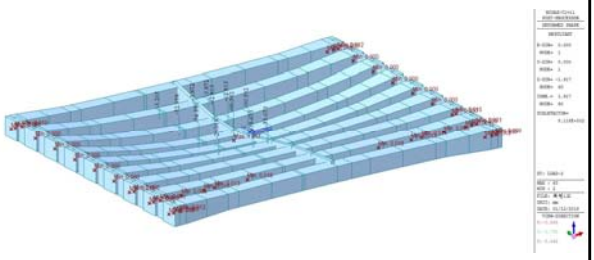
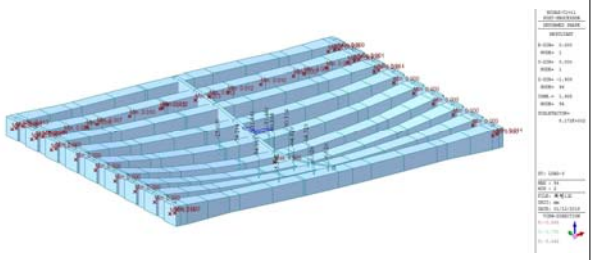
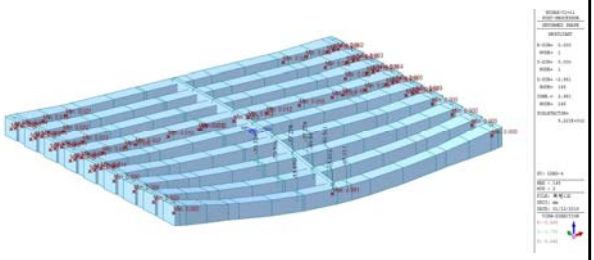
구 분	L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	비 고
ST1	27.36	0.94	0.95	-0.75	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST2	20.87	24.85	1.77	0.71	
ST3	1.79	16.22	15.22	1.63	
ST4	0.70	2.77	25.52	19.11	
ST5	-0.42	0.96	0.97	29.51	
ST6	-5.80	-1.50	-0.15	-0.03	
DT1	-1.246	-0.126	-0.017	0.011	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT2	-0.985	-1.094	-0.102	-0.013	
DT3	-0.159	-0.923	-0.788	-0.134	
DT4	-0.017	-0.192	-1.173	-0.904	
DT5	0.016	-0.023	-0.224	-1.325	

L.C1 처짐	L.C2 처짐
	
L.C3 처짐	**L.C4 처짐**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

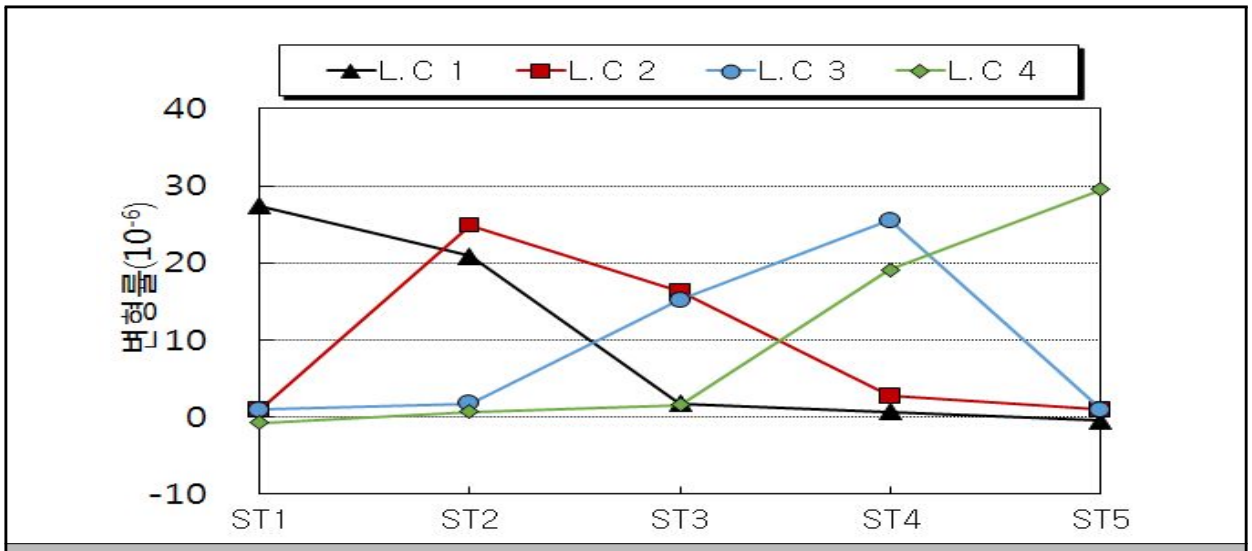
나. 구조해석에 의한 변위량

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	비 고
G1(DT1)	-2.955	-0.294	0.219	0.059	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
G3(DT2)	-1.532	-1.719	-0.339	0.087	
G5(DT3)	-0.249	-1.510	-1.473	-0.226	
G7(DT4)	0.083	-0.361	-1.739	-1.495	
G9(DT5)	0.061	0.218	-0.337	-2.981	

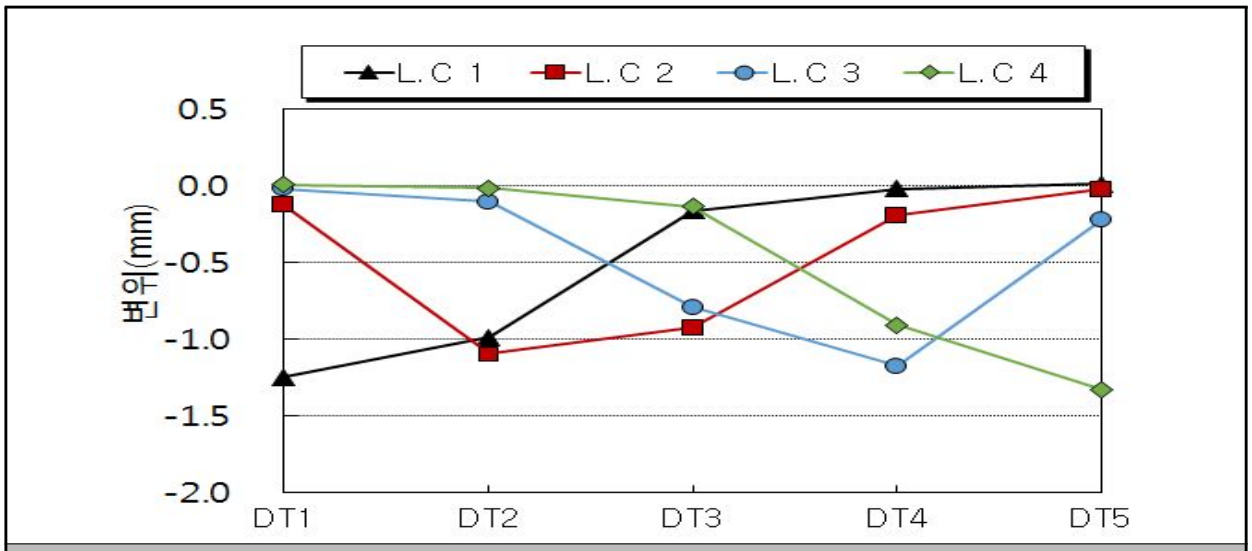
L.C1 하중재하 및 처짐	L.C2 하중재하 및 처짐
	
L.C3 하중재하 및 처짐	**L.C4 하중재하 및 처짐**
	

다. 하중 횡분배 검토 결과

거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단면응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 하중 횡분배는 대체로 대칭성을 보이고 있는 양호한 것으로 평가되었다.



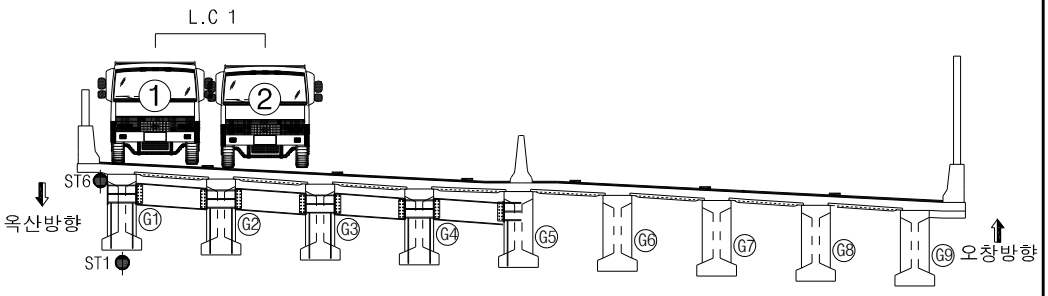
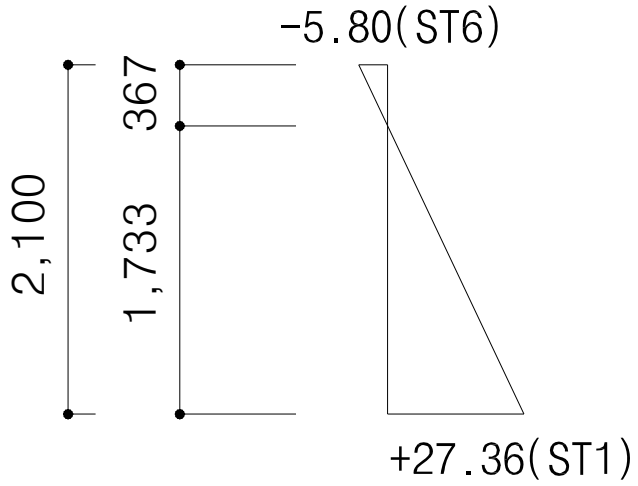
변형율 횡분배 현황



처짐 횡분배 현황

라. 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

<table>
<tr><th>구 분</th><th>L.C 1</th></tr>
<tr><td>재하위치</td><td>
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">중립축</td><td>L.C 1(3경간 - G1)</td></tr>
<tr><td>
</td></tr>
<tr><td><table>
<tr><th>구분</th><th>이론중립축위치
(mm)</th><th>실측중립축위치
(mm)</th></tr>
<tr><td>3경간</td><td>1,372</td><td>1,733</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>검토 의견</td><td>* 실측중립축이 이론중립축 대비 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.</td></tr>
</table>

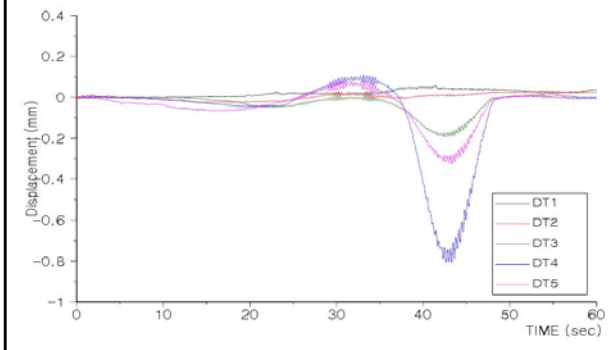
10.4.3 동적 재하시험 결과

가. 동적처짐

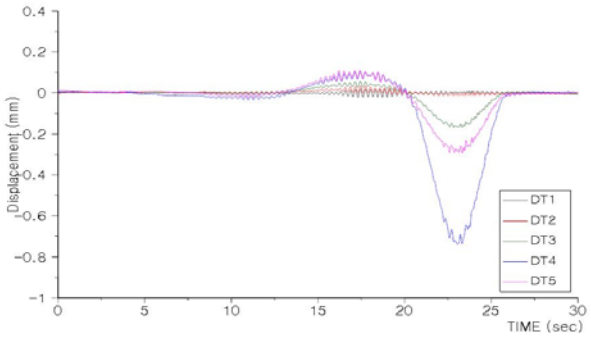
동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

구 분		주행속도 (km/h)							비고
		10	20	30	40	50	60	80	
3경간	G1(DT1)	-0.006	-0.021	-0.008	-0.007	-0.027	-0.040	-0.020	단위 : ㎜
	G3(DT2)	-0.026	-0.013	-0.024	-0.013	-0.017	-0.022	-0.026	
	G5(DT3)	-0.192	-0.169	-0.197	-0.156	-0.164	-0.162	-0.197	
	G7(DT4)	-0.807	-0.738	-0.794	-0.771	-0.734	-0.766	-0.782	
	G9(DT5)	-0.325	-0.292	-0.322	-0.270	-0.325	-0.392	-0.272	

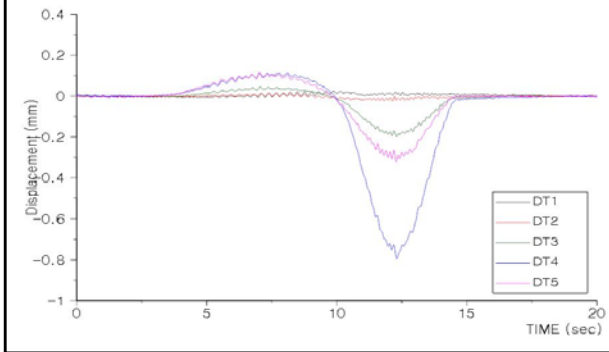
10km/hr



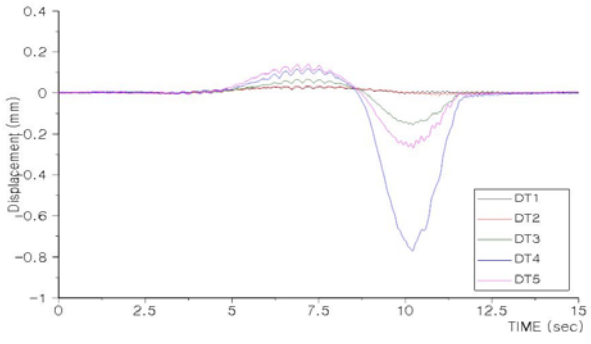
20km/hr



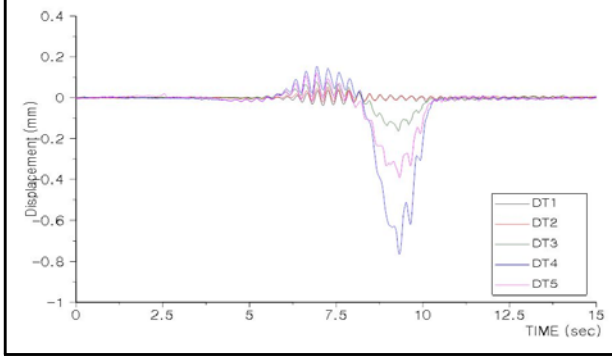
30km/hr



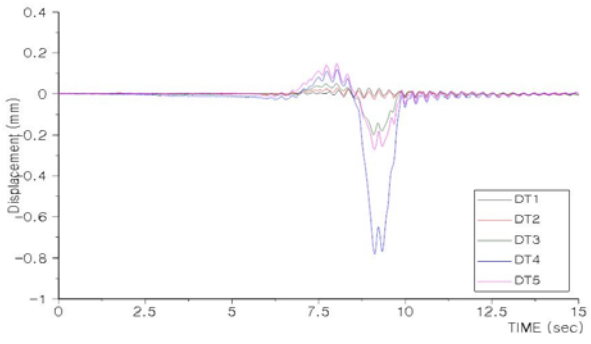
40km/hr



60km/hr



80km/hr



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

나. 충격계수 산정 결과

1) 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

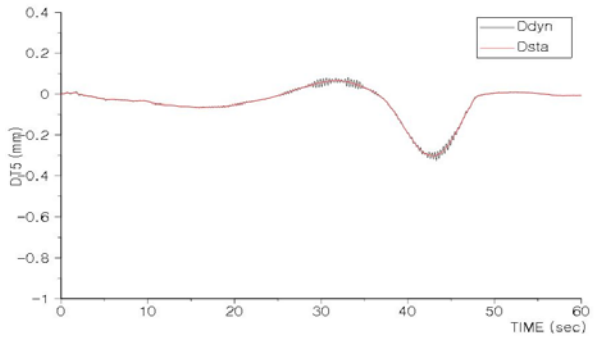
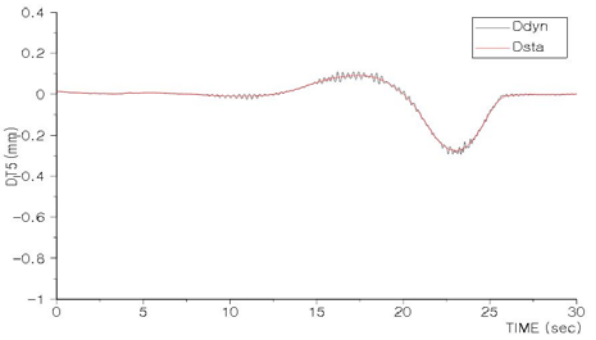
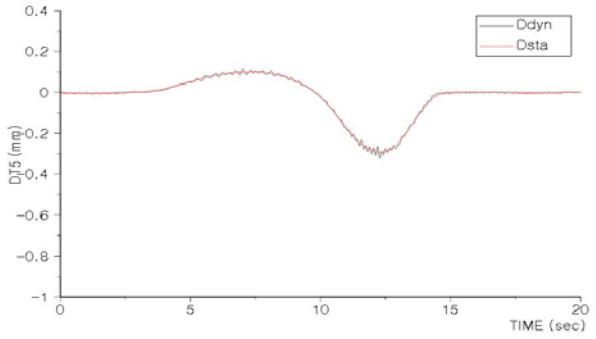
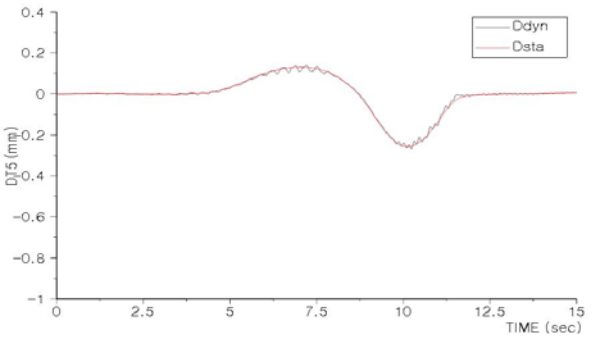
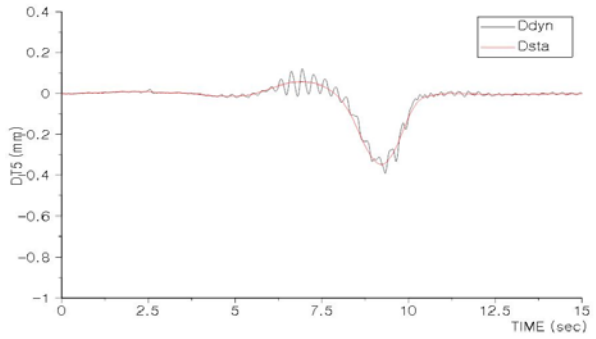
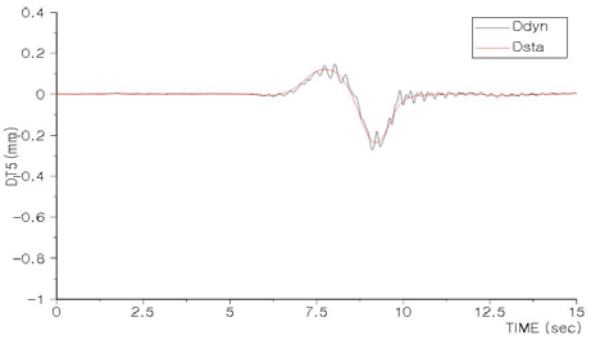
· 실측충격계수 i = (D－1)

여기서, D $=(\delta_{\mathrm{dynamic}})_{\max}/(\delta_{static})_{\max}$

구 분			주행속도 (km/h)							대표 충격계수
			10	20	30	40	50	60	80	
3경간	DT4	$\delta_{dyn(max)}$	-0.807	-0.738	-0.794	-0.771	-0.734	-0.766	-0.782	**0.107**
		$\delta_{sta(max)}$	-0.774	-0.717	-0.761	-0.751	-0.718	-0.692	-0.709	
		충격계수(i)	0.043	0.029	0.043	0.027	0.022	**0.107**	0.103	
	DT5	$\delta_{dyn(max)}$	-0.325	-0.292	-0.322	-0.270	-0.325	-0.392	-0.272	**0.153**
		$\delta_{sta(max)}$	-0.303	-0.277	-0.293	-0.258	-0.311	-0.346	-0.236	
		충격계수	0.073	0.054	0.099	0.047	0.045	0.133	**0.153**	
계측결과			• 계산충격계수 : i = 15/(40+L) = **0.214**(3경간, L=30.049) • 실측충격계수 : 3경간-**0.153**(80km, DT5)							

2) 산정 결과

동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 G7~G9의 상부를 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT4, DT5(3경간)를 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.153(3경간)으로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계기준 0.214(3경간)보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행 시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

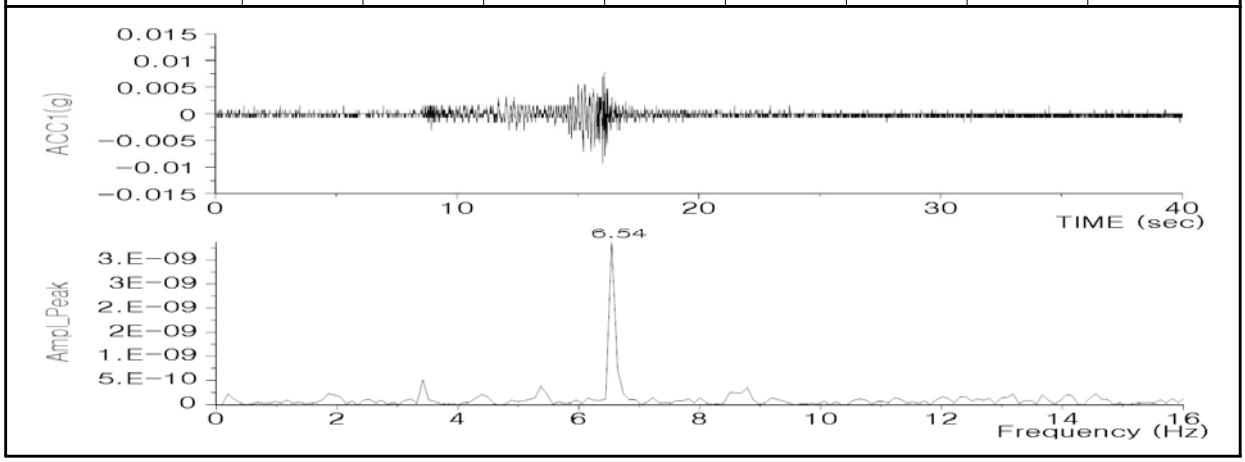
10km/hr, DT5	20km/hr, DT5
	
30km/hr, DT5	**40km/hr, DT5**
	
60km/hr, DT5	**80km/hr, DT5**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

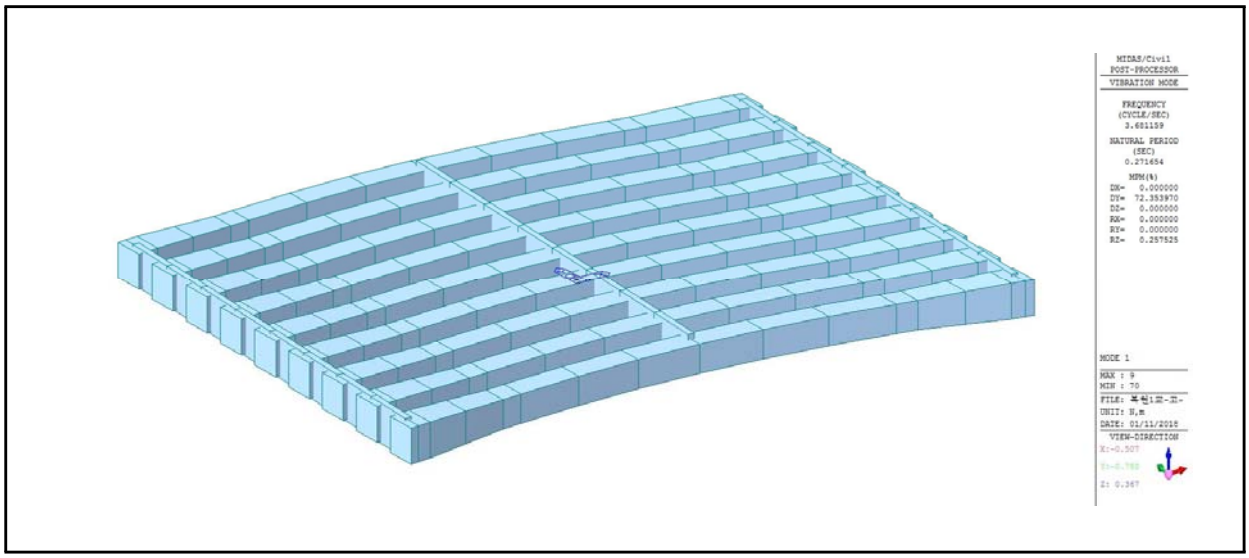
다. 고유진동수 산정 결과

1) 재하시험에 의한 고유진동수 산정

구 분	10km	20km	30km	40km	50km	60km	80km	비 고
고유진동수 (cycle/sec(Hz))	6.59	6.54	6.64	6.64	6.54	6.64	6.54	



2) 구조해석에 의한 고유진동수 계산



3) 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 6.54~6.64Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 3.681Hz보다 큰 것으로 나타나 교량의 강성은 양호한 것으로 판단된다.

라. 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 멀어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

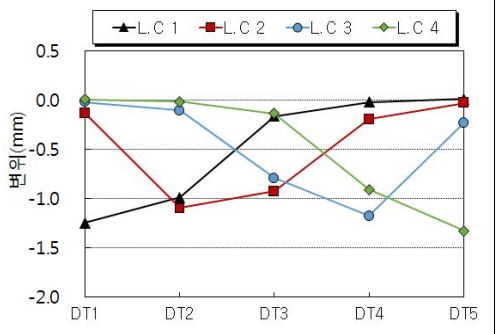
1) 응답비 산정

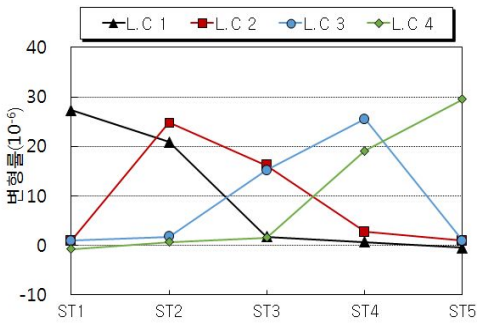
구 분		처 짐(㎜)				비고
		L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	
G1	계산처짐	-2.955	-0.294	-	0.059	DT1
	실측처짐	-1.246	-0.126	-	0.011	
	응답비	2.372	**2.333**	-	5.364	
G3	계산처짐	-1.532	-1.719	-0.339	-	DT2
	실측처짐	-0.985	-1.094	-0.102	-	
	응답비	**1.555**	1.571	3.324	-	
G5	계산처짐	-0.249	-1.510	-1.473	-0.226	DT3
	실측처짐	-0.159	-0.923	-0.788	-0.134	
	응답비	**1.566**	1.636	1.869	1.687	
G7	계산처짐	-	-0.361	-1.739	-1.495	DT4
	실측처짐	-	-0.192	-1.173	-0.904	
	응답비	-	1.880	**1.483**	1.654	
G9	계산처짐	0.061	-	-0.337	-2.981	DT5
	실측처짐	0.016	-	-0.224	-1.325	
	응답비	3.813	-	**1.504**	2.250	

2) 응답보정계수 산정

구 분		응답비	i(충격계수)		$\frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$	위치별 Ks
			계산	실측max		
응답보정계수	DT1(G1)	2.333	0.214	0.153	1.053	2.457
	DT2(G3)	1.555				1.637
	DT3(G5)	1.566				1.649
	DT4(G7)	1.483				1.562
	DT5(G9)	1.504				1.584

10.4.4 정·동적 재하시험 고찰

<table>
<tr><th colspan="2">분석항목</th><th>분석결과</th></tr>
<tr><td colspan="2">시험트럭</td><td>• 재하하중 : 설계하중의 약 62~64%
• 총 중 량 : 269.10kN(1호차), 276.00kN(2호차)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">정적
재하
시험</td><td>최대
응답</td><td>• 처 짐 : -1.325 ㎜
• 변형률 : 29.51 με</td></tr>
<tr><td>횡방향
거동특성</td><td>



처짐 변형률
• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">동적
재하
시험</td><td>충격
계수</td><td>• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.153(DT5)으로 이론 충격계수 0.214보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td>고유
진동수</td><td>• 실측고유진동수(6.54~6.64Hz)가 이론 고유진동수(3.681Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

10.5 안전성평가 및 내하력평가

10.5.1 구조해석 방법 및 개요

복현1교는 연장 105.00m, 총폭 24.640m, 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 85.9~88.4°이며 평면선형 R=1060.0 곡선교 이다. 상부구조는 개량형 PSC BEAM(Bicon)으로 이루어져 있으며, 하부구조는 풍화암 위에 직접기초인 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

10.5.2 검토 조건

가. 기본 사항

1) 형　　식 : 개량형 PSC BEAM(Bicon) 교
2) 연　　장 : 30.000m
3) 교　　폭 : B = 24.640m
4) 거더높이 : H = 2.100m
5) 거더간격 : 2.750m
6) 사　　각 : 85.9~88.4°
7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
8) 단위중량
   - 철근 콘크리트 : W_{c1} = 2500.0kg/㎥
   - 무근 콘크리트 : W_{c2} = 2350.0kg/㎥
9) 사용 프로그램 : SAP2000
10) 구조 검토방식 : 강도설계법(바닥판), 허용응력설계법(거더)
11) 참고문헌
   ① 도로교 설계기준(2010)
   ② 콘크리 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
   ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

나. 사용재료 및 허용응력

1) 콘크리트

① 압축강도(f_{ck}) 및 탄성계수

【표 2.10.12】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa)

구 분	설계기준강도	탄성계수 추정식	적용 탄성계수
거 더	40	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	30,891
바닥판	27	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	27,804

② 허용응력

【표 2.10.13】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(f_{ck} = 40 MPa일 경우)

응력의 발생시기	응력구분	설계기준	허용응력
프리스트레스 도입 시	압축강도	$f_{ci'} = 0.8f_{ck}$	32.000
크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력	압축응력(Posttensioning)	$0.60f_{ci'}$	19.200
	부착된 철근이 없는 인장응력	$0.25\sqrt{f_{ci'}}$	1.414
모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력	압축응력	$0.45f_{ck}$	18.000
	부착된 철근이 있는 인장응력	$0.50\sqrt{f_{ck}}$	3.16
	부착된 철근이 없는 인장응력	0	0
	균열응력	$0.63\sqrt{f_{ck}}$	3.98

③ 바닥판

허용휨압축응력 : $0.4 \times f_{ck} = 0.4 \times 27 = 10.800$ MPa

2) PS 강연선(KS D 7002 SWPC 7B, 저릴렉세이션 강재)

긴장력 및 강선에 대한 계수값 들은 도면에 표기된 값을 사용하였다.

① 극한강도 : f_{put} = 1900.0MPa

② 항복강도 : f_{pyt} = 1600.0MPa

③ 탄성계수 : Ep = 200,000MPa

④ 긴장시 최대응력 : MIN(0.94×f_{pyt}, 0.8×f_{put}) = 1,504MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyt}, 0.82×f_{put}) = 1,312MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyt}, 0.82×f_{put}) = 1,312MPa

3) PS 강봉(KS D 3505, 저릴렉세이션 강재)

① 극한강도 : f_{puc} = 1050.0MPa

② 항복강도 : f_{pyc} = 950.0MPa

③ 탄성계수 : Ep = 200,000MPa

④ 긴장시 최대응력 : MIN(0.94×f_{pyc}, 0.8×f_{puc}) = 840MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777MPa

4) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	강 연 선						강봉
PS강재 개수	개, ㎜	7	10	11	13	16	19	40
쉬스관 내경	㎜	65	75	75	85	85	100	50
쉬스관 외경	㎟	70	80	80	90	90	105	55
곡률마찰계수 μ	1/rad	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-
파상마찰계수 κ	1/m	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.008

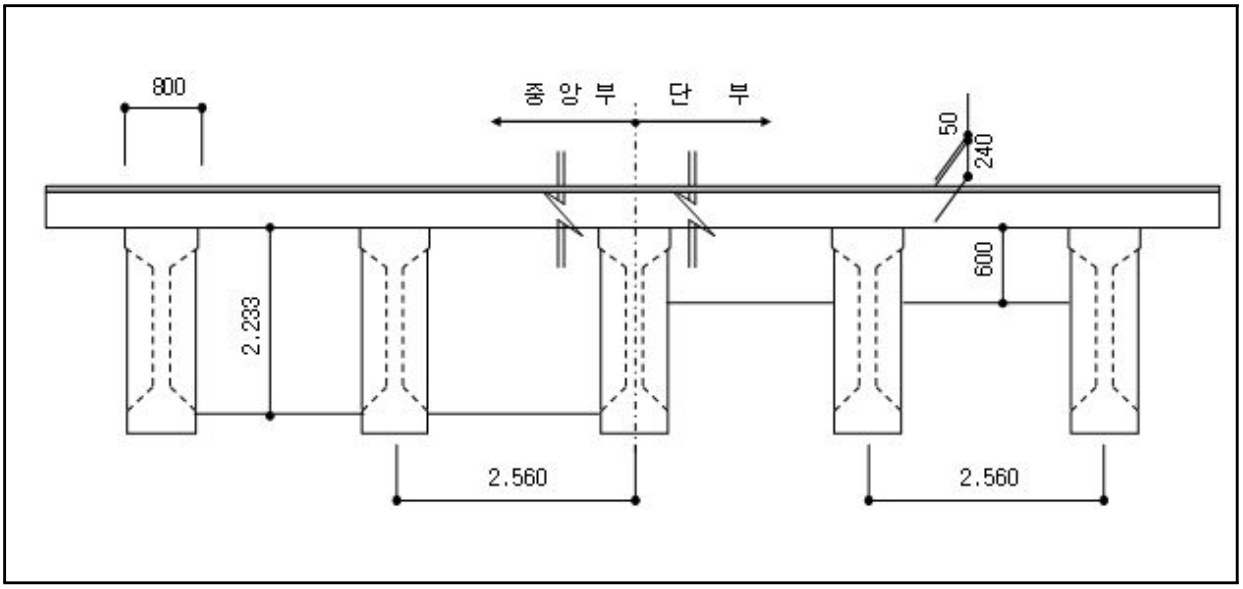
5) 철근

구 분	항복강도(fy)	탄성계수(Es)	허용인장응력(f_{ta})	비고
바닥판	400MPa	200,000	180MPa	SD400
거더	300MPa	200,000		SD300

구조해석

다. 바닥판 검토

1) 단면제원



2) 좌측 켄틸레버부

① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(무근콘크리트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	100.0㎞/hr	96.000kN	1060	

② 하중산정

㉠ 고정하중

구 분	면적 (m2)	단위중량 (kN/m3)	하중 (kN)	작용거리 (m)	휨모멘트 (kN·m)
방호벽	0.501	25.000	12.525	0.697	8.730
바닥판	0.233	25.000	5.825	0.485	2.825
포 장	0.018	23.500	0.411	0.175	0.072
방음판			1.000	0.697	0.697
합 계			19.761		12.324

㉡ 차량충돌하중

구 분	h	H	M_{co} = H×h	곡선반경	적용 M_{co}
Case1	1.000m	23.333kN/m	23.333kN·m/m	R=1060 > 200m	23.333kN·m/m
Case2	1.290m	10.000kN/m	12.900kN·m/m		

※ Case1 : 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시, 여기서 $H=(V/60)^2\times7500+2500$
Case2 : 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10kN/m의 수평하중 재하시

㉢ 원심하중(도.설.해 2.1.17)

곡선반경(R)	$CF = 0.79\times V^2/R$	$Pcf = Pr/E\times CF/100$	$Mcf = Pcf\times1.8$
1060	7.5%	6.063 kN/m	10.914kN·m

※ 원심하중은 교면상 1.8m 높이에 작용하는 것으로 한다.

㉣ 풍하중

각 형 부 재	풍상측 부재(MPa)	재하위치(mm)	휨모멘트(kN·m)
활하중 재하시	0.0015	1500	4.613
활하중 비재하시	0.0030	1170	7.196

㉤ 하중조합(도.설 2.2.3.2)

하중경우	고정하중	활 하 중	차량충돌하중	원심하중	풍 하 중	합 계(kN·m/m)
Case 1	1.30	2.15		1.30		17.612
Case 2	1.30		1.30			19.520
Case 3	1.30	1.30	0.65	1.30		22.225
Case 4	1.30	1.30		1.30		17.612
Case 5	1.25	1.25	0.625	1.25		22.225
Case 6	1.30	1.30		1.30	1.30	40.945
Case 7	1.20		1.20		1.20	42.853

③ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 53.229kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 240.0㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 60.0㎜	유 효 높 이	d = 180.0㎜

㉡ 검토결과

구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	240.0	60.0	H16@200 = 993.00 H13@200 = 633.50	53.229	91.703	O.K S.F=1.723

사 용 성 검 토	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	358.7.7㎜	100㎜	O.K

바 닥 판 최소두께	h_{min} = (280L+180)	최소h	적용h	결과
	194.00㎜	220.0㎜	240.0㎜	O.K

3) 중앙부

① 검토조건

- 지간방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.4% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상
- 지간방향에 직각방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

구 분			산 정 식	검 토
주철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.4% = 960.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
배력 철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
㉠ • 여기서 바닥판 슬래브 단면적 = 1,000㎜ × 240㎜ = 240,000㎟				

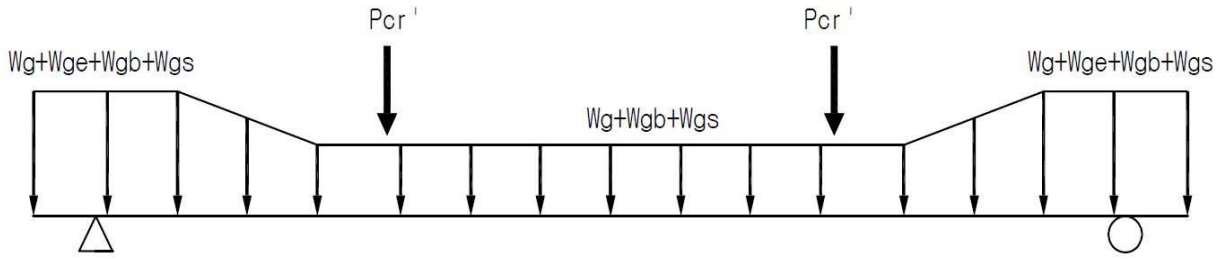
라. 거더 검토

1) 거더 자중

① 하중산정

구 분	산 출 근 거									
거더본체 (Wg)	Anet×wgc	=	0.924	×	25000			=	23092	N/m
단부보강 (Wge)	Avar×wgc	=	0.835	×	25000			=	20875	N/m
가 로 보 (Pcr')	Avar×Lcr×wgc×ea	=	0.835	×	1	×	25000 × 1 EA	=	12525	N
강 봉 (Wgb)	w1cm×Cea	=	102.1	×	2 EA			=	204	N/m
T1 강연선 (Wgs1)	w1tm×Tea	=	11.01	×	7 EA			=	77	N/m
T2~T3 강연선 (Wgs2)	w2tm×Tea	=	11.01	×	2 EA	×	15 EA	=	330	N/m

② 모델링



2) 합성전 고정하중

① 바닥판 콘크리트(Wsc)

㉠ G1 거더 : 0.24 × 2.579 × 25000 = 15474 N/m

㉡ G2 ~ G8 거더 : 0.24 × 2.750 × 25000 = 16500 N/m

㉢ G9 거더 : 0.24 × 2.811 × 25000 = 16866 N/m

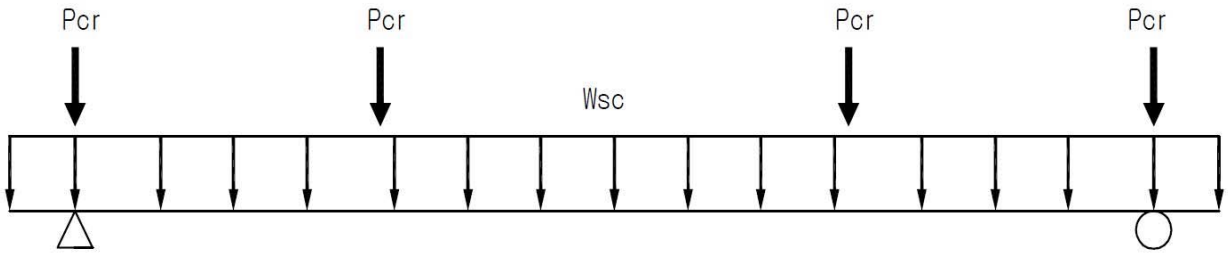
② 가로보 콘크리트(Pcr)

㉠ G1 거더 : 0.300 × 1.733 × 1.38 × 25000 = 17875 N

㉡ G2 ~ G8 거더 : 0.300 × 1.733 × 2.75 × 25000 = 35750 N

㉢ G9 거더 : 0.300 × 1.733 × 1.38 × 25000 = 17875 N

③ 모델링



3) 합성후 고정하중

① 좌측 캔틸레버 하중

- 방호벽 (좌) : A × w = 0.501 × 25000 = 12513 N/m

② 우측 캔틸레버 하중

- 중분대 (우) : A × w = 0.501 × 25000 = 12513 N/m

③ 중앙부 하중

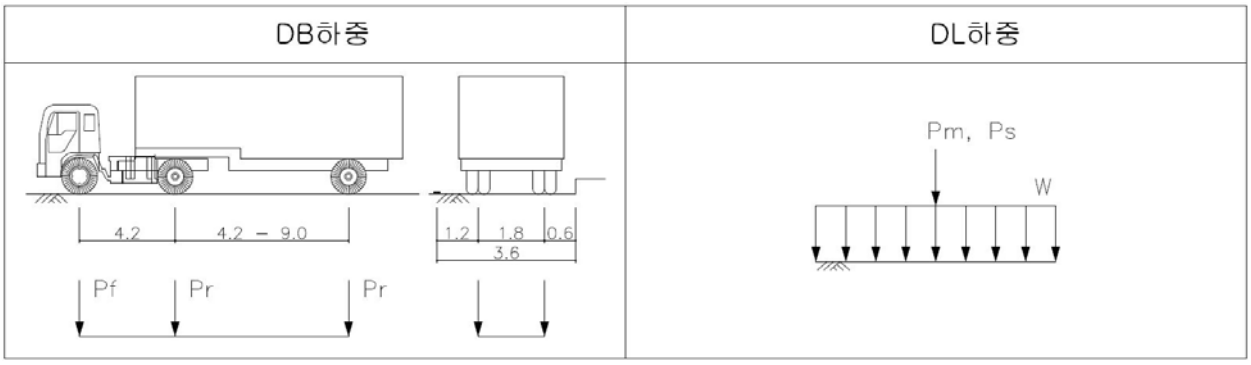
- 콘크리트 포장 : t × w = 0.050 × 23500 = 1175 N/m^2

4) 활하중

① 차로수 : 6 차로

② 차로폭 : 3.0m

③ 적용하중 (1등급)



㉠ DB-24 : DBr = 96.00 kN

DBf = 24.00 kN

㉡ DL-24 : DLw = 12.70 kN/m

DLm = 108.00 kN

DLs = 156.00 kN

5) 단면력 집계표

① 지간중앙부의 휨모멘트 집계(kN·m)

구 분	G1	G2~G8	G9	저 항 단 면	비 고
거더 자중	2686.5	2686.5	2686.5	순 단 면	
합성전 고정하중	1766.7	2005.3	1914.0	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	1165.2	1367.3	1725.9	바닥판 합성단면	
DB 활하중	2452.4	2205.0	2589.5		
DL 활하중	1971.6	1755.7	2084.0		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	2452.4	2205.0	2589.5		
합 계	8070.8	8264.1	8915.9		

② 지간지점부의 전단력 집계(kN)

구 분	G1	G2~G8	G9	저 항 단 면	비 고
거더 자중	405.5	405.5	405.5	순 단 면	
합성전 고정하중	234.1	258.0	254.3	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	191.2	88.6	344.1	바닥판 합성단면	
DB 활하중	391.7	443.5	412.1		
DL 활하중	324.5	358.2	341.9		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	391.7	443.5	412.1		
합 계	1222.5	1195.6	1416.0		

6) 응력검토

① G1거더 응력산출

㉠ G1거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.875

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			6.297	-4.674	0.000	0.000	
2	fps			-7.184	14.357	340.558	-1099.186	
계				-0.887	9.683	340.558	-1099.186	
응력 검토				-1.410	±19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	3.878	-2.832	22.519	-15.788	
4	fal	0.856	0.644	0.716	-1.348	3.837	-7.944	
5	fll	1.802	1.355	1.506	-2.837	8.076	-16.720	
6	fsh	0.062	0.019	0.021	-0.392	-0.022	2.381	
7	fcr	0.141	0.044	0.048	-0.895	-0.051	5.437	
8	frgb	-0.029	-0.026	-0.028	0.001	-0.172	-0.003	
9	frgs	0.030	0.009	0.010	-0.193	-0.011	1.170	
10	f2	0.844	1.037	-2.067	0.578	-1.854	0.498	
계		3.706	3.083	3.197	1.765	372.881	-1130.156	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	15	15	0	0
P_{CT}	(kN)	-428.081	-428.081	849.313	2415.622	2375.976	0.000	±0.000
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00208	0.00208	0.00000	±0.0000
fps	(MPa)	-340.558	-340.558	874.768	1161.077	1142.022	0.000000	0.000000
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	-	-
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	-	-

② G2~G8거더 응력산출

㉠ G2~G8거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.878

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			6.297	-4.674	0.000	0.000	
2	fps			-7.184	14.357	340.558	-1099.186	
계				-0.887	9.683	340.558	-1099.186	
응력 검토				-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	4.401	-3.214	25.560	-17.920	
4	fal	0.963	0.719	0.799	-1.570	4.260	-9.267	
5	fll	1.553	1.160	1.289	-2.532	6.869	-14.945	
6	fsh	0.057	0.015	0.017	-0.387	-0.045	2.353	
7	fcr	0.125	0.034	0.037	-0.846	-0.098	5.142	
8	frgb	-0.028	-0.025	-0.028	0.002	-0.168	-0.001	
9	frgs	0.028	0.008	0.008	-0.192	-0.022	1.168	
10	f2	0.925	1.092	-2.417	0.676	-2.168	0.582	
계		3.622	3.003	3.221	1.619	374.746	-1132.074	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	15	15	0	0
P_{CT}	(kN)	-428.081	-428.081	849.313	2415.622	2375.976	0.000	0.000
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00208	0.00208	0.00000	0.00000
fps	(MPa)	-340.558	-340.558	874.768	1161.077	1142.022	0.00000	0.00000
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	-	-
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	-	-

③ G9거더 응력산출

㉠ G9거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.879

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			6.297	-4.674	0.000	0.000	
2	fps			-7.184	14.357	340.558	-1099.186	
계				-0.887	9.683	340.558	-1099.186	
응력 검토				-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	4.201	-3.068	24.396	-17.104	
4	fal	1.198	0.892	0.991	-1.977	5.274	-11.674	
5	fll	1.797	1.339	1.487	-2.967	7.913	-17.516	
6	fsh	0.055	0.014	0.016	-0.385	-0.052	2.343	
7	fcr	0.119	0.030	0.034	-0.825	-0.112	5.017	
8	frgb	-0.028	-0.025	-0.027	0.002	-0.166	0.000	
9	frgs	0.028	0.007	0.008	-0.192	-0.026	1.168	
10	f2	0.870	1.051	-2.302	0.644	-2.065	0.555	
계		4.039	3.309	3.521	0.914	375.720	-1136.398	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	15	15	0	0
P_{CT}	(kN)	-428.081	-428.081	849.313	2415.622	2375.976	0.000	0.000
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00208	0.00208	0.00000	0.00000
fps	(MPa)	-340.558	-340.558	874.768	1161.077	1142.022	0.00000	0.000000
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	-	-
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	-	-

7) 거더 안전성평가 결과

【표 2.10.14】 거더 안전성평가 결과

구 분		거더 응력 검토					
		바닥판		거더		PS강재	
		상연	하연	상연	하연	상연	하연
G1	응력	3.706	3.083	3.197	1.765	372.881	-1130.156
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	-
	안전율	2.914		5.630		**2.084**	
G2~G8	응력	3.622	3.003	3.221	1.619	374.746	-1132.074
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	2.982		5.588		**2.073**	
G9	응력	4.039	3.309	3.521	0.914	375.720	-1136.398
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	2.674		5.112		**2.068**	

마. 안전성평가 결과

바닥판 및 거더의 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 “A”로 검토되었다.

【표 2.10.15】 안전성 평가 결과

	구 분	켄틸레버부	중앙부	
바닥판	안전율	1.723	-	
	최소안전율	**S.F = 1.723**		
거 더	구 분	**G1**	**G2~G8**	**G7**
	안전율	2.084	2.073	2.068
	최소안전율	**S.F = 2.068**		

10.5.3 내하력평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

가. 개요

1) 강도설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서, ϕM_n = 설계휨강도 M_d = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$ = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d = 고정하중 계수 (1.30) γ_ℓ = 활하중 계수 (2.15)

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수 P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24)

2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서, f_ℓ = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

f_a = 재료의 허용응력 f_d = 고정하중 응력

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수

P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

나. 기본내하율 산정

【표 2.10.16】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과

구 분		ϕMn(kN·m)	M_d(kN·m)	$M_l(1+i)$(kN·m)	기본내하율(RF)
바닥판	켄틸레버	91.703	12.324	5.288	6.657
	중앙부	-	-	-	-

【표 2.10.17】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과

구 분		허용응력 (f_a)(MPa)	고정하중응력 (f_d)(MPa)	활하중응력 (f_l)(MPa)	기본내하율 (RF)	비고
G1	상연	18.000	1.691	1.506	10.829	
	하연	-3.162	4.602	-2.837	**2.737**	
G2~G8	상연	18.000	1.932	1.289	12.465	
	하연	-3.162	4.151	-2.532	**2.888**	
G9	상연	18.000	2.034	1.487	10.737	
	하연	-3.162	3.881	-2.967	**2.374**	

다. 내하력평가 결과

【표 2.10.18】 공용내하력 산정결과

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	G1	1.562	2.737	4.275	DB, DL-24 이상
	G2~G8	1.562	2.888	4.511	DB, DL-24 이상
	G9	1.562	2.374	3.708	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

10.6 종합평가 및 안전등급

10.6.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

복현1교의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.10.19】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

10.6.2 안전등급 지정

복현1교에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.10.20】 복현1교 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	복현1교	A등급(우수)

10.7 종합결론

복현1교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

제11장 복현3교

11.1 시설물의 개요
11.2 현장조사 및 시험
11.3 상태평가
11.4 교량 재하시험
11.5 안전성평가 및 내하력평가
11.6 종합평가 및 안전등급
11.7 종합결론

제11장 복현3교

11.1 시설물의 개요

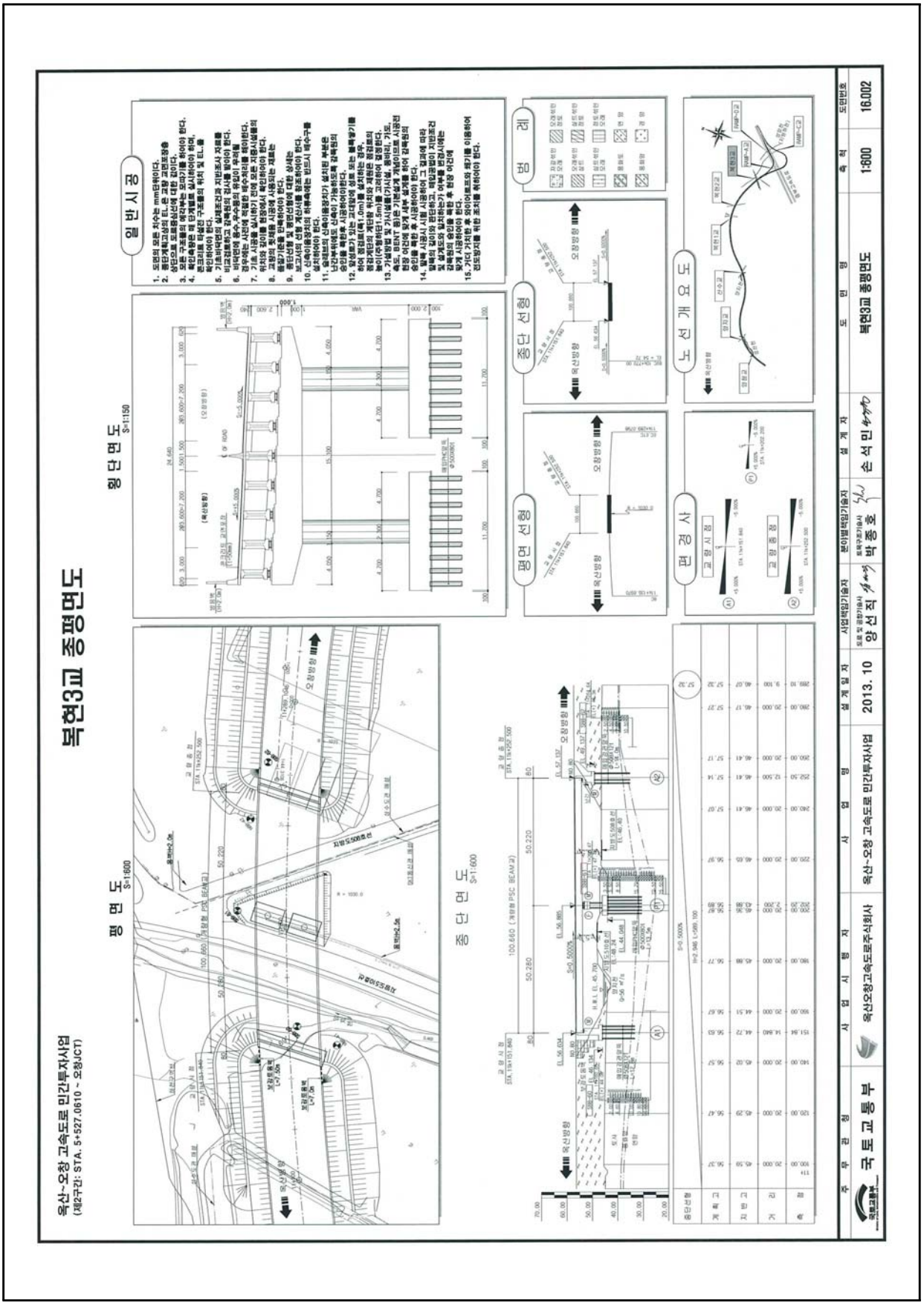
11.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 복현3교에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

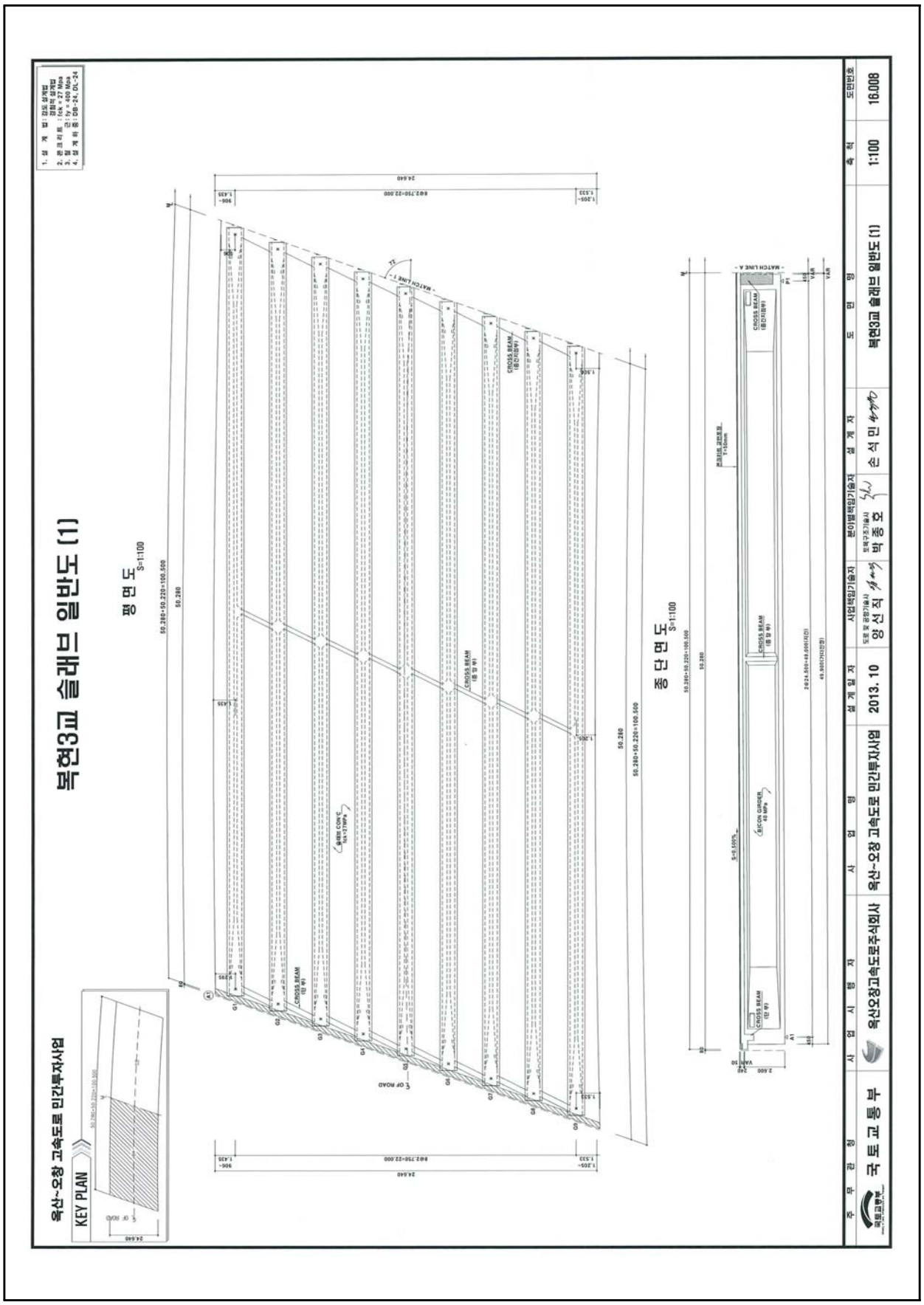
【표 2.11.1】 과업대상 시설물의 개요

<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>복현3교</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td>2018. 01. 13</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">충북 청주시 청원구 오창읍</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB, DL-24</td><td>노선명(이정)</td><td colspan="2">아산청주고속도로(옥산-오창)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L = 50.36 + 50.30 = 100.66m</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B = 24.640m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상부</td><td>개량형 PSC BEAM(Bicon)</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대:역T형, 교각:ㅠ형</td><td>교각</td><td>말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>뉴모노셀 조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>도로(지방도510호선,
지방도508호선)</td><td colspan="2">통과높이</td><td>5.0~6.5m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설
(도로, 철도, 하천)</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">상면전경</td><td colspan="3">하부전경</td></tr>
</table>

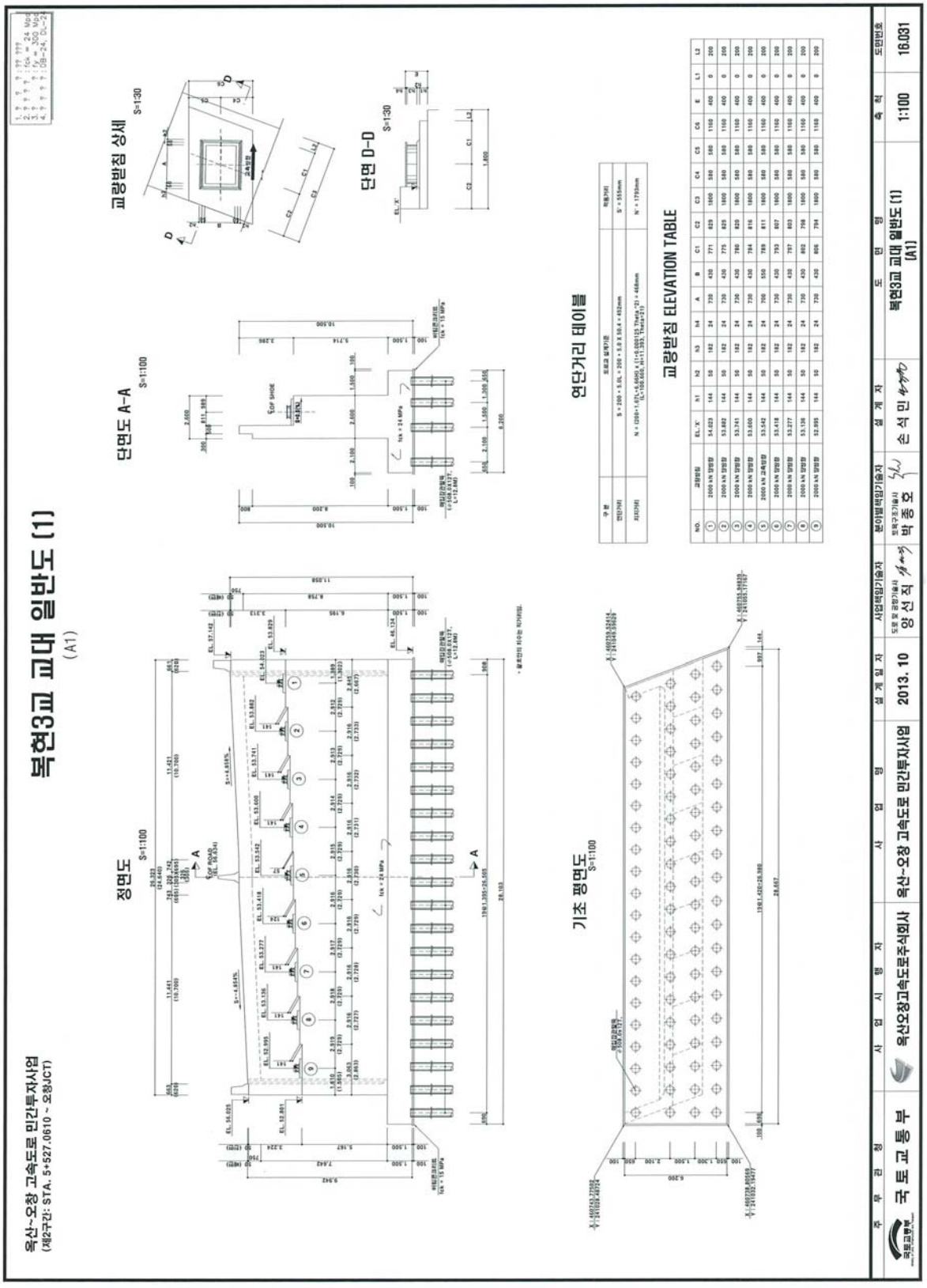
11.1.2 관련도면



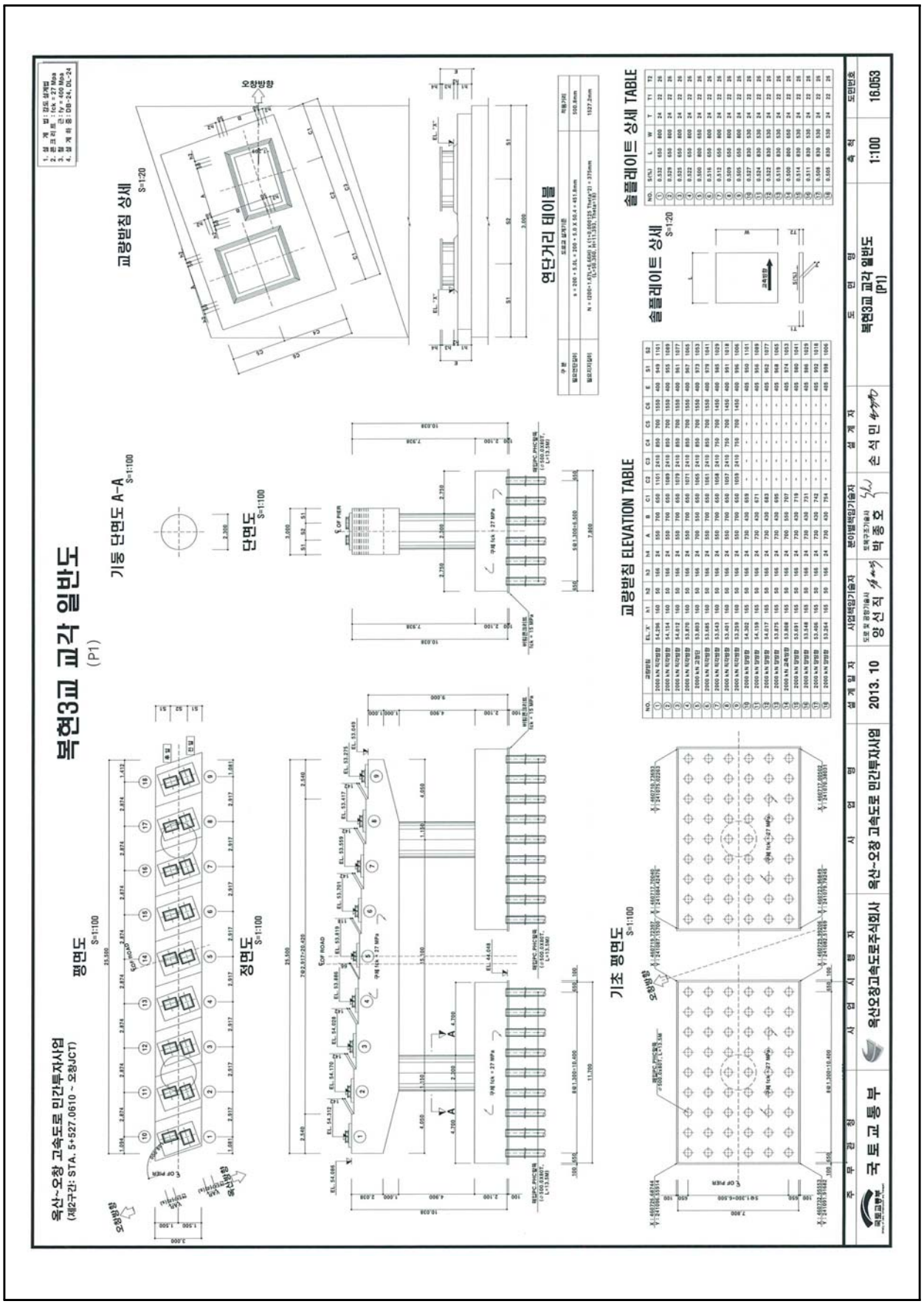
【그림 2.11.1】 종평면도



【그림 2.11.2】 슬래브 일반도



【그림 2.11.3】 교대(A1) 일반도



【그림 2.11.4】 교각(P1) 일반도

11.2 현장조사 및 시험

11.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 복현3교에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교면포장 상태양호(옥산방향)



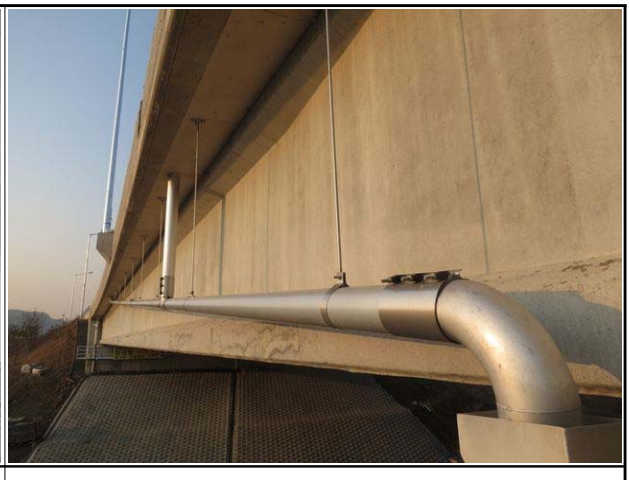
교면포장 상태양호(오창방향)

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



배수구 상태양호



배수관 설치상태 양호

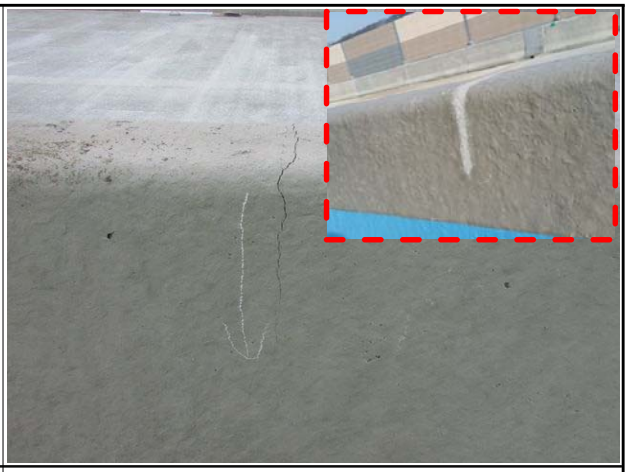
다. 난간 및 연석

본 교량의 좌·우측 방호벽 및 중앙분리대는 철근콘크리트 구조로 시공되어있다. 외관조사 결과 균열(폭 0.3mm미만 및 이상), 백태가 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
방호벽	백태	2.0㎡/4ea	보수완료
중앙분리대	균열(폭 0.3mm미만)	0.5m/1ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	18.5m/11ea	보수완료



방호벽 전경



중분대 균열(폭 0.2mm)(보수완료)

라. 신축이음

본 교량의 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동상태도 양호한 것으로 나타났다.



신축이음 상태양호(A1)

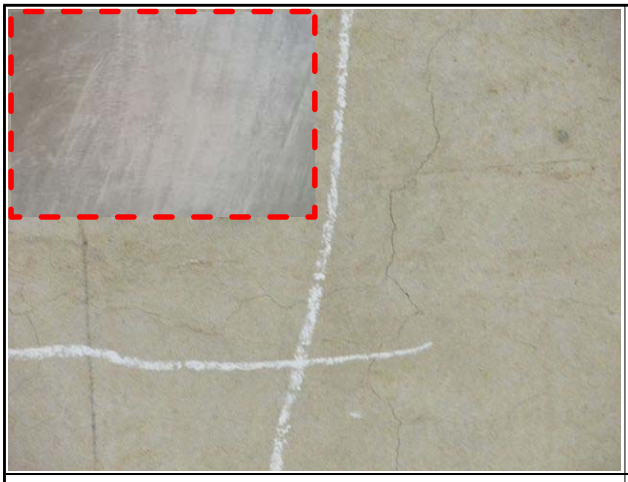


신축이음 상태양호(A2)

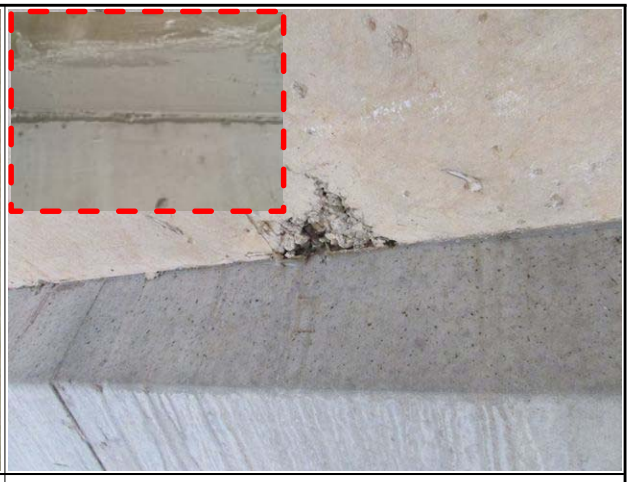
마. 바닥판 하면

바닥판은 철근콘크리트 구조로 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과, 균열(폭 0.3mm미만), 망상균열, 재료분리의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
바닥판	균열(폭 0.3mm미만)	1.6m/2ea	보수완료
	망상균열	3.6㎡/2ea	보수완료
	재료분리	0.04㎡/1ea	보수완료



바닥판 하면 망상균열(보수완료)



바닥판 하면 재료분리(보수완료)

바. 거더

본 교량의 거더는 Bicon Girder형식이며, 거더에 대한 외관조사 결과, 특별한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



거더 상태양호



거더 상태양호

사. 가로보

본 교량의 가로보는 철근콘크리트로 시공되어 있다. 가로보에 대한 점검결과, 콘크리트의 균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



가로보 상태양호



가로보 상태양호

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

본 교량의 받침장치는 탄성받침 형식으로 총 36개소(8개소/교대 1EA당, 18개소/교각 1EA당)가 설치되어 있으며, P1에 고정단이 설치되어 있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받침 본체 및 받침콘크리트에 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교량받침 상태 양호



교량받침 상태 양호

자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 교대 점검결과, 균열(폭 0.3mm미만 및 이상)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교대	균열(폭 0.3mm미만)	0.5m/1ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	5.5m/3ea	보수완료



교대 A2 균열(폭 0.2mm)(보수완료)



교대 A2 균열(폭 0.3mm)(보수완료)

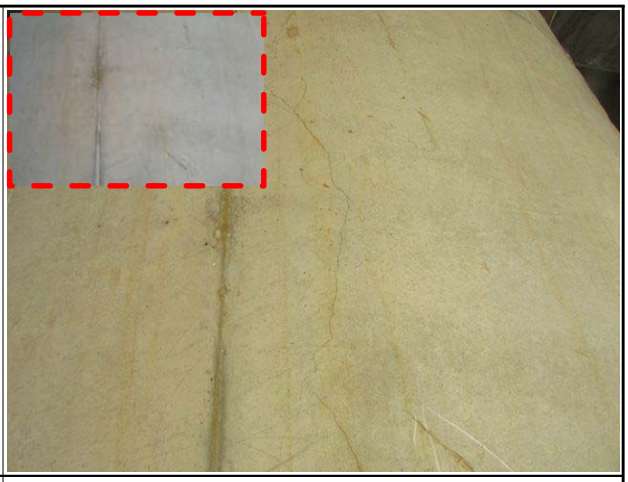
차. 교각

교각은 π형식으로 시공되어 있다. 교각 점검결과, 균열(0.3mm미만 및 이상), 망상균열, 재료분리의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교각	균열(폭 0.3mm미만)	9.3m/15ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	5.5m/2ea	보수완료
	망상균열	6.0㎡/1ea	보수완료
	재료분리	0.21㎡/1ea	보수완료



교각 P1 전경



교각 균열(폭 0.3mm)(보수완료)



교각 균열(폭 0.2mm)(보수완료)

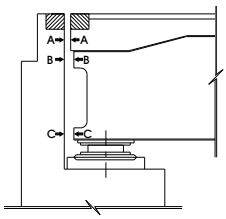


교각 재료분리(보수완료)

11.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

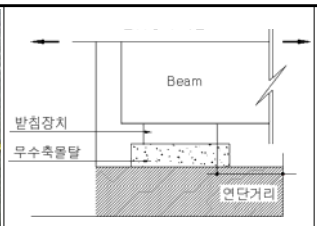
부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법



유간거리 측정전경



연단거리 측정방법



연단거리 측정전경

【그림 2.11.5】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.11.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 11일		
온도변화 범위	-15℃~+40℃(한냉지방)	선팽창 계수(α)	1.0×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (콘크리트교=1/300)		
주형높이(h)	2,600m		
지간장(L)	50.0m(S1, S2)		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 한냉지방, 콘크리트교 : -15~+40℃ 적용

※ 유간 측정일 기온이 온도변화 범위(보통지방)를 초과하여 한냉한지방의 온도범위로 적용함.

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(-9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-15℃)=5.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=50.0m)

{[A1지점, A2지점] = 50.0m}

▷ A1지점, A2지점 = (24.65mm - 신장 / 2.85mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 (Δℓt)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.11.3】 유간거리 검토결과

위치		계산 신축량 (mm)			복현3교		
					측정유간 (mm)	판정	
		Δℓt	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A1	신장	24.65	5.0	29.65	65.0	OK	OK
	수축	2.85	5.0	7.85	15.0	OK	OK
A2	신장	24.65	5.0	29.65	60.0	OK	OK
	수축	2.85	5.0	7.85	20.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A1=80㎜, A2=80㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이

* 50.0m : S = 200 + (5 × 50.0) = 450.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 600㎜~650㎜로 도로교 설계기준(2012년) 상의 최소연단거리 450.0㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.11.4】 연단거리 측정결과

구 분			실측거리(mm)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(mm)	평 가
복현3교	A1		620~630	50	450	O.K
	P1	A1측	600~650	50	450	O.K
		A2측	630~650	50	450	O.K
	A2		620~630	50	450	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.11.5】 교량받침 이동량 측정결과

측정당시 온도	3.3℃ (2017년 11월 20일)				교량받침 종류		탄성받침			
구분	가동단 변위량(mm)									허용이동량 (mm)
	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	SH8	SH9	
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	±108
P1	Fix									-
A2	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	±108

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.3℃(2017년 11월 20일)

2) 온도변화 : -5℃~35℃(콘크리트교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 35℃-(3.3℃)=31.7℃(신장), 3.3℃-(-5℃)=8.3℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10-5

L : 신축들보의 길이(L=50.0m)

{[A1, A2지점] = 50.0m}

▷ A1, A2 = (15.85mm - 신장 / 4.15mm - 수축)

【표 2.11.6】 교량 받침 이동량 검토

구 분	신축장 (mm)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판정
		신장	수축	신장	수축	
A1	50,000	15.85	4.15	108	108	O.K
A2	50,000	15.85	4.15	98	118	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▸검토결과 : 온도 3.3℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.nn

11.2.3 내구성조사

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대, 교각의 총 5개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.11.7】 반발경도시험 결과

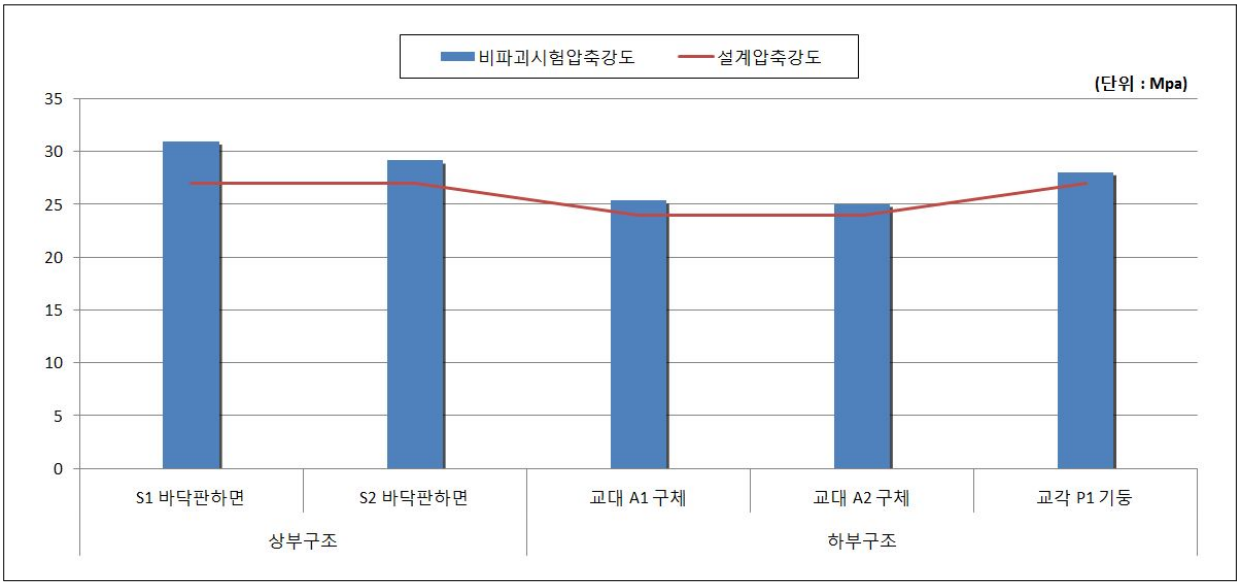
구 분		설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
상부구조	바닥판	27.0	29.2 ~ 31.0	108.1 ~ 114.8
하부구조	교 대	24.0	25.1 ~ 25.4	104.6 ~ 105.8
	교 각	27.0	28.1	104.1

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.11.8】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치		평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	재령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (MPa)	설계압축강도(MPa)
상부구조	S1 바닥판하면	51.3	-3.0	48.3	0.7	30.3	31.7	31.0	27.0
	S2 바닥판하면	48.9	-3.3	45.6	0.7	28.0	30.3	29.2	27.0
하부구조	교대 A1 구체	42.4	0	42.4	0.66	23.7	27.0	25.4	24.0
	교대 A2 구체	40.9	0	40.9	0.68	23.1	27.1	25.1	24.0
	교각 P1 기둥	46.0	0	46.0	0.67	27.0	29.2	28.1	27.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.11.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.11.9】 철근탐사시험 결과

탐사위치		배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	S1 바닥판하면 캔틸레버(지점부)	주 철 근	@100	32	≒@100	≒40
		배력철근	@250	48	≒@250	≒55
	S2 바닥판하면	주 철 근	@200	32	≒@200	≒40
		배력철근	@125	48	≒@125	≒55
하부구조	교대 A1 구체	수직철근	@250	85.5	≒@250	≒100
		수평철근	@300	66.5	≒@300	≒80
	교대 A2 구체	수직철근	@250	89	≒@250	≒100
		수평철근	@300	70	≒@300	≒75
	교각 P1 기둥	수직철근	@125	85.5	≒@125	≒85
		수평철근	@150	63.5	≒@150	≒65

11.3 상태평가

11.3.1 상태평가 결과

본 복현3교에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 **『A등급』**으로 평가되었다.

【표 2.11.10】 상태평가 결과

복현3교												
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
3	개량형 PSC BEAM	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.11.11】 상태평가 결과표

교 량 명	복현3교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	100.0	4	400.0	1.000	0.100
합계(Σ)			100.0		400.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

11.4 교량 재하시험

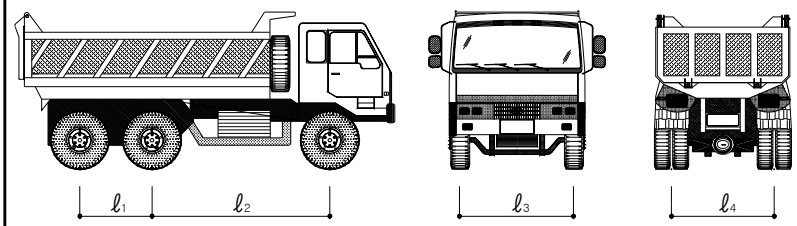
11.4.1 개 요

가. 현장시험의 개요

구 분		내 용
시험일자		2017. 12. 19
시험시간		PM 01:00 ~ PM 03:00
시험위치		S2(최대 정모멘트가 작용하는 지점)
재하시험차량 대수		2대
하중 경우 수	정적재하시험	Load Case 1~4 (4회)
	동적재하시험	10km/hr ~ 70km/hr

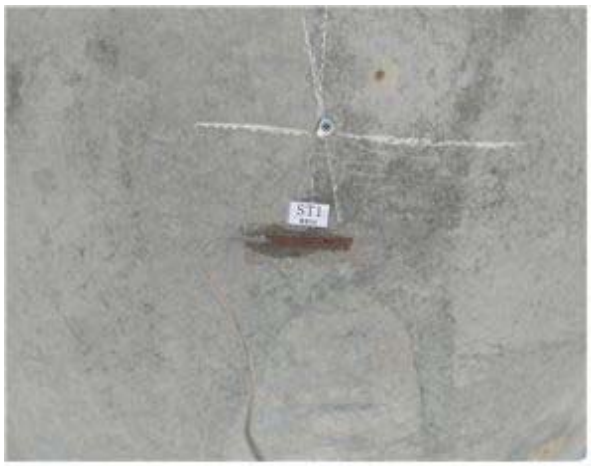
나. 재하시험 차량의 제원 및 하중

대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62~64%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN, 276.00kN 트럭 2대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

차 량 제 원	계량증명서
	

구 분	재하차량 제원(m)			
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
15ton 덤프트럭	1.30	3.20	2.10	1.85
구 분	**총 중 량 (kN)**	**전륜축중량 (kN)**	**중륜축중량 (kN)**	**후륜축중량 (kN)**
1호차 - 덤프트럭 (5328)	269.10	79.80	94.65	94.65
2호차 - 덤프트럭 (7001)	276.00	79.80	98.10	98.10

다. 교량 재하시험 사진

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>변형률계 설치 현황</td><td>처짐계 설치 현황</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가속도계 설치 현황</td><td>재하시험 계측 전경</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>정적 재하시험 전경</td><td>동적 재하시험 전경</td></tr>
</table>

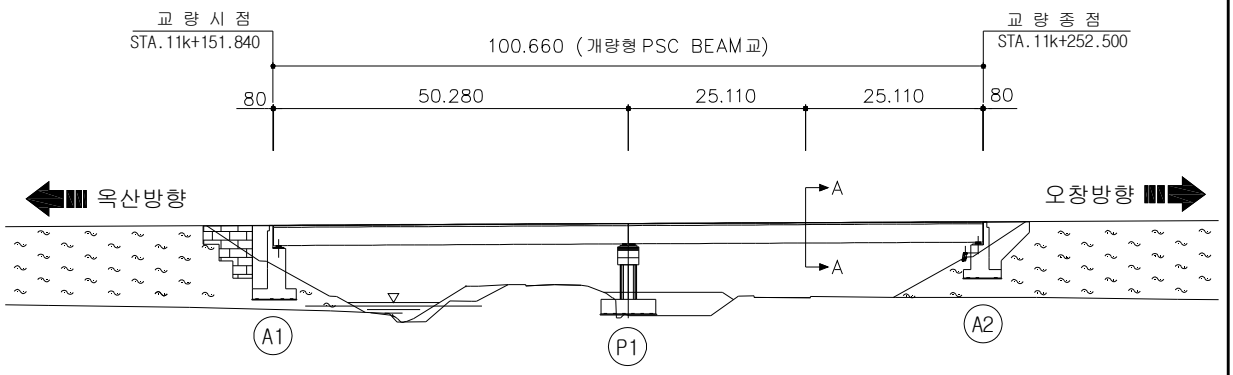
라. 계측센서 사양 및 수량

구분	센서명	모델명	사 양	수량(ea)
계측센서	콘크리트 변형률게이지	PL-60 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20~+80℃ • 형식 : 전기저항식	6
	처짐계	OU-30	• 범위 : ±30mm • 민감도: ($x10^{-6}$/mm) : 1000 • 허용온도범위 : 0~+60℃ • 형식 : 전기저항식	5
	가속도계	ARF-20A	• 용량 : 2.04g • 응답주파수 : 80hz • 고유주파수 : 150hz • 형식 : 전기저항식	1
소 계				12
측정장비	정, 동적 시험장비	DRA-30A	• 측정점수 : 30채널 • 측정대상 : Dynamic Strian, 전압 • 각 채널별 112k word 데이터메모리 탑재 (정적스트레인측정시 30000scans)	1
소 계				1

마. L/C별 재하시험 방법

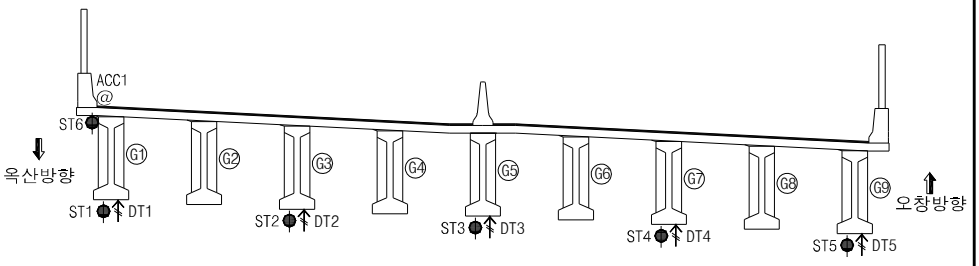
재하시험 위치	재하목적	비 고
외측경간(S2)	· 최대 정모멘트가 작용하는 지점	

바. 계측센서 설치도



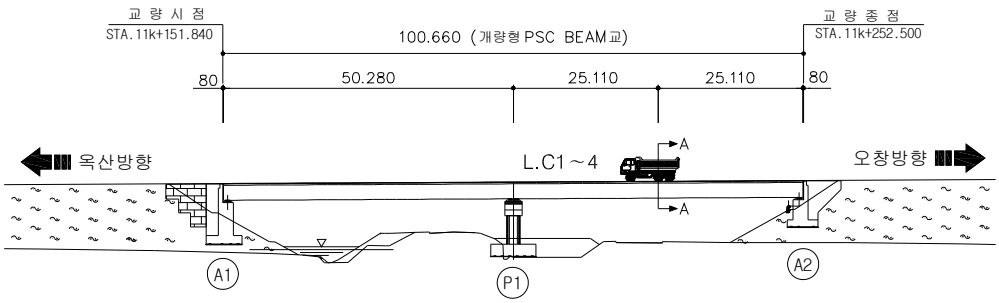
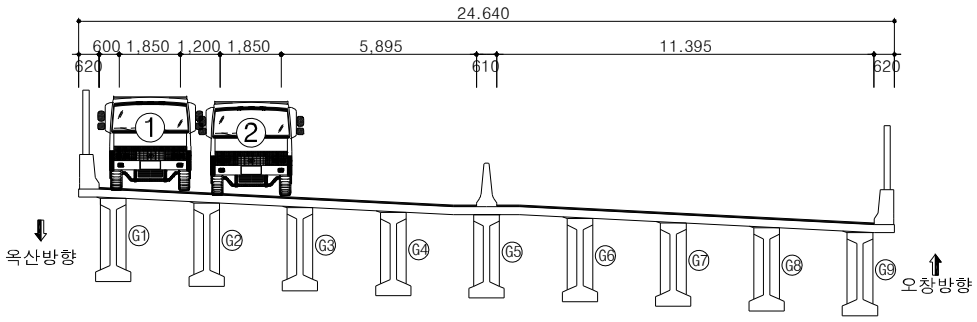
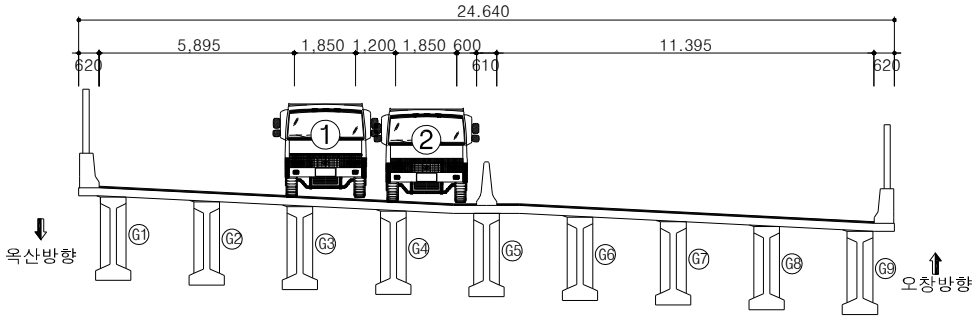
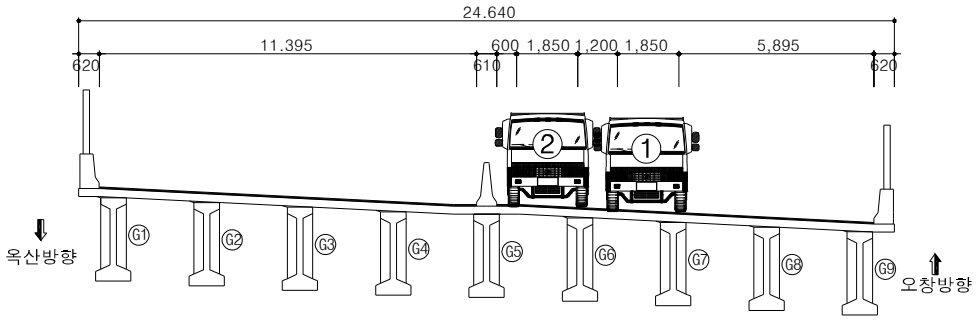
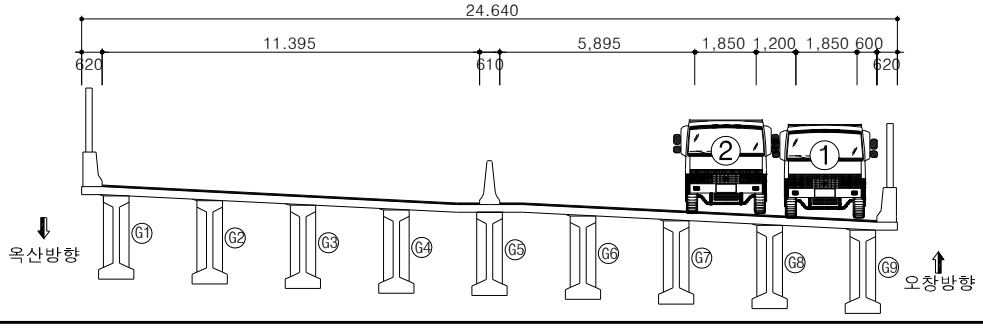
재하시험 경간

A-A단면 부착위치

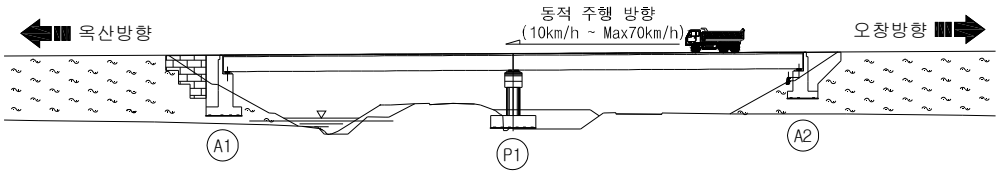
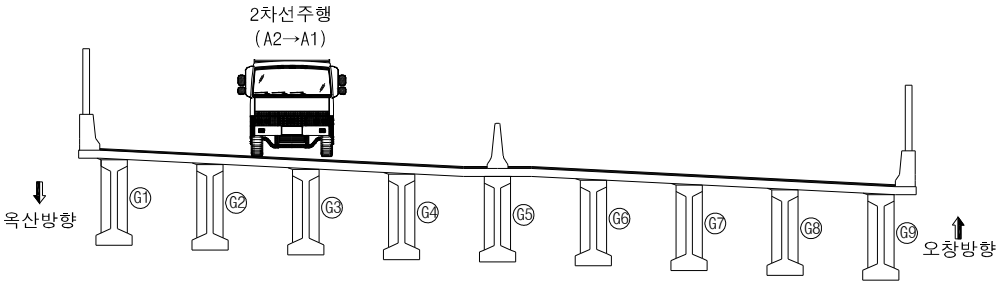


구 분	계측기명	설치수량	비 고
●	콘크리트 변형률계	6	교축방향
↑	처짐계	5	연직방향
@	가속도계	1	연직방향
계측센서 총 수량		12	

사. 정적 재하시험 LOAD CASE

종방향 재하위치	
L.C 1	
L.C 2	
L.C 3	
L.C 4	

아. 동적 재하시험 LOAD CASE

차량주행방향	
주행위치	

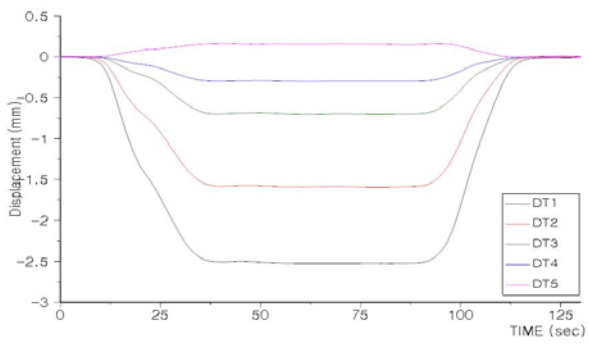
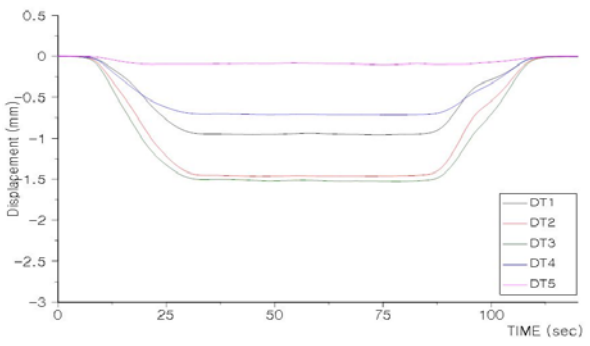
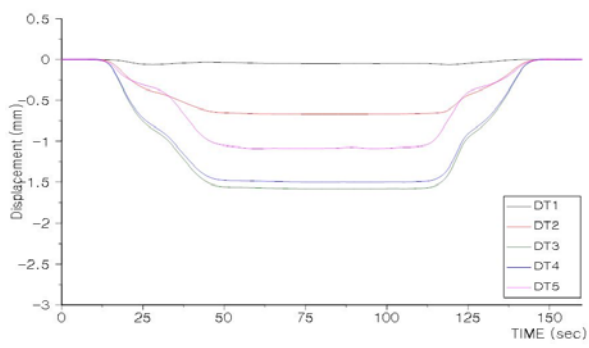
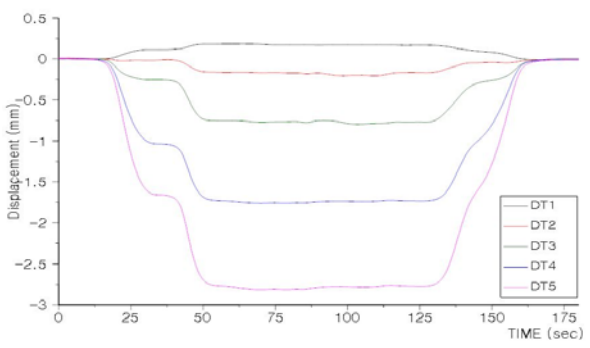
재하경우	주행방향	주행위치	비 고
10km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
20km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
30km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
40km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
50km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
60km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대
70km/hr	종점→시점	옥산방향 2차선	재하차량 1대

11.4.2 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

가. 재하시험에서 측정된 계측DATA

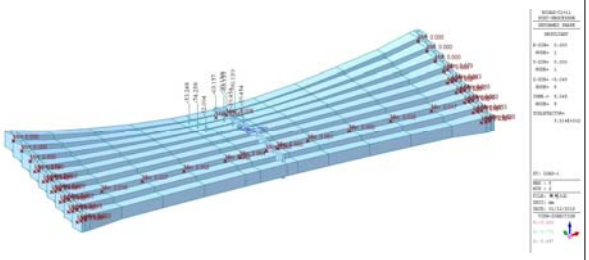
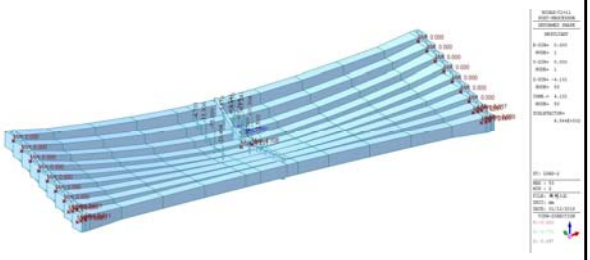
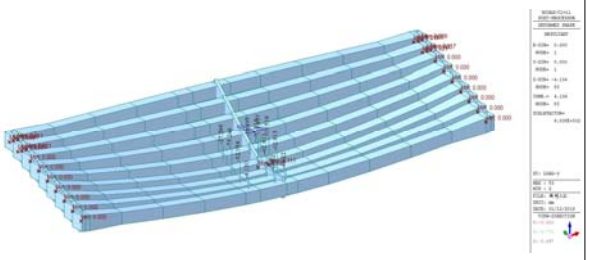
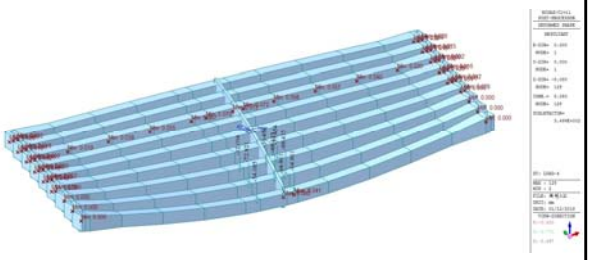
구 분	L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	비 고
ST1	27.31	7.71	0.03	-1.99	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST2	16.45	13.27	6.97	1.29	
ST3	6.25	14.34	15.05	5.59	
ST4	2.96	7.17	13.09	17.34	
ST5	-2.95	0.35	7.87	29.48	
ST6	-8.19	-4.98	-0.06	0.89	
DT1	-2.525	-0.959	-0.050	0.171	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT2	-1.586	-1.462	-0.667	-0.191	
DT3	-0.697	-1.523	-1.580	-0.755	
DT4	-0.296	-0.715	-1.501	-1.738	
DT5	0.154	-0.098	-1.076	-2.780	

L.C1 처짐	L.C2 처짐
	
L.C3 처짐	**L.C4 처짐**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

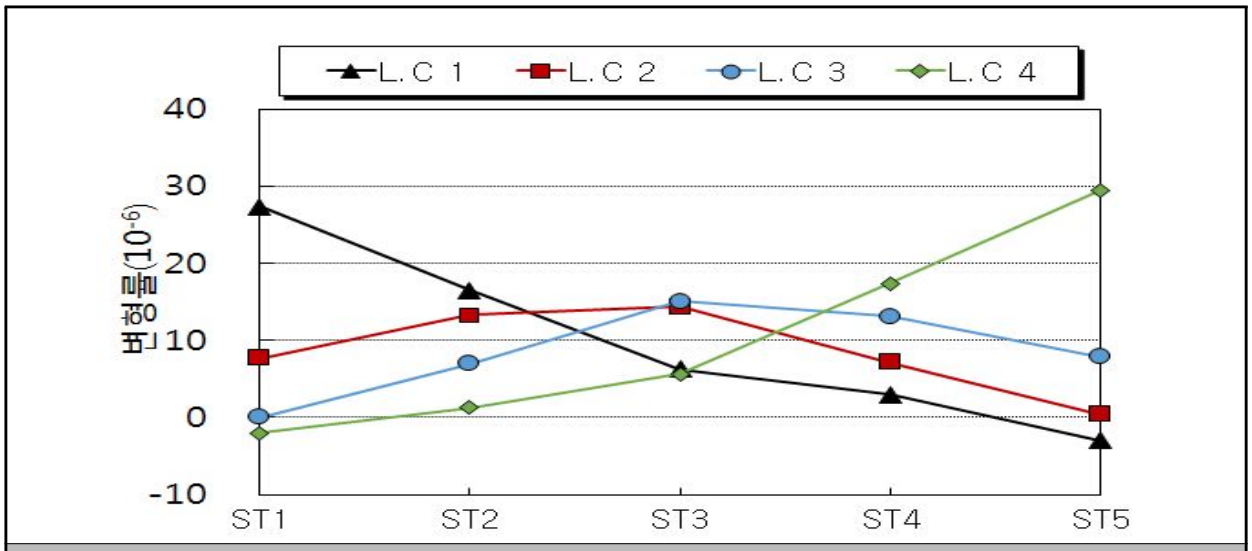
나. 구조해석에 의한 변위량

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	비 고
G1(DT1)	-8.045	-2.630	0.333	0.943	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
G3(DT2)	-4.520	-4.035	-1.617	0.072	
G5(DT3)	-1.538	-3.569	-3.581	-1.527	
G7(DT4)	0.065	-1.604	-4.026	-4.516	
G9(DT5)	0.942	0.340	-2.600	-8.080	

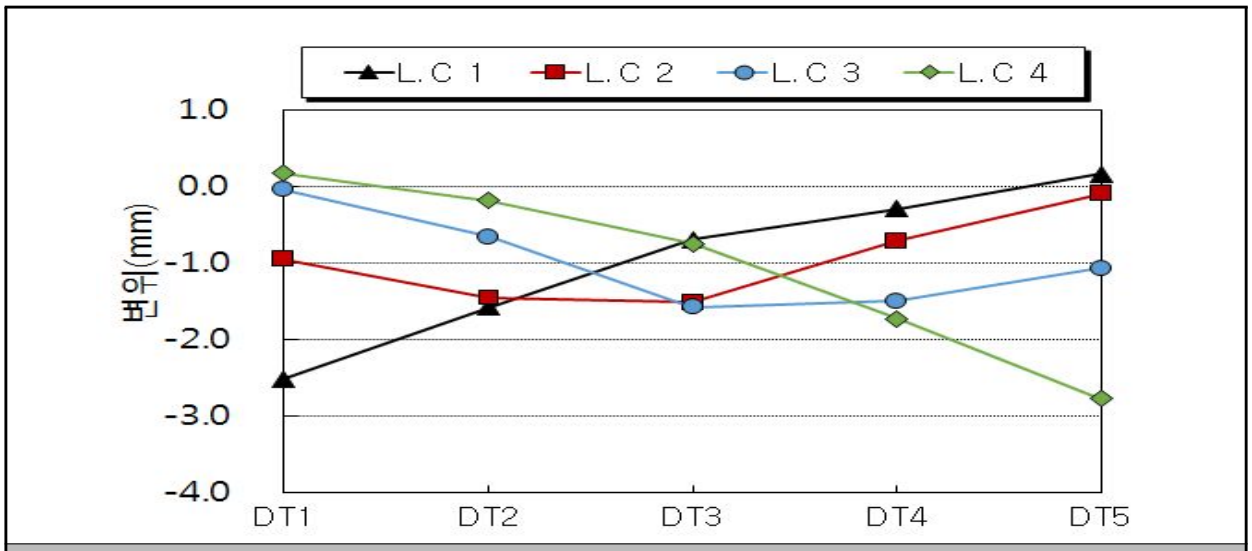
L.C1 하중재하 및 처짐	L.C2 하중재하 및 처짐
	
L.C3 하중재하 및 처짐	**L.C4 하중재하 및 처짐**
	

다. 하중 횡분배 검토 결과

거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단면응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 하중 횡분배는 대체로 대칭성을 보이고 있는 양호한 것으로 평가되었다.



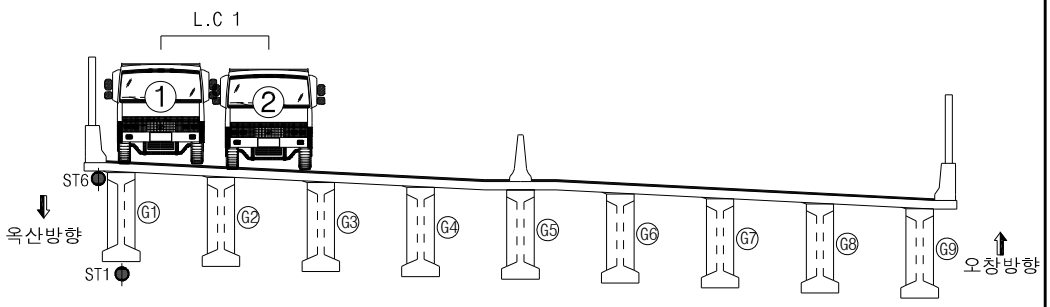
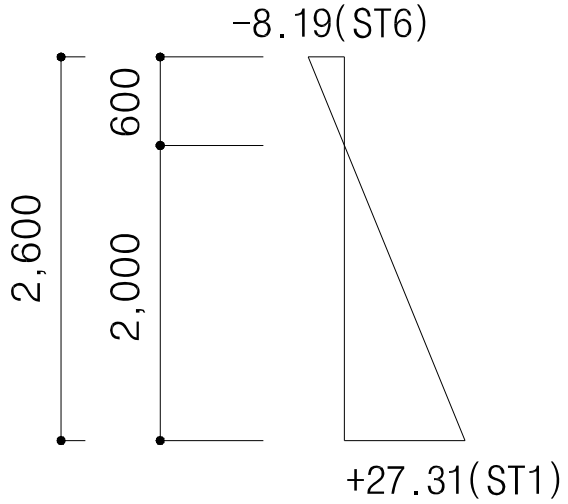
변형율 횡분배 현황



처짐 횡분배 현황

라. 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

<table>
<tr><th>구 분</th><th>L.C 1</th></tr>
<tr><td>재하위치</td><td>
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">중립축</td><td>L.C 1(2경간 - G1)</td></tr>
<tr><td>
</td></tr>
<tr><td><table>
<tr><th>구분</th><th>이론중립축위치
(mm)</th><th>실측중립축위치
(mm)</th></tr>
<tr><td>3경간</td><td>1,656</td><td>2,000</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>검토 의견</td><td>* 실측중립축이 이론중립축 대비 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.</td></tr>
</table>

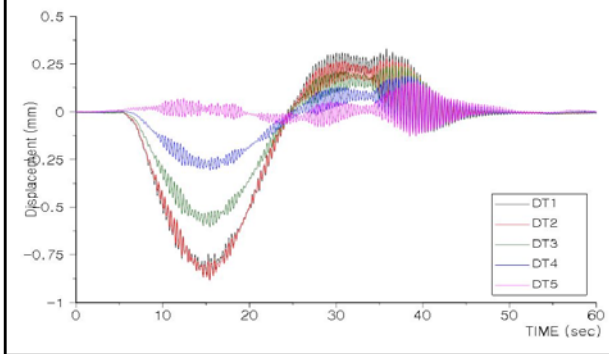
11.4.3 동적 재하시험 결과

가. 동적처짐

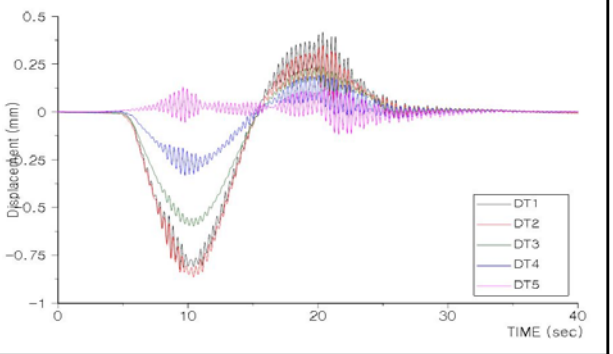
동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

구 분		주행속도 (km/h)							비고
		10	20	30	40	50	60	70	
3경간	G1(DT1)	-0.879	-0.824	-0.823	-0.841	-0.842	-0.948	-0.798	단위 : ㎜
	G3(DT2)	-0.883	-0.864	-0.829	-0.859	-0.826	-0.899	-0.805	
	G5(DT3)	-0.604	-0.599	-0.556	-0.587	-0.558	-0.563	-0.538	
	G7(DT4)	-0.306	-0.331	-0.270	-0.292	-0.283	-0.319	-0.269	
	G9(DT5)	0.155	0.131	0.064	0.061	0.098	0.117	0.104	

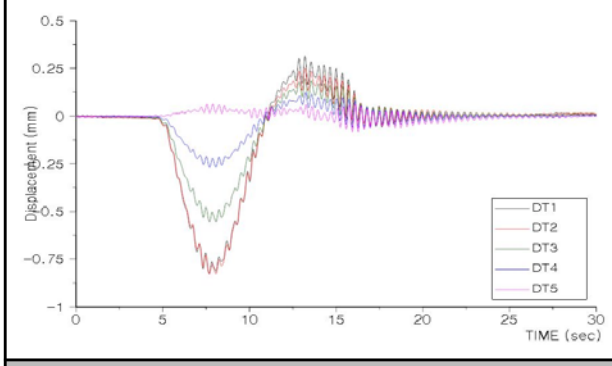
10km/hr



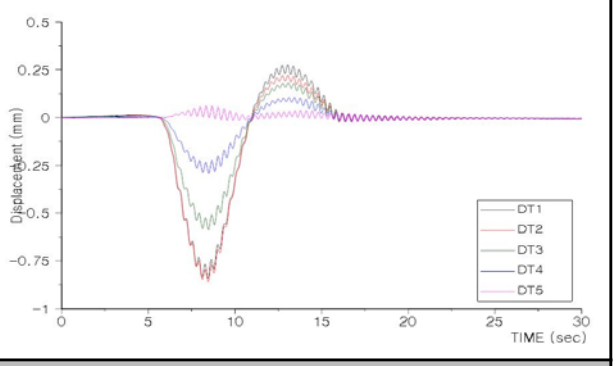
20km/hr



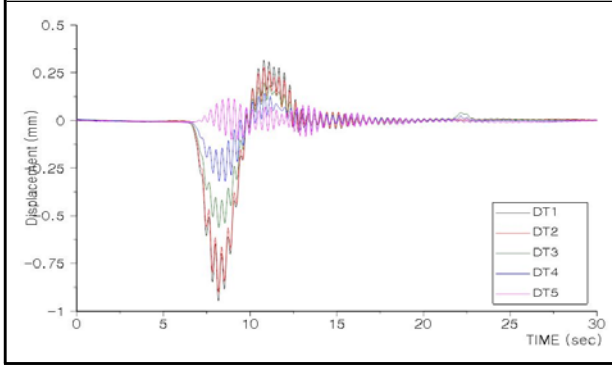
30km/hr



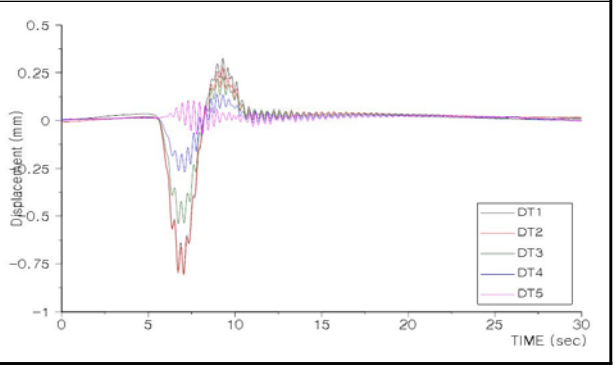
40km/hr



60km/hr



70km/hr



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

나. 충격계수 산정 결과

1) 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

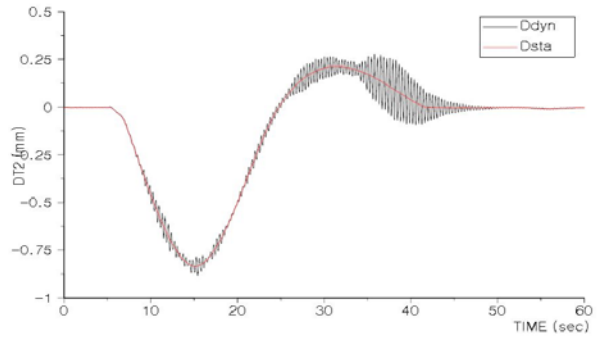
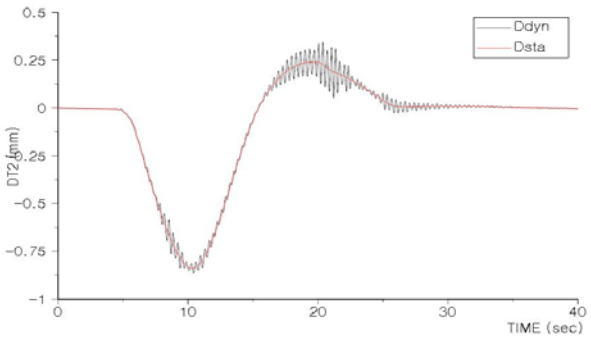
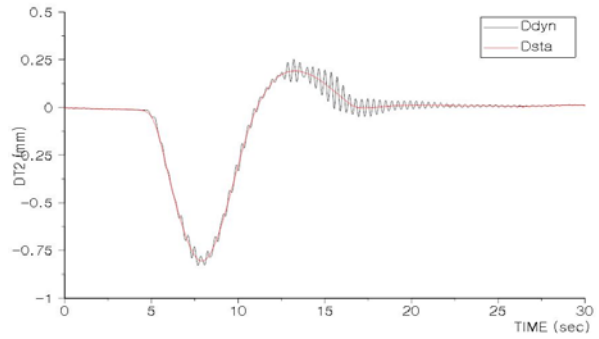
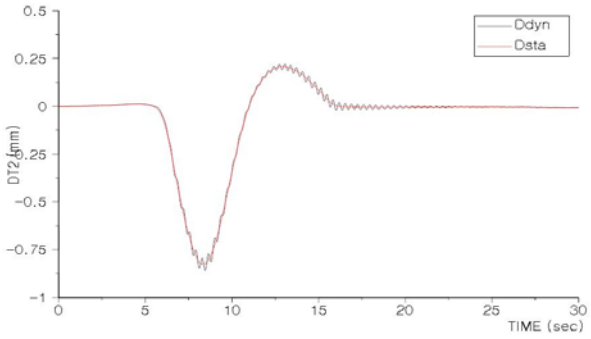
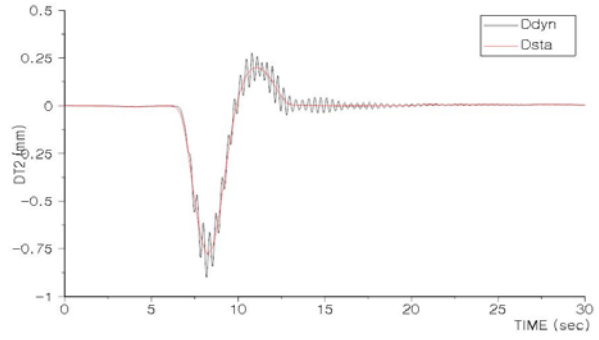
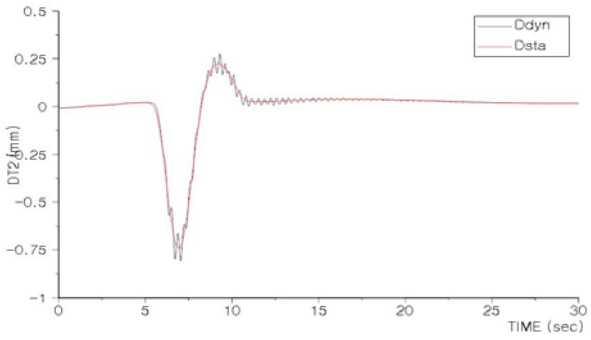
· 실측충격계수 i = (D－1)

여기서, D $=(\delta_{\mathrm{dynamic}})_{\max}/(\delta_{static})_{\max}$

구 분			주행속도 (km/h)							대표 충격계수
			10	20	30	40	50	60	70	
3경간	DT1	$\delta_{dyn(max)}$	-0.879	-0.824	-0.823	-0.841	-0.842	-0.948	-0.798	**0.158**
		$\delta_{sta(max)}$	-0.817	-0.790	-0.794	-0.802	-0.775	-0.819	-0.720	
		충격계수(i)	0.076	0.043	0.037	0.049	0.086	**0.158**	0.108	
	DT2	$\delta_{dyn(max)}$	-0.883	-0.864	-0.829	-0.859	-0.826	-0.899	-0.805	**0.159**
		$\delta_{sta(max)}$	-0.835	-0.838	-0.805	-0.826	-0.787	-0.776	-0.739	
		충격계수	0.057	0.031	0.030	0.040	0.050	**0.159**	0.089	
	DT3	$\delta_{dyn(max)}$	-0.604	-0.599	-0.556	-0.587	-0.558	-0.563	-0.538	**0.149**
		$\delta_{sta(max)}$	-0.563	-0.576	-0.531	-0.555	-0.521	-0.490	-0.483	
		충격계수	0.073	0.040	0.047	0.058	0.071	**0.149**	0.114	
계측결과			• 계산충격계수 : i = 15/(40+L) = **0.166**(2경간, L=50.220) • 실측충격계수 : 3경간-**0.159**(60km, DT2)							

2) 산정 결과

동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 G1~G5의 상부를 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT1, DT2, DT3(2경간)을 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.159(2경간)로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계기준 0.166(2경간)보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행 시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

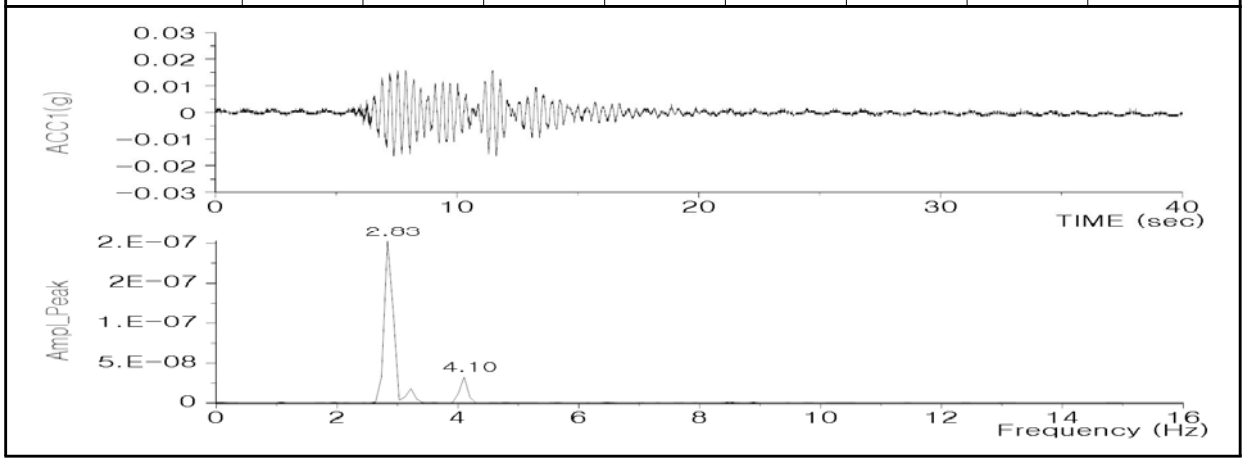
10km/hr, DT2	20km/hr, DT2
	
30km/hr, DT2	**40km/hr, DT2**
	
60km/hr, DT2	**70km/hr, DT2**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

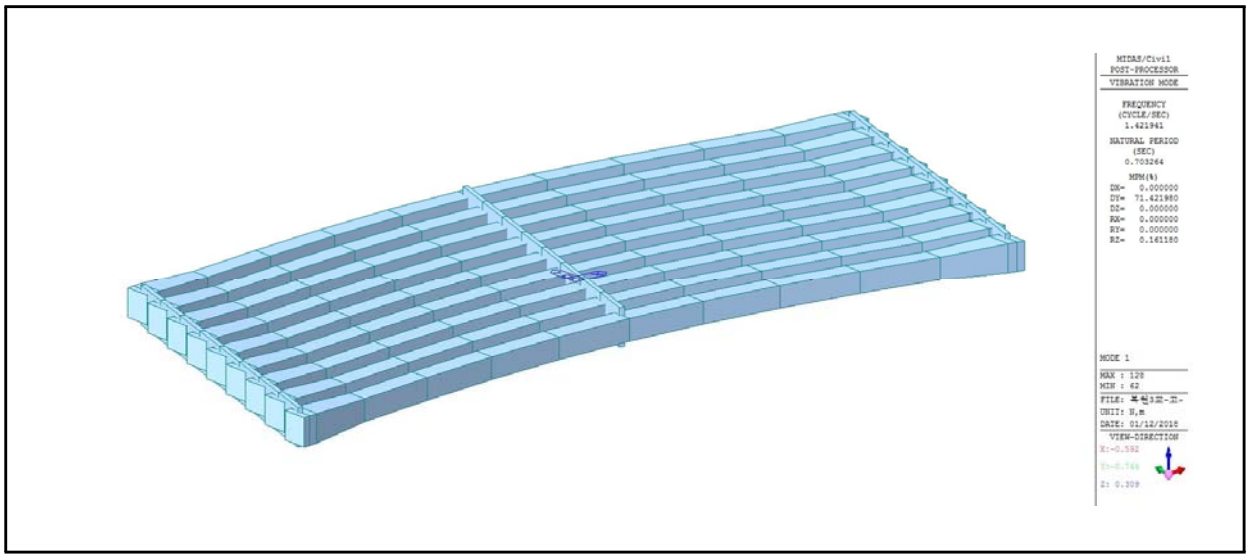
다. 고유진동수 산정 결과

1) 재하시험에 의한 고유진동수 산정

구 분	10km	20km	30km	40km	50km	60km	70km	비 고
고유진동수 (cycle/sec(Hz))	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	



2) 구조해석에 의한 고유진동수 계산



3) 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 2.83Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 1.422Hz보다 큰 것으로 나타나 교량의 강성은 양호한 것으로 판단된다.

라. 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 멀어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

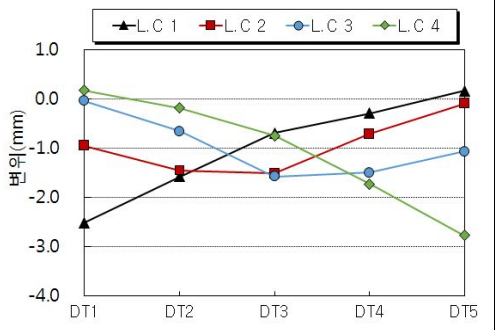
1) 응답비 산정

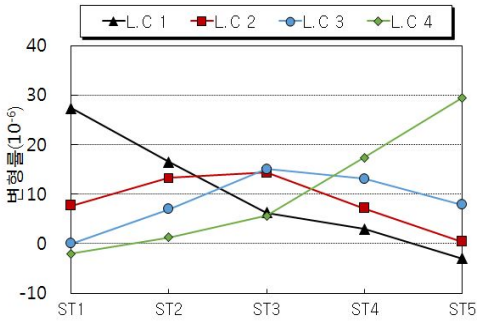
구 분		처 짐(㎜)				비고
		L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	
G1	계산처짐	-8.045	-2.630	-	0.943	DT1
	실측처짐	-2.525	-0.959	-	0.171	
	응답비	3.186	**2.742**	-	5.515	
G3	계산처짐	-4.520	-4.035	-1.617	-	DT2
	실측처짐	-1.586	-1.462	-0.667	-	
	응답비	2.850	2.760	**2.424**	-	
G5	계산처짐	-1.538	-3.569	-3.581	-1.527	DT3
	실측처짐	-0.697	-1.523	-1.580	-0.755	
	응답비	2.207	2.343	2.266	**2.023**	
G7	계산처짐	-	-1.604	-4.026	-4.516	DT4
	실측처짐	-	-0.715	-1.501	-1.738	
	응답비	-	**2.243**	2.682	2.598	
G9	계산처짐	0.942	-	-2.600	-8.080	DT5
	실측처짐	0.154	-	-1.076	-2.780	
	응답비	6.117	-	**2.416**	2.906	

2) 응답보정계수 산정

구 분		응답비	i(충격계수)		$\frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$	위치별 Ks
			계산	실측max		
응답보정계수	DT1(G1)	2.742	0.166	0.159	1.006	2.758
	DT2(G3)	2.424				2.439
	DT3(G5)	2.023				2.035
	DT4(G7)	2.243				2.256
	DT5(G9)	2.416				2.430

11.4.4 정·동적 재하시험 고찰

<table>
<tr><th colspan="2">분석항목</th><th>분석결과</th></tr>
<tr><td colspan="2">시험트럭</td><td>• 재하하중 : 설계하중의 약 62~64%
• 총 중 량 : 269.10kN(1호차), 276.00kN(2호차)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">정적
재하
시험</td><td>최대
응답</td><td>• 처 짐 : -2.780 ㎜
• 변형률 : 29.48 με</td></tr>
<tr><td rowspan="3">횡방향
거동특성</td><td>


</td></tr>
<tr><td>처짐</td><td>변형률</td></tr>
<tr><td>• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">동적
재하
시험</td><td>충격
계수</td><td>• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.159(DT2)으로 이론 충격계수 0.166보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td>고유
진동수</td><td>• 실측고유진동수(2.83Hz)가 이론 고유진동수(1.422Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

11.5 안전성평가 및 내하력평가

11.5.1 구조해석 방법 및 개요

복현3교는 연장 100.00m, 총폭 24.640m, 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 69.4~74.7°이며 평면선형 R=1030.0 곡선교 이다. 상부구조는 개량형 PSC BEAM(Bi con)으로 이루어져 있으며, 하부구조는 풍화암 위에 직접기초인 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

11.5.2 검토 조건

가. 기본 사항

1) 형　　식 : 개량형 PSC BEAM(Bicon) 교
2) 연　　장 : 50.000m
3) 교　　폭 : B = 24.640m
4) 거더높이 : H = 2.100m
5) 거더간격 : 2.750m
6) 사　　각 : 69.4~74.7°
7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
8) 단위중량
   - 철근 콘크리트 : W_{c1} = 2500.0kg/㎥
   - 무근 콘크리트 : W_{c2} = 2350.0kg/㎥
9) 사용 프로그램 : SAP2000
10) 구조 검토방식 : 강도설계법(바닥판), 허용응력설계법(거더)
11) 참고문헌
   ① 도로교 설계기준(2010)
   ② 콘크리 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
   ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

나. 사용재료 및 허용응력

1) 콘크리트

① 압축강도(f_{ck}) 및 탄성계수

【표 2.11.12】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa)

구 분	설계기준강도	탄성계수 추정식	적용 탄성계수
거 더	40	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	30,891
바닥판	27	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	27,804

② 허용응력

【표 2.11.13】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(f_{ck} = 40 MPa일 경우)

응력의 발생시기	응력구분	설계기준	허용응력
프리스트레스 도입 시	압축강도	$f_{ci'} = 0.8f_{ck}$	32.000
크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력	압축응력(Posttensioning)	$0.60f_{ci'}$	19.200
	부착된 철근이 없는 인장응력	$0.25\sqrt{f_{ci'}}$	1.414
모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력	압축응력	$0.45f_{ck}$	18.000
	부착된 철근이 있는 인장응력	$0.50\sqrt{f_{ck}}$	3.16
	부착된 철근이 없는 인장응력	0	0
	균열응력	$0.63\sqrt{f_{ck}}$	3.98

③ 바닥판

허용휨압축응력 : $0.4 \times f_{ck} = 0.4 \times 27 = 10.800$ MPa

2) PS 강연선(KS D 7002 SWPC 7B, 저릴렉세이션 강재)

긴장력 및 강선에 대한 계수값 들은 도면에 표기된 값을 사용하였다.

① 극한강도 : f_{put} = 1900.0MPa

② 항복강도 : f_{pyt} = 1600.0MPa

③ 탄성계수 : Ep = 200,000MPa

④ 긴장시 최대응력 : MIN(0.94×f_{pyt}, 0.8×f_{put}) = 1,504MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyt}, 0.82×f_{put}) = 1,312MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyt}, 0.82×f_{put}) = 1,312MPa

3) PS 강봉(KS D 3505, 저릴렉세이션 강재)

① 극한강도 : f_{puc} = 1050.0MPa

② 항복강도 : f_{pyc} = 950.0MPa

③ 탄성계수 : Ep = 200,000MPa

④ 긴장시 최대응력 : MIN(0.94×f_{pyc}, 0.8×f_{puc}) = 840MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777MPa

4) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	강 연 선						강봉
PS강재 개수	개, ㎜	7	10	11	13	16	19	40
쉬스관 내경	㎜	65	75	75	85	85	100	50
쉬스관 외경	㎟	70	80	80	90	90	105	55
곡률마찰계수 μ	1/rad	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-
파상마찰계수 κ	1/m	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.008

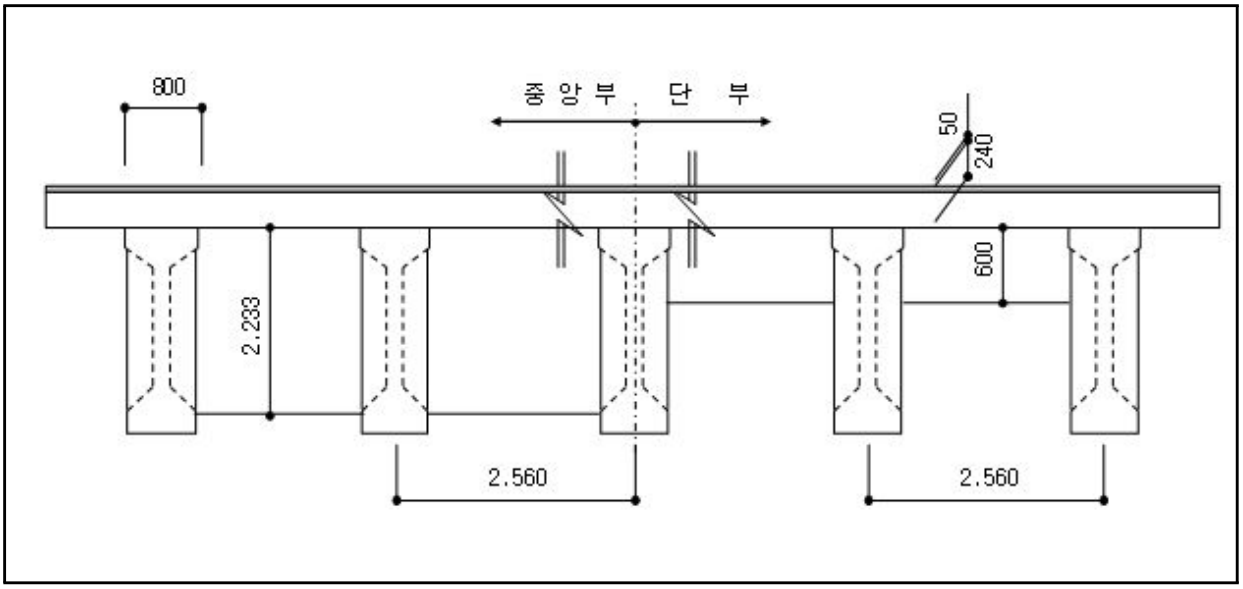
5) 철근

구 분	항복강도(fy)	탄성계수(Es)	허용인장응력(f_{ta})	비고
바닥판	400MPa	200,000	180MPa	SD400
거더	300MPa	200,000		SD300

11.5.3 구조해석

가. 바닥판 검토

1) 단면제원



2) 좌측 켄틸레버부

① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(무근콘크리트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	100.0㎞/hr	96.000kN	1060	

② 하중산정

㉠ 고정하중

구 분	면적 (m2)	단위중량 (kN/m3)	하중 (kN)	작용거리 (m)	휨모멘트 (kN·m)
방호벽	0.501	25.000	12.525	0.762	9.544
바닥판	0.248	25.000	6.200	0.518	3.209
포 장	0.021	23.500	0.488	0.208	0.101
방음판			2.000	0.805	1.610
합 계			21.213		14.464

㉡ 차량충돌하중

구 분	h	H	M_{co} = H×h	곡선반경	적용 M_{co}
Case1	1.000m	23.333kN/m	23.333kN·m/m	R=1030 > 200m	23.333kN·m/m
Case2	1.170m	10.000kN/m	11.700kN·m/m		

※ Case1 : 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시, 여기서 $H=(V/60)^2\times7500+2500$
Case2 : 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10kN/m의 수평하중 재하시

㉢ 원심하중(도.설.해 2.1.17)

곡선반경(R)	$CF = 0.79\times V^2/R$	$Pcf = Pr/E\times CF/100$	$Mcf = Pcf\times1.8$
1030	7.7%	5.977 kN/m	10.758kN·m

※ 원심하중은 교면상 1.8m 높이에 작용하는 것으로 한다.

㉣ 풍하중

각 형 부 재	풍상측 부재(MPa)	재하위치(mm)	휨모멘트(kN·m)
활하중 재하시	0.0015	1500	6.863
활하중 비재하시	0.0030	1670	15.281

㉤ 하중조합(도.설 2.2.3.2)

하중경우	고정하중	활 하 중	차량충돌하중	원심하중	풍 하 중	합 계(kN·m/m)
Case 1	1.30	2.15		1.30		36.871
Case 2	1.30		1.30			29.745
Case 3	1.30	1.30	0.65	1.30		43.734
Case 4	1.30	1.30		1.30		36.871
Case 5	1.25	1.25	0.625	1.25		43.734
Case 6	1.30	1.30		1.30	1.30	60.204
Case 7	1.20		1.20		1.20	53.078

③ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 78.266kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 240.0㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 60.0㎜	유 효 높 이	d = 180.0㎜

㉡ 검토결과

구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	240.0	60.0	H16@200 = 993.00 H13@200 = 633.50	78.266	91.703	O.K S.F=1.172

사 용 성 검 토	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	212.894㎜	100㎜	O.K

바 닥 판 최소두께	h_{min} = (280L+180)	최소h	적용h	결과
	212.20㎜	220.0㎜	240.0㎜	O.K

3) 중앙부

① 검토조건

- 지간방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.4% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상
- 지간방향에 직각방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

구 분			산 정 식	검 토
주철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.4% = 960.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
배력 철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
㉠ • 여기서 바닥판 슬래브 단면적 = 1,000㎜ × 240㎜ = 240,000㎟				

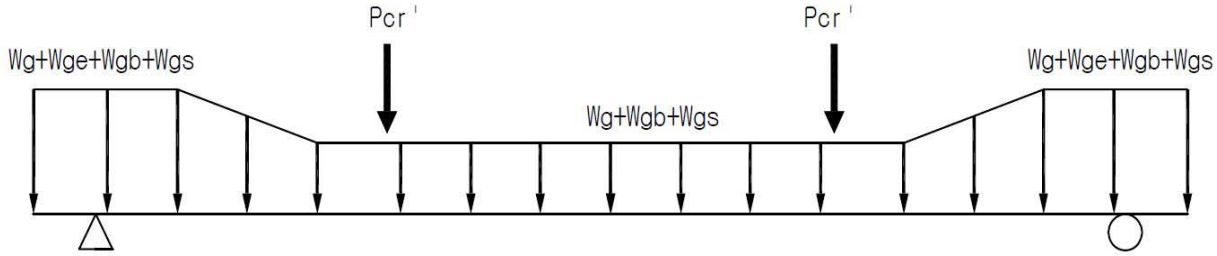
나. 거더 검토

1) 거더 자중

① 하중산정

구 분	산 출 근 거									
거더본체 (Wg)	Anet×wgc	=	1.011	×	25000			=	25274	N/m
단부보강 (Wge)	Avar×wgc	=	1.135	×	25000			=	28375	N/m
가 로 보 (Pcr')	Avar×Lcr×wgc×ea	=	1.135	×	1	×	25000 × 1 EA	=	17025	N
강 봉 (Wgb)	w1cm×Cea	=	102.1	×	2 EA			=	204	N/m
T1 강연선 (Wgs1)	w1tm×Tea	=	11.01	×	7 EA			=	77	N/m
T2~T5 강연선 (Wgs2)	w2tm×Tea	=	11.01	×	4 EA	×	16 EA	=	705	N/m

② 모델링



2) 합성전 고정하중

① 바닥판 콘크리트(Wsc)

㉠ G1 거더 : 0.24 × 2.690 × 25000 = 16140 N/m

㉡ G2 ~ G8 거더 : 0.24 × 2.750 × 25000 = 16500 N/m

㉢ G9 거더 : 0.24 × 2.700 × 25000 = 16200 N/m

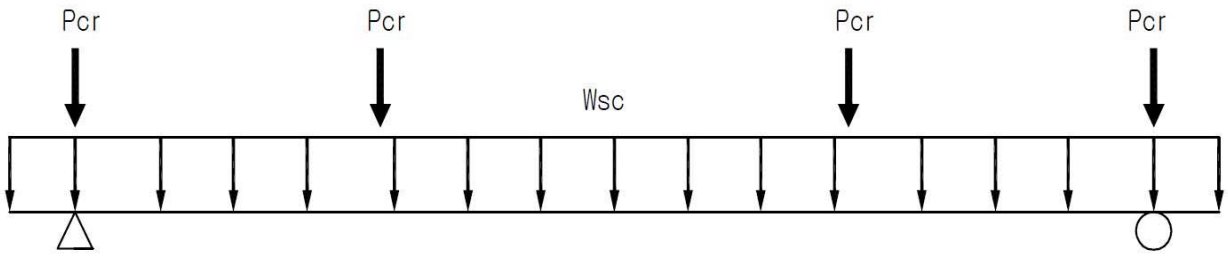
② 가로보 콘크리트(Pcr)

㉠ G1 거더 : 0.300 × 2.233 × 1.38 × 25000 = 23031 N

㉡ G2 ~ G8 거더 : 0.300 × 2.233 × 2.75 × 25000 = 46063 N

㉢ G9 거더 : 0.300 × 2.233 × 1.38 × 25000 = 23031 N

③ 모델링



3) 합성후 고정하중

① 좌측 캔틸레버 하중

- 방호벽 (좌) : A × w = 0.501 × 25000 = 12513 N/m

② 우측 캔틸레버 하중

- 중분대 (우) : A × w = 0.501 × 25000 = 12513 N/m

③ 중앙부 하중

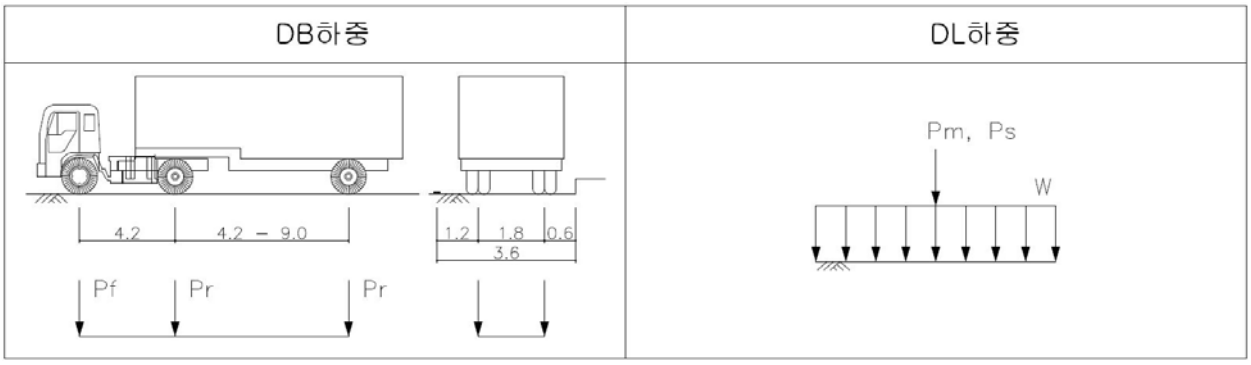
- 콘크리트 포장 : t × w = 0.050 × 23500 = 1175 N/m^2

4) 활하중

① 차로수 : 6 차로

② 차로폭 : 3.0m

③ 적용하중 (1등급)



㉠ DB-24 : DBr = 96.00 kN

DBf = 24.00 kN

㉡ DL-24 : DLw = 12.70 kN/m

DLm = 108.00 kN

DLs = 156.00 kN

5) 단면력 집계표

① 지간중앙부의 휨모멘트 집계(kN·m)

구 분	G1	G2~G8	G9	저 항 단 면	비 고
거더 자중	8215.5	8215.5	8215.5	순 단 면	
합성전 고정하중	5124.5	5514.7	5142.5	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	2679.6	2365.8	2499.2	바닥판 합성단면	
DB 활하중	2966.8	3545.3	4228.9		
DL 활하중	3297.6	3762.4	4549.3		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	3297.6	3762.4	4549.3		
합 계	19317.2	19858.4	20406.5		

② 지간지점부의 전단력 집계(kN)

구 분	G1	G2~G8	G9	저 항 단 면	비 고
거더 자중	725.9	725.9	725.9	순 단 면	
합성전 고정하중	407.0	427.3	408.4	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	292.0	192.6	246.2	바닥판 합성단면	
DB 활하중	232.3	424.2	421.2		
DL 활하중	242.9	413.1	430.5		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	242.9	424.2	430.5		
합 계	1667.7	1770.0	1811.1		

6) 응력검토

① G1거더 응력산출

㉠ G1거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.833

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-12.044	28.181	450.989	-1217.383	
계				1.761	17.610	450.989	-1217.383	
응력 검토				-1.410	±19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	7.995	-5.762	47.480	-33.056	
4	fal	1.443	1.150	1.278	-2.241	7.178	-13.422	
5	fll	1.775	1.415	1.573	-2.758	8.834	-16.517	
6	fsh	0.103	0.043	0.047	-0.674	0.083	4.138	
7	fcr	0.429	0.178	0.198	-2.813	0.346	17.282	
8	frgb	-0.037	-0.034	-0.038	0.003	-0.231	0.009	
9	frgs	0.041	0.017	0.019	-0.268	0.033	1.647	
10	f2	2.636	2.725	-5.389	1.428	-4.943	1.265	
계		6.388	5.495	7.445	4.525	509.770	-1256.036	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{CT}	(kN)	-566.894	-566.894	1102.194	2816.256	2568.123	2689.598	±2812.248
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	±0.0022
fps	(MPa)	-450.989	-450.989	1135.229	1269.041	1157.229	1211.967	±1267.235
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.000
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

② G2~G8거더 응력산출

㉠ G2~G8거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.834

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-12.044	28.181	450.989	-1217.383	
계				1.761	17.610	450.989	-1217.383	
응력 검토				-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	8.604	-6.201	51.096	-35.573	
4	fal	1.256	0.999	1.110	-1.974	6.228	-11.826	
5	fll	1.997	1.589	1.766	-3.139	9.905	-18.807	
6	fsh	0.100	0.040	0.045	-0.671	0.068	4.122	
7	fcr	0.415	0.168	0.187	-2.785	0.283	17.109	
8	frgb	-0.037	-0.034	-0.037	0.003	-0.230	0.010	
9	frgs	0.040	0.016	0.018	-0.268	0.027	1.646	
10	f2	2.806	2.861	-5.719	1.515	-5.246	1.343	
계		6.575	5.641	7.735	4.092	513.122	-1259.359	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{CT}	(kN)	-566.894	-566.894	1102.194	2816.256	2568.123	2689.598	2812.248
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222
fps	(MPa)	-450.989	-450.989	1135.229	1269.041	1157.229	1211.967	1267.235
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

③ G9거더 응력산출

㉠ G9거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.833

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-12.044	28.181	450.989	-1217.383	
계				1.761	17.610	450.989	-1217.383	
응력 검토				-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	8.024	-5.782	47.647	-33.172	
4	fal	1.342	1.070	1.189	-2.089	6.676	-12.514	
5	fll	2.443	1.947	2.164	-3.803	12.152	-22.779	
6	fsh	0.102	0.042	0.047	-0.673	0.080	4.135	
7	fcr	0.429	0.178	0.198	-2.827	0.338	17.370	
8	frgb	-0.037	-0.034	-0.038	0.003	-0.231	0.009	
9	frgs	0.041	0.017	0.019	-0.267	0.032	1.641	
10	f2	2.638	2.726	-5.412	1.434	-4.964	1.270	
계		6.958	5.946	7.951	3.605	512.719	-1261.422	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{CT}	(kN)	-566.894	-566.894	1102.194	2816.256	2568.123	2689.598	2812.248
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222
fps	(MPa)	-450.989	-450.989	1135.229	1269.041	1157.229	1211.967	1267.235
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

7) 거더 안전성평가 결과

【표 2.11.14】 거더 안전성평가 결과

구 분		거더 응력 검토					
		바닥판		거더		PS강재	
		상연	하연	상연	하연	상연	하연
G1	응력	6.388	5.495	7.445	4.525	509.770	-1256.036
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	-
	안전율	1.691		2.418		**1.524**	
G2~G8	응력	6.575	5.641	7.735	4.092	513.122	-1259.359
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	1.643		2.327		**1.514**	
G9	응력	6.958	5.946	7.951	3.605	512.719	-1261.422
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	1.552		2.264		**1.515**	

다. 안전성평가 결과

바닥판 및 거더의 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 “A”로 검토되었다.

【표 2.11.15】 안전성 평가 결과

	구 분	켄틸레버부		중앙부
바닥판	안전율	1.172		-
	최소안전율	**S.F = 1.172**		
거 더	구 분	**G1**	**G2~G8**	**G7**
	안전율	1.524	1.514	1.515
	최소안전율	**S.F = 1.514**		

11.5.4 내하력평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

가. 개요

1) 강도설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서, ϕM_n = 설계휨강도 M_d = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$ = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d = 고정하중 계수 (1.30) γ_ℓ = 활하중 계수 (2.15)

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수 P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24)

2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서, f_ℓ = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

f_a = 재료의 허용응력 f_d = 고정하중 응력

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수

P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

나. 기본내하율 산정

【표 2.11.16】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과

구 분		φMn(kN·m)	M_d(kN·m)	$M_l(1+i)$(kN·m)	기본내하율(RF)
바닥판	켄틸레버	91.703	14.464	11.649	2.911
	중앙부	-	-	-	-

【표 2.11.17】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과

구 분		허용응력 (f_a)(MPa)	고정하중응력 (f_d)(MPa)	활하중응력 (f_l)(MPa)	기본내하율 (RF)	비고
G1	상연	18.000	5.872	1.573	7.710	
	하연	-3.162	7.283	-2.758	**3.787**	
G2~G8	상연	18.000	5.969	1.766	6.813	
	하연	-3.162	7.231	-3.139	**3.311**	
G9	상연	18.000	5.787	2.164	5.644	
	하연	-3.162	7.408	-3.803	**2.779**	

다. 내하력평가 결과

【표 2.11.18】 공용내하력 산정결과

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	G1	2.035	3.787	7.707	DB, DL-24 이상
	G2~G8	2.035	3.311	6.738	DB, DL-24 이상
	G9	2.035	2.779	5.655	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

11.6 종합평가 및 안전등급

11.6.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

복현3교의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.11.19】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

11.6.2 안전등급 지정

복현3교에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.11.20】 복현3교 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	복현3교	A등급(우수)

11.7 종합결론

복현3교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

제12장 오창JCT Ramp-A교

12.1 시설물의 개요
12.2 현장조사 및 시험
12.3 상태평가
12.4 교량 재하시험
12.5 안전성평가 및 내하력평가
12.6 종합평가 및 안전등급
12.7 종합결론

제12장 오창JCT Ramp-A교

12.1 시설물의 개요

12.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 오창JCT Ramp-A교에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

【표 2.12.1】 과업대상 시설물의 개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		오창JCT Ramp-A교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 50.108 + 50.143 = 100.251m			
	폭	B = 17.100m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:ㅠ형		교각	말뚝기초
교량받침		탄성받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(중부고속도로, 지방도510호선)	통과높이		5.1~6.0m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

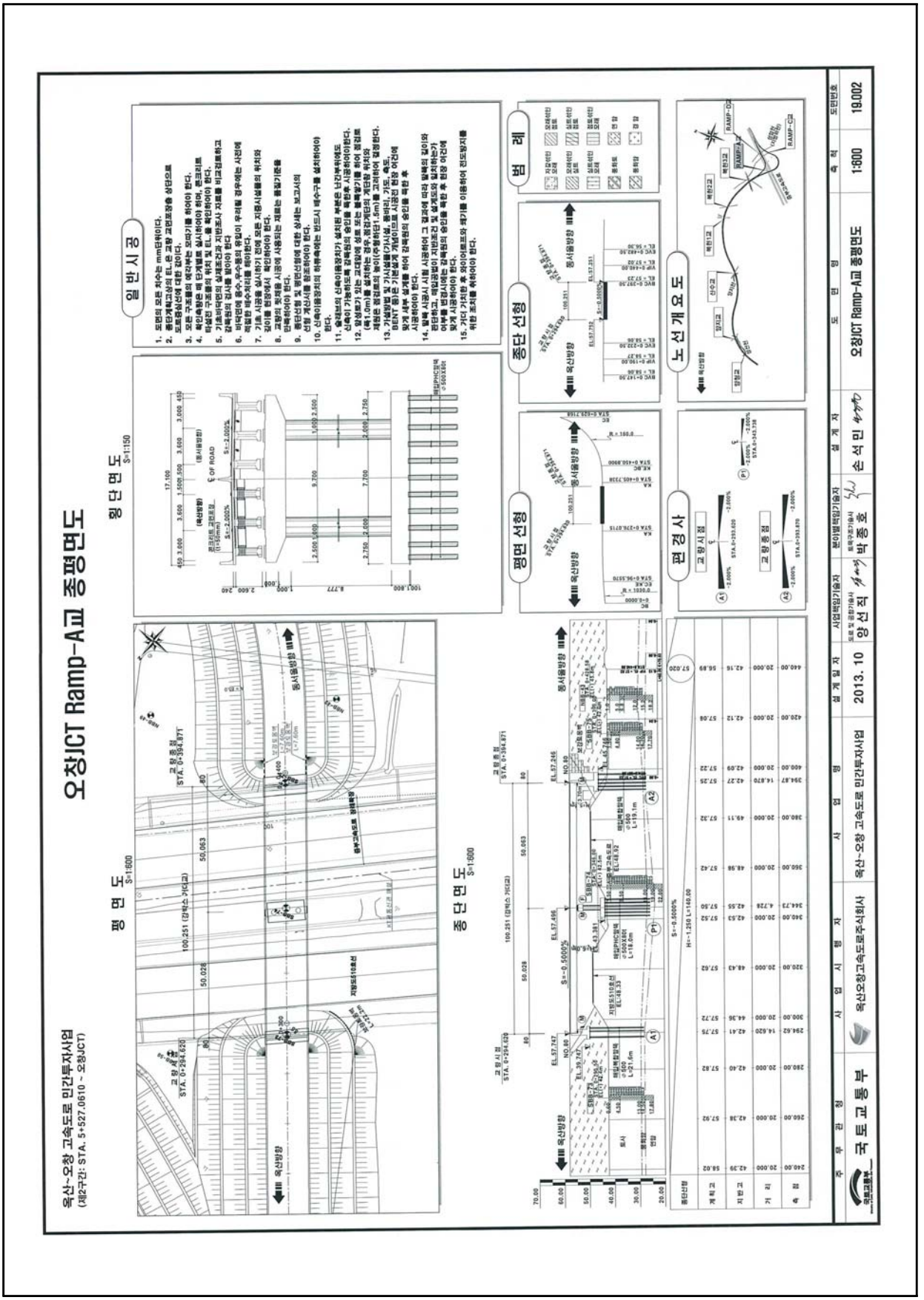


상면전경

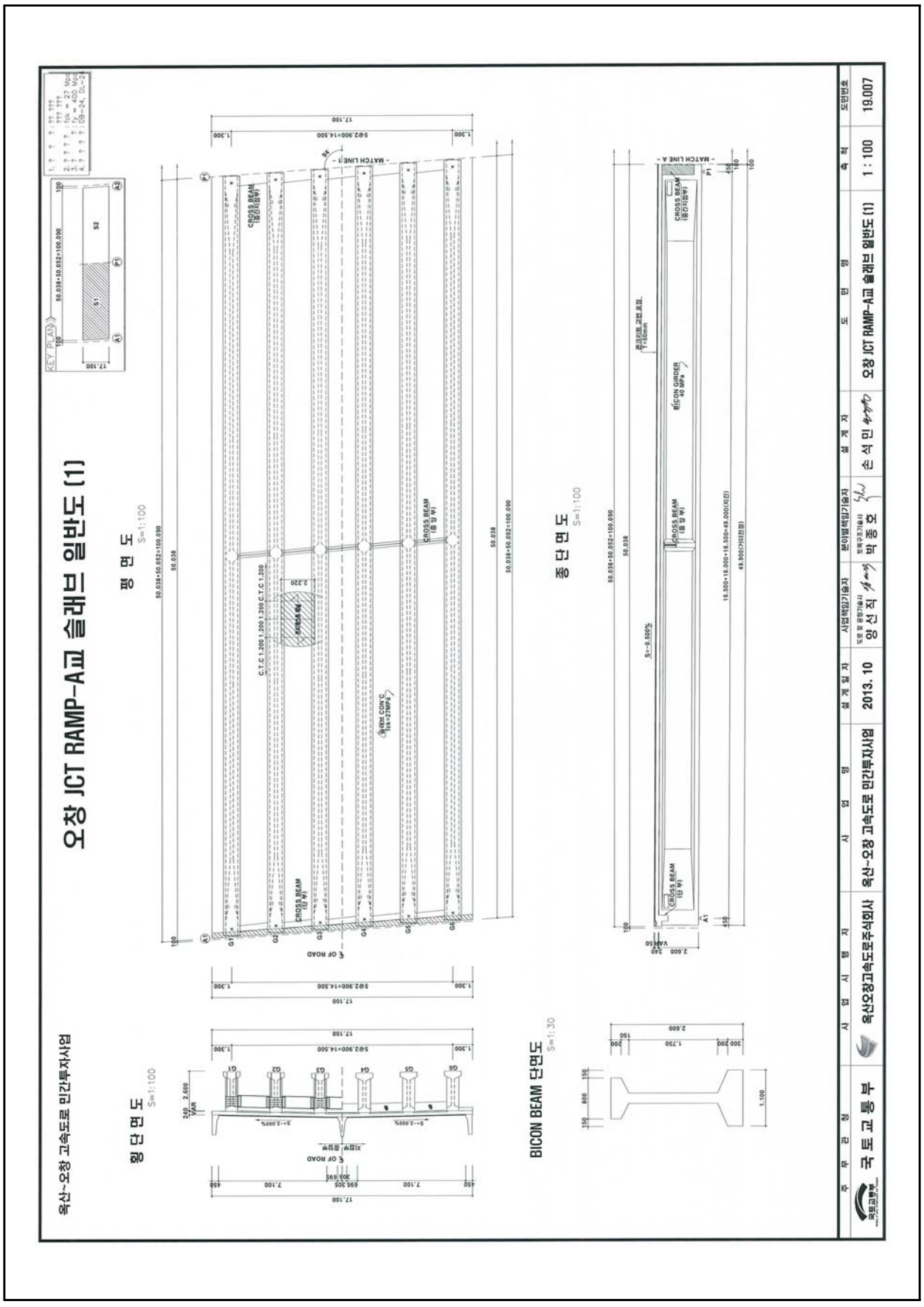


측면전경

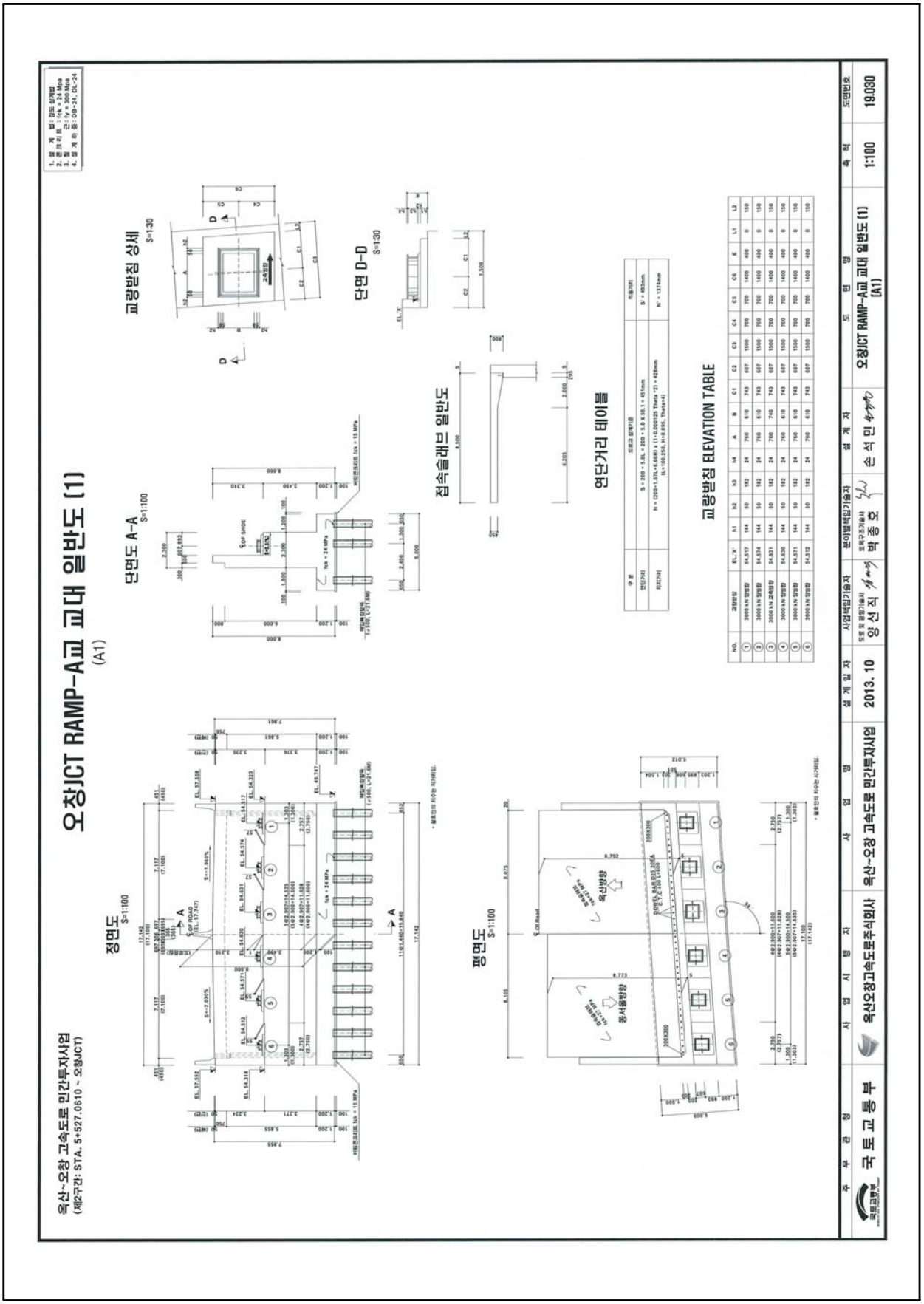
12.1.2 관련도면



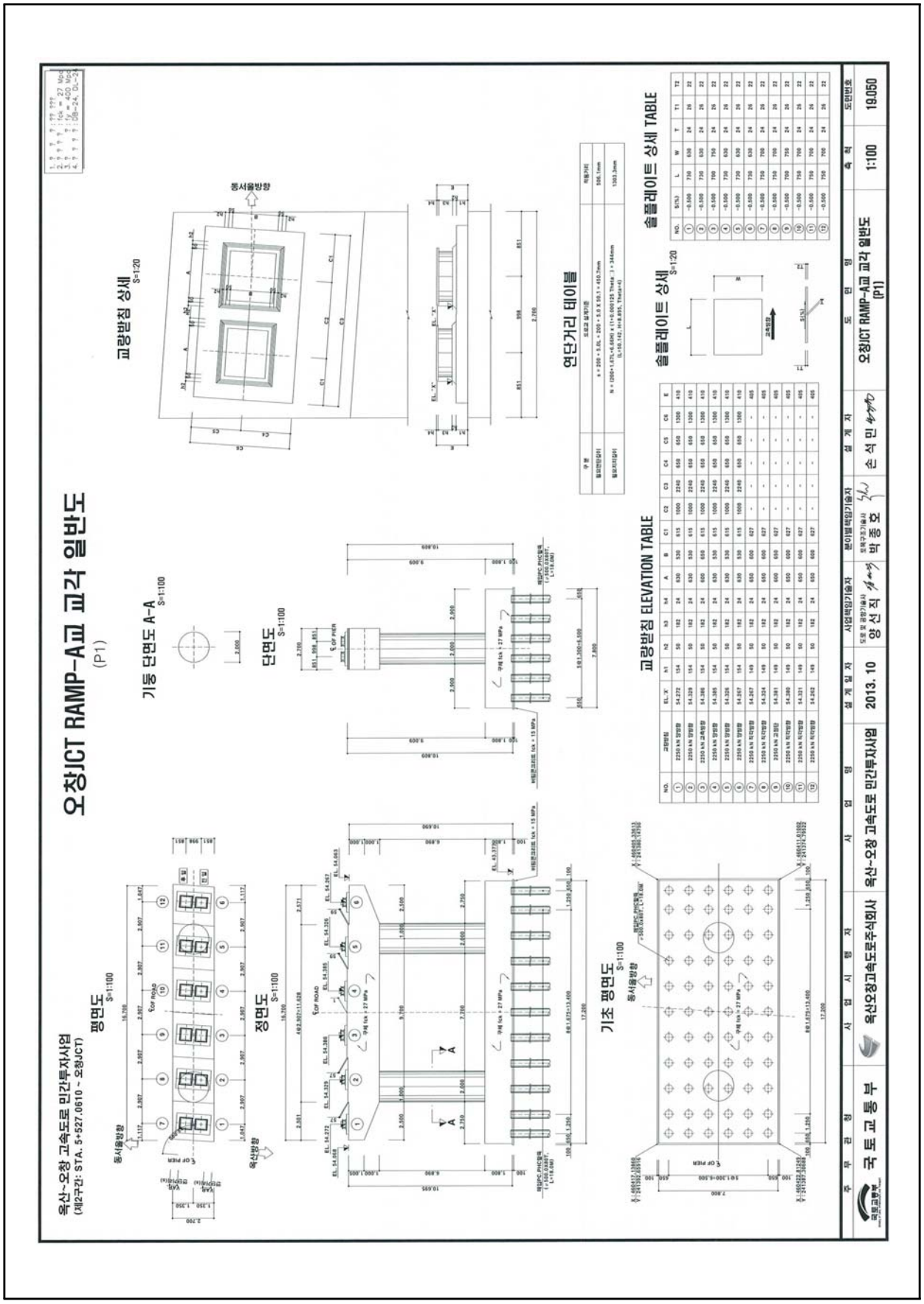
【그림 2.12.1】 종평면도



【그림 2.12.2】 슬래브 일반도



【그림 2.12.3】 교대(A1) 일반도



【그림 2.12.4】 교각(P1) 일반도

12.2 현장조사 및 시험

12.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 오창JCT Ramp-A교에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교면포장 상태양호



교면포장 상태양호

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



배수구 상태양호



배수관 설치상태 양호

다. 난간 및 연석

본 교량의 좌·우측 방호벽 및 중앙분리대는 철근콘크리트 구조로 시공되어있다. 방호벽 및 중앙분리대에 대한 외관조사 결과, 균열, 파손, 박리, 박락 등의 손상이 없는 양호한 상태이다.



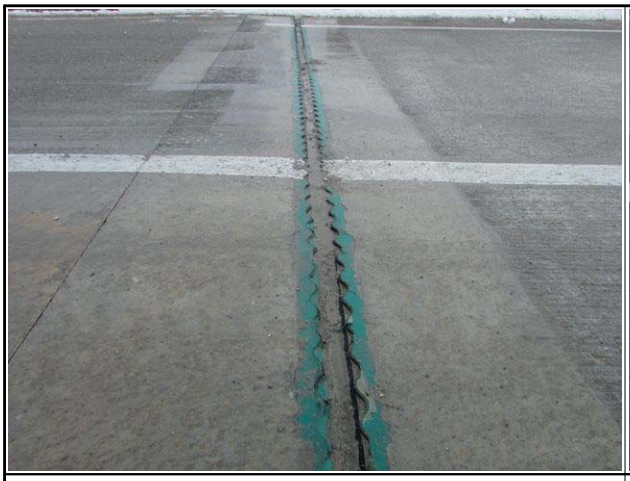
방호벽 상태양호



중앙분리대 상태양호

라. 신축이음

본 교량의 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동상태도 양호한 것으로 나타났다.



신축이음 상태양호(A1)

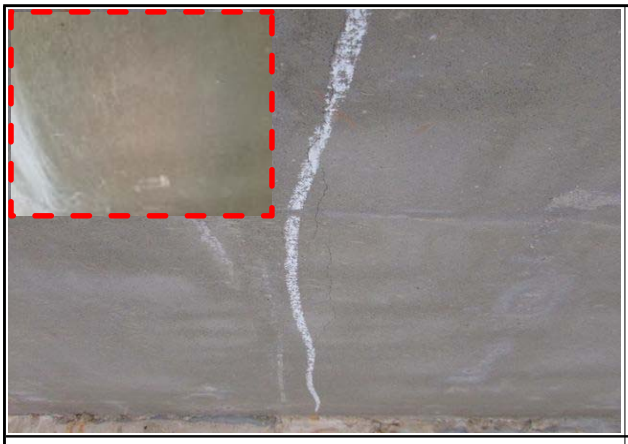


신축이음 상태양호(A2)

마. 바닥판 하면

바닥판은 철근콘크리트 구조이며, 중앙부는 프리캐스트 패널이 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과, 균열(폭 0.3mm미만), 재료분리의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
바닥판	균열(폭 0.3mm미만)	3.2m/4ea	보수완료
	재료분리	0.42㎡/3ea	보수완료



바닥판 하면 균열(폭 0.1mm)(보수완료)



바닥판 하면 재료분리(보수완료)

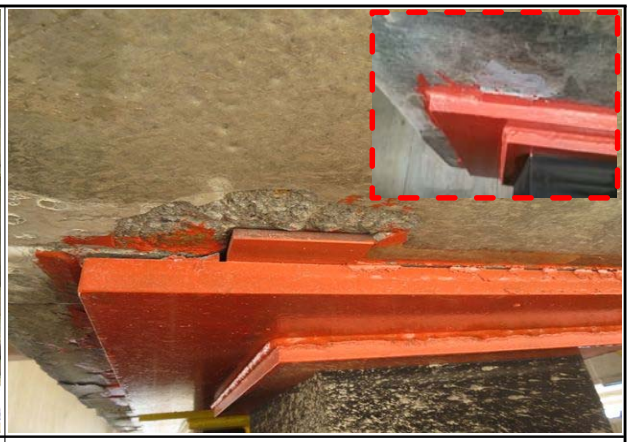
바. 거더

본 교량의 거더는 Bicon Girder형식이며, 거더에 대한 외관조사 결과, 거더 하면 콘크리트 박리가 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
거더	박리	0.53㎡/53ea	보수완료



상부 거더 전경



거더 하면 콘크리트 박리(보수완료)

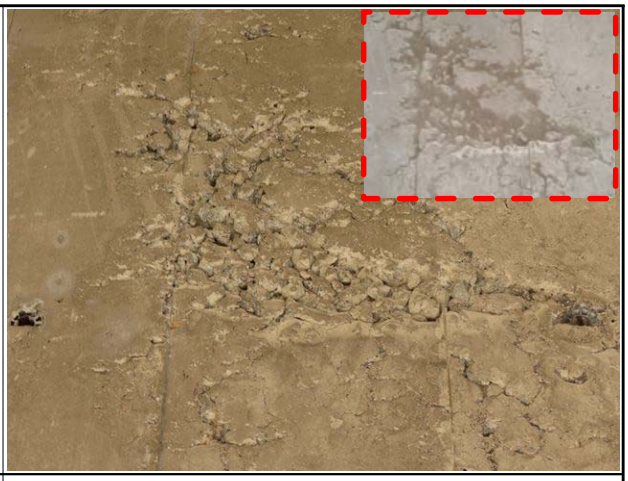
사. 가로보

본 교량의 가로보는 콘크리트 및 강재 가로보로 시공되어 있다. 가로보에 대한 점검결과, 콘크리트 재료분리가 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
가로보	재료분리	0.56㎡/2ea	보수완료



강재 가로보 상태양호



콘크리트 가로보 재료분리(보수완료)

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

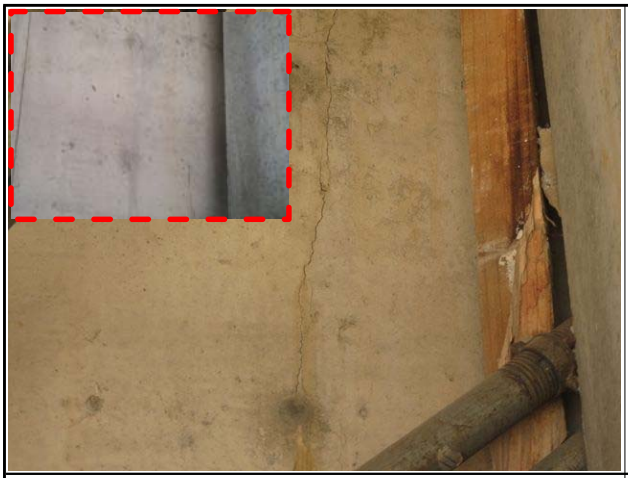
본 교량의 받침장치는 탄성받침 형식으로 총 24개소(6개소/교대 1EA당, 12개소/교각 1EA당)가 설치되어 있으며, P1에 고정단이 설치되어 있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받침콘크리트는 균열, 박리 등의 손상이 없는 양호한 상태이며, 받침본체는 부식, 도장손상 등이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
교량받침 상태양호	교량받침 상태양호

자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 교대 점검결과, 균열(폭 0.3mm미만 및 이상), 이격 및 침하, 이격, 파손, 백태, 토사유실 등의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교대	균열(폭 0.3mm미만)	4.0m/2ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	9.0m/3ea	보수완료
	이격	1.0m/1ea	보수완료
	파손	0.3㎡/1ea	보수완료
	백태	0.05㎡/1ea	보수완료

	
교대 A1 균열(폭 0.3mm)(보수완료)	교대 A1 이격 (L=1.0m)(보수완료)

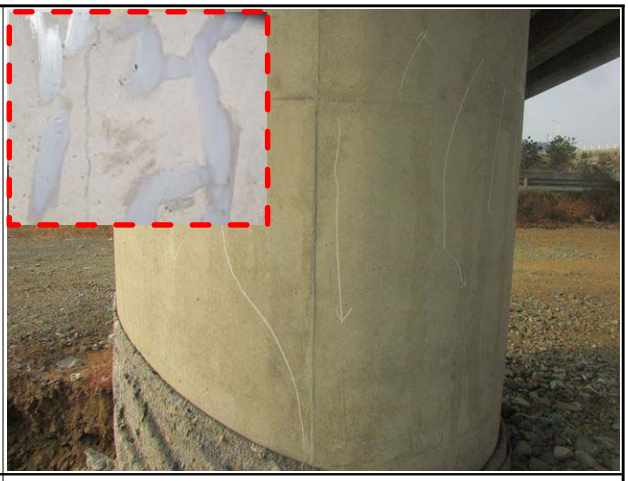
차. 교각

교각은 ㅠ형식으로 시공되어 있다. 교각 점검결과, 균열(0.3mm미만), 망상균열 등의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
교각	균열(폭 0.3mm미만)	9.5m/12ea	보수완료
	망상균열	6.0㎡/2ea	보수완료



교각 전경

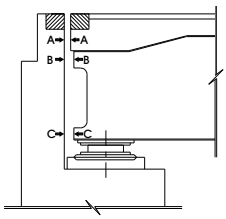


교각 균열(폭 0.2mm)(보수완료)

12.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

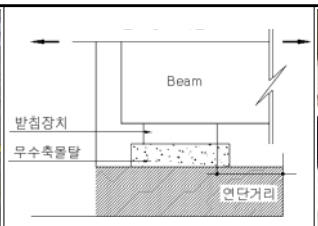
부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법



유간거리 측정전경



연단거리 측정방법



연단거리 측정전경

【그림 2.12.5】부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.12.2】온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 11일		
온도변화 범위	-15℃~+40℃(한냉지방)	선팽창 계수(α)	1.0×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (콘크리트교=1/300)		
주형높이(h)	2,600m		
지간장(L)	50.0m(S1, S2)		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 한냉지방, 콘크리트교 : -15~+40℃ 적용

※ 유간 측정일 기온이 온도변화 범위(보통지방)를 초과하여 한냉한지방의 온도범위로 적용함.

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(-9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-15℃)=5.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=50.0m)

{[A1지점, A2지점] = 50.0m}

▷ A1지점, A2지점 = (24.65mm - 신장 / 2.85mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 (Δℓt)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.12.3】 유간거리 검토결과

위치		계산 신축량 (mm)			오창JCT Ramp-A교		
					측정유간 (mm)	판정	
		Δℓt	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A1	신장	24.65	5.0	29.65	65.0	OK	OK
	수축	2.85	5.0	7.85	15.0	OK	OK
A2	신장	24.65	5.0	29.65	62.0	OK	OK
	수축	2.85	5.0	7.85	18.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A1=80㎜, A2=80㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이

  * 50.0m : S = 200 + (5 × 50.0) = 450.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 540㎜~600㎜로 도로교 설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 450.0㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.12.4】 연단거리 측정결과

구 분			실측거리(㎜)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(㎜)	평 가
오창JCT Ramp-A교	A1		550~559	50	450	O.K
	P1	A1측	550~580	50	450	O.K
		A2측	540~580	50	450	O.K
	A2		580~600	50	450	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.12.5】 교량받침 이동량 측정결과

측정당시 온도	3.3℃ (2017년 11월 20일)			교량받침 종류	탄성받침		
구분	가동단 변위량(mm)						허용이동량 (mm)
	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	
A1	0	0	0	0	0	0	±108
P1	Fix						-
A2	0	0	0	0	0	0	±108

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.2℃(2017년 11월 27일)

2) 온도변화 : -5℃~35℃(콘크리트교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 35℃-(3.2℃)=31.8℃(신장), 3.2℃-(-5℃)=8.2℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=50.0m)

{[A1, A2지점] = 50.0m}

▷ A1, A2 = (15.9mm - 신장 / 4.1mm - 수축)

【표 2.12.6】 교량 받침 이동량 검토

구 분	신축장 (mm)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판정
		신장	수축	신장	수축	
A1	50,000	15.9	4.1	108	108	O.K
A2	50,000	15.9	4.1	108	108	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▸검토결과 : 온도 3.2℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.

12.2.3 내구성조사

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대, 교각의 총 5개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.12.7】 반발경도시험 결과

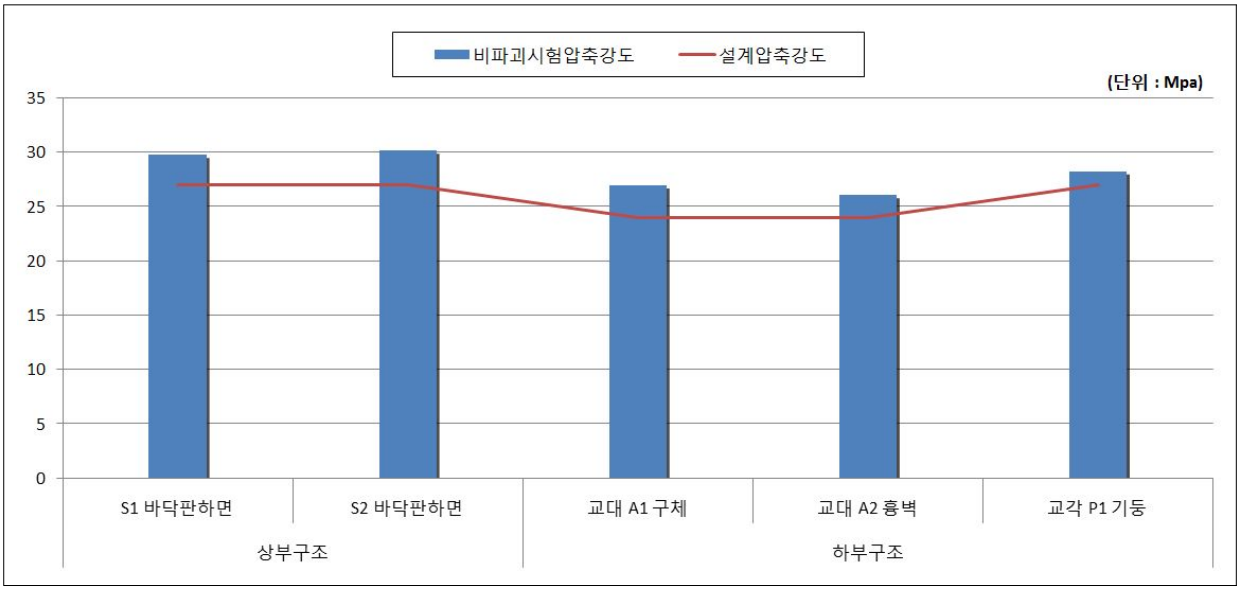
구 분		설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
상부구조	바닥판	27.0	29.8 ~ 30.2	110.4 ~ 111.9
하부구조	교 대	24.0	26.1 ~ 27.0	108.8 ~ 112.5
	교 각	27.0	28.3	104.8

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.12.8】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치		평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	재령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (MPa)	설계압축강도(MPa)
상부구조	S1 바닥판하면	46.2	-3.4	42.7	0.77	27.9	31.7	29.8	27.0
	S2 바닥판하면	46.7	-3.4	43.2	0.77	28.4	32.0	30.2	27.0
하부구조	교대 A1 구체	43.7	0	43.7	0.68	25.5	28.5	27.0	24.0
	교대 A2 흉벽	41.8	0	41.8	0.69	24.2	28.0	26.1	24.0
	교각 P1 기둥	44.5	0	44.5	0.7	26.9	29.7	28.3	27.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.12.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.12.9】 철근탐사시험 결과

탐사위치		배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	S1 캔틸레버 (지점부)	주 철 근	@100	60	≒@100	≒50
		배력철근	@125	76	≒@125	≒65
	S2 캔틸레버 (지점부)	주 철 근	@100	60	≒@100	≒50
		배력철근	@125	76	≒@125	≒65
하부구조	교대 A1 구체	수직철근	@250	89	≒@250	≒100
		수평철근	@300	70	≒@300	≒80
	교대 A2 구체	수직철근	@250	84	≒@250	≒95
		수평철근	@150	65	≒@150	≒75
	교각 P1 기둥	수직철근	@125	89	≒@125	≒100
		수평철근	@300	70	≒@300	≒80

12.3 상태평가

12.3.1 상태평가 결과

본 오창JCT Ramp-A교에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 **「A등급」**으로 평가되었다.

【표 2.12.10】 상태평가 결과

오창JCT Ramp-A교													
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
3	개량형 PSC BEAM	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.12.11】 상태평가 결과표

교 량 명	오창JCT Ramp-A교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	100.0	4	400	1.000	0.100
합계(Σ)			100.0		400	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

12.4 교량 재하시험

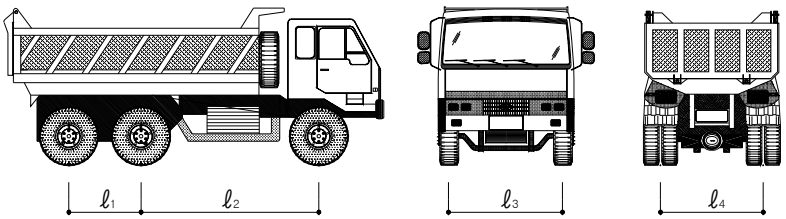
12.4.1 개 요

가. 현장시험의 개요

구 분		내 용
시험일자		2017. 12. 19
시험시간		AM 09:00 ~ AM 11:00
시험위치		S1(최대 정모멘트가 작용하는 지점)
재하시험차량 대수		2대
하중 경우 수	정적재하시험	Load Case 1~3 (3회)
	동적재하시험	10km/hr ~ 60km/hr

나. 재하시험 차량의 제원 및 하중

대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62~64%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN, 276.00kN 트럭 2대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

차 량 제 원	계량증명서
	

구 분	재하차량 제원(m)			
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
15ton 덤프트럭	1.30	3.20	2.10	1.85
구 분	**총 중 량 (kN)**	**전륜축중량 (kN)**	**중륜축중량 (kN)**	**후륜축중량 (kN)**
1호차 - 덤프트럭 (5328)	269.10	79.80	94.65	94.65
2호차 - 덤프트럭 (7001)	276.00	79.80	98.10	98.10

다. 교량 재하시험 사진

<table>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td>변형률계 설치 현황</td><td>처짐계 설치 현황</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가속도계 설치 현황</td><td>재하시험 계측 전경</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>정적 재하시험 전경</td><td>동적 재하시험 전경</td></tr>
</table>

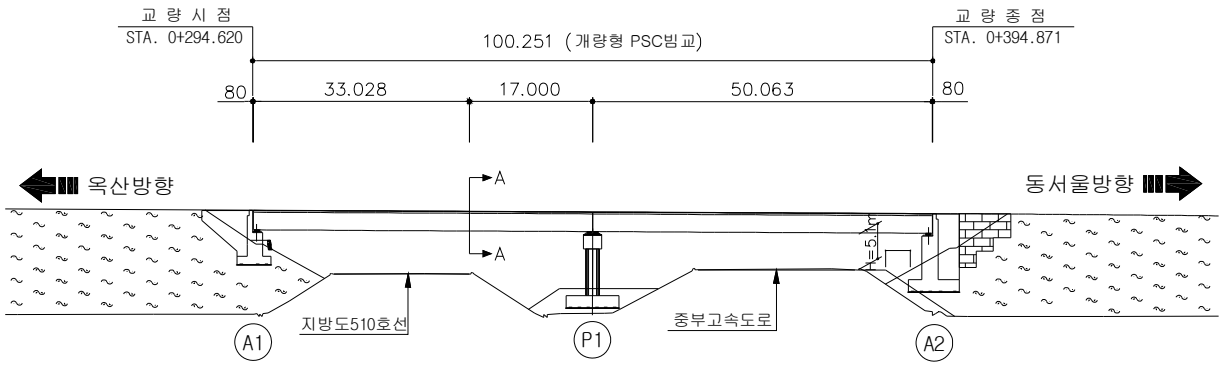
라. 계측센서 사양 및 수량

구분	센서명	모델명	사 양	수량(ea)
계측센서	콘크리트 변형률게이지	PL-60 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20~+80℃ • 형식 : 전기저항식	5
	처짐계	OU-30	• 범위 : ±30mm • 민감도: ($x10^{-6}$/mm) : 1000 • 허용온도범위 : 0~+60℃ • 형식 : 전기저항식	4
	가속도계	ARF-20A	• 용량 : 2.04g • 응답주파수 : 80hz • 고유주파수 : 150hz • 형식 : 전기저항식	1
소 계				10
측정장비	정, 동적 시험장비	DRA-30A	• 측정점수 : 30채널 • 측정대상 : Dynamic Strian, 전압 • 각 채널별 112k word 데이터메모리 탑재 (정적스트레인측정시 30000scans)	1
소 계				1

마. L/C별 재하시험 방법

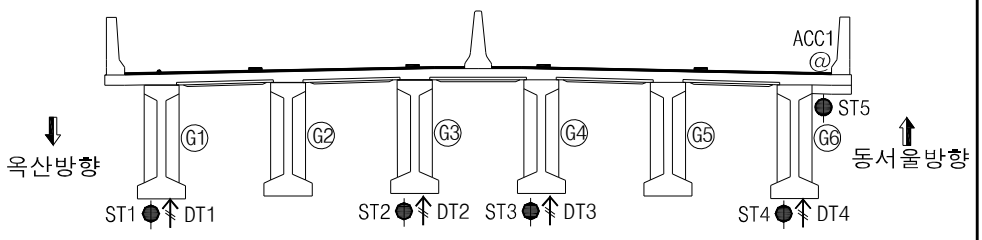
재하시험 위치	재하목적	비 고
외측경간(S1)	· 최대 정모멘트가 작용하는 지점	

바. 계측센서 설치도



재하시험 경간

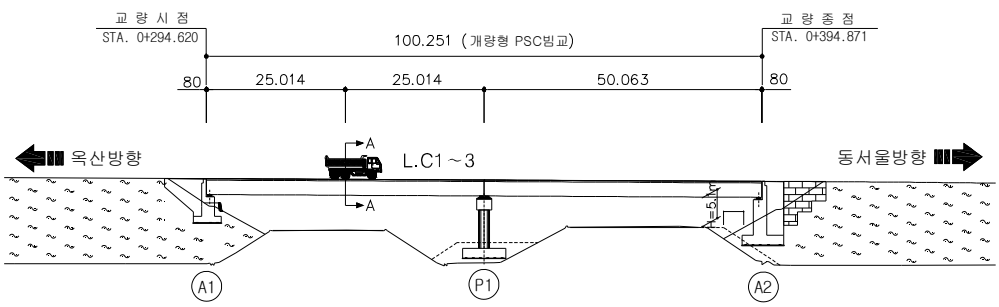
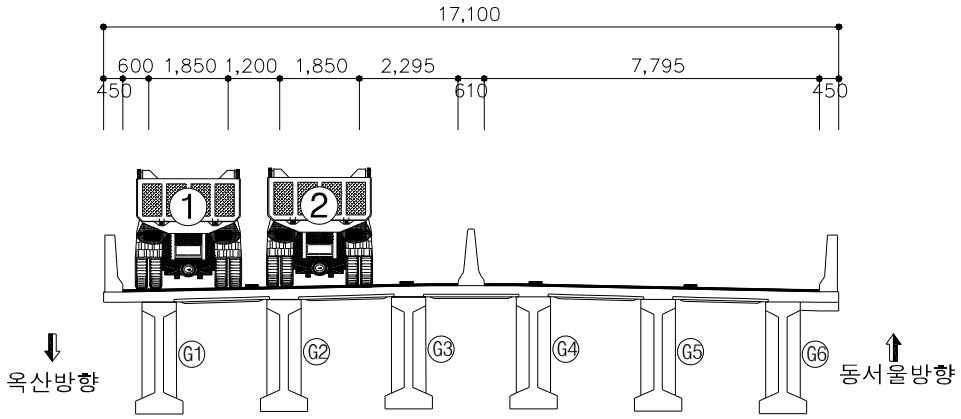
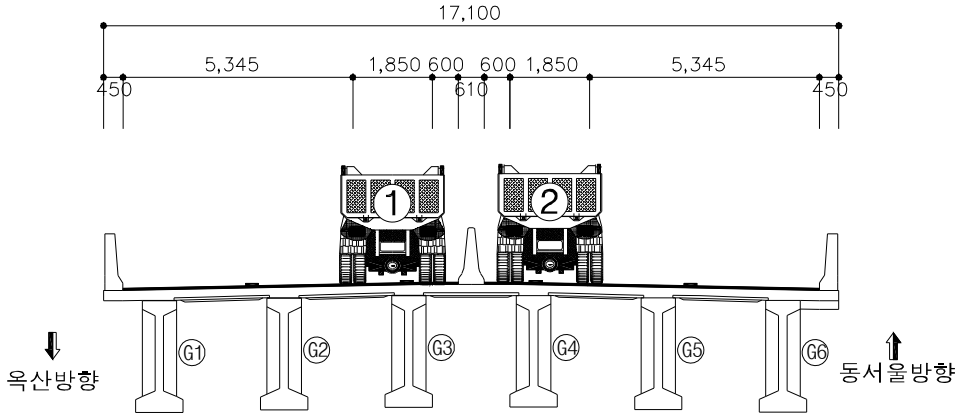
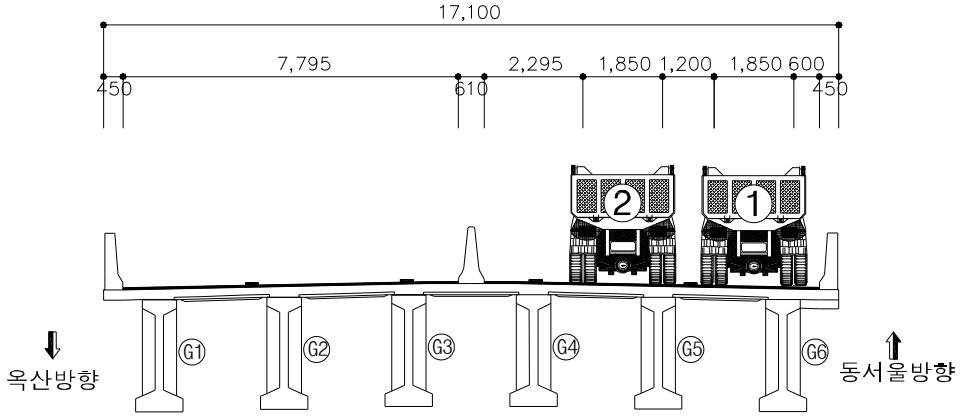
A-A단면 부착위치



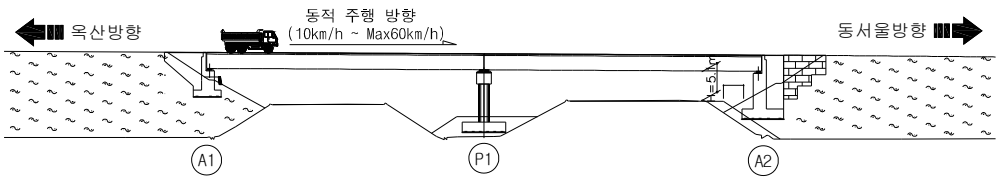
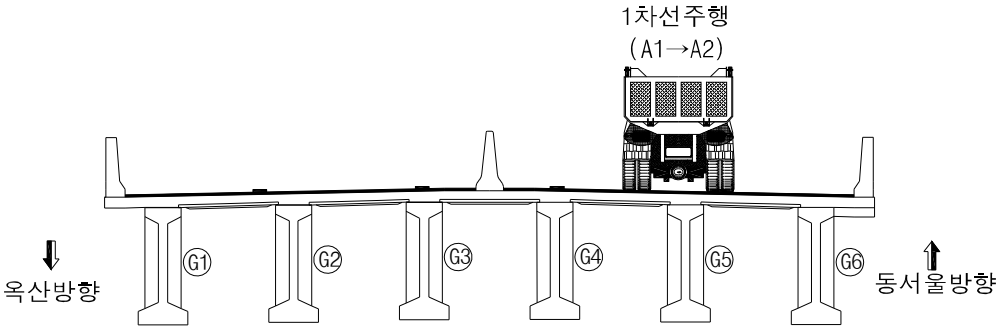
구 분	계측기명	설치수량	비 고
●	콘크리트 변형률계	5	교축방향
↑	처짐계	4	연직방향
@	가속도계	1	연직방향
계측센서 총 수량		9	

* S1경간 최대정모멘트부(1/2L)가 지방도510호선 통과구간으로 P1으로 8m이격, 설치함.

사. 정적 재하시험 LOAD CASE

종방향 재하위치	 * 계측값 확인 후 최대값이 발생되는 S1경간 최대정모멘트부(1/2L)에 재하함.
L.C 1	
L.C 2	
L.C 3	

아. 동적 재하시험 LOAD CASE

차량주행방향	
주행위치	

재하경우	주행방향	주행위치	비 고
10km/hr	시점→종점	오창방향 1차선	재하차량 1대
20km/hr	시점→종점	오창방향 1차선	재하차량 1대
30km/hr	시점→종점	오창방향 1차선	재하차량 1대
40km/hr	시점→종점	오창방향 1차선	재하차량 1대
50km/hr	시점→종점	오창방향 1차선	재하차량 1대
60km/hr	시점→종점	오창방향 1차선	재하차량 1대

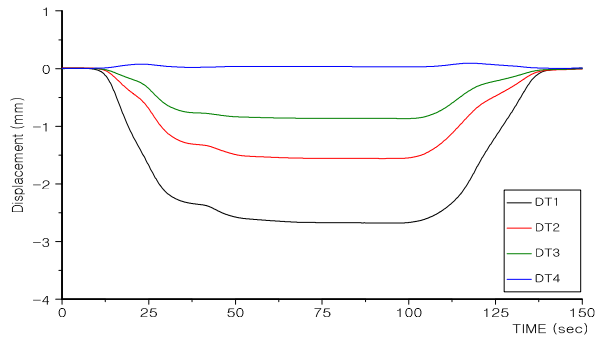
12.4.2 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

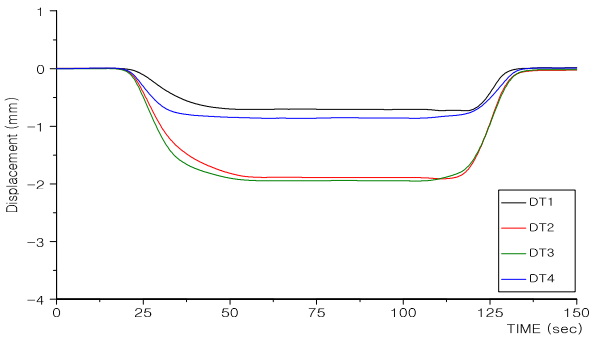
가. 재하시험에서 측정된 계측DATA

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
ST1	18.79	3.84	-0.86	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST2	9.04	13.32	4.16	
ST3	3.82	14.29	9.53	
ST4	-0.21	4.93	22.05	
ST5	-0.13	-3.37	-8.07	
DT1	-2.673	-0.709	0.033	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT2	-1.558	-1.889	-0.835	
DT3	-0.863	-1.943	-1.570	
DT4	0.037	-0.854	-2.917	

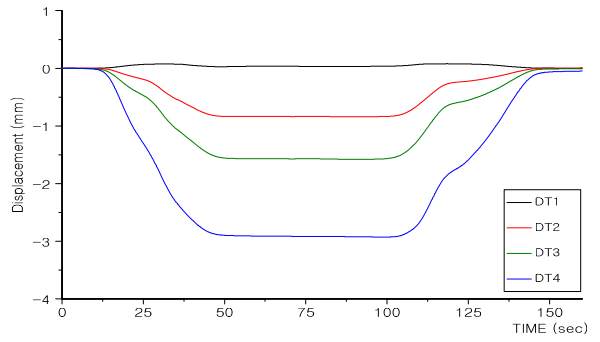
L.C1 처짐



L.C2 처짐



L.C3 처짐

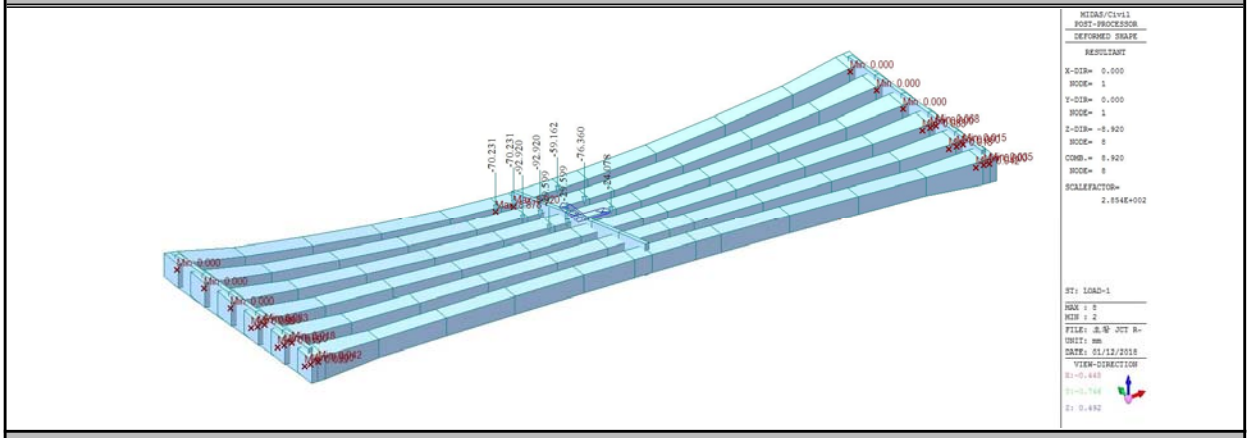


* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

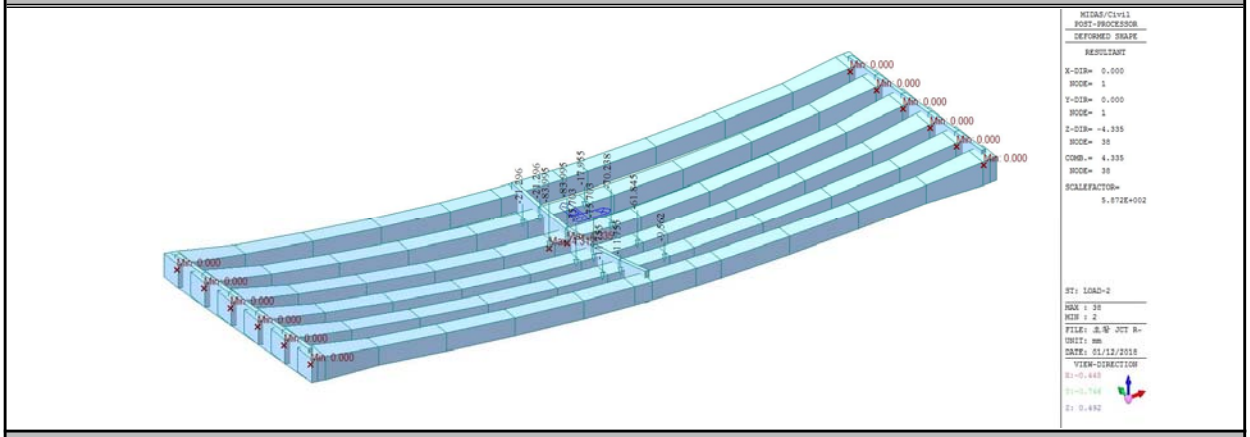
나. 구조해석에 의한 변위량

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
G1(DT1)	-8.920	-3.282	1.267	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
G3(DT2)	-4.579	-4.335	-2.461	
G4(DT3)	-2.461	-4.199	-4.579	
G6(DT4)	1.267	-2.709	-8.920	

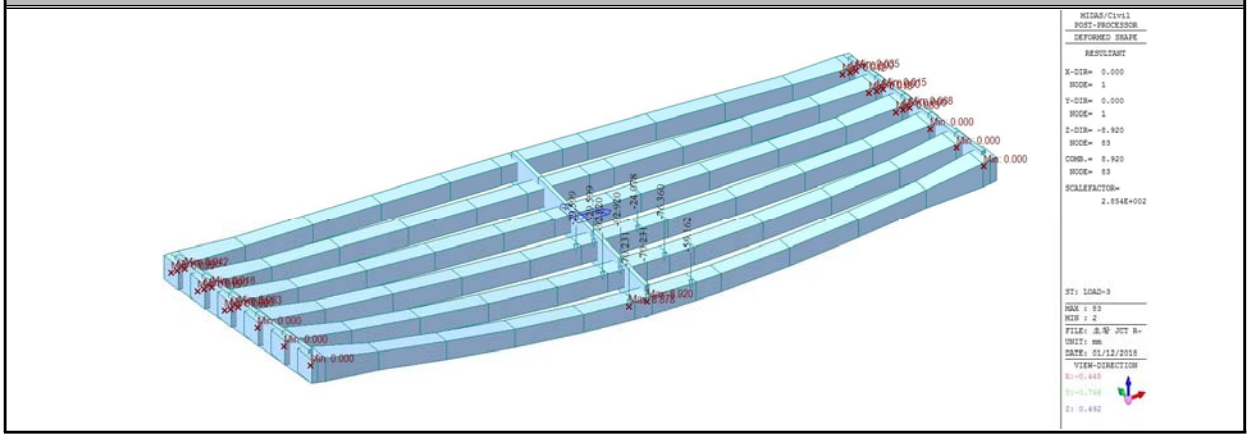
L.C1 하중재하 및 처짐



L.C2 하중재하 및 처짐

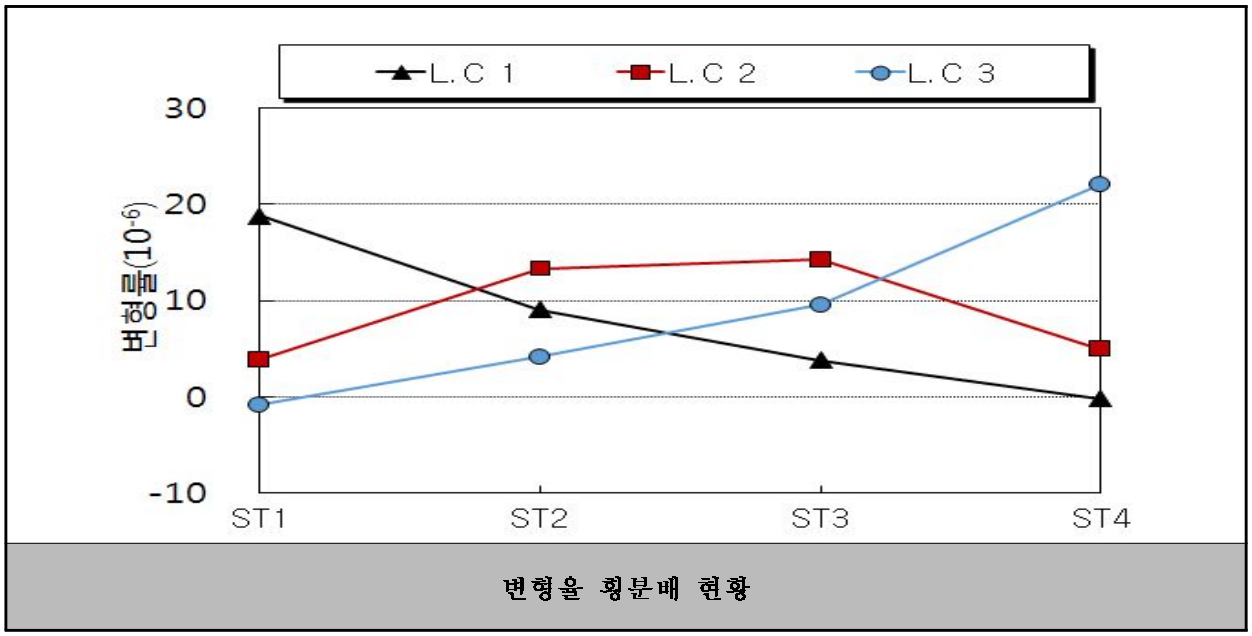


L.C3 하중재하 및 처짐

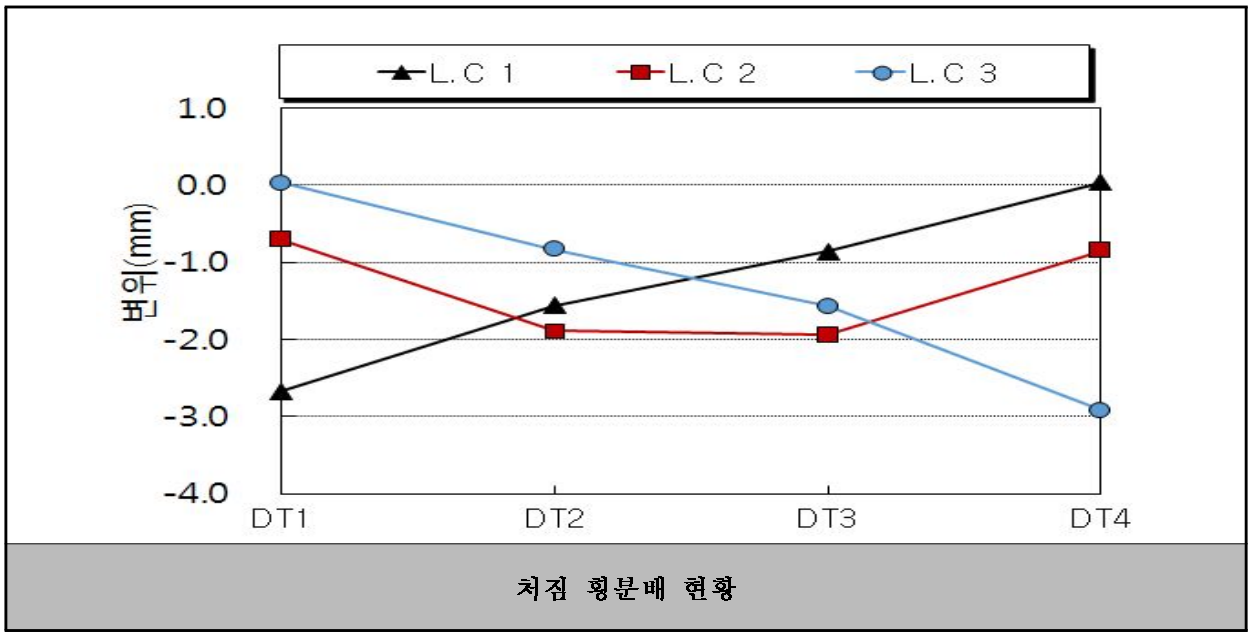


다. 하중 횡분배 검토 결과

거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단면응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 중분대에서 인접교량과의 간섭이 있는 것으로 나타났으나 각 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 나타나 이상 거동은 없는 것으로 판단된다.



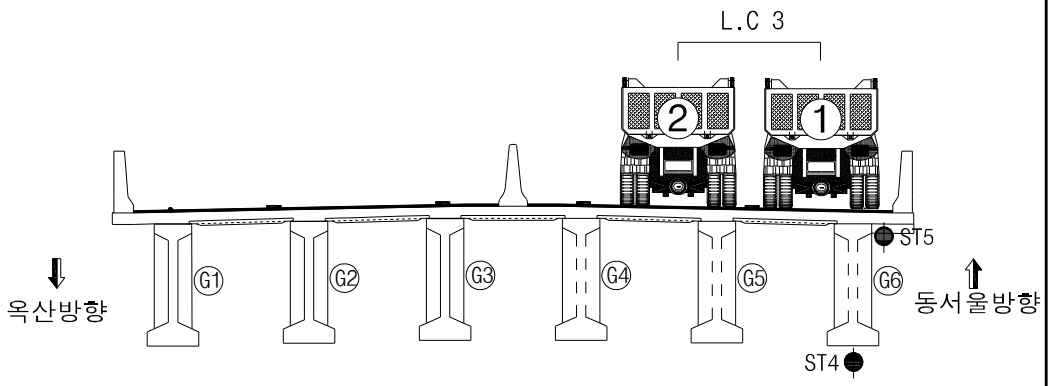
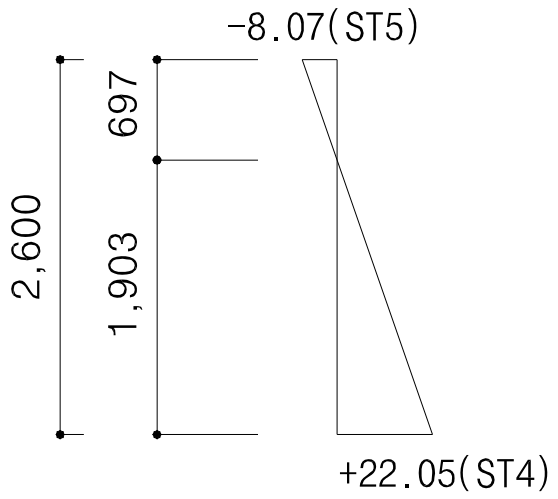
변형율 횡분배 현황



처짐 횡분배 현황

라. 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

구 분	L.C 3
재하위치	
중립축	L.C 1(1경간 - G6)
	
	구분 / 이론중립축위치 (mm) / 실측중립축위치 (mm) 1경간 / 1,664 / 1,903
검토 의견	* 실측중립축이 이론중립축 대비 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.

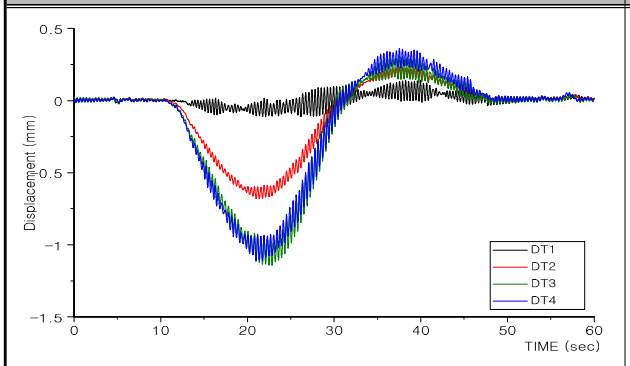
12.4.3 동적 재하시험 결과

가. 동적처짐

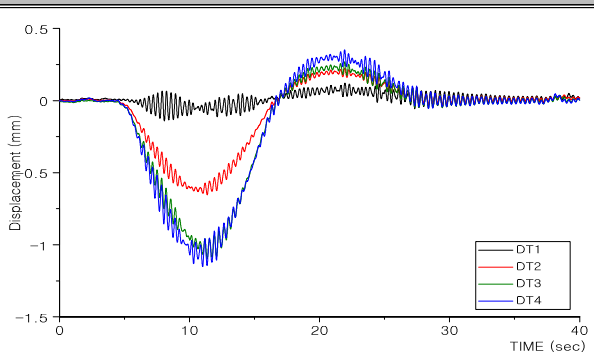
동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

구 분		주행속도 (km/h)						비고
		10	20	30	40	50	60	
1경간	G1(DT1)	-0.112	-0.140	-0.082	-0.179	-0.184	-0.274	단위 : ㎜
	G3(DT2)	-0.681	-0.654	-0.635	-0.693	-0.720	-0.658	
	G4(DT3)	-1.143	-1.098	-1.059	-1.130	-1.179	-1.092	
	G6(DT4)	-1.109	-1.151	-1.105	-1.145	-1.182	-1.162	

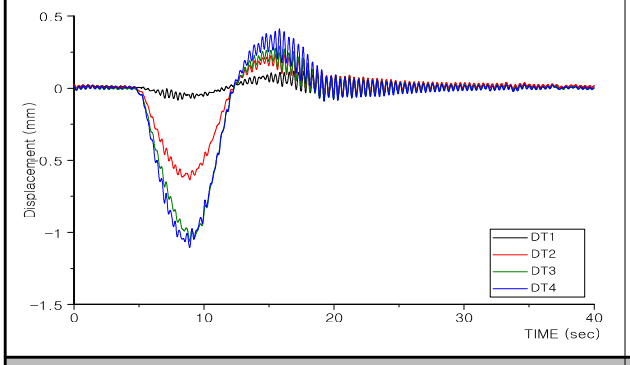
10km/hr



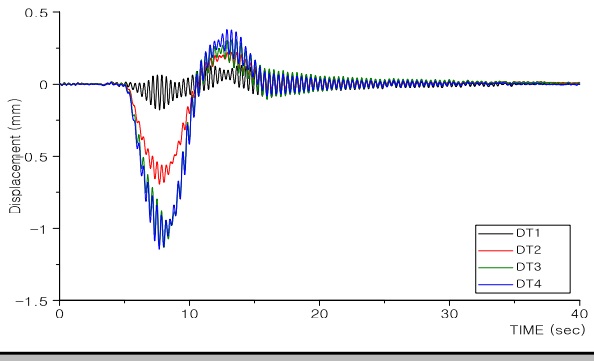
20km/hr



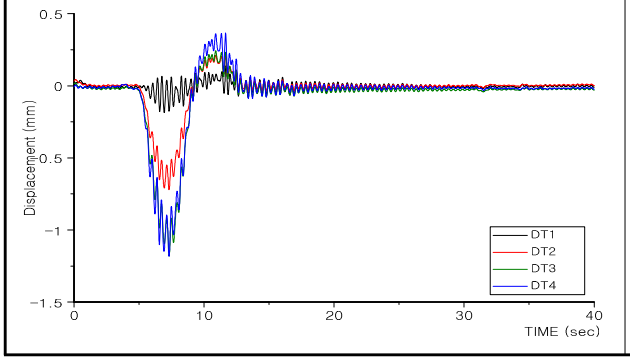
30km/hr



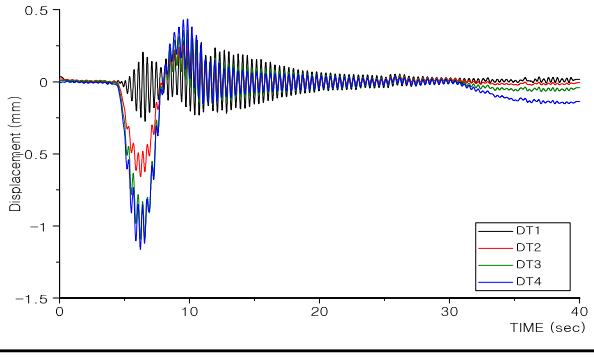
40km/hr



50km/hr



60km/hr



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

나. 충격계수 산정 결과

1) 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

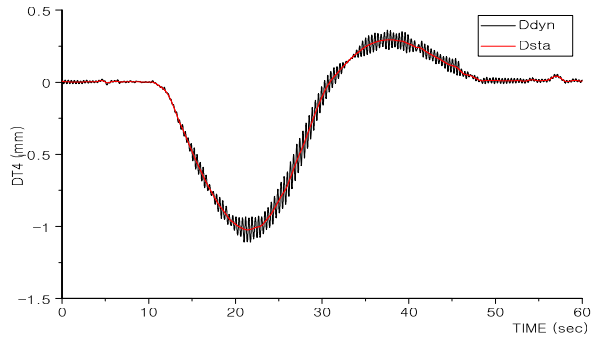
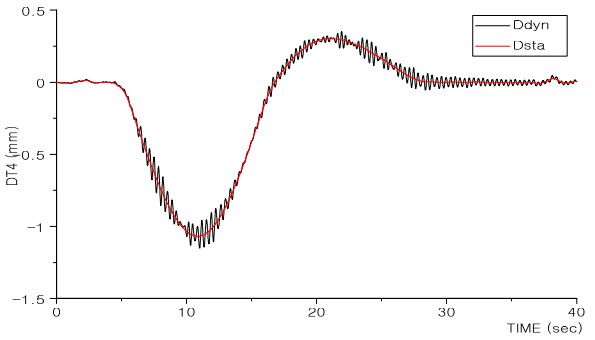
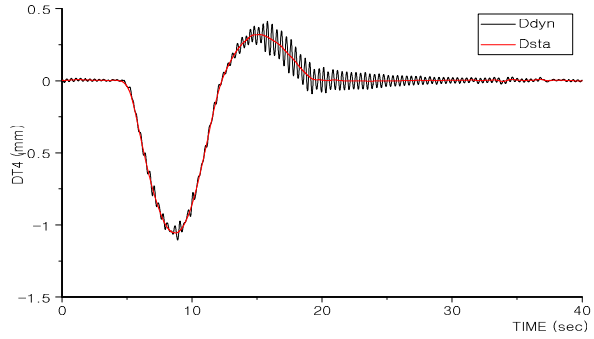
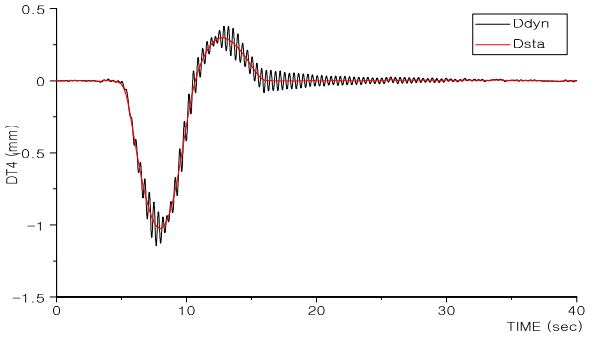
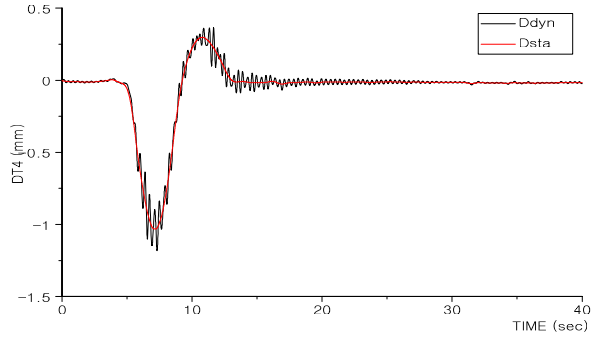
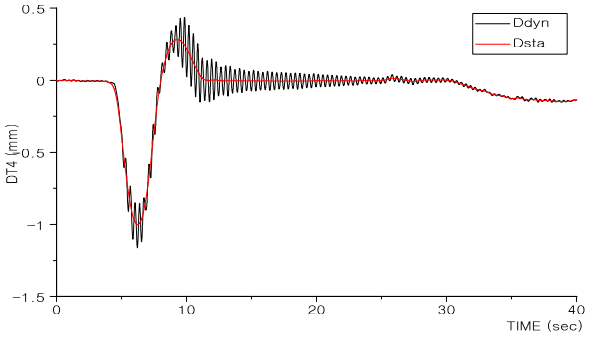
· 실측충격계수 i = (D－1)

여기서, D $=(\delta_{\mathrm{dynamic}})_{\max}/(\delta_{static})_{\max}$

구 분			주행속도 (km/h)						대표 충격계수
			10	20	30	40	50	60	
1경간	DT3	$\delta_{dyn(max)}$	-1.143	-1.098	-1.059	-1.130	-1.179	-1.092	**0.139**
		$\delta_{sta(max)}$	-1.060	-1.023	-1.019	-1.030	-1.042	-0.959	
		충격계수(i)	0.078	0.073	0.039	0.097	0.131	**0.139**	
	DT4	$\delta_{dyn(max)}$	-1.109	-1.151	-1.105	-1.145	-1.182	-1.162	**0.161**
		$\delta_{sta(max)}$	-1.025	-1.069	-1.055	-1.024	-1.032	-1.001	
		충격계수	0.082	0.077	0.047	0.118	0.145	**0.161**	
계측결과			• 계산충격계수 : i = 15/(40+L) = **0.167**(1경간, L=50.028) • 실측충격계수 : 1경간-**0.161**(60km, DT4)						

2) 산정 결과

동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 G4~G6의 상부를 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT3, DT4(1경간)를 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.161(1경간)로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계기준 0.167(1경간)보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행 시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

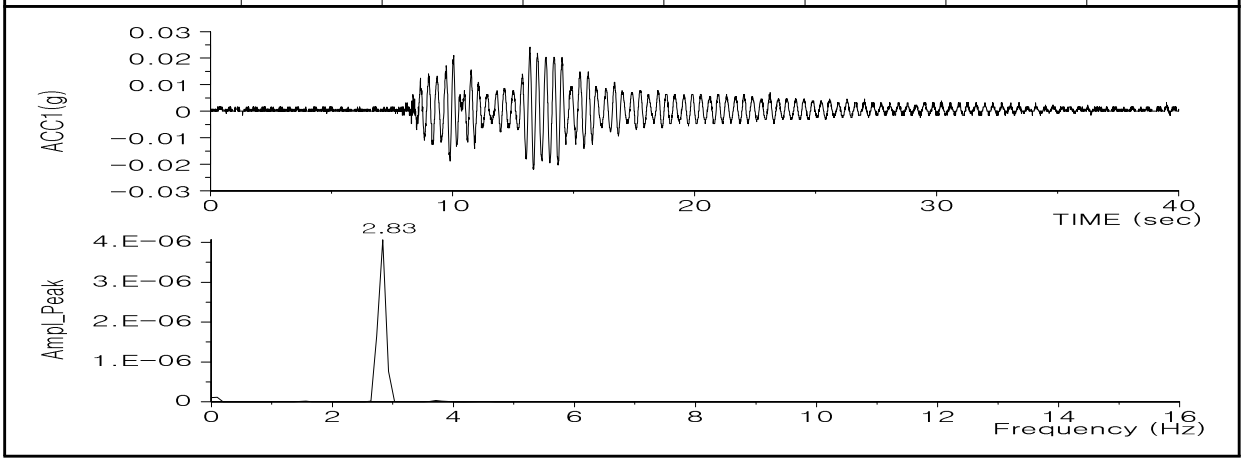
10km/hr, DT4	20km/hr, DT4
	
30km/hr, DT4	**40km/hr, DT4**
	
50km/hr, DT4	**60km/hr, DT4**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

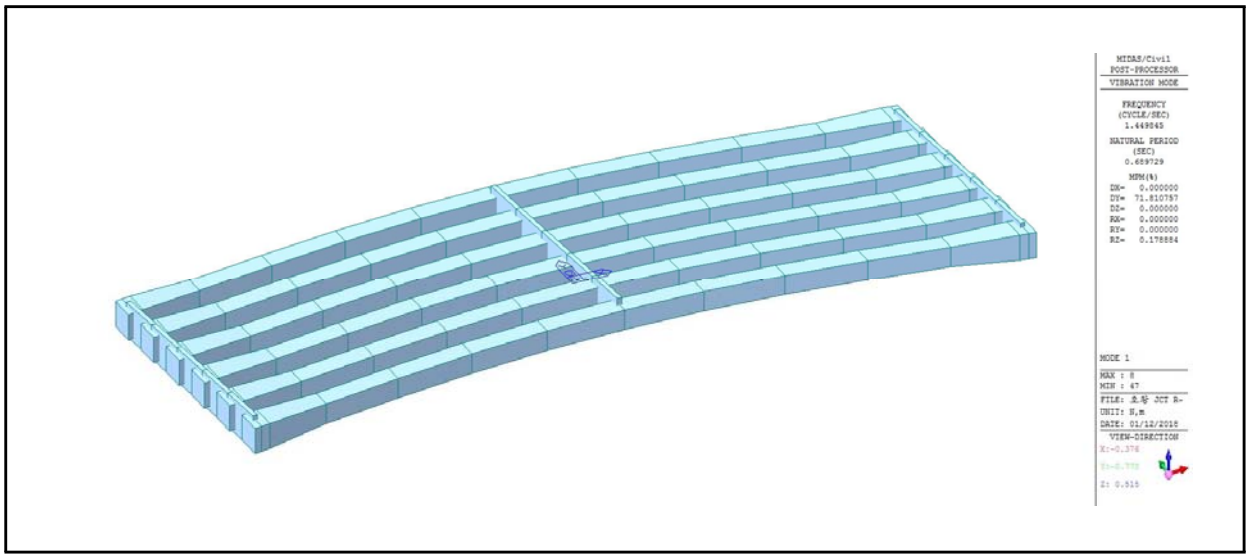
다. 고유진동수 산정 결과

1) 재하시험에 의한 고유진동수 산정

구 분	10km	20km	30km	40km	50km	60km	비 고
고유진동수 (cycle/sec(Hz))	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	



2) 구조해석에 의한 고유진동수 계산



3) 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 2.83Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 1.450Hz보다 큰 것으로 나타나 교량의 강성은 양호한 것으로 판단된다.

라. 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 멀어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

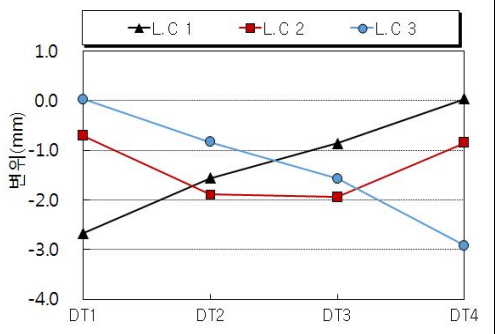
1) 응답비 산정

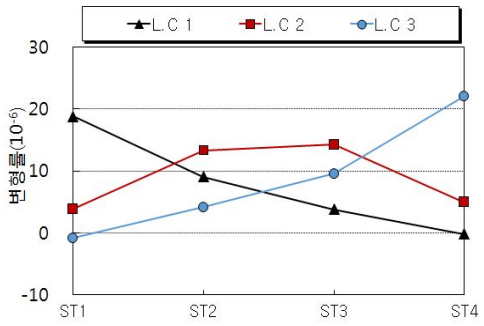
구 분		처 짐(㎜)			비고
		L.C1	L.C2	L.C3	
G1	계산처짐	-8.920	-3.282	1.267	DT1
	실측처짐	-2.673	-0.709	0.033	
	응답비	**3.337**	4.629	38.394	
G3	계산처짐	-4.579	-4.335	-2.461	DT2
	실측처짐	-1.558	-1.889	-0.835	
	응답비	2.939	**2.295**	2.947	
G4	계산처짐	-2.461	-4.199	-4.579	DT3
	실측처짐	-0.863	-1.943	-1.570	
	응답비	2.852	**2.161**	2.917	
G6	계산처짐	1.267	-2.709	-8.920	DT4
	실측처짐	0.037	-0.854	-2.917	
	응답비	34.243	3.172	**3.058**	

2) 응답보정계수 산정

구 분		응답비	i(충격계수)		$\frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$	위치별 Ks
			계산	실측max		
응답 보정 계수	DT1(G1)	3.337	0.167	0.161	1.005	3.354
	DT2(G3)	2.295				2.306
	DT3(G4)	2.161				2.172
	DT4(G6)	3.058				3.073

정·동적 재하시험 고찰

<table>
<tr><th colspan="2">분석항목</th><th>분석결과</th></tr>
<tr><td colspan="2">시험트럭</td><td>• 재하하중 : 설계하중의 약 62~64%
• 총 중 량 : 269.10kN(1호차), 276.00kN(2호차)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">정적
재하
시험</td><td>최대
응답</td><td>• 처 짐 : -2.917 ㎜
• 변형률 : 22.05 με</td></tr>
<tr><td rowspan="3">횡방향
거동특성</td><td>


</td></tr>
<tr><td>처짐</td><td>변형률</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">동적
재하
시험</td><td>충격
계수</td><td>• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.161(DT4)로 이론 충격계수 0.167보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td>고유
진동수</td><td>• 실측고유진동수(2.83Hz)가 이론 고유진동수(1.450Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

12.5 안전성평가 및 내하력평가

12.5.1 구조해석 방법 및 개요

오창JCT Ramp-A교는 연장 100.00m, 총폭 24.640m, 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 69.4~74.7°이며 평면선형 R=1030.0 곡선교 이다. 상부구조는 개량형 PSC BEAM(Bi con)으로 이루어져 있으며, 하부구조는 풍화암 위에 직접기초인 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

12.5.2 검토 조건

가. 기본 사항

1) 형　　식 : 개량형 PSC BEAM(Bicon) 교
2) 연　　장 : 50.000m
3) 교　　폭 : B = 24.640m
4) 거더높이 : H = 2.100m
5) 거더간격 : 2.750m
6) 사　　각 : 69.4~74.7°
7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
8) 단위중량
   - 철근 콘크리트 : W_{c1} = 2500.0kg/㎥
   - 무근 콘크리트 : W_{c2} = 2350.0kg/㎥
9) 사용 프로그램 : SAP2000
10) 구조 검토방식 : 강도설계법(바닥판), 허용응력설계법(거더)
11) 참고문헌
   ① 도로교 설계기준(2010)
   ② 콘크리 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
   ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

나. 사용재료 및 허용응력

1) 콘크리트

① 압축강도(f_{ck}) 및 탄성계수

【표 2.12.12】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa)

구 분	설계기준강도	탄성계수 추정식	적용 탄성계수
거 더	40	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	30,891
바닥판	27	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	27,804

② 허용응력

【표 2.12.13】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(f_{ck} = 40 MPa일 경우)

응력의 발생시기	응력구분	설계기준	허용응력
프리스트레스 도입 시	압축강도	$f_{ci'} = 0.8f_{ck}$	32.000
크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력	압축응력(Posttensioning)	$0.60f_{ci'}$	19.200
	부착된 철근이 없는 인장응력	$0.25\sqrt{f_{ci'}}$	1.414
모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력	압축응력	$0.45f_{ck}$	18.000
	부착된 철근이 있는 인장응력	$0.50\sqrt{f_{ck}}$	3.16
	부착된 철근이 없는 인장응력	0	0
	균열응력	$0.63\sqrt{f_{ck}}$	3.98

③ 바닥판

허용휨압축응력 : $0.4 \times f_{ck} = 0.4 \times 27 = 10.800$ MPa

2) PS 강연선(KS D 7002 SWPC 7B, 저릴렉세이션 강재)

긴장력 및 강선에 대한 계수값 들은 도면에 표기된 값을 사용하였다.

① 극한강도 : f_{put} = 1900.0MPa

② 항복강도 : f_{pyt} = 1600.0MPa

③ 탄성계수 : Ep = 200,000MPa

④ 긴장시 최대응력 : MIN(0.94×f_{pyt}, 0.8×f_{put}) = 1,504MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyt}, 0.82×f_{put}) = 1,312MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyt}, 0.82×f_{put}) = 1,312MPa

3) PS 강봉(KS D 3505, 저릴렉세이션 강재)

① 극한강도 : f_{puc} = 1050.0MPa

② 항복강도 : f_{pyc} = 950.0MPa

③ 탄성계수 : Ep = 200,000MPa

④ 긴장시 최대응력 : MIN(0.94×f_{pyc}, 0.8×f_{puc}) = 840MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777MPa

4) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	강 연 선						강봉
PS강재 개수	개, ㎜	7	10	11	13	16	19	40
쉬스관 내경	㎜	65	75	75	85	85	100	50
쉬스관 외경	㎟	70	80	80	90	90	105	55
곡률마찰계수 μ	1/rad	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-
파상마찰계수 κ	1/m	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.008

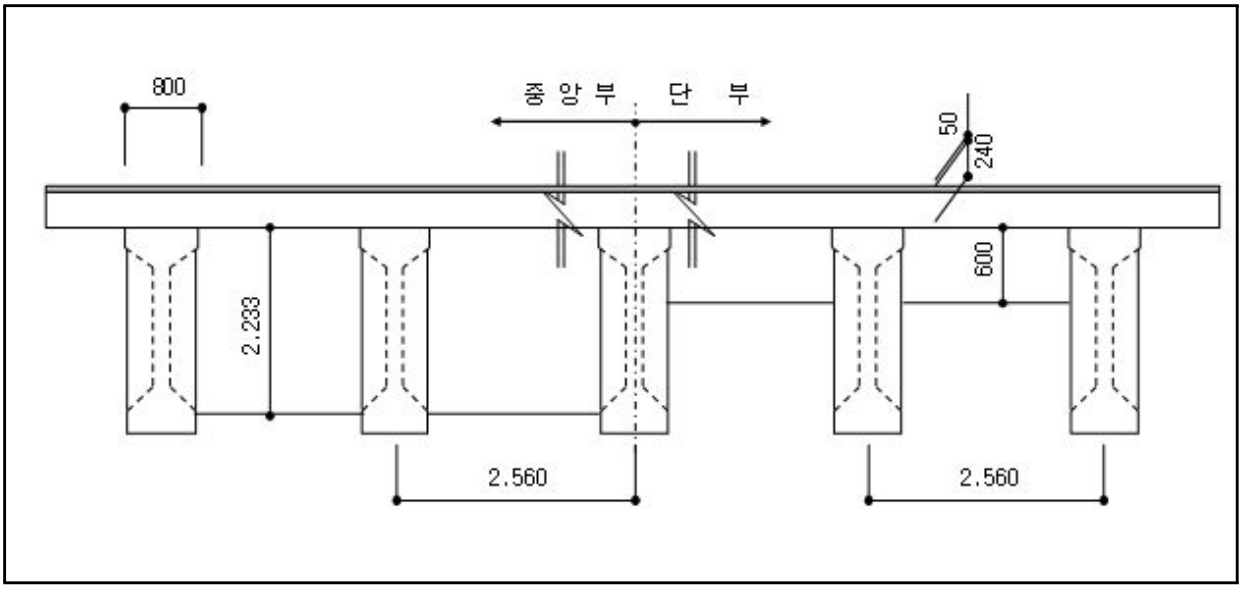
5) 철근

구 분	항복강도(fy)	탄성계수(Es)	허용인장응력(f_{ta})	비고
바닥판	400MPa	200,000	180MPa	SD400
거더	300MPa	200,000		SD300

12.5.3 검토 조건

가. 바닥판 검토

1) 단면제원



2) 좌측 켄틸레버부

① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(무근콘크리트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	100.0㎞/hr	96.000kN	1060	

② 하중산정

㉠ 고정하중

구 분	면적 (m2)	단위중량 (kN/m3)	하중 (kN)	작용거리 (m)	휨모멘트 (kN·m)
방호벽	0.501	25.000	12.525	0.762	9.544
바닥판	0.248	25.000	6.200	0.518	3.209
포 장	0.021	23.500	0.488	0.208	0.101
방음판			2.000	0.805	1.610
합 계			21.213		14.464

㉡ 차량충돌하중

구 분	h	H	M_{co} = H×h	곡선반경	적용 M_{co}
Case1	1.000m	23.333kN/m	23.333kN·m/m	R=1030 > 200m	23.333kN·m/m
Case2	1.170m	10.000kN/m	11.700kN·m/m		

※ Case1 : 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시, 여기서 $H=(V/60)^2\times7500+2500$
Case2 : 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10kN/m의 수평하중 재하시

㉢ 원심하중(도.설.해 2.1.17)

곡선반경(R)	CF = $0.79\times V^2/R$	Pcf = Pr/E×CF/100	Mcf = Pcf×1.8
1030	7.7%	5.977 kN/m	10.758kN·m

※ 원심하중은 교면상 1.8m 높이에 작용하는 것으로 한다.

㉣ 풍하중

각 형 부 재	풍상측 부재(MPa)	재하위치(mm)	휨모멘트(kN·m)
활하중 재하시	0.0015	1500	6.863
활하중 비재하시	0.0030	1670	15.281

㉤ 하중조합(도.설 2.2.3.2)

하중경우	고정하중	활 하 중	차량충돌하중	원심하중	풍 하 중	합 계(kN·m/m)
Case 1	1.30	2.15		1.30		36.871
Case 2	1.30		1.30			29.745
Case 3	1.30	1.30	0.65	1.30		43.734
Case 4	1.30	1.30		1.30		36.871
Case 5	1.25	1.25	0.625	1.25		43.734
Case 6	1.30	1.30		1.30	1.30	60.204
Case 7	1.20		1.20		1.20	53.078

③ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 78.266kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 240.0㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 60.0㎜	유 효 높 이	d = 180.0㎜

㉡ 검토결과

구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	240.0	60.0	H16@200 = 993.00 H13@200 = 633.50	78.266	91.703	O.K S.F=1.172

사 용 성 검 토	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	212.894㎜	100㎜	O.K

바 닥 판 최소두께	h_{min} = (280L+180)	최소h	적용h	결과
	212.20㎜	220.0㎜	240.0㎜	O.K

3) 중앙부

① 검토조건

- 지간방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.4% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상
- 지간방향에 직각방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상
  상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

구 분			산 정 식	검 토
주철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.4% = 960.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		1 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
		2 Cycle	H16@400 = 496.5㎟	
배력 철근	하면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
	상면철근	필요철근량	240,000㎜ × 0.3% = 720.0㎟	o.k
		사용철근량	H16@250 = 794.4㎟	
㉠ • 여기서 바닥판 슬래브 단면적 = 1,000㎜ × 240㎜ = 240,000㎟				

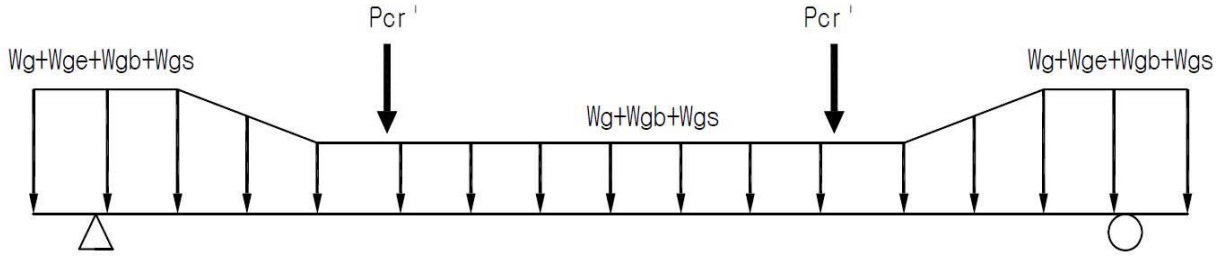
나. 거더 검토

1) 거더 자중

① 하중산정

구 분	산 출 근 거									
거더본체 (Wg)	Anet×wgc	=	1.011	×	25000			=	25274	N/m
단부보강 (Wge)	Avar×wgc	=	1.135	×	25000			=	28375	N/m
가 로 보 (Pcr')	Avar×Lcr×wgc×ea	=	1.135	×	1	×	25000 × 1 EA	=	17025	N
강 봉 (Wgb)	w1cm×Cea	=	102.1	×	2 EA			=	204	N/m
T1 강연선 (Wgs1)	w1tm×Tea	=	11.01	×	7 EA			=	77	N/m
T2~T5 강연선 (Wgs2)	w2tm×Tea	=	11.01	×	4 EA	×	16 EA	=	705	N/m

② 모델링



2) 합성전 고정하중

① 바닥판 콘크리트(Wsc)

㉠ G1 거더 : 0.24 × 2.690 × 25000 = 16140 N/m

㉡ G2 ~ G8 거더 : 0.24 × 2.750 × 25000 = 16500 N/m

㉢ G9 거더 : 0.24 × 2.700 × 25000 = 16200 N/m

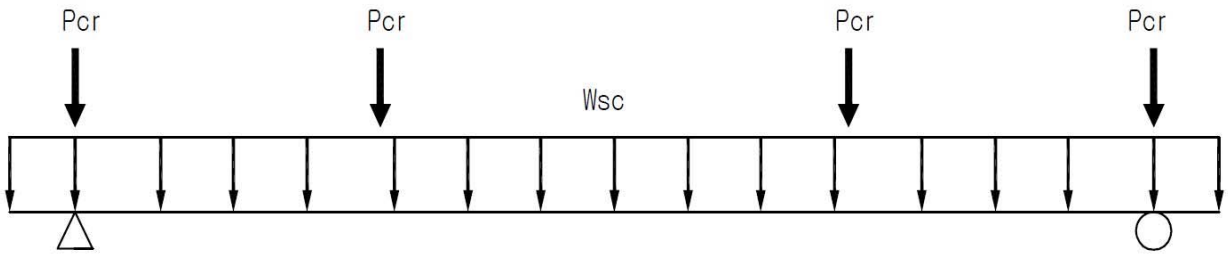
② 가로보 콘크리트(Pcr)

㉠ G1 거더 : 0.300 × 2.233 × 1.38 × 25000 = 23031 N

㉡ G2 ~ G8 거더 : 0.300 × 2.233 × 2.75 × 25000 = 46063 N

㉢ G9 거더 : 0.300 × 2.233 × 1.38 × 25000 = 23031 N

③ 모델링



3) 합성후 고정하중

① 좌측 캔틸레버 하중

- 방호벽 (좌) : A × w = 0.501 × 25000 = 12513 N/m

② 우측 캔틸레버 하중

- 중분대 (우) : A × w = 0.501 × 25000 = 12513 N/m

③ 중앙부 하중

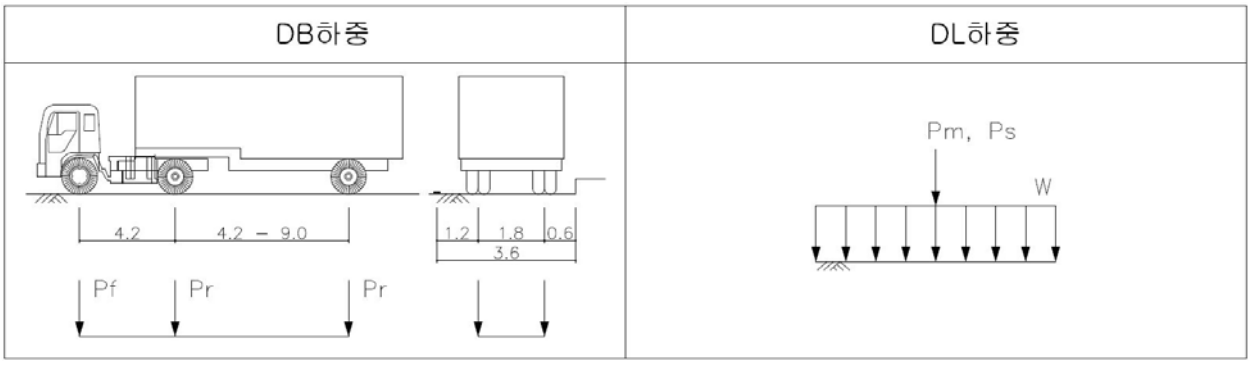
- 콘크리트 포장 : t × w = 0.050 × 23500 = 1175 N/m^2

4) 활하중

① 차로수 : 6 차로

② 차로폭 : 3.0m

③ 적용하중 (1등급)



㉠ DB-24 : DBr = 96.00 kN

DBf = 24.00 kN

㉡ DL-24 : DLw = 12.70 kN/m

DLm = 108.00 kN

DLs = 156.00 kN

5) 단면력 집계표

① 지간중앙부의 휨모멘트 집계(kN·m)

구 분	G1	G2~G8	G9	저 항 단 면	비 고
거더 자중	8215.5	8215.5	8215.5	순 단 면	
합성전 고정하중	5124.5	5514.7	5142.5	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	2679.6	2365.8	2499.2	바닥판 합성단면	
DB 활하중	2966.8	3545.3	4228.9		
DL 활하중	3297.6	3762.4	4549.3		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	3297.6	3762.4	4549.3		
합 계	19317.2	19858.4	20406.5		

② 지간지점부의 전단력 집계(kN)

구 분	G1	G2~G8	G9	저 항 단 면	비 고
거더 자중	725.9	725.9	725.9	순 단 면	
합성전 고정하중	407.0	427.3	408.4	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	292.0	192.6	246.2	바닥판 합성단면	
DB 활하중	232.3	424.2	421.2		
DL 활하중	242.9	413.1	430.5		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	242.9	424.2	430.5		
합 계	1667.7	1770.0	1811.1		

6) 응력검토

① G1거더 응력산출

㉠ G1거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.833

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-12.044	28.181	450.989	-1217.383	
계				1.761	17.610	450.989	-1217.383	
응력 검토				-1.410	±19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	7.995	-5.762	47.480	-33.056	
4	fal	1.443	1.150	1.278	-2.241	7.178	-13.422	
5	fll	1.775	1.415	1.573	-2.758	8.834	-16.517	
6	fsh	0.103	0.043	0.047	-0.674	0.083	4.138	
7	fcr	0.429	0.178	0.198	-2.813	0.346	17.282	
8	frgb	-0.037	-0.034	-0.038	0.003	-0.231	0.009	
9	frgs	0.041	0.017	0.019	-0.268	0.033	1.647	
10	f2	2.636	2.725	-5.389	1.428	-4.943	1.265	
계		6.388	5.495	7.445	4.525	509.770	-1256.036	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{CT}	(kN)	-566.894	-566.894	1102.194	2816.256	2568.123	2689.598	±2812.248
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	±0.0022
fps	(MPa)	-450.989	-450.989	1135.229	1269.041	1157.229	1211.967	±1267.235
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.000
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

② G2~G8거더 응력산출

㉠ G2~G8거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.834

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-12.044	28.181	450.989	-1217.383	
계				1.761	17.610	450.989	-1217.383	
응력 검토				-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	8.604	-6.201	51.096	-35.573	
4	fal	1.256	0.999	1.110	-1.974	6.228	-11.826	
5	fll	1.997	1.589	1.766	-3.139	9.905	-18.807	
6	fsh	0.100	0.040	0.045	-0.671	0.068	4.122	
7	fcr	0.415	0.168	0.187	-2.785	0.283	17.109	
8	frgb	-0.037	-0.034	-0.037	0.003	-0.230	0.010	
9	frgs	0.040	0.016	0.018	-0.268	0.027	1.646	
10	f2	2.806	2.861	-5.719	1.515	-5.246	1.343	
계		6.575	5.641	7.735	4.092	513.122	-1259.359	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{CT}	(kN)	-566.894	-566.894	1102.194	2816.256	2568.123	2689.598	2812.248
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222
fps	(MPa)	-450.989	-450.989	1135.229	1269.041	1157.229	1211.967	1267.235
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

③ G9거더 응력산출

㉠ G9거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.833

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.805	-10.571	0.000	0.000	
2	fps			-12.044	28.181	450.989	-1217.383	
계				1.761	17.610	450.989	-1217.383	
응력 검토				-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	8.024	-5.782	47.647	-33.172	
4	fal	1.342	1.070	1.189	-2.089	6.676	-12.514	
5	fll	2.443	1.947	2.164	-3.803	12.152	-22.779	
6	fsh	0.102	0.042	0.047	-0.673	0.080	4.135	
7	fcr	0.429	0.178	0.198	-2.827	0.338	17.370	
8	frgb	-0.037	-0.034	-0.038	0.003	-0.231	0.009	
9	frgs	0.041	0.017	0.019	-0.267	0.032	1.641	
10	f2	2.638	2.726	-5.412	1.434	-4.964	1.270	
계		6.958	5.946	7.951	3.605	512.719	-1261.422	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	16	16	16	16
P_{CT}	(kN)	-566.894	-566.894	1102.194	2816.256	2568.123	2689.598	2812.248
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00222	0.00222	0.00222	0.00222
fps	(MPa)	-450.989	-450.989	1135.229	1269.041	1157.229	1211.967	1267.235
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

7) 거더 안전성평가 결과

【표 2.12.14】 거더 안전성평가 결과

구 분		거더 응력 검토					
		바닥판		거더		PS강재	
		상연	하연	상연	하연	상연	하연
G1	응력	6.388	5.495	7.445	4.525	509.770	-1256.036
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	-
	안전율	1.691		2.418		**1.524**	
G2~G8	응력	6.575	5.641	7.735	4.092	513.122	-1259.359
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	1.643		2.327		**1.514**	
G9	응력	6.958	5.946	7.951	3.605	512.719	-1261.422
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	1.552		2.264		**1.515**	

다. 안전성평가 결과

바닥판 및 거더의 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 “A”로 검토되었다.

【표 2.12.15】 안전성 평가 결과

	구 분	켄틸레버부		중앙부
바닥판	안전율	1.172		-
	최소안전율	**S.F = 1.172**		
거 더	구 분	**G1**	**G2~G8**	**G7**
	안전율	1.524	1.514	1.515
	최소안전율	**S.F = 1.514**		

12.5.4 내하력평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

가. 개요

1) 강도설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서, ϕM_n = 설계휨강도 M_d = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$ = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d = 고정하중 계수 (1.30) γ_ℓ = 활하중 계수 (2.15)

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수 P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24)

2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서, f_ℓ = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

f_a = 재료의 허용응력 f_d = 고정하중 응력

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수

P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

나. 기본내하율 산정

【표 2.12.16】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과

구 분		ϕMn(kN·m)	M_d(kN·m)	$M_l(1+i)$(kN·m)	기본내하율(RF)
바닥판	켄틸레버	91.703	14.464	11.649	2.911
	중앙부	-	-	-	-

【표 2.12.17】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과

구 분		허용응력 (f_a)(MPa)	고정하중응력 (f_d)(MPa)	활하중응력 (f_l)(MPa)	기본내하율 (RF)	비고
G1	상연	18.000	5.872	1.573	7.710	
	하연	-3.162	7.283	-2.758	**3.787**	
G9	상연	18.000	5.787	2.164	5.644	
	하연	-3.162	7.408	-3.803	**2.779**	
G2~G8	상연	18.000	5.969	1.766	6.813	
	하연	-3.162	7.231	-3.139	**3.311**	

다. 내하력평가 결과

【표 2.12.18】 공용내하력 산정결과

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
거 더	G1	1	3.787	3.787	DB, DL-24 이상
	G9	1	2.779	2.779	DB, DL-24 이상
	G2~G8	1	3.311	3.311	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

12.6 종합평가 및 안전등급

12.6.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

오창JCT Ramp-A교의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.12.19】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

12.6.2 안전등급 지정

오창JCT Ramp-A교에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.12.20】 오창JCT Ramp-A교 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	오창JCT Ramp-A교	A등급(우수)

12.7 종합결론

오창JCT Ramp-A교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

제13장 오창JCT Ramp-C교

13.1 시설물의 개요
13.2 현장조사 및 시험
13.3 상태평가
13.4 교량 재하시험
13.5 안전성평가 및 내하력평가
13.6 종합평가 및 안전등급
13.7 종합결론

제13장 오창JCT Ramp-C교

13.1 시설물의 개요

13.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 오창JCT Ramp-C교에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

【표 2.13.1】 과업대상 시설물의 개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		오창JCT Ramp-C교	시설물번호		-
준공년월일		2017. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = 4@45.0 = 180.0m			
	폭	B = 9.170m			
구조형식	상부	STEEL BOX GIRDER교(HD)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	말뚝기초(P1) 직접기초(P2,P3)
교량받침		면진받침	신축이음		뉴모노셀 조인트
교차시설물		도로(리도211선), 하천(성암천)	통과높이		5.0m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

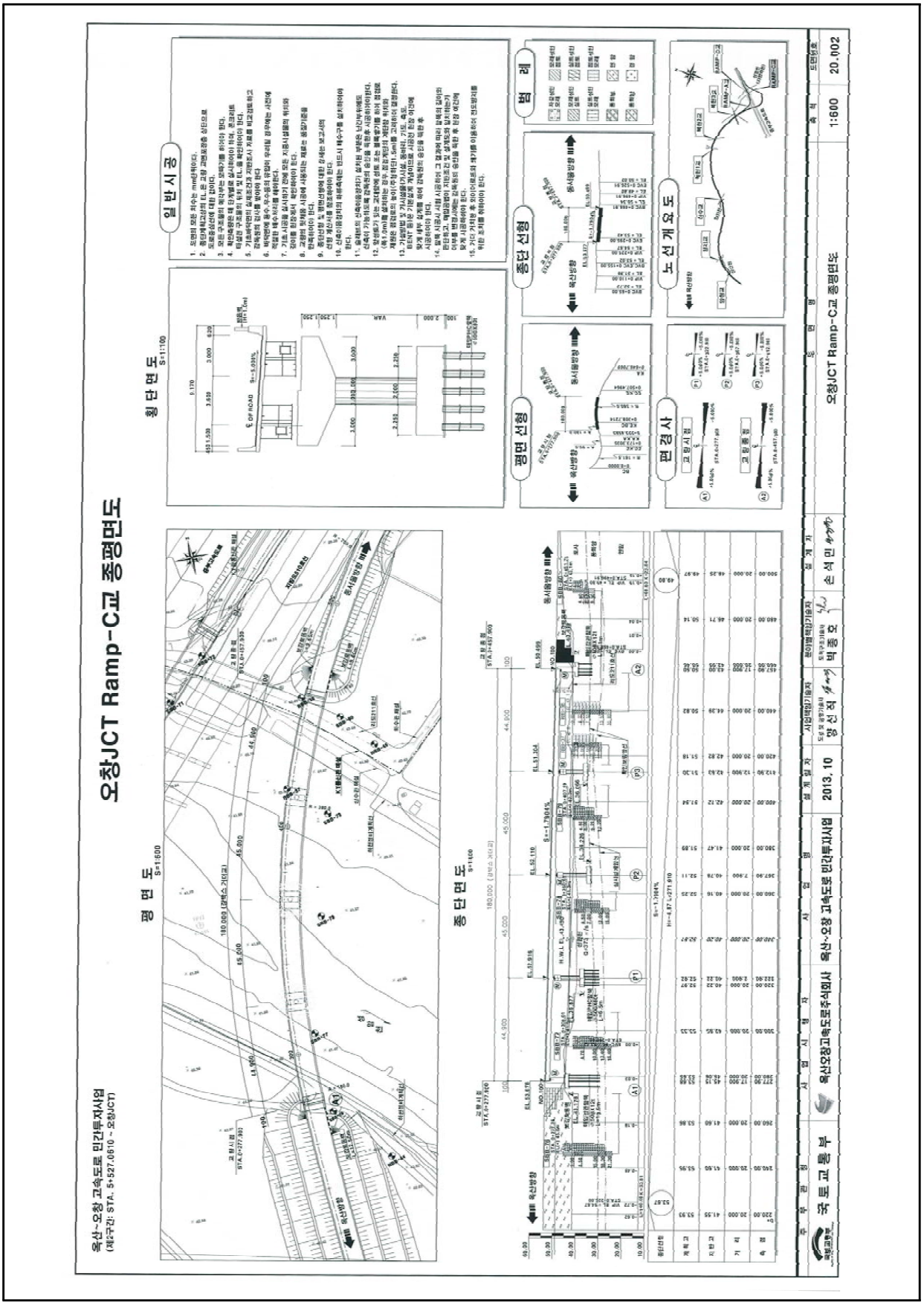


상면전경

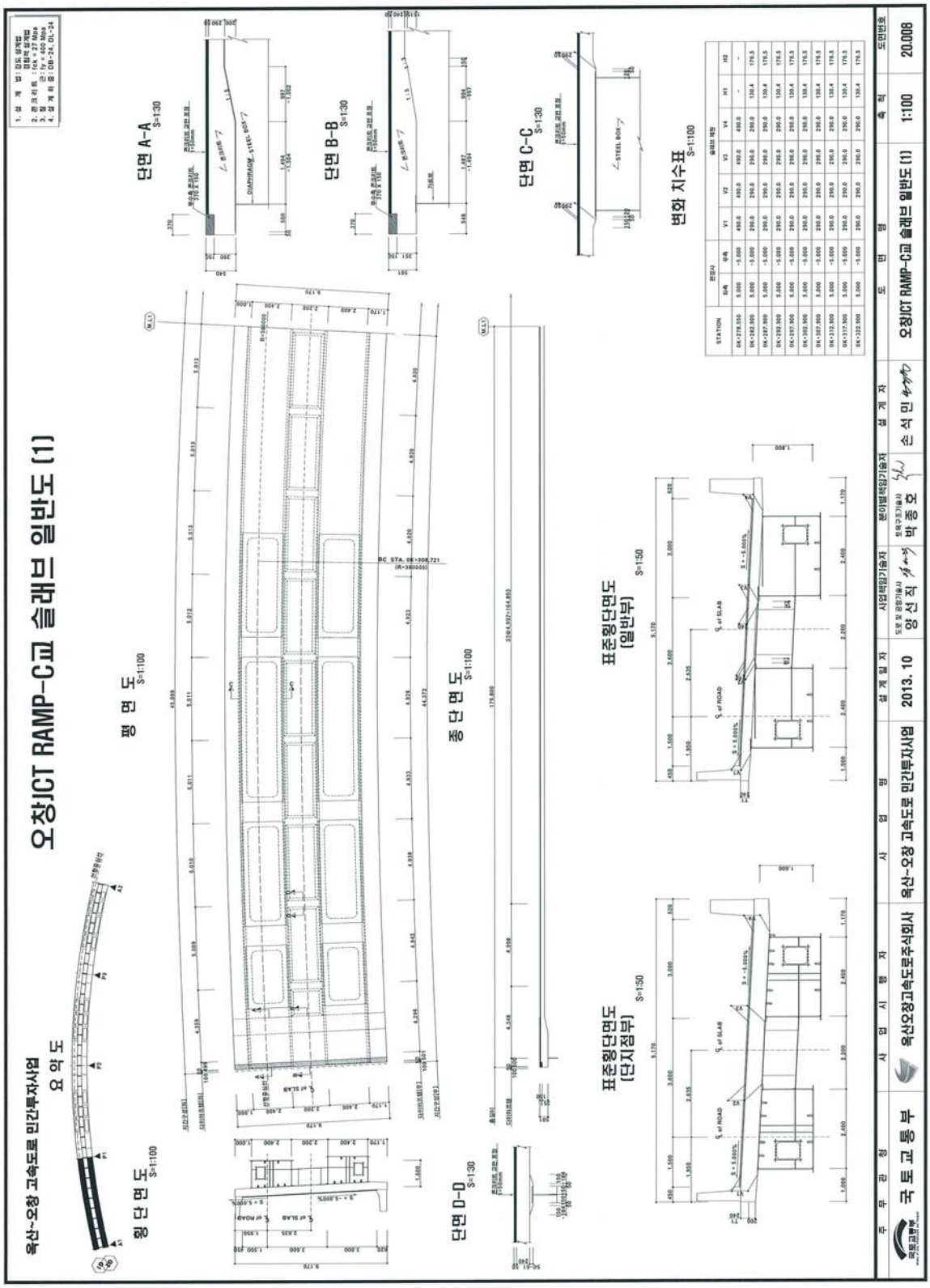


측면전경

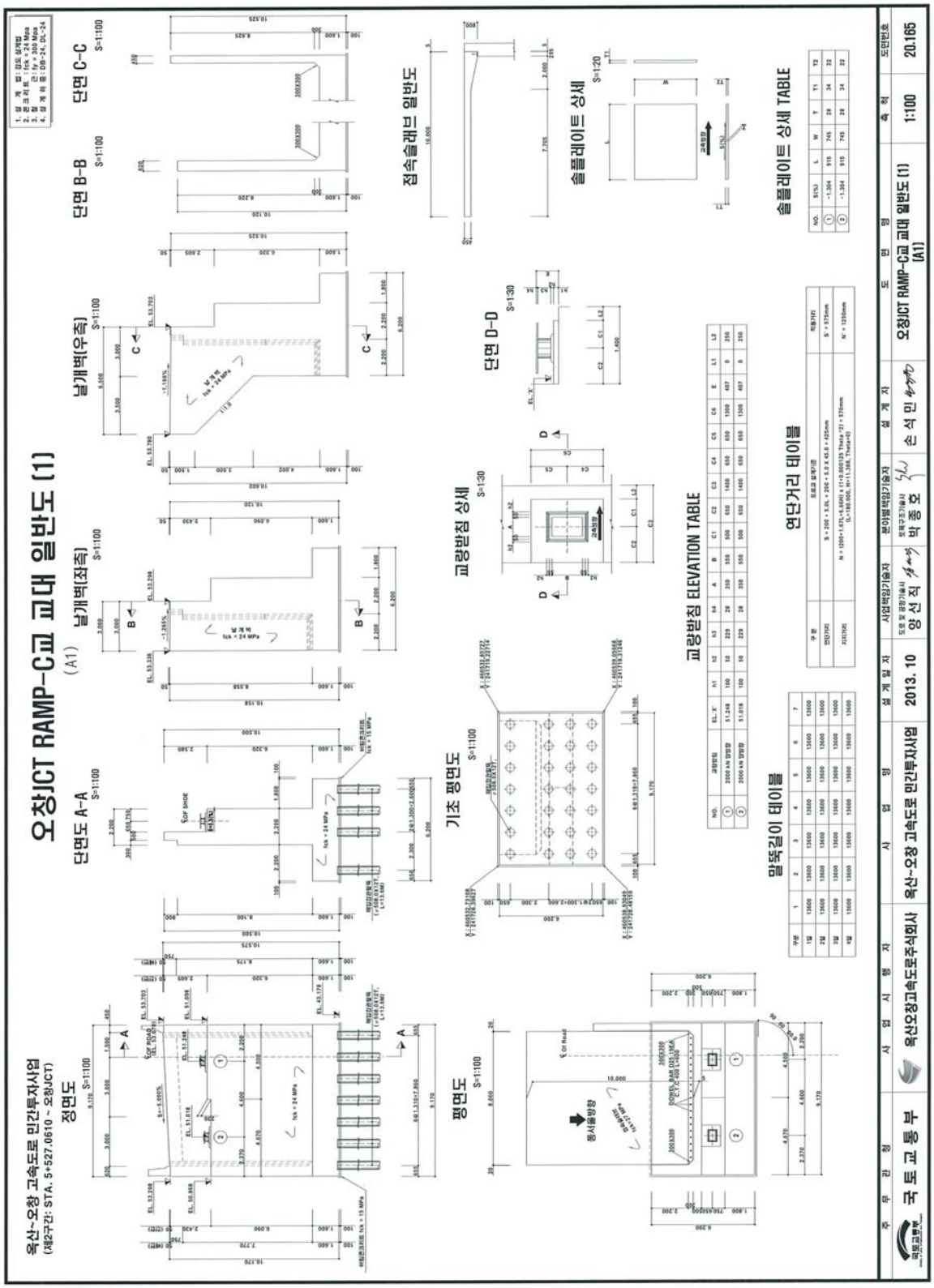
13.1.2 관련도면



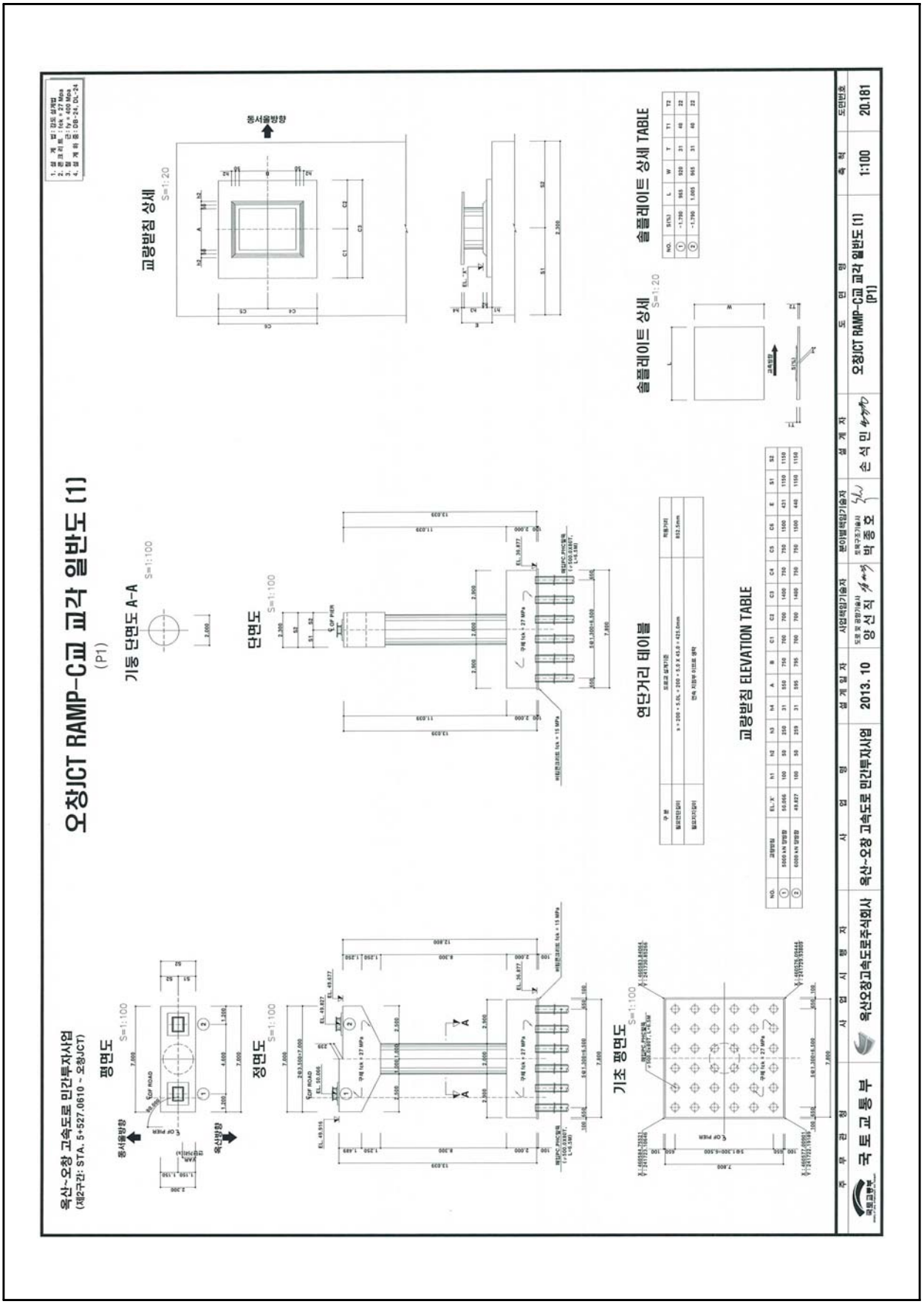
【그림 2.13.1】 종평면도



【그림 2.13.2】 슬래브 일반도



【그림 2.13.3】 교대(A1) 일반도



【그림 2.13.4】 교각(P1) 일반도

13.2 현장조사 및 시험

13.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 오창JCT Ramp-C교에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>교면포장 상태양호</td><td>교면포장 상태양호</td></tr>
</table>

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>배수구 상태양호</td><td>배수관 설치상태 양호</td></tr>
</table>

다. 난간 및 연석

본 교량의 좌·우측 방호벽은 철근콘크리트 구조로 시공되어있다. 방호벽에 대한 외관조사 결과, 균열, 파손, 박리, 박락 등의 손상이 없는 양호한 상태이다.



방호벽 상태양호



방호벽 상태양호

라. 신축이음

본 교량의 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동상태도 양호한 것으로 나타났다.



신축이음 상태양호(A1)



신축이음 상태양호(A2)

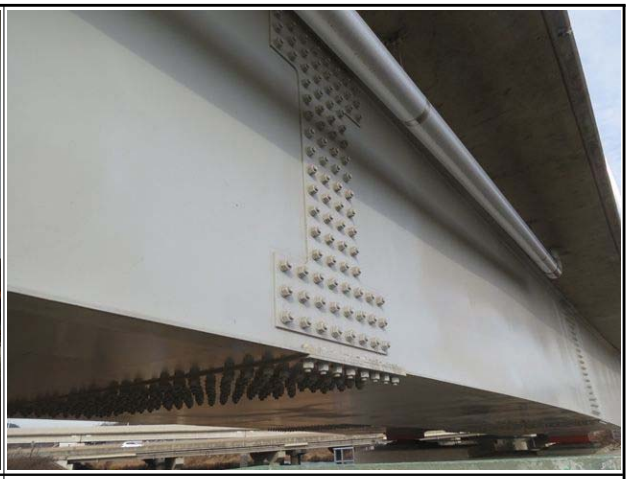
마. 바닥판 하면

바닥판은 철근콘크리트 구조로 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과, 균열, 박리 및 박락, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
바닥판 하면 상태양호	바닥판 하면 상태양호

바. 거더

본 교량의 거더는 Steel Box Girder(HD)형식이며, 거더에 대한 외관조사 결과, 특별한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

	
강재 거더 상태양호	강재 거더 상태양호

사. 가로보

본 교량의 가로보는 강재 가로보로 시공되어 있다. 가로보에 대한 점검결과, 구조적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
강재 가로보 상태양호	강재 가로보 상태양호

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

본 교량의 받침장치는 면진받침 형식으로 총 10개소(2개소/교대 1EA당, 2개소/교각 1EA당)가 설치되어있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받침콘크리트는 균열, 박리 등의 손상이 없는 양호한 상태이며, 받침본체는 부식, 도장손상 등이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
교량받침 상태양호	교량받침 상태양호

자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 교대 점검결과, 균열(폭 0.3mm미만 및 이상), 표면오염 등의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

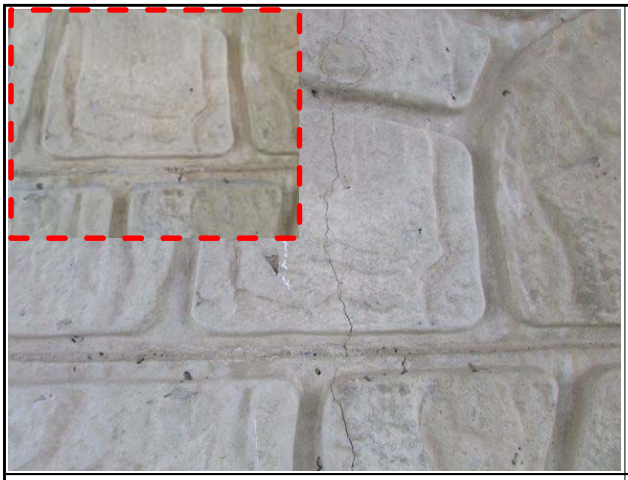
구 분	손상상태	손상물량	비 고
교대	균열(폭 0.3mm미만)	7.3m/6ea	보수완료
	균열(폭 0.3mm이상)	2.5m/1ea	보수완료
	표면오염	6.0㎡/1ea	보수완료



교대 A1 전경



교대 A2 전경



교대 A1 전면벽체 균열(폭 0.3mm이상)(보수완료)



교대 A2 전면벽체 표면오염(보수완료)

차. 교각

교각은 역T형으로 시공되어 있다. 교각 점검결과, 건조수축에 의한 균열(폭 0.3mm미만), 망상균열 등의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

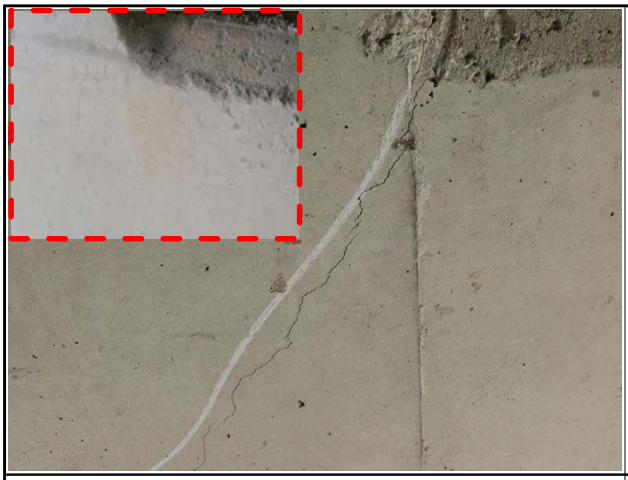
구 분	손상상태	손상물량	비 고
교각	균열(폭 0.3mm미만)	7.5m/5ea	보수완료
	망상균열	21.5㎡/6ea	보수완료



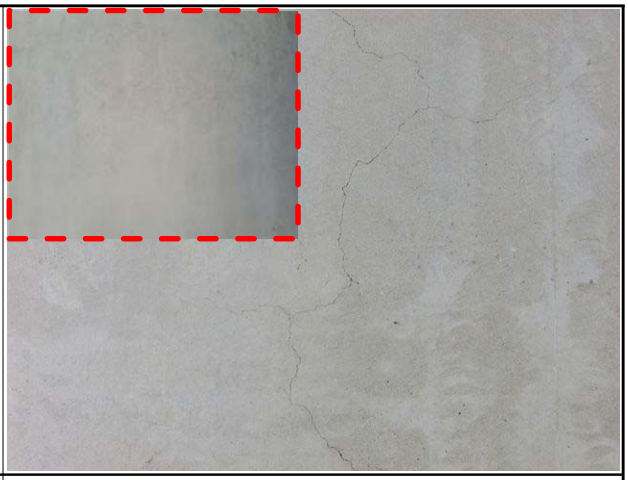
교각 P1 전경



교각 P2 전경



교각 균열(폭 0.2mm)(보수완료)

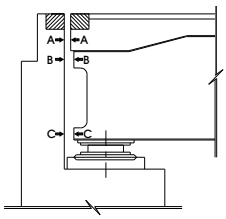


교각 망상균열(보수완료)

13.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

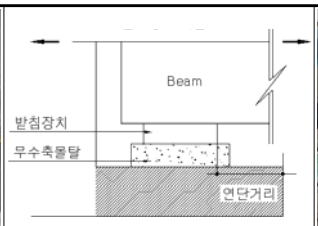
부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법



유간거리 측정전경



연단거리 측정방법



연단거리 측정전경

【그림 2.13.5】부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.13.2】온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 1일		
온도변화 범위	-10℃~+40℃(보통지방)	선팽창 계수(α)	1.2×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (강교=1/150)		
주형높이(h)	2,200m		
지간장(L)	45.0m(S1, S3, S3, S4)		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 보통지방, 강교 : -10~+40℃ 적용

☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(-9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-10℃)=0.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.2×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=45.0m)

{[A1지점, A2지점] = 90.0m}

▷ A1지점, A2지점 = (53.24mm - 신장 / 0.76mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 (Δℓt)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.13.3】 유간거리 검토결과

위치		계산 신축량 (mm)			오창JCT Ramp-C교		
					측정유간 (mm)	판정	
		Δℓt	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A1	신장	53.24	5.0	58.24	70.0	OK	OK
	수축	0.76	5.0	5.76	30.0	OK	OK
A2	신장	53.24	5.0	58.24	70.0	OK	OK
	수축	0.76	5.0	5.76	30.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A1=100㎜, A2=100㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이

  * 45.0m : S = 200 + (5 × 45.0) = 425.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 570㎜~1,000㎜로 도로교설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 425.0㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.13.4】 연단거리 측정결과

구 분		실측거리(mm)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(mm)	평 가
오창JCT Ramp-C교	A1	570~600	45	425	O.K
	P1	980~1,000	45	425	O.K
	P2	910~990	45	425	O.K
	P3	900~960	45	425	O.K
	A2	570~600	45	425	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.13.5】 교량받침 이동량 측정결과

측정당시 온도	-0.4℃ (2017년 11월 30일)		교량받침 종류	면진받침
구분	가동단 변위량(mm)			허용이동량 (mm)
	SH1	SH2		
A1	0	0		±83
P1	0	0		±53
P2	Fix			-
P3	0	0		±53
A2	0	0		±83

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : -0.4℃(2017년 11월 30일)

2) 온도변화 : -10℃~40℃(강교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 40℃-(-0.4℃)=40.4℃(신장), -0.4℃-(-10℃)=9.6℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.2×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=90.0m, 45.0m)

위 치	신축길이(m)	신장량(mm)	수축량(mm)	비 고
A1, A2	90.0	43.63	10.37	
P1, P3	45.0	21.82	5.18	

【표 2.13.6】 교량 받침 이동량 검토

구 분	신축장 (㎜)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판정
		신장	수축	신장	수축	
A1	90,000	43.63	10.37	83	83	O.K
P1	45,000	21.82	5.18	53	53	O.K
P3	45,000	21.82	5.18	53	53	O.K
A2	90,000	43.63	10.37	83	83	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▶검토결과 : 온도 3.3℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.

13.2.3 내구성조사

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대, 교각의 총 6개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.13.7】 반발경도시험 결과

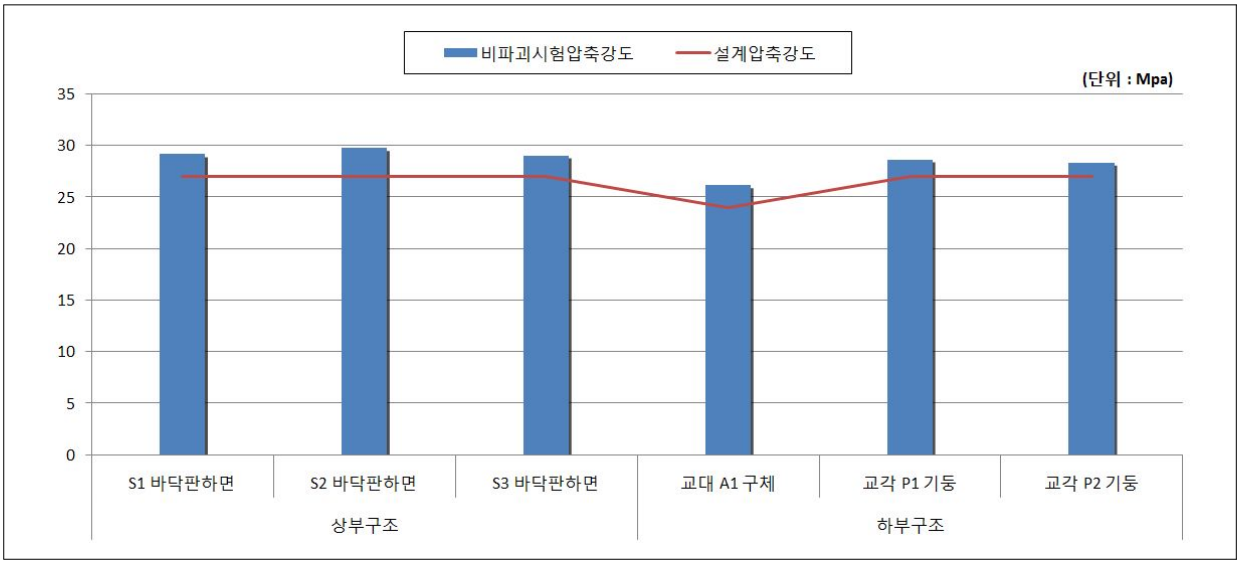
구 분		설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
상부구조	바닥판	27.0	29.1 ~ 29.8	107.8 ~ 110.4
하부구조	교 대	24.0	26.2	109.2
	교 각	27.0	28.4 ~ 28.7	105.2 ~ 106.3

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.13.8】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치		평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	재령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (MPa)	설계압축강도(MPa)
상부구조	S1 바닥판하면	51.3	-3.0	48.2	0.66	28.5	29.8	29.2	27.0
	S2 바닥판하면	52.1	-2.9	49.2	0.66	29.3	30.3	29.8	27.0
	S3 바닥판하면	51.1	-3.0	48.0	0.66	28.4	29.7	29.1	27.0
하부구조	교대 A1 구체	44.3	0	44.3	0.65	24.9	27.5	26.2	24.0
	교각 P1 기둥	48.1	0	48.1	0.65	28.0	29.3	28.7	27.0
	교각 P2 기둥	47.7	0	47.7	0.65	27.7	29.1	28.4	27.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.13.6】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.13.9】 철근탐사시험 결과

탐사위치		배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	S1 캔틸레버 (지점부)	주 철 근	@150	32	≒@150	≒35
		배력철근	@100	48	≒@100	≒50
	S2 캔틸레버 (지점부)	주 철 근	@150	32	≒@150	≒40
		배력철근	@100	48	≒@100	≒65
	S3 캔틸레버 (지점부)	주 철 근	@150	32	≒@150	≒35
		배력철근	@100	48	≒@100	≒45
하부구조	교대 A1 구체	수직철근	@250	87.5	≒@250	≒95
		수평철근	@300	68.5	≒@300	≒75
	교대 A2 구체	수직철근	@250	84	≒@250	≒90
		수평철근	@300	65	≒@300	≒70
	교각 P3 기둥	수직철근	@125	89	≒@125	≒90
		수평철근	@300	70	≒@300	≒70

13.3 상태평가

13.3.1 상태평가 결과

본 오창JCT Ramp-C교에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 **『A등급』**으로 평가되었다.

【표 2.13.10】 상태평가 결과

오창JCT Ramp-C교													
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	STB(HD)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	STB(HD)	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
3	STB(HD)	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
4	STB(HD)	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
5	STB(HD)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.13.11】 상태평가 결과표

교 량 명	오창JCT Ramp-C교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	180.0	4	720	1.000	0.100
합계(∑)			180.0		720	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

13.4 교량 재하시험

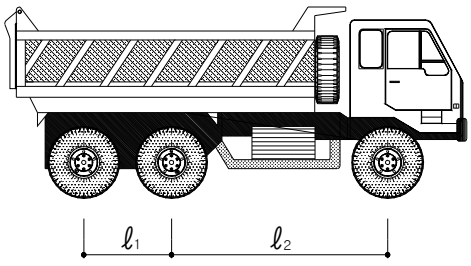
13.4.1 개 요

가. 현장시험의 개요

구 분		내 용
시험일자		2017. 12. 18
시험시간		PM 01:00 ~ PM 03:00
시험위치		S3, S4(최대 정모멘트가 작용하는 지점)
재하시험차량 대수		1대
하중 경우 수	정적재하시험	Load Case 1~6 (6회)
	동적재하시험	10km/hr ~ 60km/hr

나. 재하시험 차량의 제원 및 하중

대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN 트럭 1대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

차 량 제 원	계량증명서
	

구 분	재하차량 제원(m)			
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
15ton 덤프트럭	1.30	3.20	2.10	1.85
구 분	**총 중 량 (kN)**	**전륜축중량 (kN)**	**중륜축중량 (kN)**	**후륜축중량 (kN)**
덤프트럭 (5328)	269.10	79.80	94.65	94.65

다. 교량 재하시험 사진



변형률계 설치 현황



처짐계 설치 현황



가속도계 설치 현황



재하시험 계측 전경



정적 재하시험 전경



동적 재하시험 전경

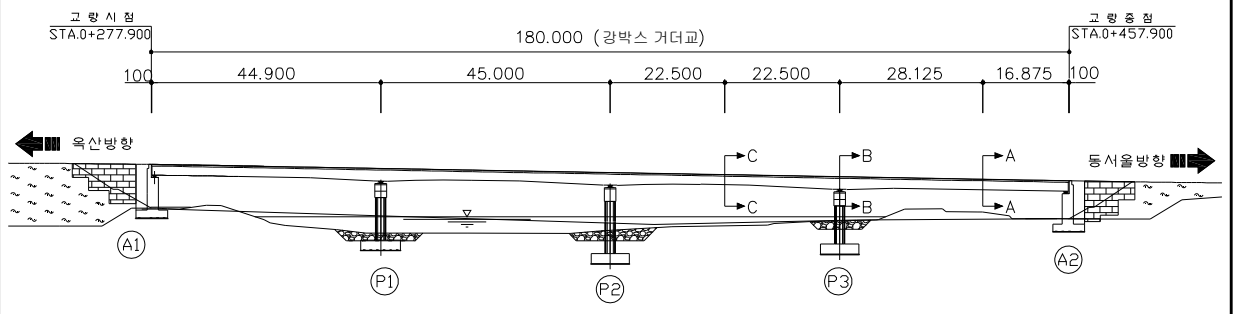
라. 계측센서 사양 및 수량

구분	센서명	모델명	사 양	수량(ea)
계측센서	강재 변형률게이지	FLA-5 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20~+80℃ • 형식 : 전기저항식	14
	처짐계	OU-30	• 범위 : ±30mm • 민감도: ($x10^{-6}$/mm) : 1000 • 허용온도범위 : 0~+60℃ • 형식 : 전기저항식	4
	가속도계	ARF-20A	• 용량 : 2.04g • 응답주파수 : 80hz • 고유주파수 : 150hz • 형식 : 전기저항식	1
소 계				19
측정장비	정, 동적 시험장비	DRA-30A	• 측정점수 : 30채널 • 측정대상 : Dynamic Strian, 전압 • 각 채널별 112k word 데이터메모리 탑재 (정적스트레인측정시 30000scans)	1
소 계				1

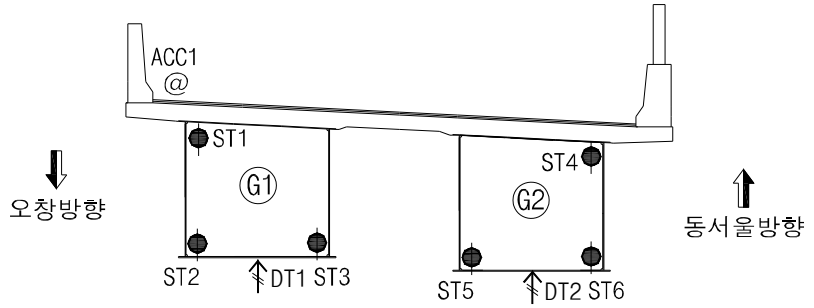
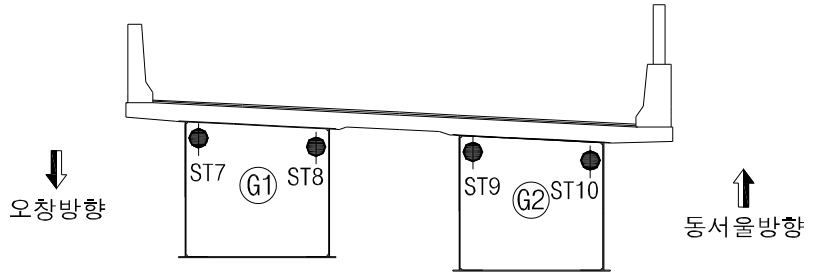
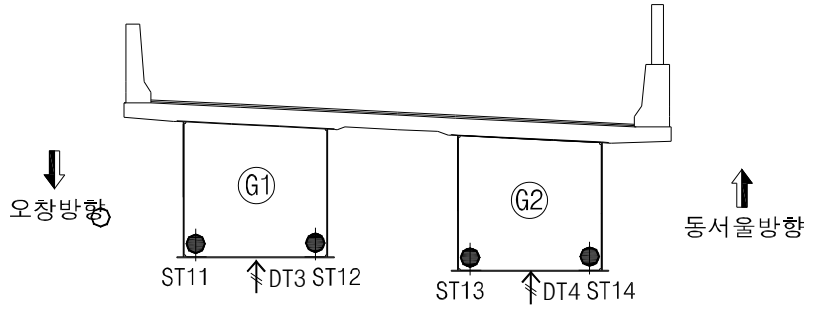
마. L/C별 재하시험 방법

재하시험 위치	재하목적	비 고
외측경간(S4)	• 최대 정·부모멘트가 작용하는 지점	
내측경간(S3)		

바. 계측센서 설치도

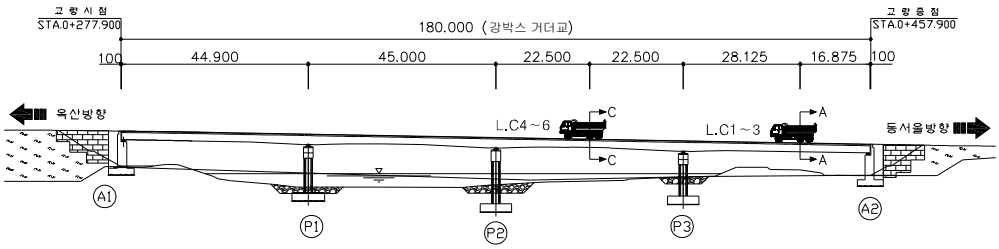
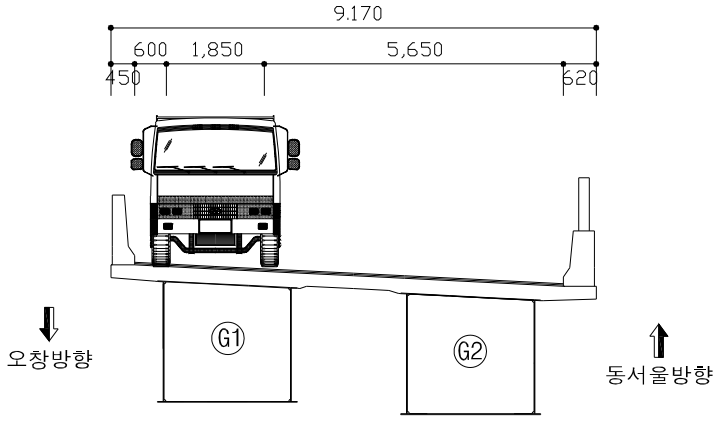
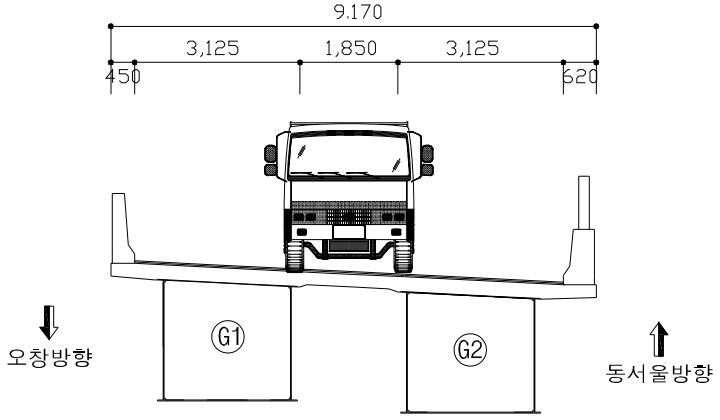
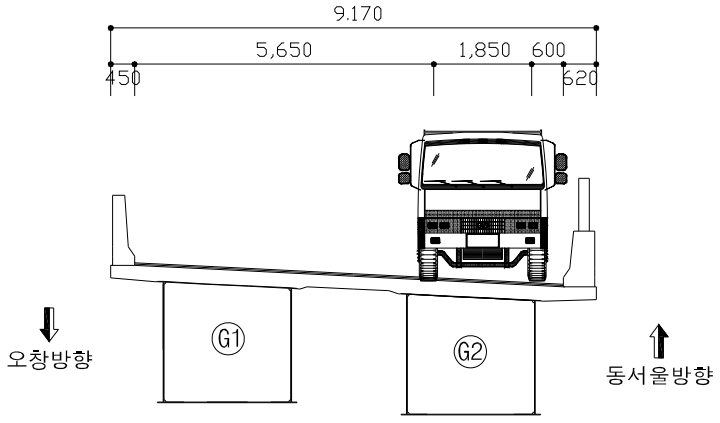


재하시험 경간

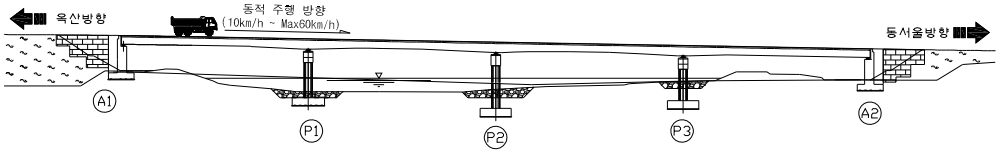
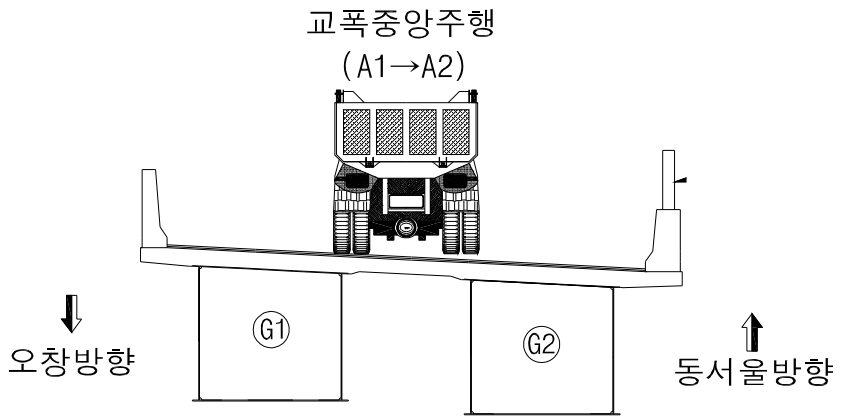
A-A단면 부착위치	
B-B단면 부착위치	
C-C단면 부착위치	

구 분	계측기명	설치수량	비 고
●	강재 변형률계	14	교축방향
↑	처짐계	4	연직방향
@	가속도계	1	연직방향
계측센서 총 수량		19	

사. 정적 재하시험 LOAD CASE

종방향 재하위치	
L.C 1, 4	
L.C 2, 5	
L.C 3, 6	

아. 동적 재하시험 LOAD CASE

차량주행방향	
주행위치	

재하경우	주행방향	주행위치	비 고
10km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
20km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
30km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
40km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
50km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
60km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대

13.4.2 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

가. 재하시험에서 측정된 계측DATA

1) 4경간

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
ST1	9.64	2.02	-1.28	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST2	49.98	38.16	23.73	
ST3	49.03	44.95	23.68	
ST4	-0.68	1.87	5.93	
ST5	27.76	40.35	47.46	
ST6	27.46	36.26	48.85	
DT1	-3.207	-2.699	-2.091	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT2	-2.115	-2.524	-2.856	

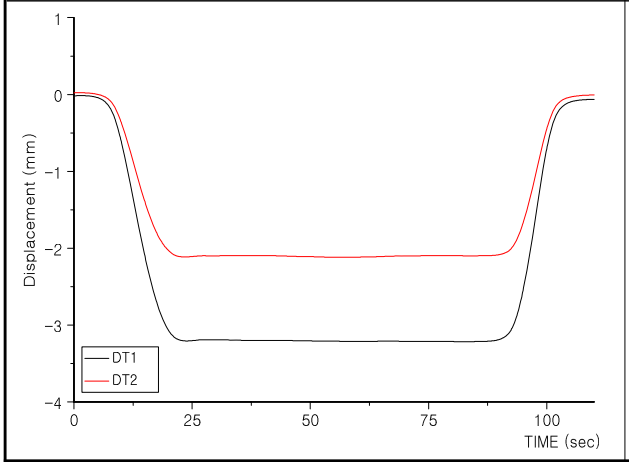
2) 3경간

구 분	L.C4	L.C5	L.C6	비 고
ST11	38.87	26.65	21.66	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST12	41.60	36.92	24.74	
ST13	23.40	41.27	43.05	
ST14	22.66	29.78	44.26	
DT3	-2.898	-2.442	-1.853	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT4	-1.784	-2.260	-2.659	

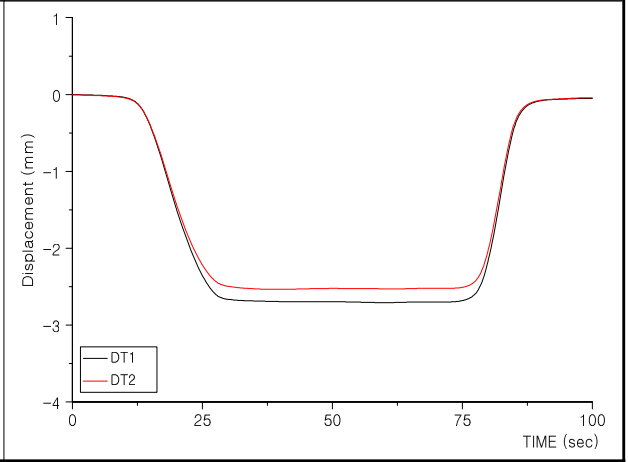
3) P3 지점

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
ST7	2.55	1.55	0.10	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST8	3.59	1.51	0.32	
ST9	0.37	1.33	1.87	
ST10	0.55	1.11	1.84	

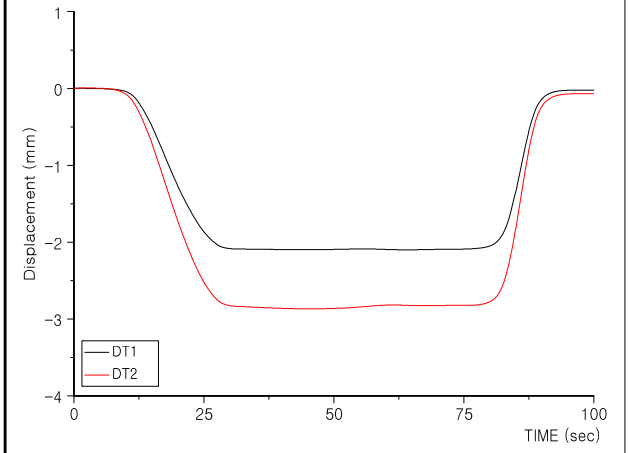
L.C1 처짐



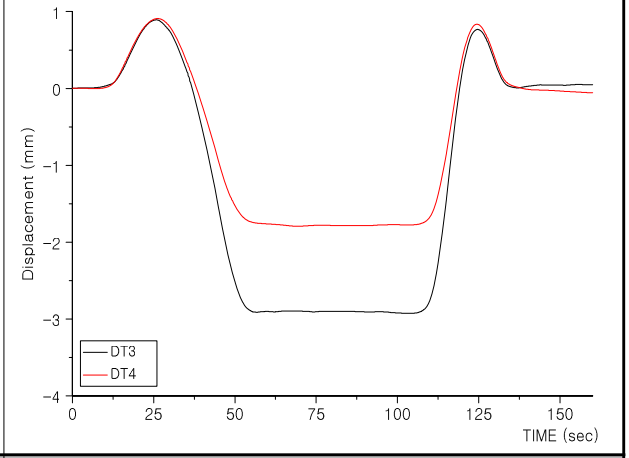
L.C2 처짐



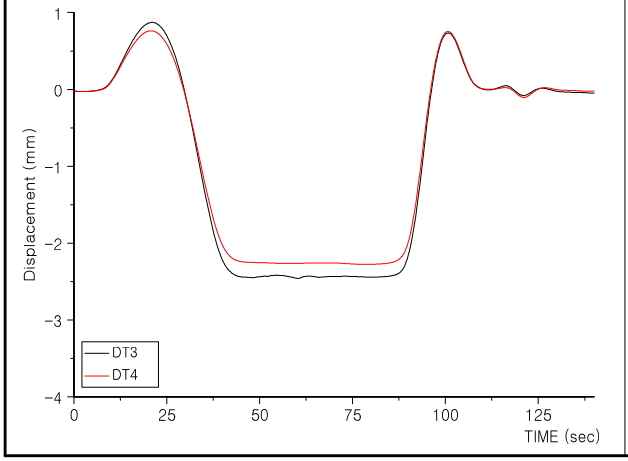
L.C3 처짐



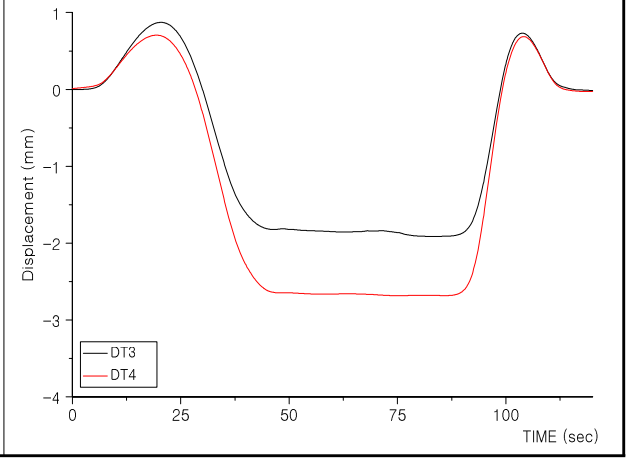
L.C4 처짐



L.C5 처짐



L.C6 처짐

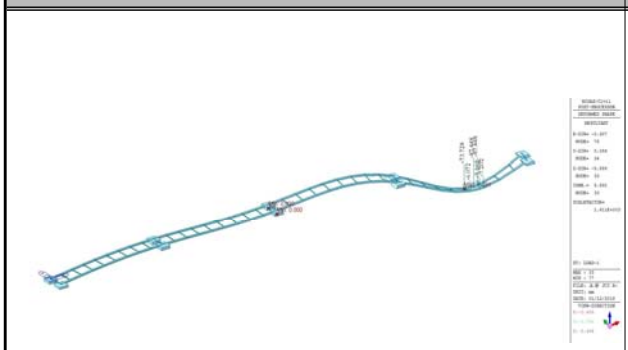


* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

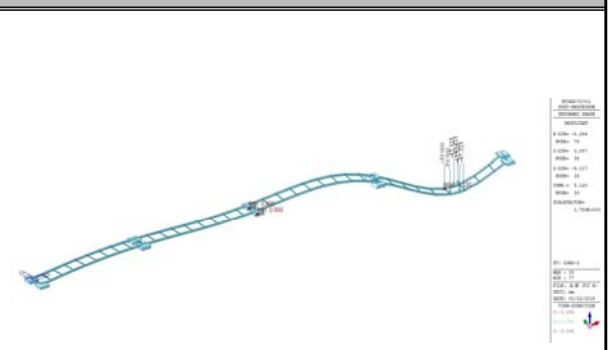
나. 구조해석에 의한 변위량

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	L.C5	L.C6	비 고
G1(DT1)	-5.588	-5.117	-4.646	-	-	-	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
G2(DT2)	-4.623	-4.918	-5.214	-	-	-	
G1(DT3)	-	-	-	-4.434	-4.021	-3.619	
G2(DT4)	-	-	-	-3.586	-3.879	-4.180	

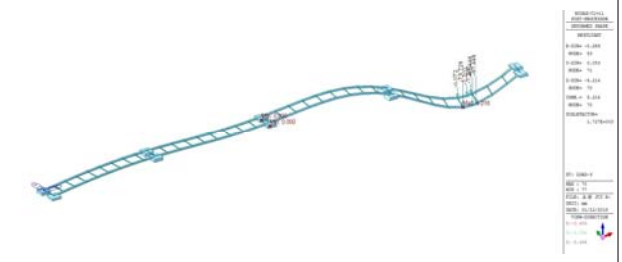
L.C1 하중재하 및 처짐



L.C2 하중재하 및 처짐



L.C3 하중재하 및 처짐



L.C4 하중재하 및 처짐



L.C5 하중재하 및 처짐

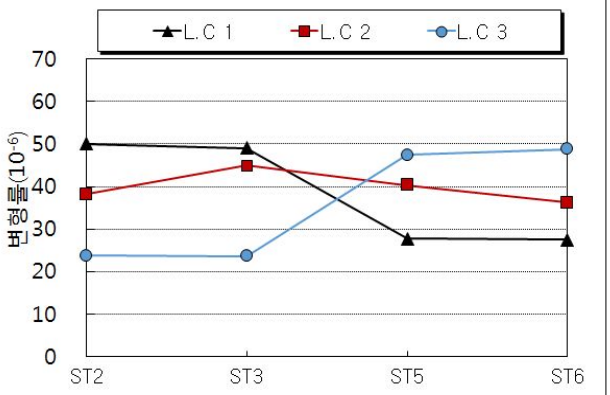


L.C6 하중재하 및 처짐

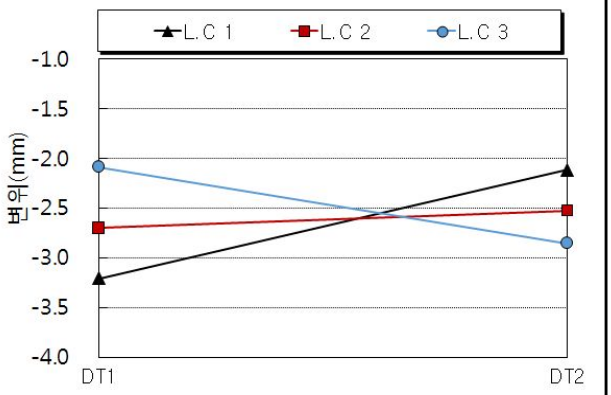


다. 하중 횡분배 검토 결과

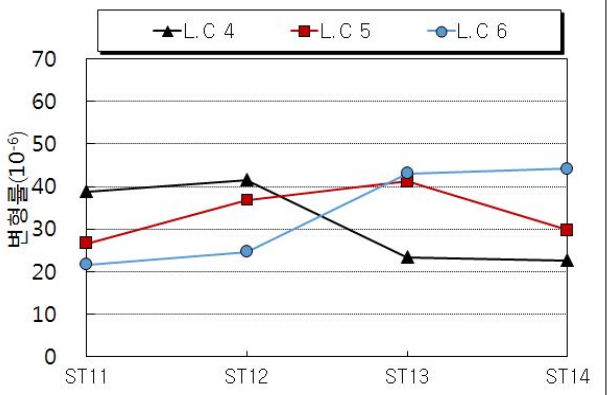
거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단면응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 하중 횡분배는 대체로 대칭성을 보이고 있는 양호한 것으로 평가되었다.



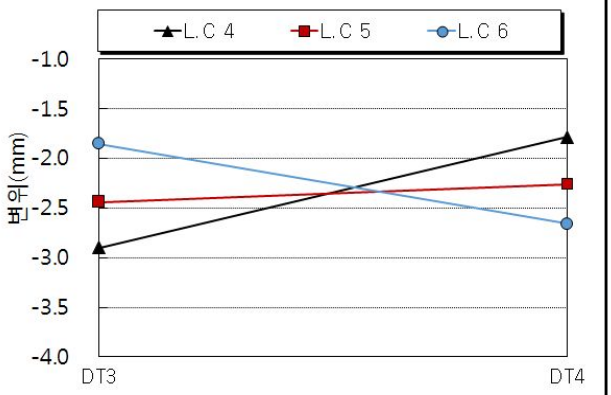
변형율 횡분배 현황(4경간)



처짐 횡분배 현황(4경간)



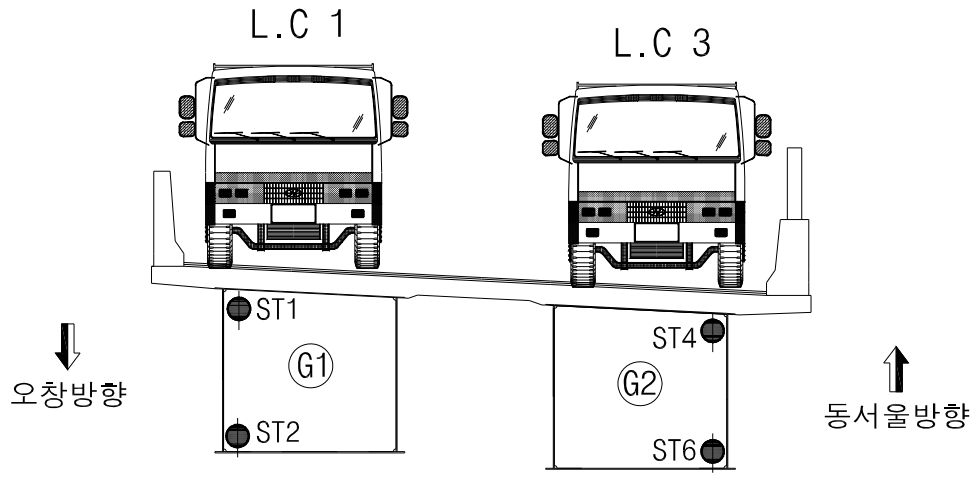
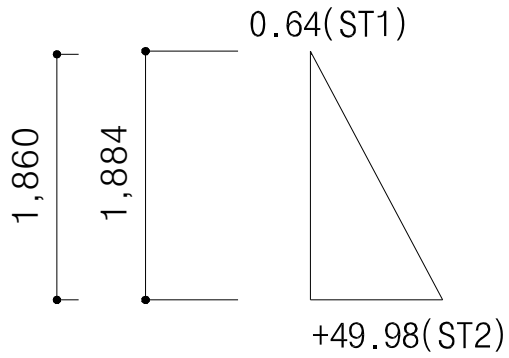
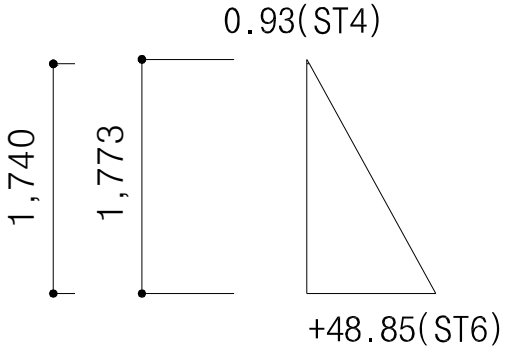
변형율 횡분배 현황(3경간)



처짐 횡분배 현황(3경간)

라. 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

<table>
<tr><td>구 분</td><td colspan="2">L.C 1/L.C 3</td></tr>
<tr><td>재하위치</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">중립축</td><td>L.C 1(4경간 - G1)</td><td>L.C 3(4경간 - G2)</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2"><table>
<tr><td rowspan="2">구분</td><td colspan="2">이론중립축위치 (mm)</td><td colspan="2">실측중립축위치 (mm)</td></tr>
<tr><td>G1</td><td>G2</td><td>G1</td><td>G2</td></tr>
<tr><td>4경간</td><td>1,522</td><td>1,532</td><td>1,884</td><td>1,773</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>검토 의견</td><td colspan="2">* 실측중립축이 이론중립축 대비 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.</td></tr>
</table>

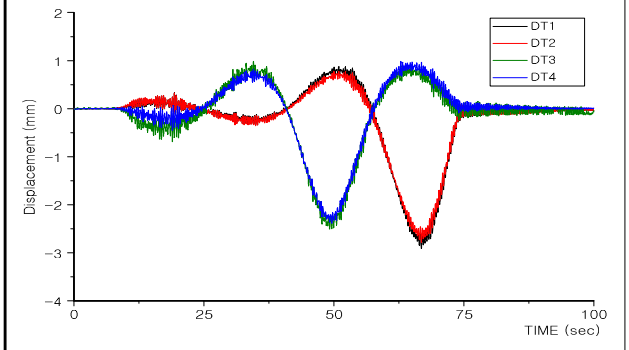
13.4.3 동적 재하시험 결과

가. 동적처짐

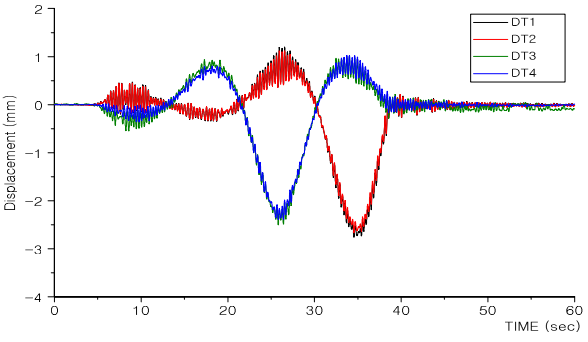
동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

구 분		주행속도 (km/h)						비고
		10	20	30	40	50	60	
4경간	G1(DT1)	-2.908	-2.761	-2.866	-2.970	-2.911	-3.165	단위 : ㎜
	G2(DT2)	-2.777	-2.666	-2.680	-2.747	-2.616	-2.864	
3경간	G1(DT3)	-2.510	-2.500	-2.331	-2.569	-2.424	-2.716	
	G2(DT4)	-2.386	-2.396	-2.328	-2.239	-2.291	-2.317	

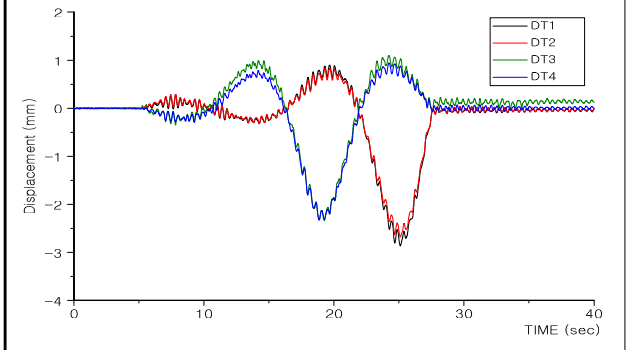
10km/hr



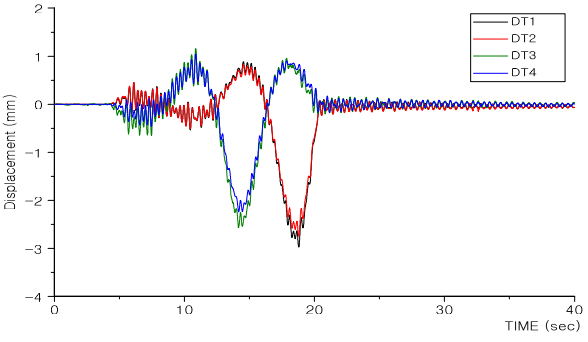
20km/hr



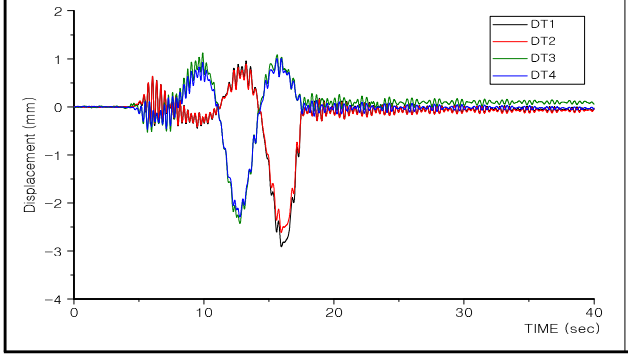
30km/hr



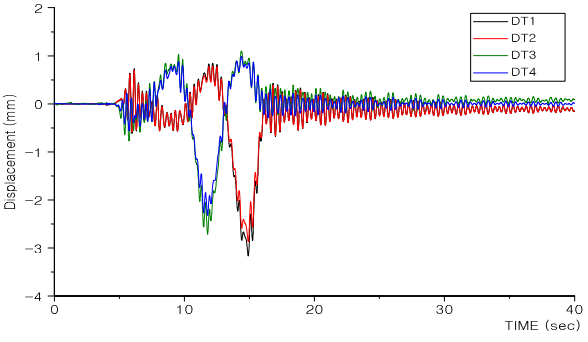
40km/hr



50km/hr



60km/hr



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

나. 충격계수 산정 결과

1) 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

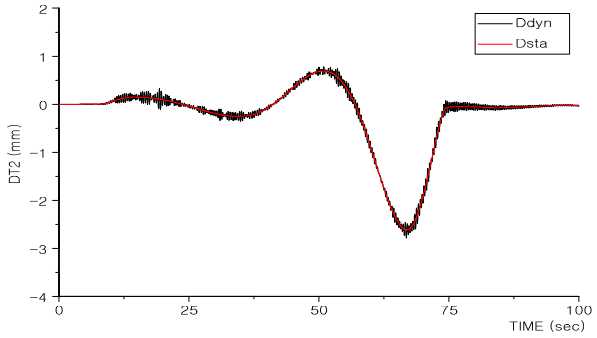
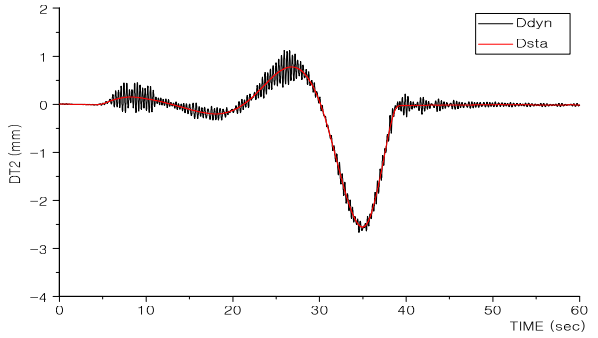
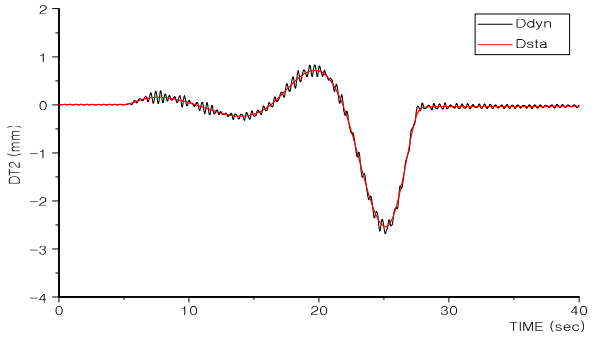
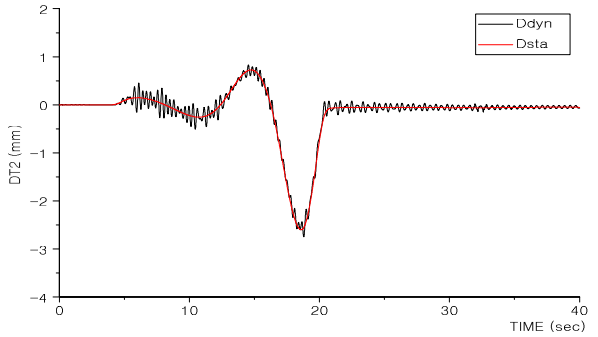
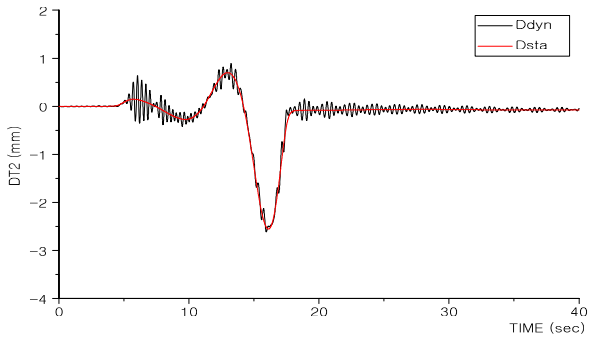
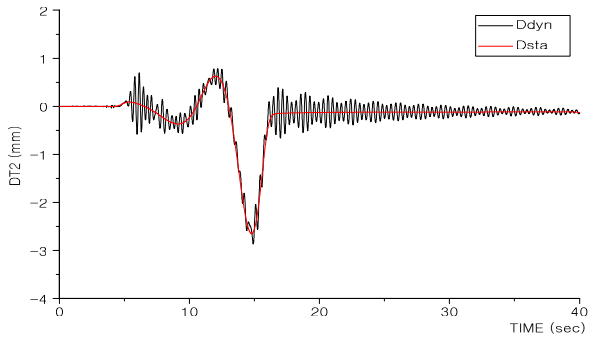
· 실측충격계수 i = (D－1)

여기서, D $=(\delta_{\mathrm{dynamic}})_{\max}/(\delta_{static})_{\max}$

구 분			주행속도 (km/h)						대표 충격계수
			10	20	30	40	50	60	
4경간	DT1	$\delta_{dyn(max)}$	-2.908	-2.761	-2.866	-2.970	-2.911	-3.165	**0.075**
		$\delta_{sta(max)}$	-2.738	-2.655	-2.704	-2.807	-2.865	-2.944	
		충격계수(i)	0.062	0.040	0.060	0.058	0.016	**0.075**	
	DT2	$\delta_{dyn(max)}$	-2.777	-2.666	-2.680	-2.747	-2.616	-2.864	**0.080**
		$\delta_{sta(max)}$	-2.618	-2.557	-2.538	-2.599	-2.555	-2.652	
		충격계수	0.061	0.043	0.056	0.057	0.024	**0.080**	
3경간	DT3	$\delta_{dyn(max)}$	-2.510	-2.500	-2.331	-2.569	-2.424	-2.716	**0.109**
		$\delta_{sta(max)}$	-2.370	-2.338	-2.223	-2.423	-2.328	-2.448	
		충격계수	0.059	0.069	0.049	0.060	0.041	**0.109**	
	DT4	$\delta_{dyn(max)}$	-2.386	-2.396	-2.328	-2.239	-2.291	-2.317	**0.104**
		$\delta_{sta(max)}$	-2.283	-2.265	-2.222	-2.125	-2.200	-2.098	
		충격계수	0.045	0.058	0.048	0.054	0.041	**0.104**	
계측결과			• 계산충격계수 : i = 15/(40+L) = **0.176**(4경간, L=45.00), **0.176**(3경간, L=45.00) • 실측충격계수 : 4경간-**0.080**(60km, DT2), 3경간 - **0.109**(60km, DT3)						

2) 산정 결과

동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 교폭중앙으로 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT1, DT2(4경간), DT3, DT4(3경간)를 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.080(4경간), 0.109(3경간)으로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계기준 0.176(4경간), 0.176(3경간)보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행 시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

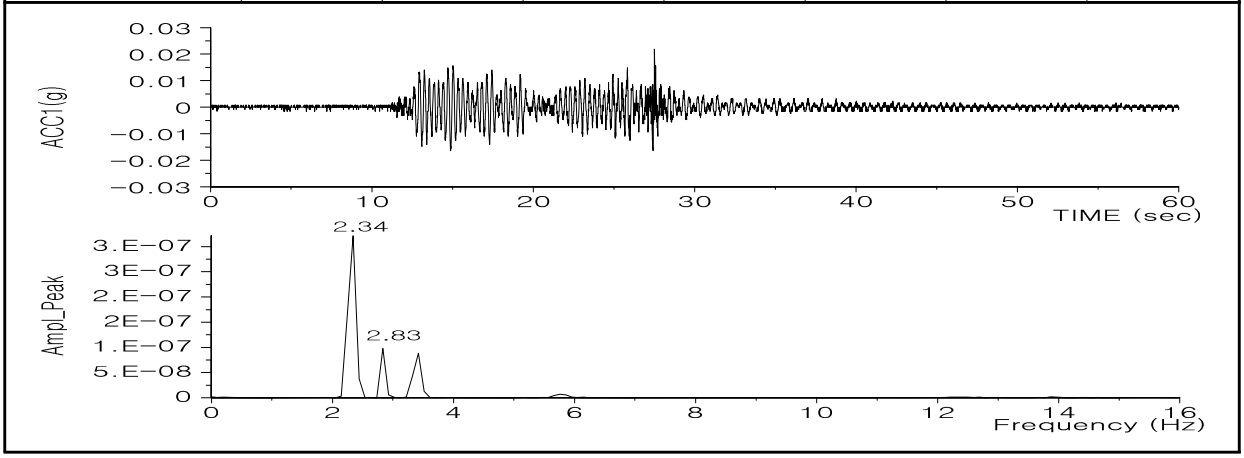
10km/hr, DT2	20km/hr, DT2
	
30km/hr, DT2	**40km/hr, DT2**
	
50km/hr, DT2	**60km/hr, DT2**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

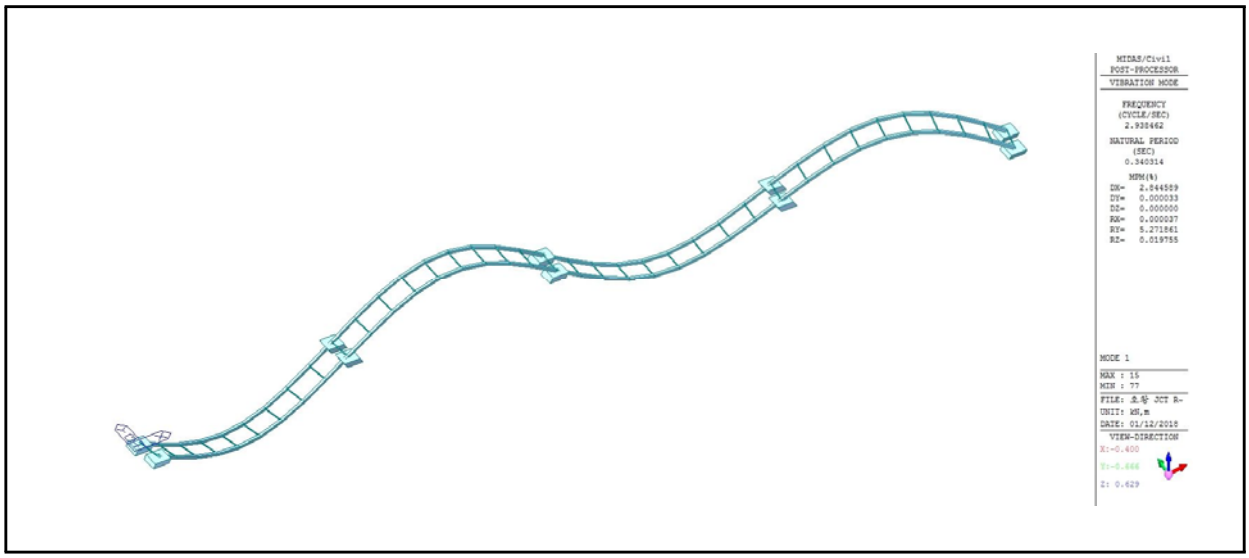
다. 고유진동수 산정 결과

1) 재하시험에 의한 고유진동수 산정

구 분	10km	20km	30km	40km	50km	60km	비 고
고유진동수 (cycle/sec(Hz))	2.34	2.34	2.34	2.34	2.34	2.34	



2) 구조해석에 의한 고유진동수 계산



3) 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 2.34Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 2.938Hz와 비슷하게 해석되어 해석모델이 대상교량의 거동을 합리적으로 표현하고 있는 것을 알 수 있다.

라. 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 멀어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

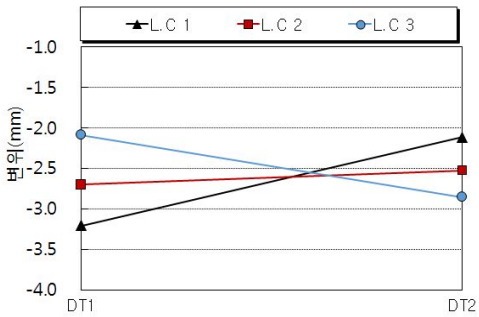
1) 응답비 산정

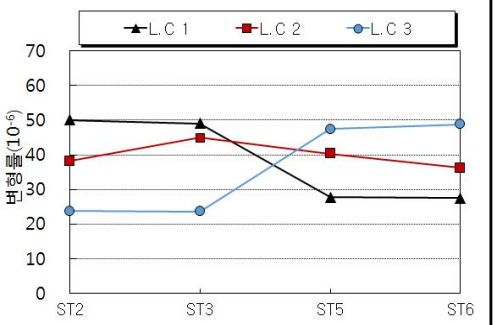
구 분		처 짐(㎜)						비고
		4경간			3경간			
		L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	L.C5	L.C6	
G1	계산처짐	-5.588	-5.117	-4.646	-4.434	-4.021	-3.619	DT1 / DT3
	실측처짐	-3.207	-2.699	-2.091	-2.898	-2.442	-1.853	
	응답비	**1.742**	1.896	2.222	**1.530**	1.647	1.953	
G2	계산처짐	-4.623	-4.918	-5.214	-3.586	-3.879	-4.180	DT2 / DT4
	실측처짐	-2.115	-2.524	-2.856	-1.784	-2.260	-2.659	
	응답비	2.186	1.948	**1.826**	2.010	1.716	**1.572**	

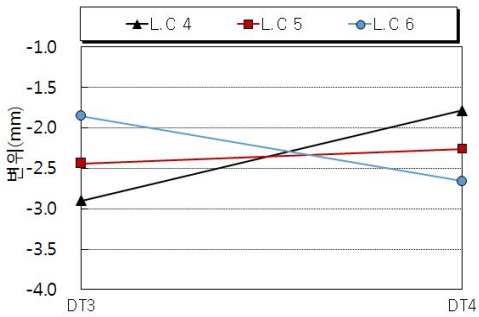
2) 응답보정계수 산정

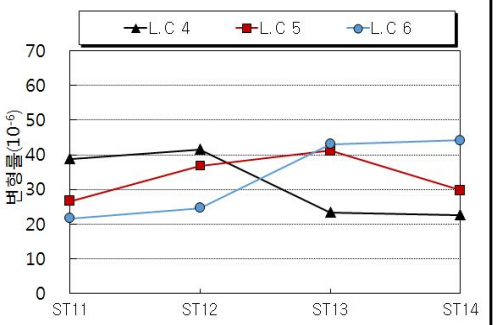
구 분		응답비	i(충격계수)		$\frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$	위치별 Ks
			계산	실측max		
응답 보정 계수	DT1(G1)	1.742	0.176	0.080	1.089	1.897
	DT2(G2)	1.826				1.989
	DT3(G1)	1.530	0.176	0.109	1.060	1.666
	DT4(G2)	1.572				1.712

13.4.4 정·동적 재하시험 고찰

<table>
<tr><th colspan="2">분석항목</th><th>분석결과</th></tr>
<tr><td colspan="2">시험트럭</td><td>• 재하하중 : 설계하중의 약 62%
• 총 중 량 : 269.10kN</td></tr>
<tr><td rowspan="5">정적
재하
시험</td><td>최대
응답</td><td>• 처 짐 : -3.207 ㎜(4경간), -2.898 ㎜(3경간)
• 변형률 : 49.98 με(4경간), 44.26 με(3경간)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">횡방향
거동특성</td><td>

처짐(4경간)</td><td>

변형률(4경간)</td></tr>
<tr><td>

처짐(3경간)</td><td>

변형률(3경간)</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">동적
재하
시험</td><td>충격
계수</td><td>• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.080(4경간), 0.109(3경간)로 이론 충격계수 0.176(4경간), 0.176(3경간)보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td>고유
진동수</td><td>• 실측고유진동수(2.34Hz)와 이론 고유진동수(2.938Hz)의 해석치가 비슷하게 산정되어 해석모델이 대상교량의 거동을 합리적으로 표현함.</td></tr>
</table>

13.5 안전성평가 및 내하력평가

13.5.1 구조해석 방법 및 개요

오창JCT Ramp-C교는 연장 180.00m, 총폭 9.170m, 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 90.000°이며 평면 선형 R=380m 인 곡선교 이다. 상부구조는 강박스(HD) 거더로 이루어져 있으며, 하부구조는 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

13.5.2 검토 조건

가. 기본 사항

1) 형 식 : 강박스(HD) 거더
2) 연 장 : 180.000m
3) 교 폭 : B = 9.170m
4) 거더높이 : H = 2.200m
5) 거더간격 : 2.200m
6) 사 각 : 90.000°
7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
8) 단위중량
   - 철근 콘크리트 : W_{c1} = 2500.0kg/㎥
   - 무근 콘크리트 : W_{c2} = 2350.0kg/㎥
   - 아 스 팔 트 : W_a = 2350.0kg/㎥
9) 사용 프로그램 : MIDAS CIVIL 2016
10) 구조 검토방식 : 강도설계법(바닥판), 허용응력설계법(거더)
11) 참고문헌
   ① 도로교 설계기준(2010)
   ② 콘크리 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
   ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

나. 사용재료 및 허용응력

1) 콘크리트

- 설계기준강도(f_{ck}) : 27.0MPa
- 탄성계수(E_c) : 27,804MPa
- 전단탄성계수(G_c) : 11,916MPa

2) 철근(SD400)

- 항복강도(f_y) : 400.0MPa
- 탄성계수(E_s) : 200,000MPa

3) 강재

- 주부재 : SM520B
- 부부재 : SM400B
- 탄성계수(E_{st}) : 205,000MPa
- 전단탄성계수(G_{st}) : 79,000MPa
- 허용축방향인장응력 및 허용휨인장응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	140	190	210	260
40초과 75이하	130	175	200	250
75초과 100이하			195	245

• 허용축방향압축응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM 570 SMA 58
40이하	$140 : \ell/r \le 20$ $140-0.84(\ell/r-20) : 20 < \ell/r \le 93$ $\frac{1,200,000}{6,700+(\ell/r)^2} : 93 < \ell/r$	$190 : \ell/r \le 15.0$ $190-1.3(\ell/r-15.0) : 15.0 < \ell/r \le 80$ $\frac{1,200,000}{5,000+(\ell/r)^2} : 80 < \ell/r$	$210 : \ell/r \le 14$ $210-1.3(\ell/r-14) : 15 < \ell/r \le 76$ $\frac{1,200,000}{4,500+(\ell/r)^2} : 76 < \ell/r$	$260 : \ell/r \le 18$ $260-2.2(\ell/r-18) : 18 < \ell/r \le 67$ $\frac{1,200,000}{3,500+(\ell/r)^2} : 67 < \ell/r$
40초과 75이하	$130 : \ell/r \le 2$ $130-0.75(\ell/r-20) : 20 < \ell/r \le 97$ $\frac{1,200,000}{7,300+(\ell/r)^2} : 97 < \ell/r$	$175 : \ell/r \le 15$ $175-1.1(\ell/r-15) : 15 < \ell/r \le 83$ $\frac{1,200,000}{5,300+(\ell/r)^2} : 83 < \ell/r$	$200 : \ell/r \le 14$ $200-1.40(\ell/r-14) : 14 < \ell/r \le 78$ $\frac{1,200,000}{4,700+(\ell/r)^2} : 78 < \ell/r$	$250 : \ell/r \le 18$ $250-2.1(\ell/r-18) : 18 < \ell/r \le 69$ $\frac{1,200,000}{3,600+(\ell/r)^2} : 69 < \ell/r$
75초과 100이하	$195 : \ell/r \le 14$ $195-1.3(\ell/r-14) : 14 < \ell/r \le 79$ $\frac{1,200,000}{4,900+(\ell/r)^2} : 79 < \ell/r$	$245 : \ell/r \le 18$ $245-2.2(\ell/r-18) : 18 < \ell/r \le 69$ $\frac{1,200,000}{3,700+(\ell/r)^2} : 69 < \ell/r$		

여기서, ℓ : 부재의 유효좌굴길이(mm)

r : 부재 총단면의 단면회전반경(mm)

• 허용휨압축응력(MPa)

ⓐ 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 직접 고정되어 있는 경우, 상자형 단면, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	140	190	210	260
40초과 75이하	130	175	200	250
75초과 100이하			195	245

ⓑ ⓐ에 규정한 이외의 경우

강종 / 판두께(mm)		SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
$\frac{A_w}{A_c} \le 2$	40이하	140 : $\ell/b \le 4.5$ 140-2.4(ℓ/b-4.5) : 4.5 < $\ell/b \le 30$	190 : $\ell/b \le 4.0$ 190-3.8(ℓ/b-4.0) : 4.0 < $\ell/b \le 30$	210 : $\ell/b \le 3.5$ 210-4.4(ℓ/b-3.5): 3.5 < $\ell/b \le 27$	260 : $\ell/b \le 5.0$ 260-6.6(ℓ/b-5.0): 5.0 < $\ell/b \le 25$
	40초과 75이하	130 : $\ell/b \le 5.0$	175 : $\ell/b \le 4.0$	200 : $\ell/b \le 4.0$ 200-4.2(ℓ/b-4.0): 4.0 < $\ell/b \le 27$	260 : $\ell/b \le 3.4$ 260-6.25(ℓ/b-3.4): 3.4 < $\ell/b \le 25$
	75초과 100이하	130-2.2(ℓ/b-5.0): 5.0 < $\ell/b \le 30$	175-3.5(ℓ/b-4.0): 4.0 < $\ell/b \le 30$	195 : $\ell/b \le 4.0$ 195-4.0(ℓ/b-4.0): 4.0 < $\ell/b \le 27$	250 : $\ell/b \le 5.0$ 250-6.0(ℓ/b-5.0): 5.0 < $\ell/b \le 25$
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40이하	140 : $\ell/b \le 9/K$ 140-1.2(Kℓ/b-9): 9/K < $\ell/b \le 30$	190 : $\ell/b \le 8.0/K$ 190-1.9(Kℓ/b-8): 8/K < $\ell/b \le 30$	210 : $\ell/b \le 7/K$ 210-2.2(Kℓ/b-7): 7/K< $\ell/b \le 27$	260 : $\ell/b \le 10/K$ 260-3.3(Kℓ/b-10): 10/K < $\ell/b \le 25$
	40초과 75이하	130 : $\ell/b \le 10/K$	175 : $\ell/b \le 8/K$	200 : $\ell/b \le 8/K$ 200-2.1(Kℓ/b-8): 8/K< $\ell/b \le 27$	250 : $\ell/b \le 10/K$ 250-3.1(Kℓ/b-1): 10/K< $\ell/b \le 25$
	75초과 100이하	130-1.1(Kℓ/b-10): 10/K < $\ell/b \le 30$	175-1.75(Kℓ/b-8): 8/K < $\ell/b \le 30$	195 : $\ell/b \le 8/K$ 195-2.0(Kℓ/b-8): 8/K< $\ell/b \le 27$	245 : $\ell/b \le 10/K$ 245-3(Kℓ/b-10): 10/K< $\ell/b \le 25$
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적(㎟) A_c : 압축플랜지의 총 단면적(㎟) ℓ : 압축플랜지의 고정점간의 거리(㎜) b : 압축플랜지의 폭(㎜)		K : $\sqrt{3+\frac{A_w}{2A_c}}$	

• 허용전단응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	80	110	120	150
40초과 75이하	75	100	115	145
75초과 100이하			110	140

• 항복응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	240	320	360	460
40초과 75이하	220	300	340	440
75초과 100이하			330	430

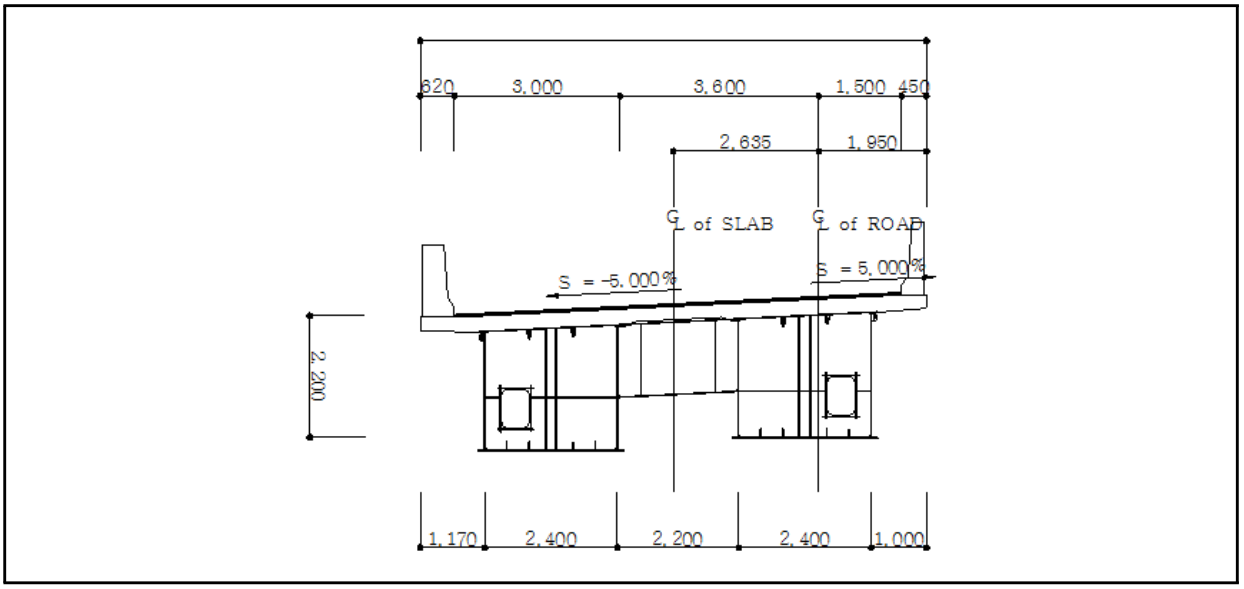
• 강재 주거더의 허용응력 증가율

하중의 조합			증가율(%)	
			정의 휨모멘트를 받는 부분	부의 휨모멘트를 받는 부분
1	크리프의 영향과 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중+바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15
4	가설시 하중	압축연	25	25
		인장연	25	25

구조해석

다. 바닥판 검토

1) 단면제원



2) 좌측 캔틸레버부

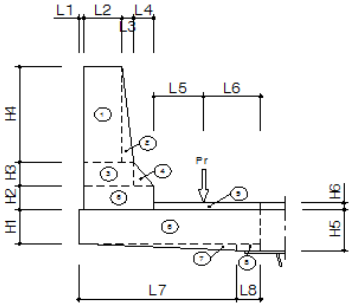
① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(무근콘크리트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	60.0㎞/hr	96.000kN	380.000m	

② 하중산정

㉠ 고정하중

NO.	산식	작용하중 (kN)	작용거리 (m)	모멘트 (kN·m)
1	0.230 × 0.970 × 25.0	4.600	0.795	4.434
2	0.070 × 0.970 × 1/2 × 25.0	0.849	0.657	0.557
3	0.175 × 0.300 × 25.0	1.313	0.760	0.998
4	0.175 × 0.120 × 1/2 × 25.0	0.263	0.570	0.150
5	0.175 × 0.420 × 25.0	1.838	0.700	1.286
6	0.240 × 0.940 × 25.0	5.640	0.470	2.651
7	0.830 × 0.050 × 1/2 × 25.0	0.519	0.387	0.201
8	0.110 × 0.050 × 25.0	0.138	0.055	0.008
9	0.490 × 0.050 × 23.5	0.576	0.245	0.141
합계		16.711		10.425



㉡ 차량충돌하중

구 분	h	H	M_{co} = H×h	곡선반경	적용 M_{co}
Case1	1.195m	10.000kN/m	11.950kN·m/m	R=380 > 200m	14.650kN·m/m
Case2	1.465m	10.000kN/m	14.650kN·m/m		

※ Case1 : 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시, 여기서 $H=(V/60)^2\times7500+2500$
Case2 : 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10kN/m의 수평하중 재하시

㉢ 원심하중(도.설.해 2.1.17)

곡선반경(R)	$CF = 0.79\times V^2/R$	$Pcf = Pr/E\times CF/100$	$Mcf = Pcf\times1.8$
380	7.484 %	5.561 kN/m	11.094kN·m

※ 원심하중은 교면상 1.8m 높이에 작용하는 것으로 한다.

㉣ 풍하중

방호벽 높이	P_w = 방호벽 높이×3.0	$M_w = P_w\times$작용높이
1.270m	3.810kN/m	3.162kN·m/m

㉤ 하중조합(도.설 2.2.3.2)

하중경우	고정하중	활 하 중	차량충돌하중	풍 하 중	원심하중	합 계(kN·m/m)
Case 1	1.30	2.15			1.30	4.75
Case 2	1.30	1.30	1.30		1.30	5.2
Case 3	1.30	1.30		0.65	1.30	4.55
Case 4	1.20		1.20	1.20		3.6
Case 5	1.30			1.30		2.6
Case 6	1.00	1.00		0.30	0.00	2.3
Case 7	1.00	1.00	0.00		0.00	2

③ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 70.9kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 290.0㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 60.0㎜	유 효 높 이	d = 230.0㎜

㉡ 검토결과

구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	290.0	60.0	H16@300 = 662.00 H16@300 = 662.00	70.9	98.343	O.K S.F=1.387

사 용 성 검 토	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	592.4㎜	150㎜	O.K

3) 중앙부

① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(무근콘크리트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	60.0㎞/hr	96.000kN	380.000m	

② 하중산정

㉠ 고정하중

구 분	작용하중 (kN/㎡)	계산지간(L)	바닥판 지점수(n)	$M_d = (1/10)\times W_d \times L^2$
철근콘크리트	0.290 × 25.000 = 7.250	2.400m	4	4.853kN·m
아스팔트포장	0.050 × 23.500 = 1.175			

㉡ 활하중(도.설 2.1.4)

i = 15/(40+L)	$M_{l+i} = (L+0.6)/9.6\times P_r \times (1+i)$	연속바닥판 Ml+i
0.354>0.300 ∴ i = 0.300	39.000kN·m/m	31.200 kN·m/m

③ 하중조합(도,설 2.2.3.2)

하중경우	고정하중	활 하 중	원심하중	풍 하 중	합 계(kN·m/m)
Case 1	1.30	2.15		1.30	4.75
Case 2	1.30	1.30		1.30	3.9
Case 3	1.30		1.30		2.6
Case 4	1.00	1.00	0.00	0.00	2.0

④ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 73.4kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 290.0㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 50.0㎜	유 효 높 이	d = 240.0㎜

㉡ 검토결과

구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	290.0	50.0	H16@150 = 1,320.00	73.4	102.844	O.K S.F=1.401

사 용 성 검 토	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	510.5㎜	150㎜	O.K

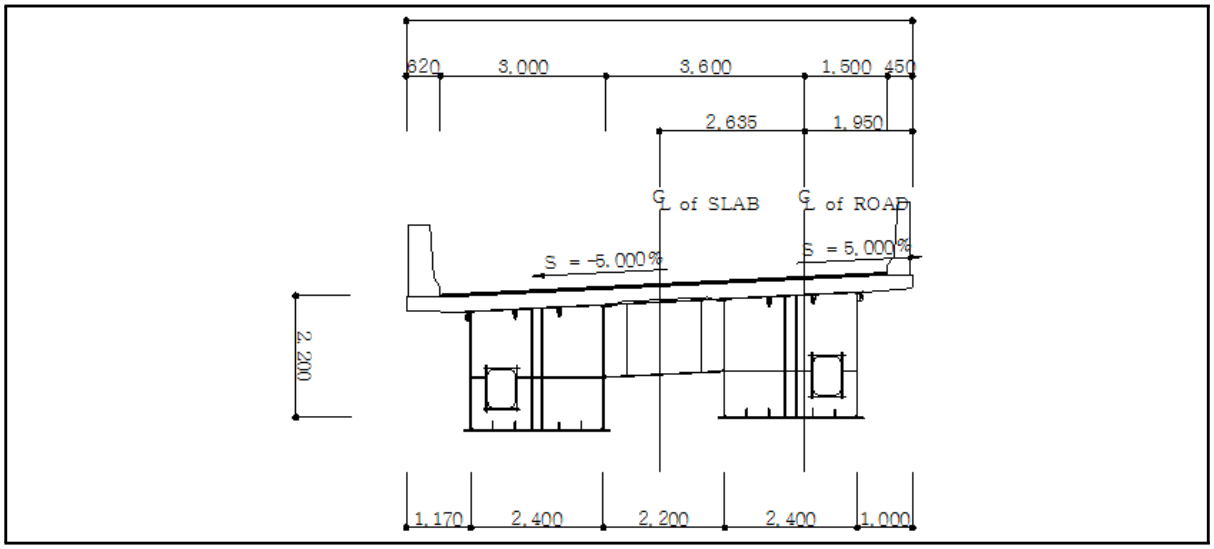
4) 바닥판 검토결과

【표 2.13.12】 바닥판 검토결과

구 분	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	안전율	최소안전율
좌측 켄틸레버부	90.9	98.343	1.387	1.387
중앙부	73.4	102.844	1.401	

라. 거더 검토

1) 해석단면



【그림 2.13.7】 해석단면

2) 하중산정

① 합성전 고정하중

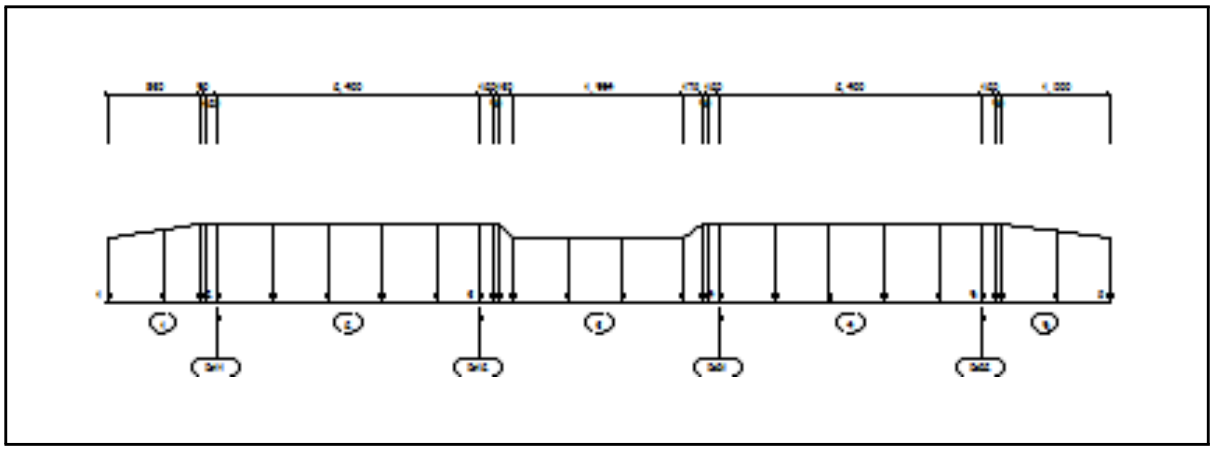
- 강재 자중 : 프로그램 내에서 자동 고려

- 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재 자중을 47.322% 할증 적용

- 총 강재중량 / 모델링 강재중량 = 5019.210kN / 3406.960kN = 1.47322

- 바닥판 자중

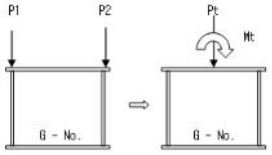
- 횡방향 하중분배(STA. 0k+282.900)



【그림 2.13.8】 바닥판 자중 횡방향 하중분배

하 중 명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		비 고
		위치(m)	하중(kN/m²)	위치(m)	하중(kN/m²)	
W1	1	0.000	-6.000	0.830	-7.250	분포하중
W2	1	0.830	-7.250	0.880	-7.250	분포하중
W3	1	0.880	-7.250	1.000	-7.250	분포하중
W4	2	0.000	-7.250	2.400	-7.250	분포하중
W5	3	0.000	-7.250	0.120	-7.250	분포하중
W6	3	0.120	-7.250	0.170	-7.250	분포하중
W7	3	0.170	-7.250	0.300	-6.000	분포하중
W8	3	0.300	-6.000	1.854	-6.000	분포하중
W9	3	1.854	-6.000	2.030	-7.250	분포하중
W10	3	2.030	-7.250	2.080	-7.250	분포하중
W11	3	2.080	-7.250	2.200	-7.250	분포하중
W12	4	0.000	-7.250	2.400	-7.250	분포하중
W13	5	0.000	-7.250	0.120	-7.250	분포하중
W14	5	0.120	-7.250	0.170	-7.250	분포하중
W15	5	0.170	-7.250	1.170	-6.000	분포하중

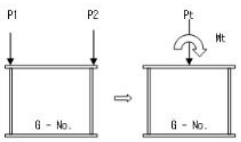
• 거더별 작용하중(Sta. 0+411.70)

구 분	거더폭 (m)	바닥판 자중				기호 정의
		P1 (kN/m)	P2 (kN/m)	Pt (kN/m)	Mt (kN · m)	
G1	2.400	26.536	28.391	54.927	2.226	
G2	2.400	26.575	29.686	56.261	3.733	

【그림 2.13.9】 합성전 고정하중(바닥판 자중) 재하도

② 합성후 고정하중

• 거더별 작용하중(Sta. 0+411.70)

구 분	거더폭 (m)	바닥판 자중				기호 정의
		P1 (kN/m)	P2 (kN/m)	Pt (kN/m)	Mt (kN · m)	
G1	2.400	15.563	0.147	15.710	-18.499	
G2	2.400	-6.148	26.243	20.095	38.869	

③ 활하중

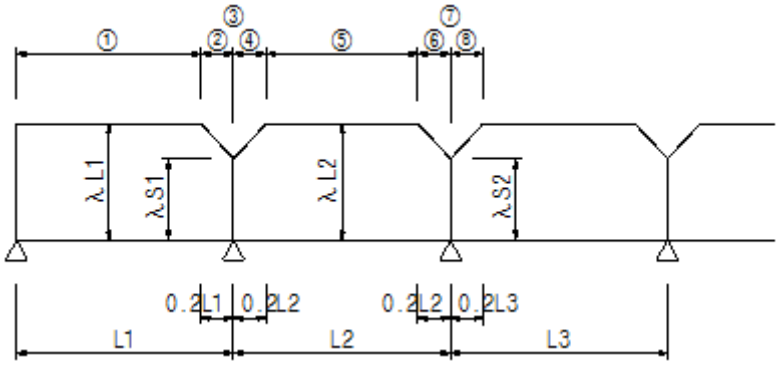
구 분	활 하 중			
• 교 폭	• 9.170m			
• 지간장(L)	• 44.350m+45.000m+45.000m+44.350m			
• 연석간 교폭(W_c)	• 8.100m			
• 설계 차로수(N)	• 6.0 ≤ W_c < 9.1 m ∴ 2차로 재하			
• 설계 차로폭(W)	• 8.100m / 2 = 4.050m > 3.600m 이므로, ∴ W = 3.600m → **설계차로폭 W=3.0m**			
• 충격계수(i)	• 제1지간 15 / (40+44.350) = 0.178 < 0.3 ∴ i = 0.178 적용			
	• 제2지간 15 / (40+45.000) = 0.176 < 0.3 ∴ i = 0.176 적용			
	• 제3지간 15 / (40+45.000) = 0.176 < 0.3 ∴ i = 0.176 적용			
	• 제4지간 15 / (40+44.350) = 0.178 < 0.3 ∴ i = 0.178 적용			
	• 제1 내부지점 15 / {40+(44.350+45.000)/2} = 0.177 < 0.3 ∴ i = 0.177 적용			
	• 제2 내부지점 15 / {40+(45.000+45.000)/2} = 0.176 < 0.3 ∴ i = 0.176 적용			
	• 제3 내부지점 15 / {40+(45.000+44.350)/2} = 0.177 < 0.3 ∴ i = 0.177 적용			
• 활하중 크기	표준차로하중(DL-24)		표준트럭하중(DB-24)	
	P_m	36.0kN	P_f	24 kN
	P_s	52.0kN	P_r	96 kN
	W_ℓ	4.23kN/m		
• 재하방법	• 해석프로그램의 이동하중해석 기능을 사용 • DB-24, DL-24 • DB-24, DL-24하중에 대하여 독립적으로 1~2개 차로에 경간별로 가장 불리한 부재력이 산출되도록 재하 • 각 CASE별 하중재하도 및 각 거더별 작용하중은 부록 참조.			

3) 플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

전단지연(Shear Lag) 현상의 영향으로 인한 플랜지 및 바닥판의 유효폭은 다음과 같으며, 단면응력 검토 시 적용하였다.(상세한 계산과정은 부록 참조)

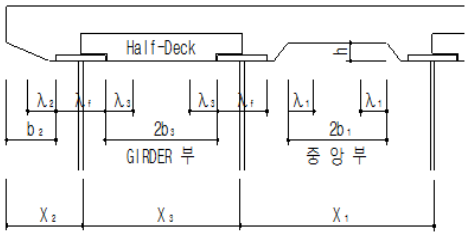
① 플랜지 유효폭

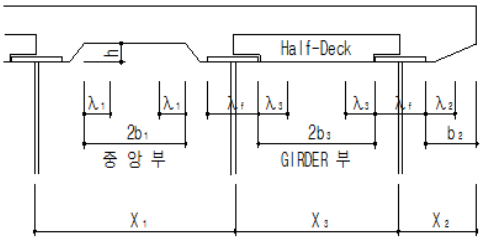
【표 2.13.13】 플랜지의 유효폭 산정

구 분	플랜지(m)		비 고
	상부	하부	
제1지간 중앙부	2.640	2.640	 상부 : 복부간격 2b = 2.400m , 플랜지돌출폭 be = 0.120m 하부 : 복부간격 2b = 2.400m , 플랜지돌출폭 be = 0.120m L1 = 44.350m, L2 = 45.000m, L3 = 45.000m, L4 = 44.350m
제1중간 지점부	2.317	2.317	
제2지간 중앙부	2.640	2.640	
제2중간 지점부	2.320	2.320	
제3지간 중앙부	2.640	2.640	
제3중간 지점부	2.317	2.317	
제4지간 중앙부	2.640	2.640	

② 바닥판 유효폭

【표 2.13.14】 바닥판의 유효폭 산정

구 분	바닥판(m)
	G1
개 요	 X_1=2.200m, X_2=1.000m, h=0.050m, b_e=0.120m
제1지간 중앙부	4.500
제1중간 지점부	4.013
제2지간 중앙부	4.500
제2중간 지점부	4.018
제3지간 중앙부	4.500
제3중간 지점부	4.013
제4지간 중앙부	4.500

구 분	바닥판(m)
	G2
개 요	 X_1=2.200m, X_2=1.170m, h=0.050m, b_e=0.120m
제1지간 중앙부	4.670
제1중간 지점부	4.141
제2지간 중앙부	4.670
제2중간 지점부	4.146
제3지간 중앙부	4.670
제3중간 지점부	4.141
제4지간 중앙부	4.670

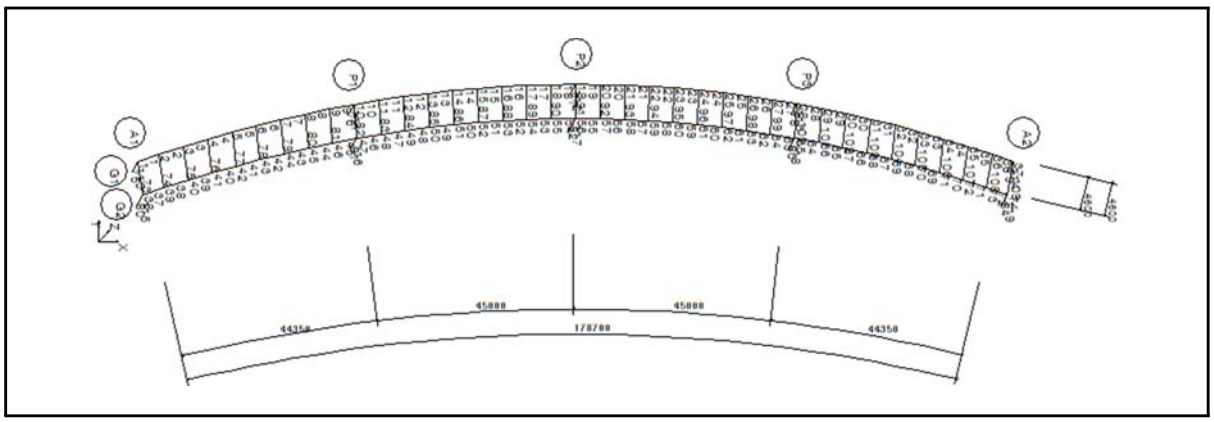
4) 모델링 및 단면 제정수

① 모델링

본 교량의 구조해석은 시공단계를 고려하기 위해 구조해석 모델을 합성전과 합성후로 구분하여 실시하였다. 합성전 모델링시 강박스 거더와 세로보 및 가로보는 보요소(Frame Element)를 사용한 격자형태로 모델링하였으며, 강재(강박스 거더, 세로보 및 가로보) 및 바닥판의 자중을 하중으로 고려하였다.

합성후 모델링은 바닥판 상부에 작용하는 하중을 실제 교량의 하중조건과 비교적 정확히 모사하기 위해 강박스 거더와 세로보 및 가로보는 보요소(Frame Element)로, 바닥판은 판요소(Plate Element)를 사용하여 3차원으로 모델링하였으며, 바닥판과 강재(강박스 거더, 세로보 및 가로보)의 도심 사이를 강체요소(Rigid Element)로 연결하였다. 또한, 시공단계별로 대상교량의 실제 강성과 최대한 근접할 수 있도록 모델링하였으며, 기타 세부내용은 다음과 같다.

- 합성전 모델링 시 바닥판 콘크리트는 단면의 강성에 기여하는 바 없이 고정하중만을 추가시키는 역할만을 함으로 바닥판에 의한 횡분배 효과는 고려하지 않는 것으로 하였다. 활하중은 해석프로그램 내의 이동하중해석 기능을 사용하였으며 도로교 설계기준을 참조하여 가장 불리한 하중조합이 되도록 설정하였다.
- 경계조건은 현장조사 시 확인된 각 지점의 가동, 고정 상태를 고려하여 설정하였다.



【그림 2.13.10】 해석모델링(상부구조)

5) 구조해석 결과

① 단면력 산정결과

판요소와 보요소를 합성시킨 합성후 모델(합성후 고정하중, 활하중 등)에서 산출된 휨모멘트는 해당 휨모멘트 발생시 동시에 발생되는 축력(우력모멘트)을 고려한 값이며, 아래 표와 같다.

㉠ 중앙부 정모멘트부

【표 2.13.15】 중앙부 정모멘트부 단면력 산정결과

구 분		합 성 전 고정하중	합 성 후 고정하중	활하중 (충격포함)	합 계
G2	휨모멘트(kN · m)	1,717.945	825.441	1,351.790	3,895.176
	전단력(kN)	-623.804	-307.713	-558.066	-1,489.583
	비틀림모멘트(kN · m)	-132.110	148.933	-673.786	-656.963

㉡ 지점부 부모멘트부

【표 2.13.16】 지점부 부모멘트부 단면력 산정결과

구 분		합 성 전 고정하중	합 성 후 고정하중	활하중 (충격포함)	합 계
G1	휨모멘트(kN · m)	-1,659.417	-990.241	-2,638.574	-5,288.232
	전단력(kN)	-635.603	-280.988	-575.241	-1,491.832
	비틀림모멘트(kN · m)	-20.865	170.385	443.218	592.738
G2	휨모멘트(kN · m)	-10,441.921	-5,317.604	-6,587.577	-22,347.102
	전단력(kN)	1,270.619	654.047	889.195	2,813.861
	비틀림모멘트(kN · m)	30.351	212.040	489.252	731.643

6) 강박스 거더의 응력 검토

강박스 거더에 대한 응력검토는 내·외측경간 최대 정모멘트부 및 지점부 최대 부모멘트부 단면에 대하여 실시하였으며, 이에 대한 상세 검토결과는 부록에 첨부하였다.

하중종류1	합성전 고정하중	하중종류5	크리프
하중종류2	합성후 고정하중	하중종류6	건조수축
하중종류3	활하중	하중종류7	온도차

① 중앙부 정모멘트부

㉠ G2(단면-1)

• 휨응력

【표 2.13.17】 외측경간 정모멘트부 휨응력 검토결과

하중조합	휨 응 력								안전율	
	작용응력(MPa)				허용응력(MPa)					
	Concrete		Steel		Concrete		Steel			
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			26.602	-26.448			135.100	215.000	5.079	8.129
1+2+3	1.067	0.148	27.053	-49.716	10.800	10.800	215.000	215.000	7.947	4.325
1+2+3+5	0.871	0.251	29.214	-50.110	10.800	10.800	247.250	215.000	8.463	4.291
1+2+3+5+6	0.414	-0.728	63.010	-56.749	10.800	1.890	247.250	215.000	3.924	3.789
1+2+3+5+6+7	0.591	-1.371	81.347	-59.541	12.420	2.174	279.500	247.250	3.436	4.153
1+2+3+5+6-7	0.238	-0.086	44.674	-53.957	12.420	2.174	279.500	247.250	6.256	4.582

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

• 전단 및 비틀림

$$\nu = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + M_{st}/(2\,F\,t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2\,F_v\,t_w)$$

$$= 48.861\,\mathrm{MPa} \quad < \quad \nu_a = 125.000\,\mathrm{MPa} \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

• 합성응력의 검토

- 상연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{81.347}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{48.861}{125.000}\right)^2 = 0.085 + 0.153 = 0.238 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

- 하연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{-56.749}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{48.861}{125.000}\right)^2 = 0.070 + 0.153 = 0.222 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

② 지점부 부모멘트부

㉠ G-1 (단면-4)

• 휨응력

【표 2.13.18】 지점부 부모멘트부 휨응력 검토결과

하중조합	휨 응 력								안전율	
	작용응력(MPa)				허용응력(MPa)					
	RE-BAR		Steel		RE-BAR		Steel			
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			-20.943	19.263			215.000	166.433	10.266	8.640
1+2+3	-34.920	-30.003	-48.137	57.323	160.000	160.000	215.000	166.433	4.466	2.903
1+2+3+5	-37.650	-32.848	-51.048	52.888	160.000	160.000	215.000	166.433	4.212	3.147
1+2+3+5+6	-23.579	-18.067	-35.860	77.497	160.000	160.000	215.000	166.433	5.996	2.148
1+2+3+5+6+7	-26.924	-20.816	-13.670	107.592	184.000	184.000	247.250	191.398	18.087	1.779
1+2+3+5+6-7	-20.233	-15.317	-58.051	47.402	184.000	184.000	247.250	191.398	4.259	4.038

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

• 전단 및 비틀림

$$\nu = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + M_{st}/(2\,F\,t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2\,F_v\,t_w)$$

$$= 39.737\,\mathrm{MPa} \quad < \quad \nu_a = 125.000\,\mathrm{MPa} \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

• 합성응력의 검토

- 상연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{-51.048}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{39.737}{125.000}\right)^2 = 0.655 + 0.101 = 0.157 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

- 하연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{107.592}{191.000}\right)^2 + \left(\frac{39.737}{125.000}\right)^2 = 0.316 + 0.101 = 0.417 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

㉡ G-2 (단면-6)

• 휨응력

【표 2.13.19】 지점부 부모멘트부 휨응력 검토결과

하중조합	휨 응 력								안전율	
	작용응력(MPa)				허용응력(MPa)					
	RE-BAR		Steel		RE-BAR		Steel			
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			-113.304	90.479			215.000	205.600	1.898	2.272
1+2+3	-97.040	-86.137	-193.366	183.940	160.000	160.000	215.000	205.600	1.112	1.118
1+2+3+5	-105.940	-95.733	-203.350	162.876	160.000	160.000	215.000	205.600	1.057	1.262
1+2+3+5+6	-96.954	-85.871	-193.000	187.164	160.000	160.000	215.000	205.600	1.114	1.099
1+2+3+5+6+7	-105.987	-94.139	-176.242	216.094	184.000	184.000	247.250	236.440	1.403	1.094
1+2+3+5+6-7	-87.921	-77.603	-209.758	158.233	184.000	184.000	247.250	236.440	1.179	1.494

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

• 전단 및 비틀림

$$\nu = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + M_{st}/(2\,F\,t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2\,F_v\,t_w)$$

$$= 59.366\,\mathrm{MPa} \quad < \quad \nu_a = 125.000\,\mathrm{MPa} \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

• 합성응력의 검토

- 상연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{-203.350}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{59.366}{125.000}\right)^2 = 0.895 + 0.226 = 1.120 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

- 하연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{216.094}{236.440}\right)^2 + \left(\frac{59.366}{125.000}\right)^2 = 0.835 + 0.226 = 1.061 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

7) 강박스 거더의 안전성 검토결과

① 휨응력

【표 2.13.20】 강박스 거더의 휨응력 검토결과

구 분		휨 응 력				안전율		검토결과
		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)				
		상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	
중앙부 정모멘트부	G2	81.347	56.749	279.500	215.000	3.436	3.789	O.K
지점부 부모멘트부	G1	51.048	107.592	215.000	191.398	4.212	1.779	O.K
	G2	203.350	216.094	215.000	247.250	1.057	1.094	O.K

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

② 전단응력

【표 2.13.21】 강박스 거더의 전단응력 검토결과

구 분		전 단 응 력		안전율	검토결과
		작용응력(MPa)	허용응력(MPa)		
중앙부 정모멘트부	G2	48.861	125.000	2.558	O.K
지점부 부모멘트부	G1	39.737	125.000	3.146	O.K
	G2	59.366	125.000	2.106	O.K

허용응력법에 의한 강박스 거더의 응력 검토결과, 거더 상·하연에 발생되는 최대응력은 허용응력 이내로 검토되었으며, 강박스 거더는 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

마. 안전성평가 결과

1) 바닥판

강도설계법에 의한 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 "A"로 검토되었다.

구 분		φMn(kN · m)	Mu(kN · m)	계산식	판정
바닥판	켄틸레버	98.343	70.9	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{98.343}{70.9} = 1.387$	O.K
	중 앙 부	102.844	73.4	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{102.844}{73.4} = 1.401$	O.K

2) 거더

허용응력설계법 및 강도설계법에 의한 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 "A"로 검토되었다.

【표 2.13.22】 거더의 안전성 평가 결과

구 분		계산식	판정	비고
강박스 거더	휨응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{215.000}{203.350} = 1.057$	O.K	MPa
	전단응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{125.000}{59.366} = 2.106$	O.K	MPa
	합성응력	$\left(\frac{203.350}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{59.366}{125.000}\right)^2 = 1.120 < 1.2$	O.K	

13.5.3 내하력 평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

가. 개요

1) 강도설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서, ϕM_n = 설계휨강도 M_d = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$ = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d = 고정하중 계수 (1.30) γ_ℓ = 활하중 계수 (2.15)

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수 P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24)

2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서, f_ℓ = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

f_a = 재료의 허용응력 f_d = 고정하중 응력

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수

P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

나. 기본내하율 산정

【표 2.13.23】 강박스 거더 기본내하율(허용응력법) 산정결과

구 분		정모멘트부				부모멘트부(내측경간)				비 고
		허용 응력	고정하중 응력	활하중 응력	내하율 (R.F)	허용 응력	고정하중 응력	활하중 응력	내하율 (R.F)	
G1	상연	-	-	-	-	215.000	28.498	19.773	9.432	
	하연	-	-	-	-	166.433	29.837	27.674	4.936	
G2	상연	135.100	26.783	0.171	633.433	215.000	151.519	44.301	1.433	
	하연	215.000	35.761	8.822	20.317	205.600	135.089	51.715	1.363	

다. 내하력평가 결과

【표 2.13.24】 강박스 거더의 공용내하력(허용응력법) 산정결과

구 분		기본내하율 (R.F)	응답보정계수 (K_s)	공용내하율 (K_s×RF)	공용내하력
외측거더 (G1)	상연	9.432	1.666	15.714	DB-24 이상
	하연	4.936	1.666	8.223	DB-24 이상
외측거더 (G2)	상연	1.433	1.712	2.453	DB-24 이상
	하연	1.363	1.712	2.333	DB-24 이상
결 과 분석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨.			

13.6 종합평가 및 안전등급

13.6.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

오창JCT Ramp-C교의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.13.25】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

13.6.2 안전등급 지정

오창JCT Ramp-C교에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.13.26】 오창JCT Ramp-C교 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	오창JCT Ramp-C교	A등급(우수)

13.7 종합결론

오창JCT Ramp-C교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

제14장 오창JCT Ramp-D교

14.1 시설물의 개요
14.2 현장조사 및 시험
14.3 상태평가
14.4 교량 재하시험
14.5 안전성평가 및 내하력평가
14.6 종합평가 및 안전등급
14.7 종합결론

제14장 오창JCT Ramp-D교

14.1 시설물의 개요

14.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 오창JCT Ramp-D교에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

【표 2.14.1】 과업대상 시설물의 개요

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		오창JCT Ramp-D교	시설물번호		-
준공년월일		2018. 01. 13	관리번호		-
시설물위치		충북 청주시 청원구 오창읍			
설계하중		DB, DL-24	노선명(이정)		아산청주고속도로(옥산-오창)
제원	연장	L = (35.148+39.993+4@40.0)+(40.15+40.0+60.0+40.15) = 415.422m			
	폭	B = 9.170m			
구조형식	상부	개량형 PSC BEAM(Bicon) + STEEL BOX GIRDER(HD)	기초형식	교대	말뚝기초
	하부	교대:역T형, 교각:T형		교각	말뚝기초(P1, P5~P9) 직접기초(P2~P4)
교량받침		면진받침	신축이음		Finger Joint
교차시설물		도로(리도211호선, 농로308호선, 지방도510호선), 하천(성암천)	통과높이		5.7m
부착시설 (도로, 철도, 하천)		-			
기 타		-			

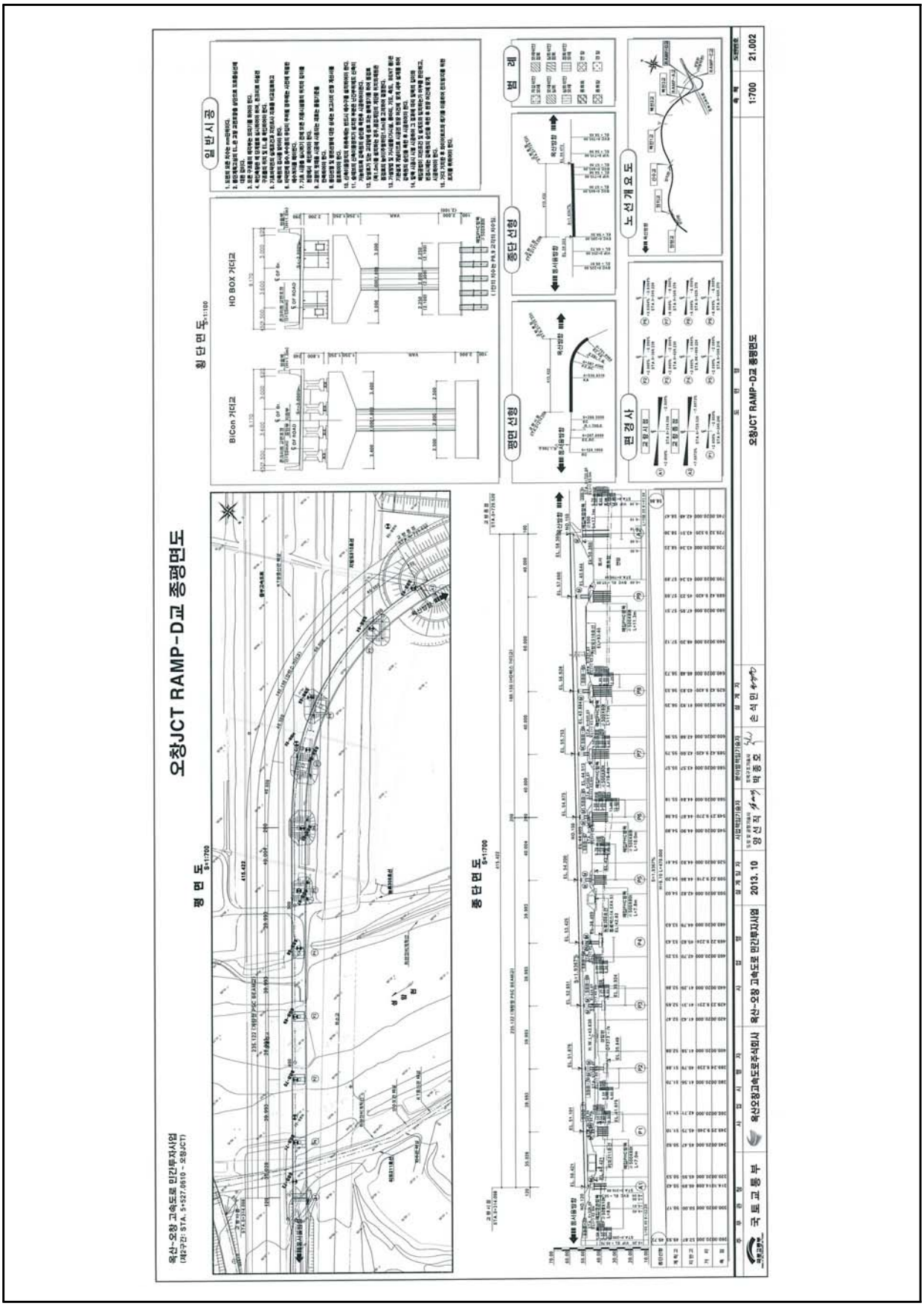


상면전경

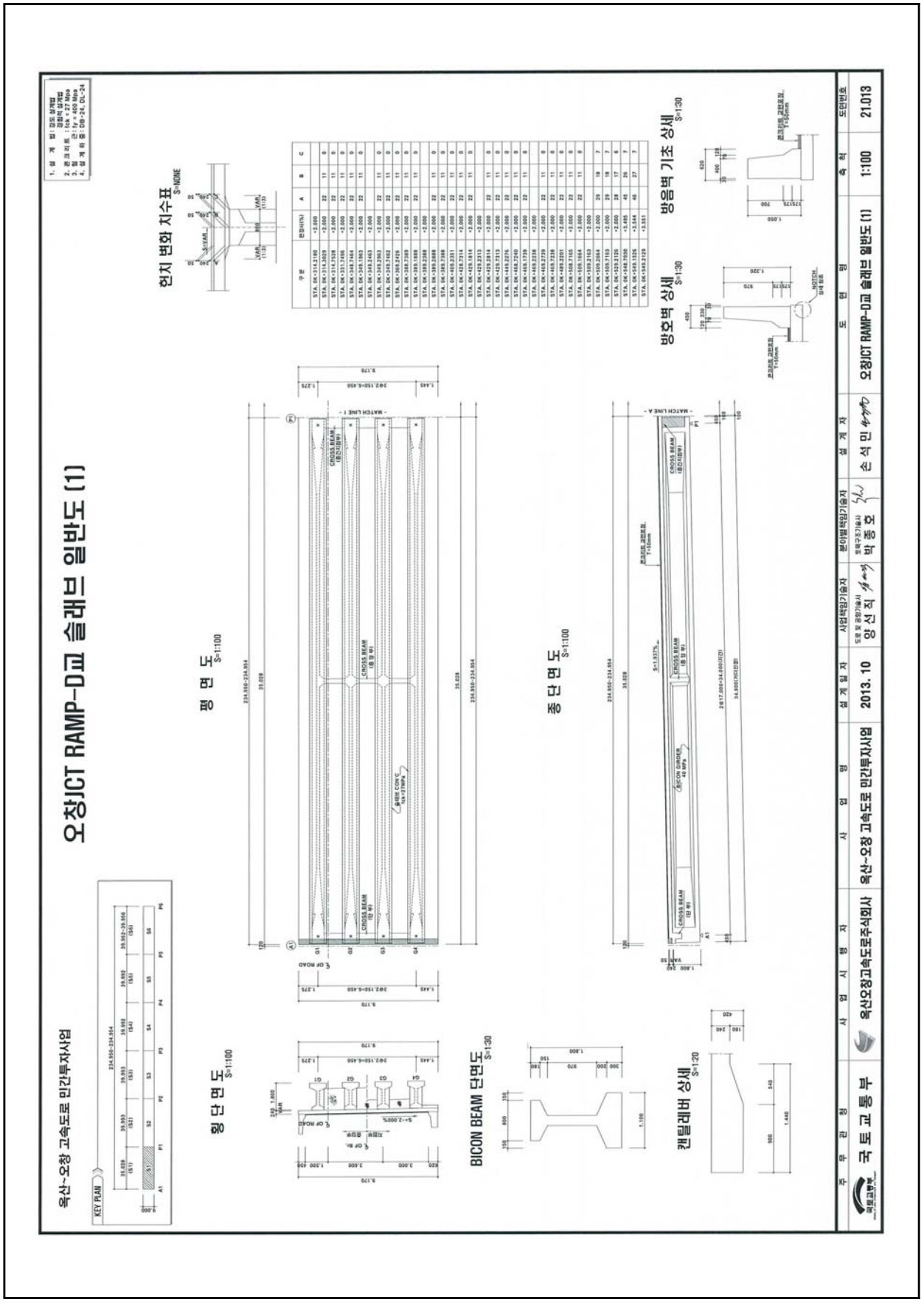


측면전경

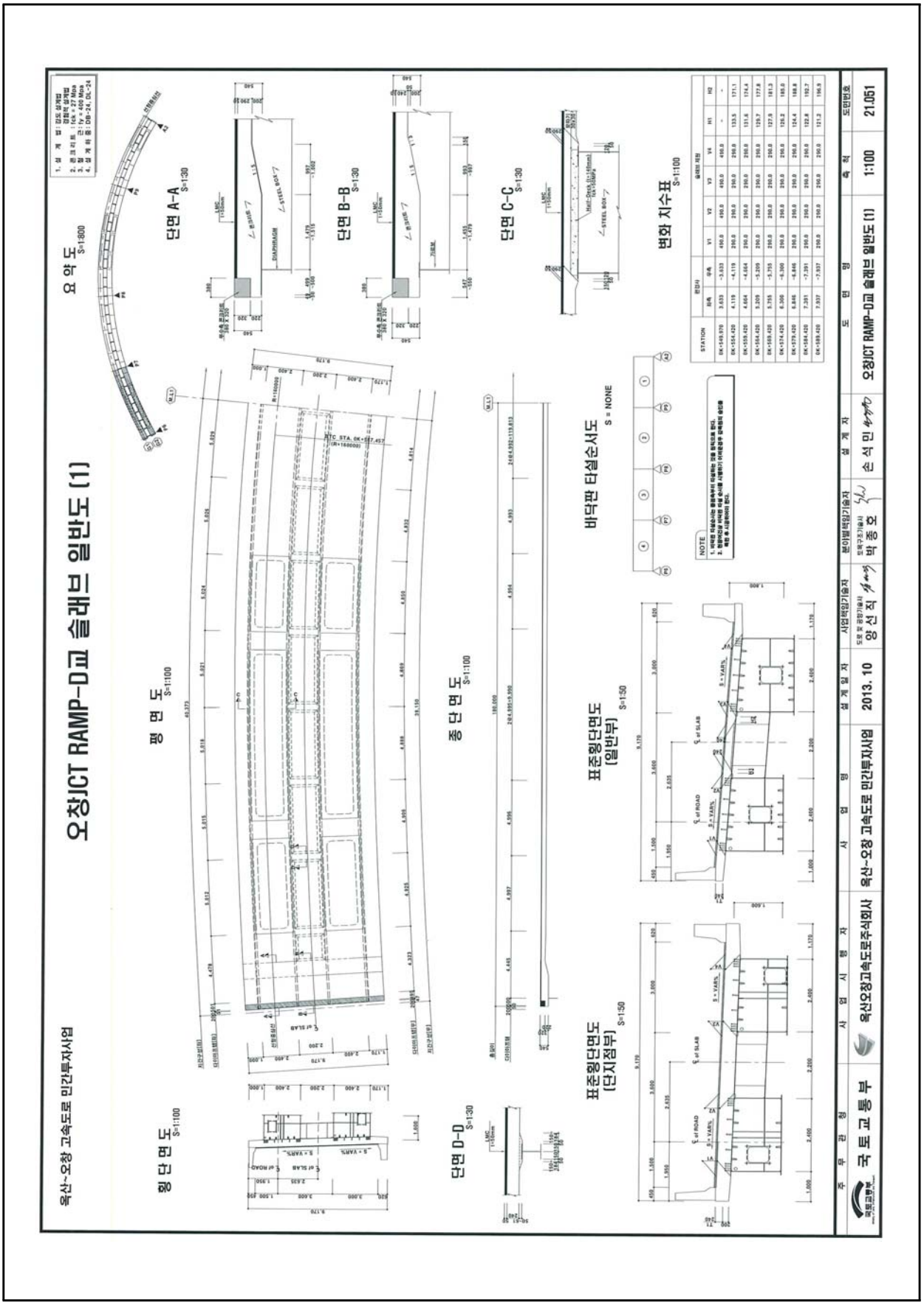
14.1.2 관련도면



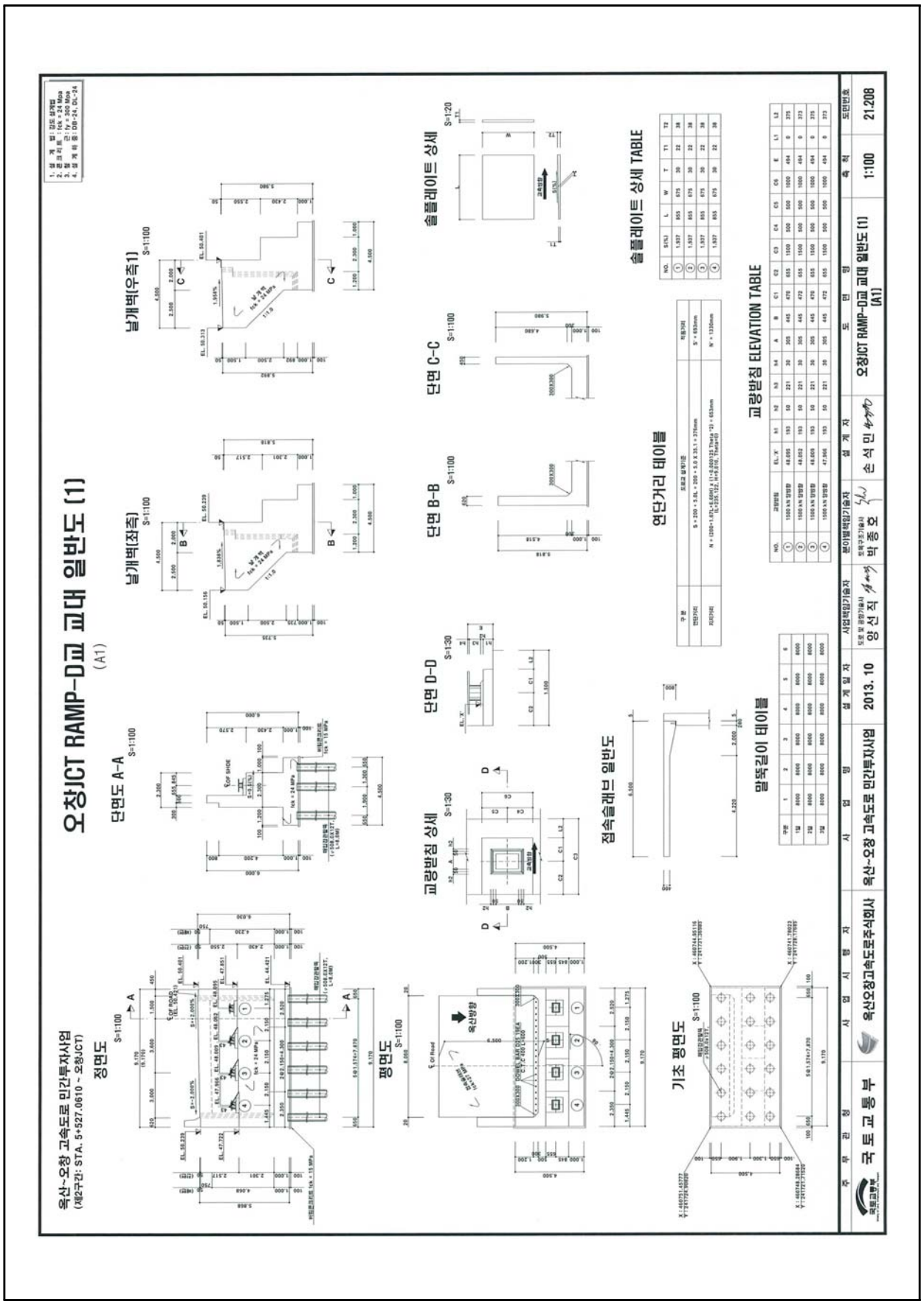
【그림 2.14.1】 종평면도



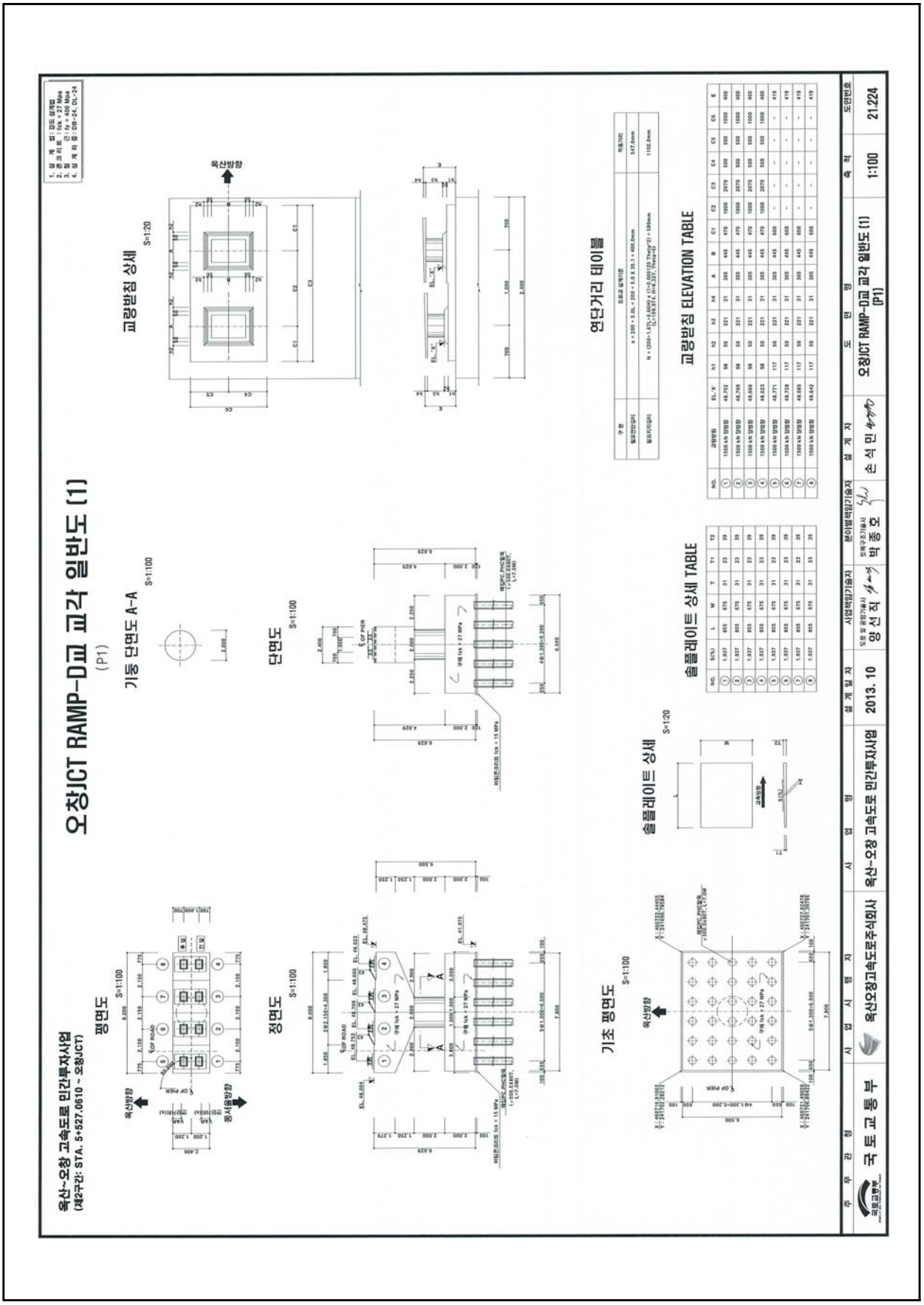
【그림 2.14.2】 슬래브 일반도(1)



【그림 2.14.3】 슬래브 일반도(2)



【그림 2.14.4】 교대(A1) 일반도



【그림 2.14.5】 교각(P1) 일반도

14.2 현장조사 및 시험

14.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 오창JCT Ramp-D교에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



교면포장 상태양호



교면포장 상태양호

나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



배수구 상태양호



배수관 설치상태 양호

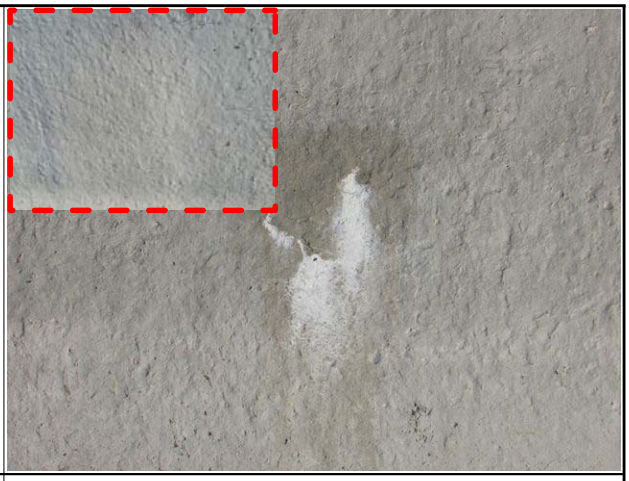
다. 난간 및 연석

본 교량의 좌·우측 방호벽은 콘크리트 구조로 시공되어있다. 방호벽에 대한 외관조사 결과, 백태 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
방호벽	백태	0.16㎡/4ea	보수완료



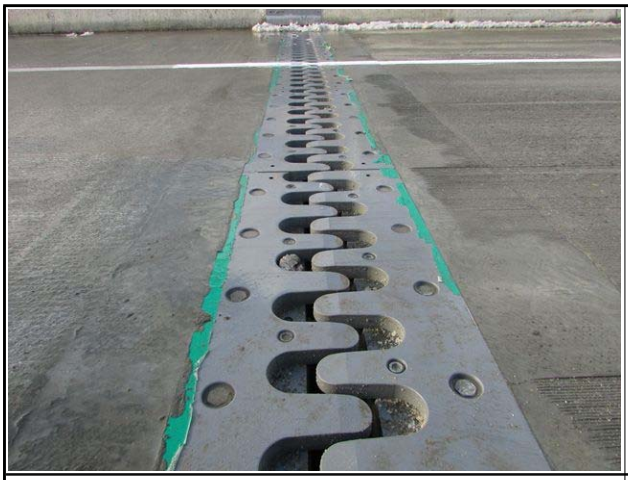
방호벽 전경



방호벽 백태(보수완료)

라. 신축이음

본 교량의 신축이음장치는 총 3개소(A1, A2, P6)에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동상태도 양호한 것으로 나타났다.



신축이음 상태양호(A1)



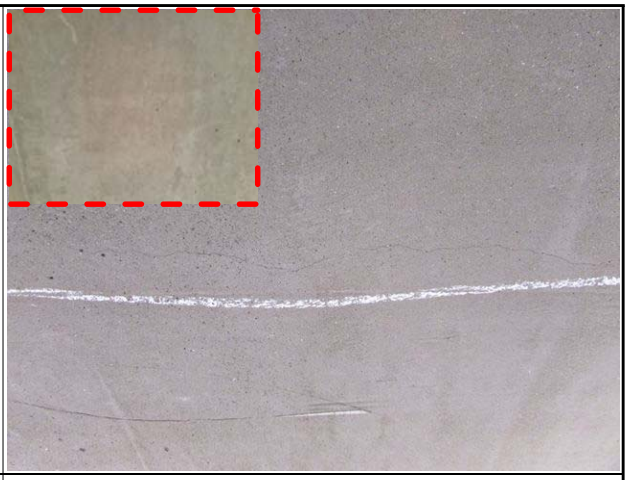
신축이음 상태양호(A2)

	
신축이음 상태양호(P6)	신축이음 상태양호(P6)

마. 바닥판 하면

바닥판은 철근콘크리트 구조로 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과, 균열(폭 0.3mm미만)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

구 분	손상상태	손상물량	비 고
바닥판	균열(폭 0.3㎜미만)	7.6m/6ea	보수완료

	
바닥판 하면 전경	바닥판 하면 균열(폭 0.1mm)(보수완료)

바. 거더

본 교량의 거더는 Bicon Girder + Steel Box Girder(HD)형식이며, 거더에 대한 외관조사 결과, 콘크리트 거더는 균열, 박리, 박락, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태이며, 강재 거더는 부식, 변형 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
Bicon 거더 상태양호	Bicon 거더 상태양호
	
강재 거더 상태양호	강재 거더 상태양호

사. 가로보

본 교량의 가로보는 콘크리트 및 강재 가로보로 시공되어 있다. 가로보에 대한 점검결과, 구조적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



콘크리트 가로보 상태양호



콘크리트 가로보 상태양호



강재 가로보 상태양호



강재 가로보 상태양호

아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생되는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생되는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

본 교량의 받침장치는 면진받침 형식으로 총 28개소(6개소/교대A1,A2, 22개소/교각P1~P9)가 설치되어 있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받침 본체 및 받침콘크리트에 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

	
교량받침 상태 양호	교량받침 상태 양호

자. 교대 및 교각

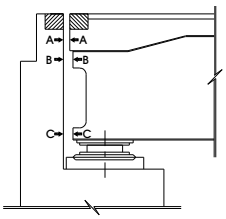
교대는 역T형으로 시공되어 있고, 교각은 ㅠ형으로 시공되어 있다. 외관조사결과 균열, 박락, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

	
교대 A1 전경(상태양호)	교대 A2 전경(상태양호)
	
교각 P3 전경(상태양호)	교각 P7 전경(상태양호)

14.2.2 부재별 기능조사 결과

가. 개요

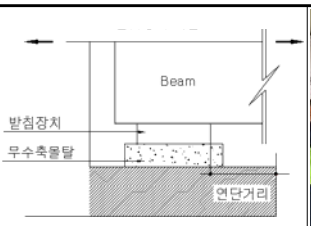
부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



유간거리 측정방법



유간거리 측정전경



연단거리 측정방법



연단거리 측정전경

【그림 2.14.6】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경

나. 유간거리 검토

1) 계산 신축량 산정

【표 2.14.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수

측 정 일	2018년 1월 11일		
온도변화 범위	-15℃~+40℃(한냉지방)	선팽창 계수(α)	강교 : 1.2×10^{-5}
			콘크리트교 : 1.0×10^{-5}
점검시 기온	-9.3℃		
온도에 의한 신축량(ΔL_T)	$\Delta LT = \Delta T \times \alpha \times L$		
회전에 의한 이동량(ΔL_r)	$\Delta Lr = 2h/3 \times \Theta$ (강교=1/150, 콘크리트교=1/300)		
주형높이(h)	2,200m(강교), 1,800(콘크리트교)		
지간장(L)	35.0m(S1), 40.0m(S2~S8, S10), 60.0m(S9)		

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 한냉지방, 콘크리트교 : -10~+40℃ 적용

※ 유간 측정일 기온이 온도변화 범위(보통지방)를 초과하여 한냉한지방의 온도범위로 적용함.

-. 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 보통지방, 강교 : -10~+40℃ 적용

<콘크리트교> ☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(-9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-15℃)=5.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=35.0m, 40.0m)

{[A1지점] = 115.0m, [P6지점] = 120.0m}

▷ A1지점 = (56.7mm - 신장 / 6.56mm - 수축)

▷ P6지점 = (59.16mm - 신장 / 6.84mm - 수축)

<강교> ☞ $\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times L$

여기서, ΔT : 40℃-(-9.3℃)=49.3℃(신장), -9.3℃-(-15℃)=5.7℃(수축)

α(선팽창계수) : 1.2×10^{-5}

L : 신축들보의 길이(L=40.0m, 60.0m)

{[P6지점, A2지점] = 90.0m}

▷ P6지점, A2지점 = (53.24mm - 신장 / 6.16mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10㎜ → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 ($\Delta \ell t$)×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.14.3】 유간거리 검토결과

위치		계산 신축량 (mm)			오창JCT Ramp-D교		
					측정유간 (mm)	판정	
		$\Delta \ell t$	여유량/2	합계		온도 이동량	합계 이동량
A1	신장	56.7	5.0	61.7	81.0	OK	OK
	수축	6.56	5.0	11.56	39.0	OK	OK
P6	신장	112.4	5.0	117.4	125.0	OK	OK
	수축	13.0	5.0	18.0	25.0	OK	OK
A2	신장	53.24	5.0	58.24	100.0	OK	OK
	수축	6.16	5.0	11.16	50.0	OK	OK

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A1=120㎜, P6=150㎜, A2=150㎜

다. 연단거리 검토

1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
- 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L 여기서, L : 경간길이
- 경간길이
  * 35.0m : S = 200 + (5 × 35.0) = 375.0(㎜)
  * 40.0m : S = 200 + (5 × 40.0) = 400.0(㎜)
  * 60.0m : S = 200 + (5 × 60.0) = 500.0(㎜)

2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 550㎜~1,010㎜로 도로교 설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 375.0㎜~500.0㎜ 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.14.4】 연단거리 측정결과

구 분			실측거리(㎜)	경간장 L(m)	최소연단거리 S(mm)	평 가
오창JCT Ramp-D교	A1		750	35	375	O.K
	P1	A1측	550~590	35	375	O.K
		A2측	560~590	40	400	O.K
	P2	A1측	550~580	40	400	O.K
		A2측	560~590	40	400	O.K
	P3	A1측	560~580	40	400	O.K
		A2측	570~590	40	400	O.K
	P4	A1측	560~570	40	400	O.K
		A2측	580~590	40	400	O.K
	P5	A1측	580~590	40	400	O.K
		A2측	560~570	40	400	O.K
	P6	A1측	650~660	40	400	O.K
		A2측	650~660	40	400	O.K
	P7		950~1000	40	400	O.K
	P8		950~1010	60	500	O.K
	P9		950~1010	60	500	O.K
	A2		700	40	400	O.K

라. 교량받침 이동 여유량 검토

1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.14.5】 교량받침 이동량 측정결과

측정당시 온도		3.3℃ (2017년 11월 20일)		교량받침 종류		면진받침
구분		가동단 변위량(mm)				허용이동량 (mm)
		SH1	SH2	SH3	SH4	
A1		↓ 30.0	↓ 30.0	↓ 30.0	↓ 30.0	±170
P1	A1측	↓ 20.0	↓ 20.0	↓ 20.0	↓ 20.0	±85
	A2측	↓ 30.0	↓ 30.0	↓ 20.0	↓ 20.0	±85
P2	A1측	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	↓ 10.0	±85
	A2측	↓ 5.0	↓ 5.0	↓ 3.0	↓ 3.0	±85
P3	A1측	0	0	0	0	±85
	A2측	0	0	0	0	±85
-		Fix				-
P4	A1측	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	↑ 5.0	±85
	A2측	0	0	0	0	±85
P5	A1측	↑ 10.0	↑ 10.0	↑ 10.0	↑ 10.0	±85
	A2측	↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	↑ 15.0	±85
P6	A1측	↑ 25.0	↑ 25.0	↑ 25.0	↑ 25.0	±170
	A2측	↓ 10.0	↓ 10.0			±175
P7		0	0			±69
P8		↓ 10.0	↓ 10.0			±69
-		Fix				-
P9		↓ 10.0	↓ 20.0			±69
A2		0	0			±175

2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.2℃(2017년 11월 27일)

2) 온도변화 : -5℃～35℃(콘크리트교, 보통지방), -10℃～40℃(강교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량($\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$)

여기서, ΔT : 35℃-(3.2℃)=31.8℃(신장), 3.2℃-(-5℃)=8.2℃(수축)_콘크리트교

ΔT : 40℃-(3.2℃)=36.8℃(신장), 3.2℃-(-10℃)=13.2℃(수축)_강교

α(선팽창계수) : 1.0×10^{-5}(콘크리트교), 1.2×10^{-5}(강교)

L : 신축들보의 길이(L=117.5m, 90.0m, 82.5m, 77.5m, 50.0m, 42.5m, 37.5m, 10.0m, 2.5m)

위 치		신축길이(m)	이론신축량		비 고
			신장량(mm)	수축량(mm)	
A1		117.5	37.37	9.64	개량형 PSC BEAM (BICON)
P1(A1, A2측)		82.5	26.24	6.77	
P2(A1, A2측)		42.5	13.52	3.49	
P3(A1, A2측)		2.5	0.8	0.21	
P4(A1, A2측)		37.5	11.93	3.08	
P5(A1, A2측)		77.5	24.65	6.36	
P6	A1측	117.5	37.37	9.64	
	A2측	90.0	39.74	14.26	STEEL BOX GIRDER
P7		50.0	22.08	7.92	
P8		10.0	4.42	1.58	
P9		50.0	22.08	7.92	
A2		90.0	39.74	14.26	

【표 2.14.6】 교량 받침 이동량 검토

구 분		신축장 (mm)	이론신축량(mm)		신축여유량(mm)		판정
			신장	수축	신장	수축	
A1		117,500	37.37	9.64	200.00	140.00	O.K
P1	A1측	82,500	26.24	6.77	105	65	O.K
	A2측	82,500	26.24	6.77	105~115	55~65	O.K
P2	A1측	42,500	13.52	3.49	95	75	O.K
	A2측	42,500	13.52	3.49	88~90	80~82	O.K
P3	A1측	2,500	0.8	0.21	85	85	O.K
	A2측	2,500	0.8	0.21	85	85	O.K
-	-	-	-	-	-	-	Fix
P4	A1측	37,500	11.93	3.08	90	80	O.K
	A2측	37,500	11.93	3.08	85	85	O.K
P5	A1측	77,500	24.65	6.36	95	75	O.K
	A2측	77,500	24.65	6.36	100	70	O.K
P6	A1측	117,500	37.37	9.64	195	145	O.K
	A2측	90,000	39.74	14.26	185	165	O.K
P7		50,000	22.08	7.92	69	69	O.K
P8		10,000	4.42	1.58	79	59	O.K
-		-	-	-	-	-	-
P9		50,000	22.08	7.92	79~89	49~59	O.K
A2		90,000	39.74	14.26	175	175	O.K

※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량

▶검토결과 : 온도 3.2℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의 실측여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.

14.2.3 내구성조사

가. 반발경도시험

1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대, 교각의 총 8개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.14.7】 반발경도시험 결과

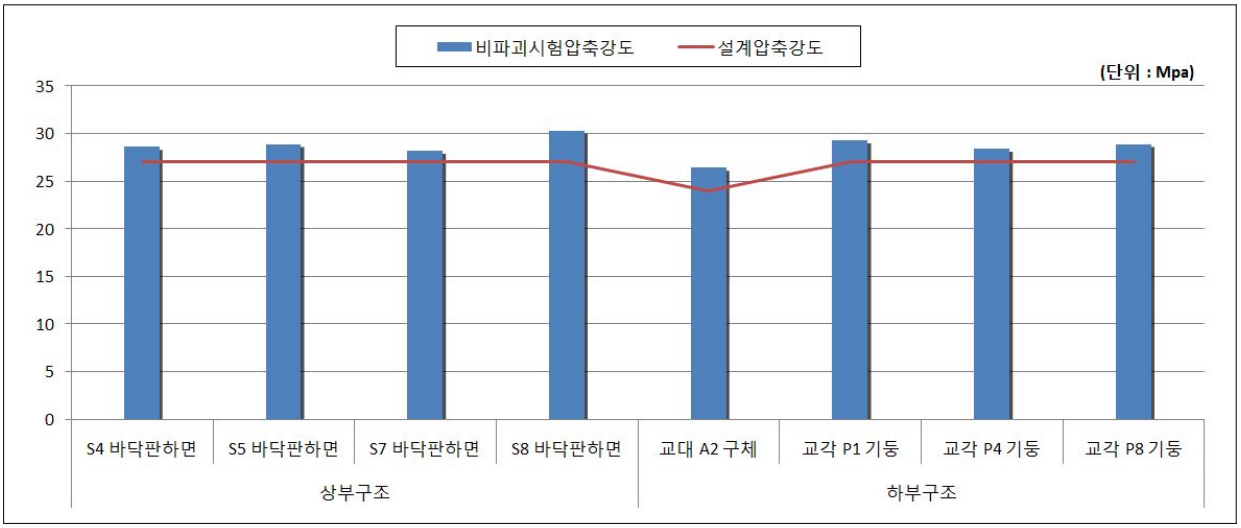
구 분		설계압축강도(MPa)	반발경도법(MPa)	강도비(%)
상부구조	바닥판	27.0	28.2 ~ 30.3	104.4 ~ 112.2
하부구조	교 대	24.0	26.4	110.0
	교 각	27.0	28.4 ~ 29.3	105.2 ~ 108.5

2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.14.8】 각 부재별 반발경도시험 결과

시 험 위 치		평균치 R	보정치 ΔR	기준경도 Ro	계령계수 an	추정압축강도 방법1	추정압축강도 방법2	평균강도 (MPa)	설계압축강도(MPa)
상부구조	S4 바닥판하면	50.4	-3.1	47.3	0.66	27.8	29.4	28.6	27.0
	S5 바닥판하면	50.9	-3.1	47.8	0.66	28.2	29.6	28.9	27.0
	S7 바닥판하면	49.2	-3.2	46.0	0.67	27.1	29.2	28.2	27.0
	S8 바닥판하면	52.1	-2.9	49.2	0.67	29.8	30.7	30.3	27.0
하부구조	교대 A2 구체	44.0	0.0	44.0	0.66	25.0	27.8	26.4	24.0
	교각 P1 기둥	49.1	0.0	49.1	0.65	28.8	29.8	29.3	27.0
	교각 P4 기둥	47.6	0.0	47.6	0.65	27.6	29.1	28.4	27.0
	교각 P8 기둥	48.4	0.0	48.4	0.65	28.3	29.5	28.9	27.0

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 (Fc = -18.0+1.27×Ro (MPa))
• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 (Fc = (7.3×Ro + 100)×0.1 (MPa))



【그림 2.14.7】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.14.9】 철근탐사시험 결과

탐사위치		배근종류	설계치(㎜)		측정치(㎜)	
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	S4 바닥판하면	주 철 근	@200	32	≒@200	≒40
		배력철근	@250	48	≒@250	≒50
	S5 바닥판하면 (지점부)	주 철 근	@200	32	≒@200	≒35
		배력철근	@125	48	≒@125	≒50
	S7 바닥판하면 (지점부)	주 철 근	@150	32	≒@150	≒35
		배력철근	@100	48	≒@100	≒50
	S8 캔틸레버 (지점부)	주 철 근	@150	32	≒@150	≒30
		배력철근	@100	48	≒@100	≒45
하부구조	교대 A2 구체	수직철근	@250	90.5	≒@250	≒100
		수평철근	@300	71.5	≒@300	≒80
	교각 P1 기둥	수직철근	@125	87.5	≒@125	≒85
		수평철근	@300	68.5	≒@300	≒65
	교각 P4 기둥	수직철근	@130	85.5	≒@130	≒95
		수평철근	@300	66.5	≒@300	≒70
	교각 P8 기둥	수직철근	@130	87.5	≒@130	≒95
		수평철근	@150	68.5	≒@150	≒75

14.3 상태평가

14.3.1 상태평가 결과

본 오창JCT Ramp-D교에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위 0.0 ≤ x <0.13에 해당하는 **『A등급』**으로 평가되었다.

【표 2.14.10】 상태평가 결과

오창JCT Ramp-D교													
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
2	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
3	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
4	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
5	개량형 PSC BEAM	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
6	STB(HD)	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
7	STB(HD)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	Q	a	a
8	STB(HD)	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
9	STB(HD)	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
10	STB(HD)	a	a	a	a	a	a	N/A	a	a	Q	a	a
11	STB(HD)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	a	a	a	Q	N/A	a
평균		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	N/A	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.018	0.020	0.005	0.007	0.003	0.002	0.009	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =													**0.100**
2. 상태평가 결과 =													**a**

【표 2.14.11】 상태평가 결과표

교 량 명	오창JCT Ramp-D교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이×차선	연장비	환산결함도점수 × 연장비
본교	0.100	A	415.0	1	415.0	1.000	0.100
합계(Σ)			415.0		415.0	1.000	0.100
1. 평가지수 =							**0.100**
2. 상태평가 결과 =							**A 등급**

14.4 교량 재하시험

14.4.1 BiCon Girder구간(6경간)

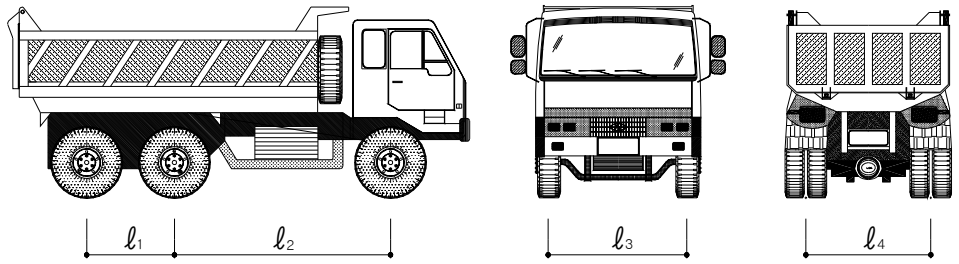
가. 개 요

1) 현장시험의 개요

구 분		내 용
시험일자		2017. 12. 18
시험시간		PM 04:00 ~ PM 06:00
시험위치		S6(최대 정모멘트가 작용하는 지점)
재하시험차량 대수		1대
하중 경우 수	정적재하시험	Load Case 1~3 (3회)
	동적재하시험	10㎞/hr ~ 60㎞/hr

2) 재하시험 차량의 제원 및 하중

대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN 트럭 1대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

차 량 제 원	계량증명서
	

구 분	재하차량 제원(m)			
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
15ton 덤프트럭	1.30	3.20	2.10	1.85
구 분	총 중 량 (kN)	전륜축중량 (kN)	중륜축중량 (kN)	후륜축중량 (kN)
덤프트럭 (5328)	269.10	79.80	94.65	94.65

3) 교량 재하시험 사진

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>변형률계 설치 현황</td><td>처짐계 설치 현황</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가속도계 설치 현황</td><td>재하시험 계측 전경</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>정적 재하시험 전경</td><td>동적 재하시험 전경</td></tr>
</table>

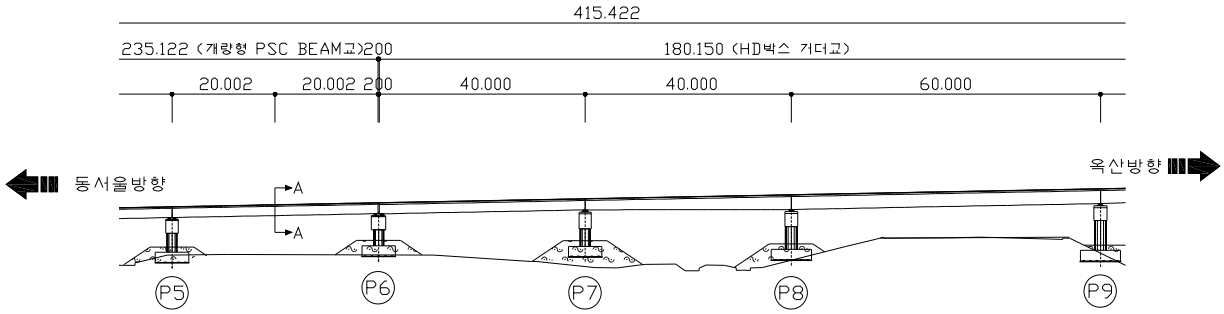
4) 계측센서 사양 및 수량

구분	센서명	모델명	사 양	수량(ea)
계측센서	콘크리트 변형률게이지	PL-60 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20~+80℃ • 형식 : 전기저항식	4
	처짐계	OU-30	• 범위 : ±30mm • 민감도: ($x10^{-6}$/mm) : 1000 • 허용온도범위 : 0~+60℃ • 형식 : 전기저항식	4
	가속도계	ARF-20A	• 용량 : 2.04g • 응답주파수 : 80hz • 고유주파수 : 150hz • 형식 : 전기저항식	1
소 계				9
측정장비	정, 동적 시험장비	DRA-30A	• 측정점수 : 30채널 • 측정대상 : Dynamic Strian, 전압 • 각 채널별 112k word 데이터메모리 탑재 (정적스트레인측정시 30000scans)	1
소 계				1

5) L/C별 재하시험 방법

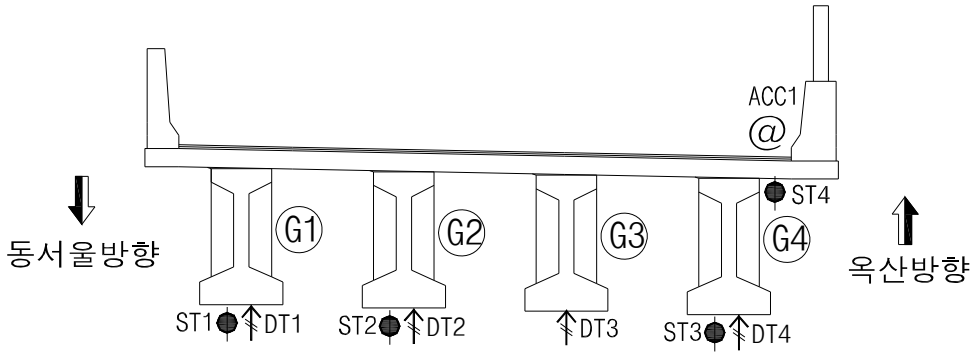
재하시험 위치	재하목적	비 고
외측경간(S6)	· 최대 정모멘트가 작용하는 지점	

6) 계측센서 설치도



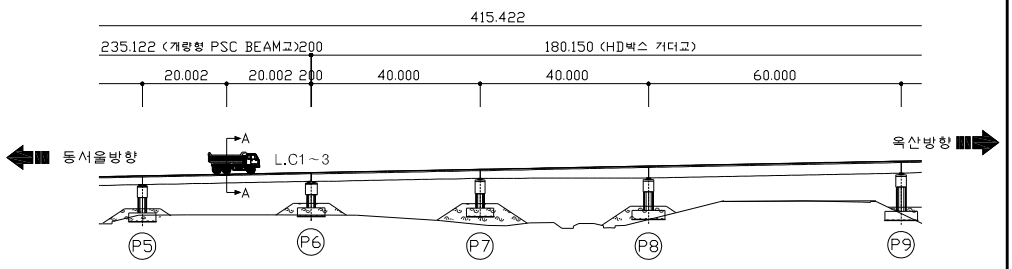
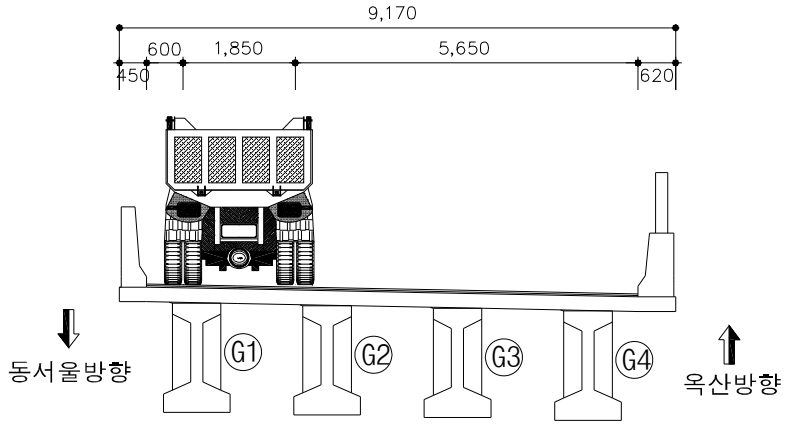
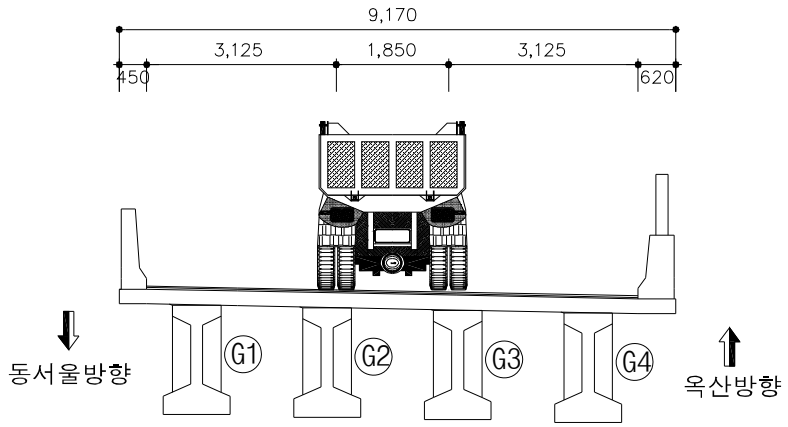
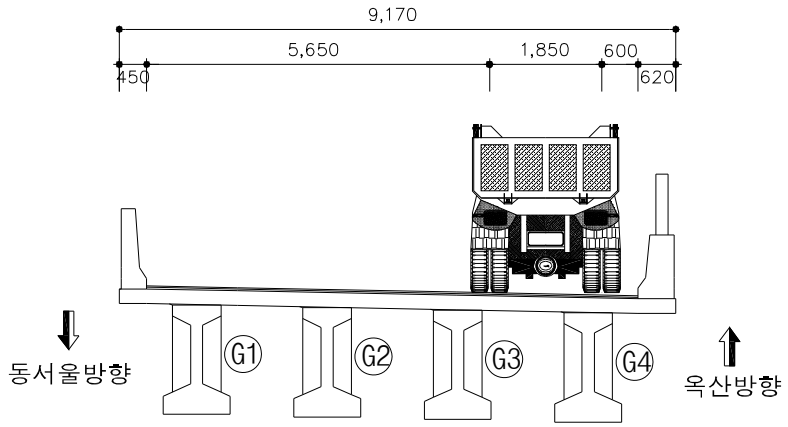
재하시험 경간

A-A단면 부착위치

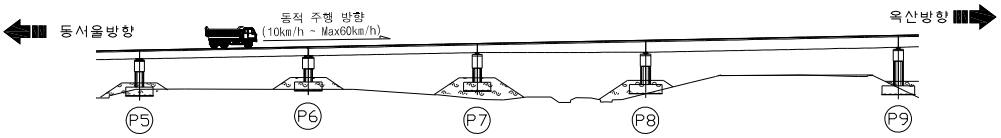
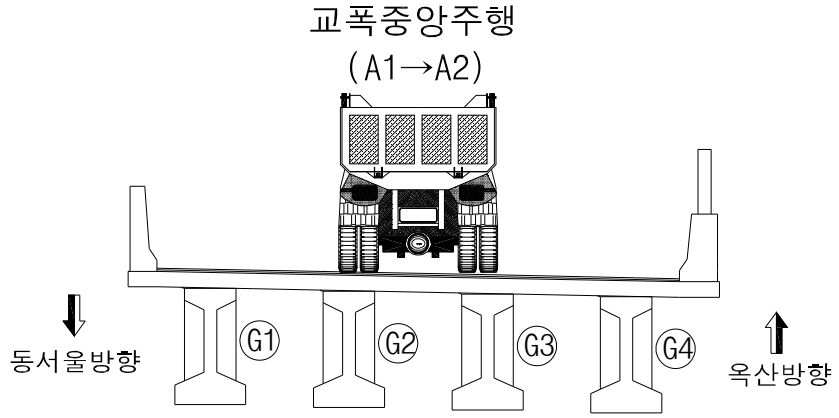


구 분	계측기명	설치수량	비 고
●	콘크리트 변형률계	4	교축방향
↑	처짐계	4	연직방향
@	가속도계	1	연직방향
계측센서 총 수량		9	

7) 정적 재하시험 LOAD CASE

종방향 재하위치	
L.C 1	
L.C 2	
L.C 3	

8) 동적 재하시험 LOAD CASE

차량주행방향	
주행위치	

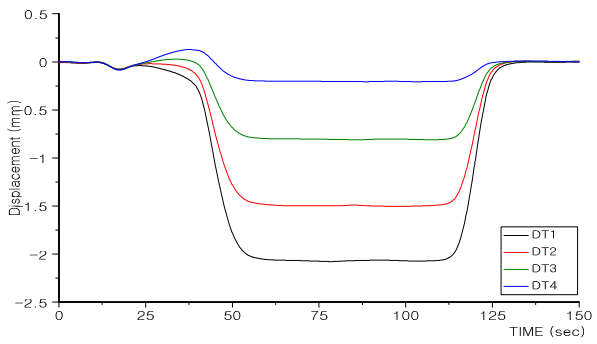
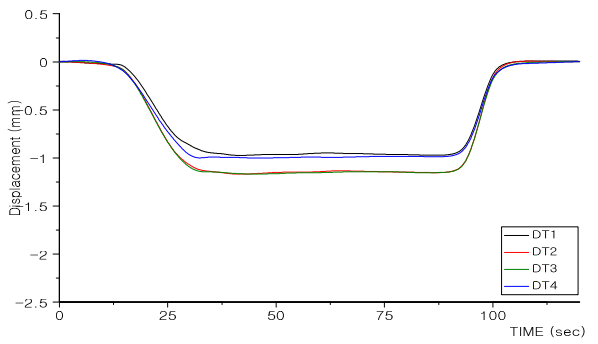
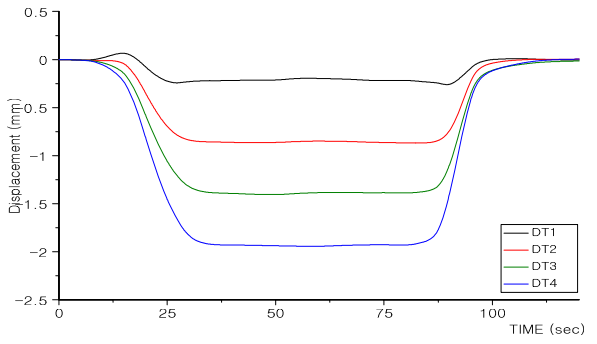
재하경우	주행방향	주행위치	비 고
10km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
20km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
30km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
40km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
50km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
60km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대

나. 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

1) 재하시험에서 측정된 계측DATA

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
ST1	23.92	11.29	1.94	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST2	14.09	13.14	9.45	
ST3	1.63	10.29	21.11	
ST4	-1.90	-4.38	-3.09	
DT1	-2.064	-0.964	-0.217	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT2	-1.501	-1.148	-0.867	
DT3	-0.805	-1.147	-1.387	
DT4	-0.204	-0.983	-1.930	

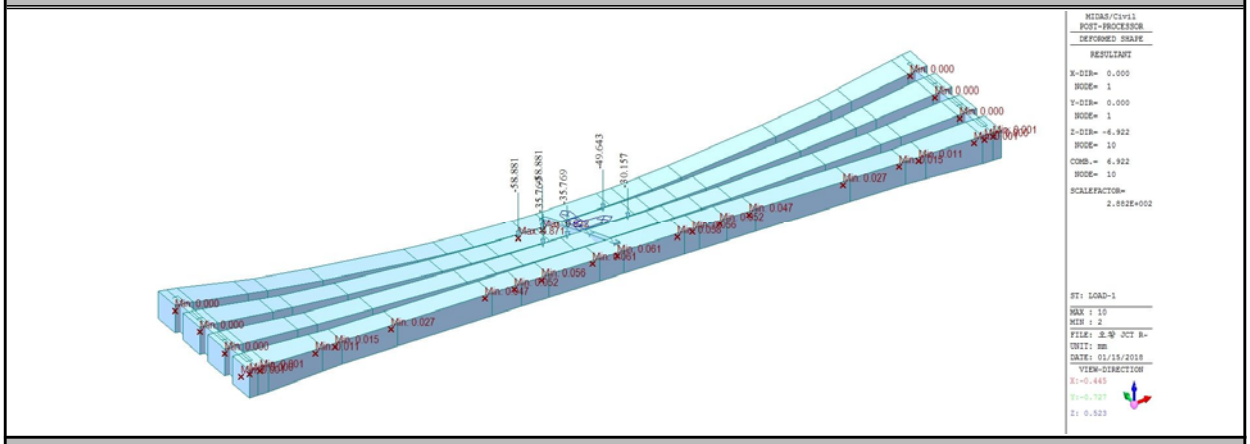
L.C1 처짐	L.C2 처짐
	
L.C3 처짐	
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

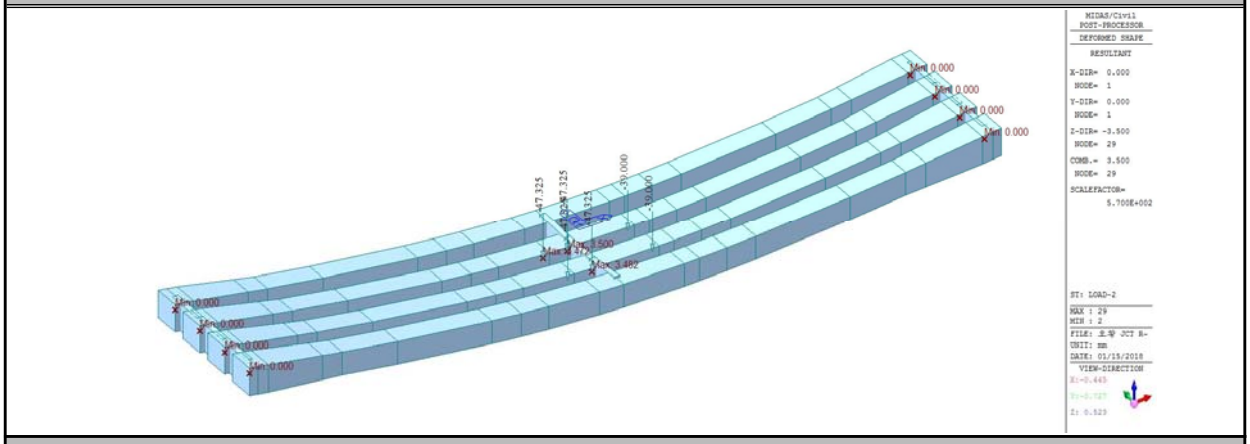
2) 구조해석에 의한 변위량

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
G1(DT1)	-6.922	-3.257	0.048	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
G2(DT2)	-4.550	-3.500	-2.170	
G3(DT3)	-2.192	-3.482	-4.489	
G4(DT4)	0.061	-3.202	-6.816	

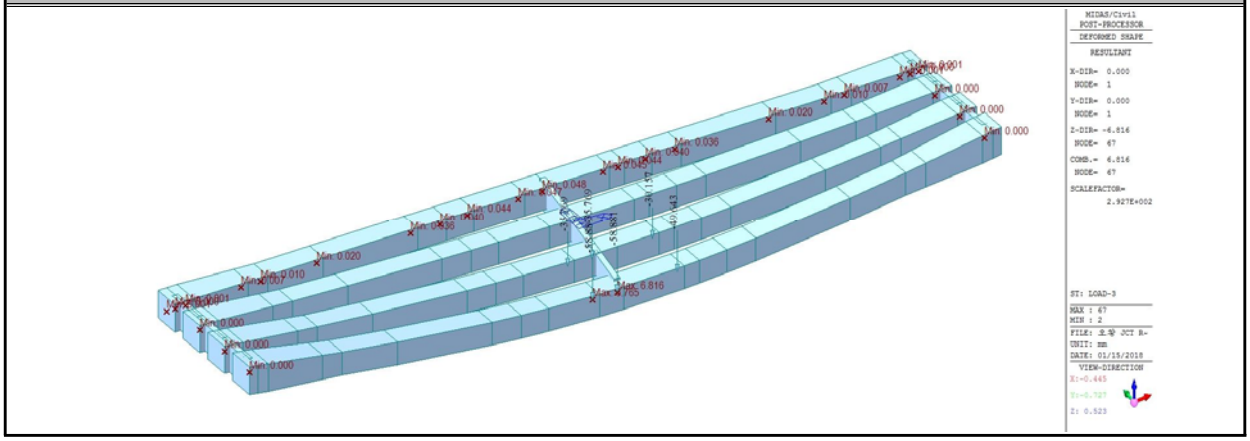
L.C1 하중재하 및 처짐



L.C2 하중재하 및 처짐

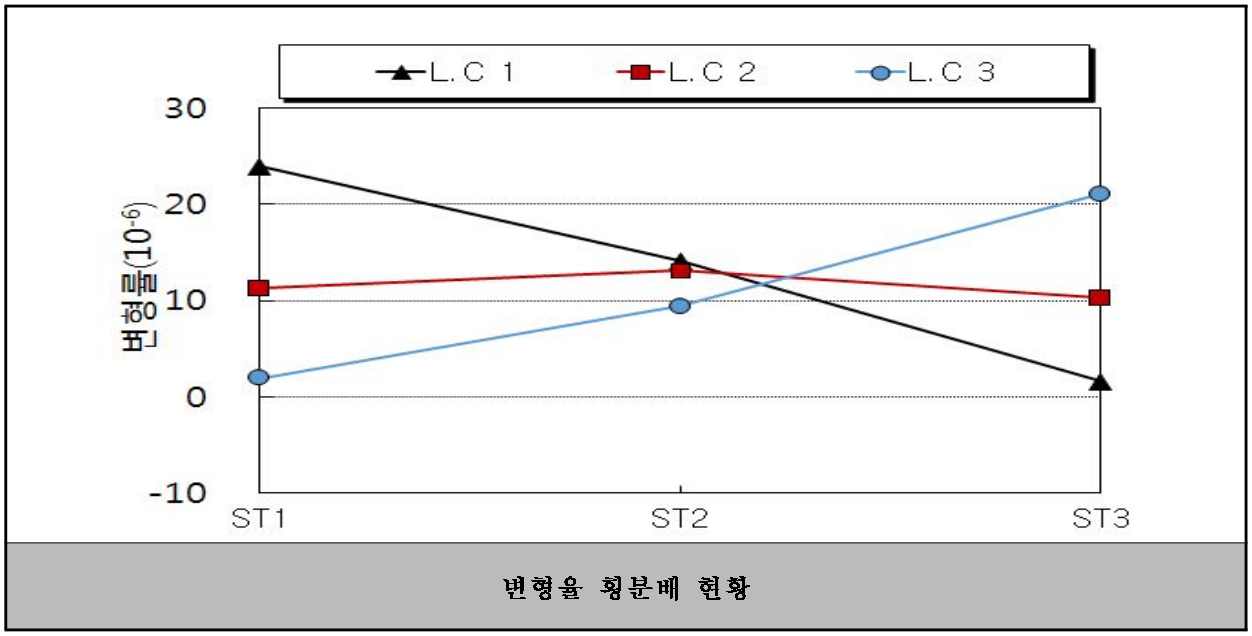


L.C3 하중재하 및 처짐

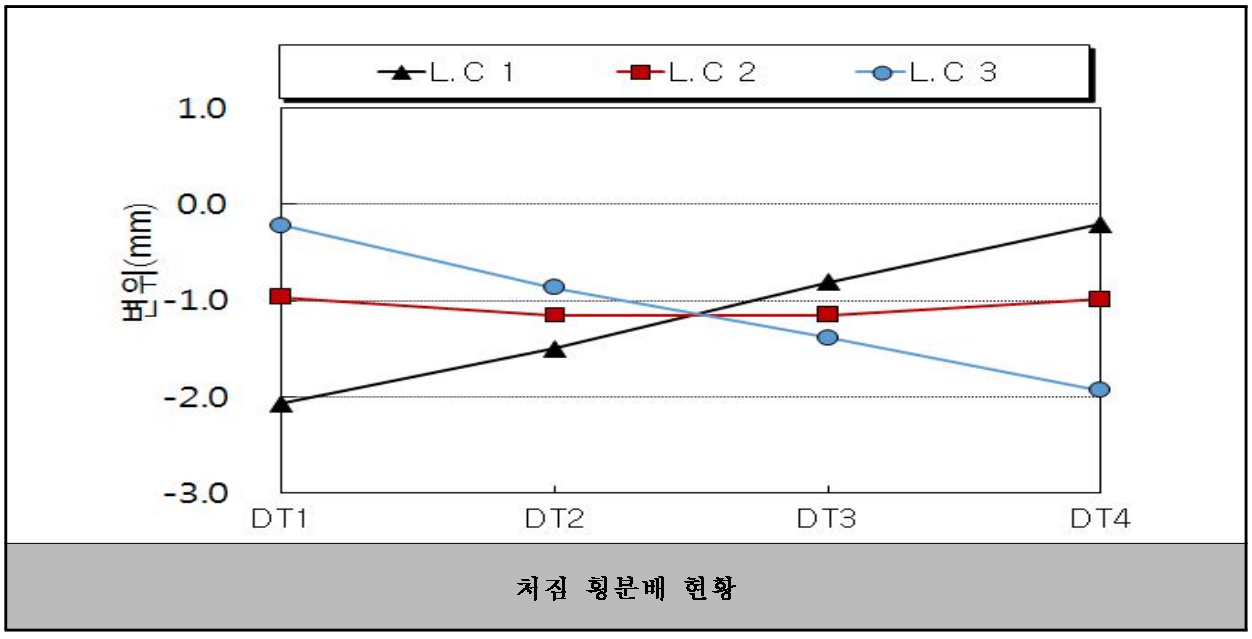


3) 하중 횡분배 검토 결과

거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단변응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 하중 횡분배는 대체로 대칭성을 보이고 있는 양호한 것으로 평가되었다.



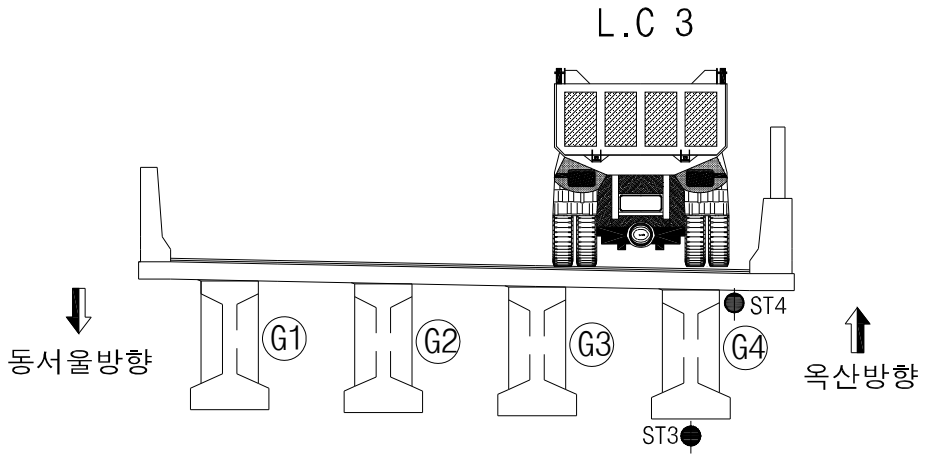
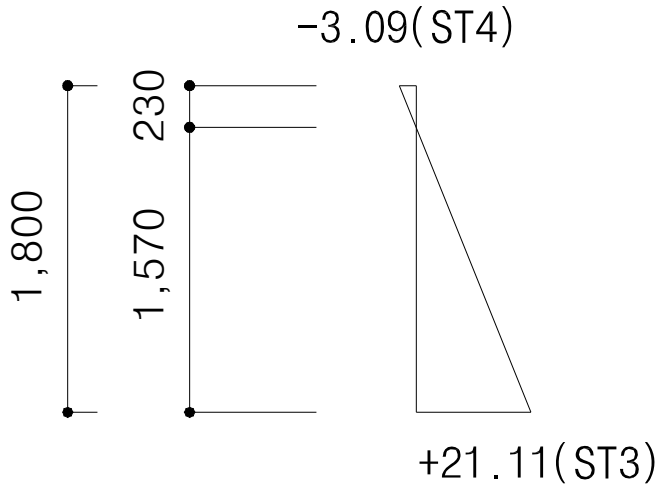
변형율 횡분배 현황



처짐 횡분배 현황

4) 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

<table>
<tr><th>구 분</th><th>L.C 3</th></tr>
<tr><td>재하위치</td><td>
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">중립축</td><td>L.C 3(6경간 - G4)</td></tr>
<tr><td>
</td></tr>
<tr><td><table>
<tr><th>구분</th><th>이론중립축위치
(mm)</th><th>실측중립축위치
(mm)</th></tr>
<tr><td>6경간</td><td>1,166</td><td>1,570</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>검토 의견</td><td>* 실측중립축이 이론중립축 대비 0.2%의 수준으로 측정되어 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.</td></tr>
</table>

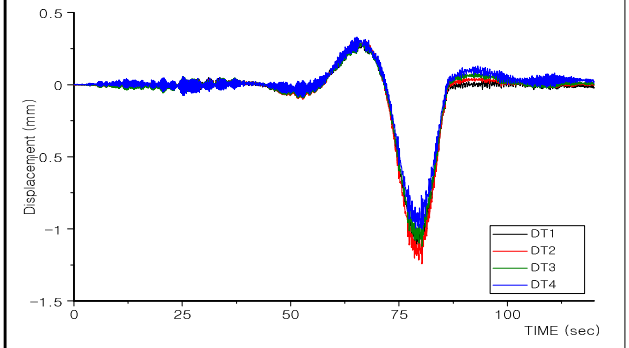
다. 동적 재하시험 결과

1) 동적처짐

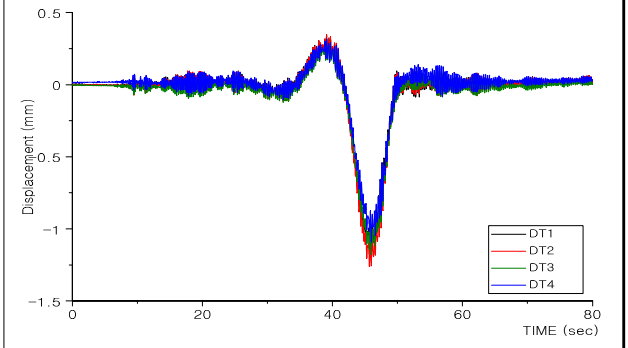
동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

구 분		주행속도 (km/h)						비고
		10	20	30	40	50	60	
6경간	G1(DT1)	-1.176	-1.173	-1.161	-1.223	-1.089	-1.209	단위 : ㎜
	G2(DT2)	-1.241	-1.262	-1.248	-1.312	-1.179	-1.322	
	G3(DT3)	-1.119	-1.178	-1.109	-1.206	-1.060	-1.219	
	G4(DT4)	-1.002	-1.092	-1.003	-1.083	-0.949	-1.117	

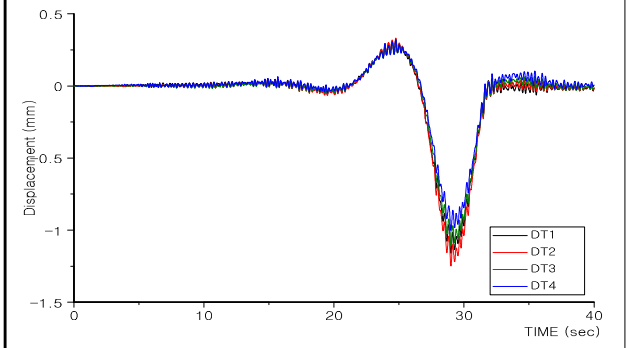
10km/hr



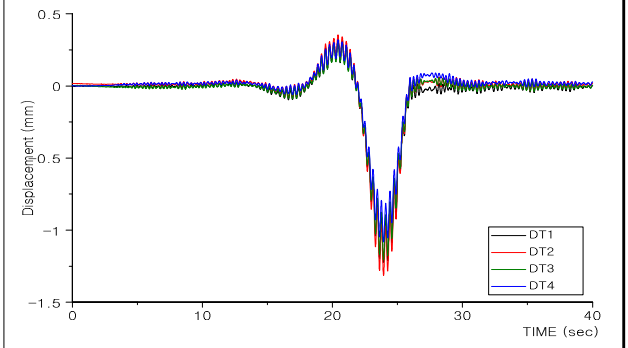
20km/hr



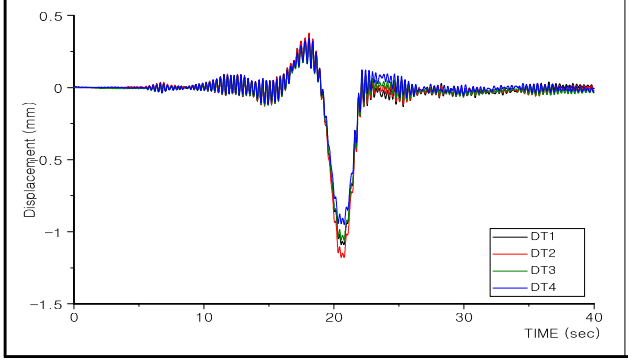
30km/hr



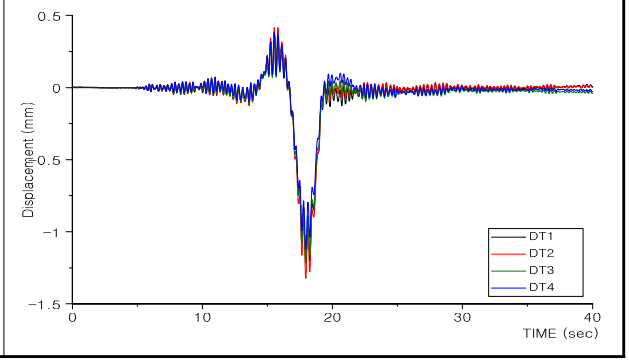
40km/hr



50km/hr



60km/hr



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

2) 충격계수 산정 결과

① 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

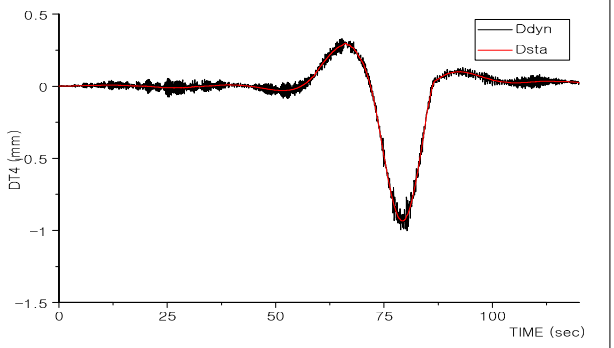
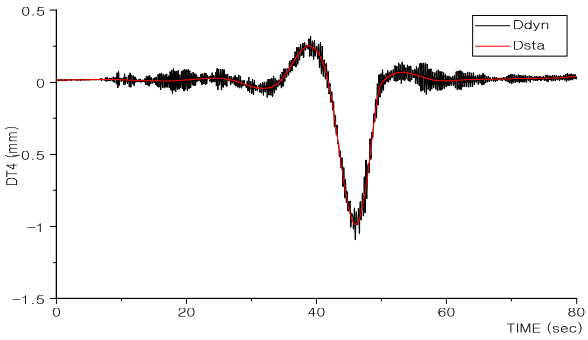
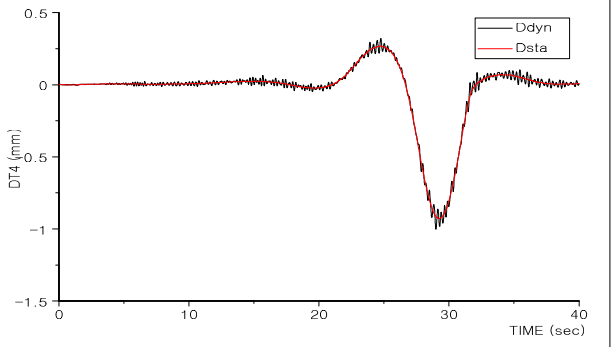
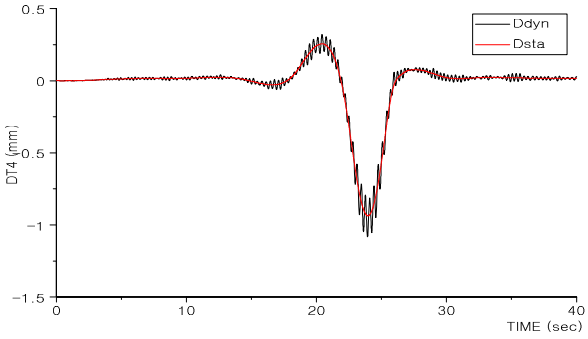
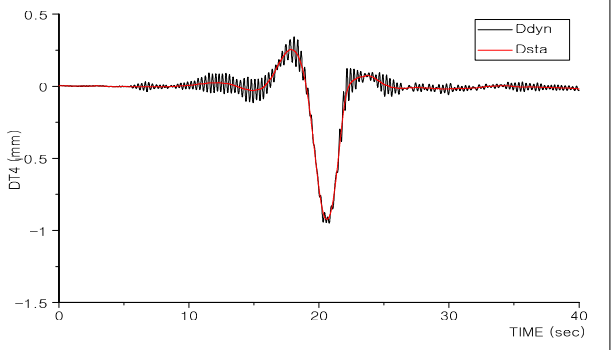
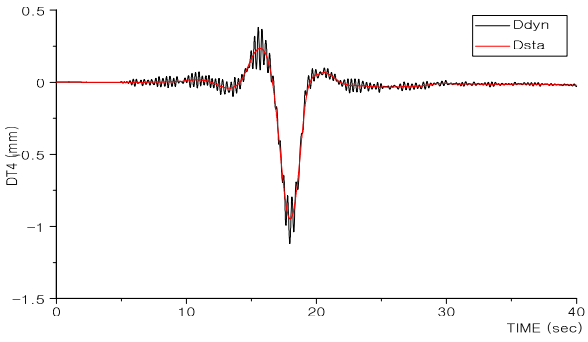
· 실측충격계수 i = (D－1)

여기서, D $=(\delta_{\mathrm{dynamic}})_{\max}/(\delta_{static})_{\max}$

구 분			주행속도 (km/h)						대표 충격계수
			10	20	30	40	50	60	
6경간	DT1	$\delta_{dyn(max)}$	-1.176	-1.173	-1.161	-1.223	-1.089	-1.209	**0.159**
		$\delta_{sta(max)}$	-1.064	-1.066	-1.084	-1.057	-1.078	-1.043	
		충격계수(i)	0.105	0.100	0.071	0.157	0.010	**0.159**	
	DT2	$\delta_{dyn(max)}$	-1.241	-1.262	-1.248	-1.312	-1.179	-1.322	**0.158**
		$\delta_{sta(max)}$	-1.149	-1.164	-1.167	-1.133	-1.163	-1.142	
		충격계수	0.080	0.084	0.069	0.158	0.014	**0.158**	
	DT3	$\delta_{dyn(max)}$	-1.119	-1.178	-1.109	-1.206	-1.060	-1.219	**0.163**
		$\delta_{sta(max)}$	-1.037	-1.086	-1.036	-1.038	-1.039	-1.048	
		충격계수	0.079	0.085	0.070	0.162	0.020	**0.163**	
	DT4	$\delta_{dyn(max)}$	-1.002	-1.092	-1.003	-1.083	-0.949	-1.117	**0.177**
		$\delta_{sta(max)}$	-0.935	-0.987	-0.927	-0.937	-0.923	-0.949	
		충격계수	0.072	0.106	0.082	0.156	0.028	**0.177**	
계측결과			• 계산충격계수 : i = 15/(40+L) = **0.187**(6경간, L=40.004) • 실측충격계수 : 6경간-**0.177**(60km, DT4)						

② 산정 결과

동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 교폭중앙으로 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT1, DT2, DT3, DT4(6경간)를 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.177(6경간)로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계기준 0.187(6경간)보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행 시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

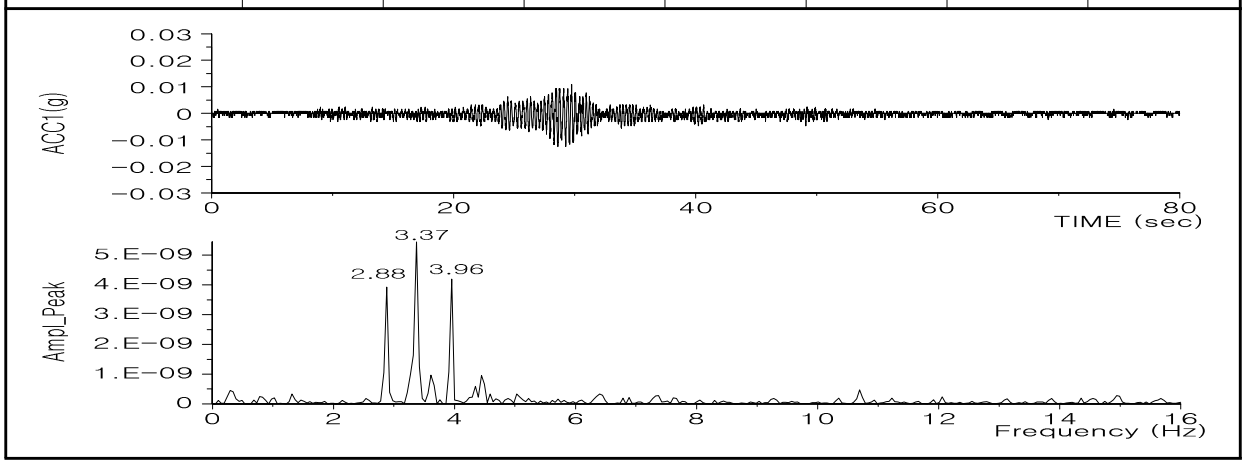
10km/hr, DT4	20km/hr, DT4
	
30km/hr, DT4	**40km/hr, DT4**
	
50km/hr, DT4	**60km/hr, DT4**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

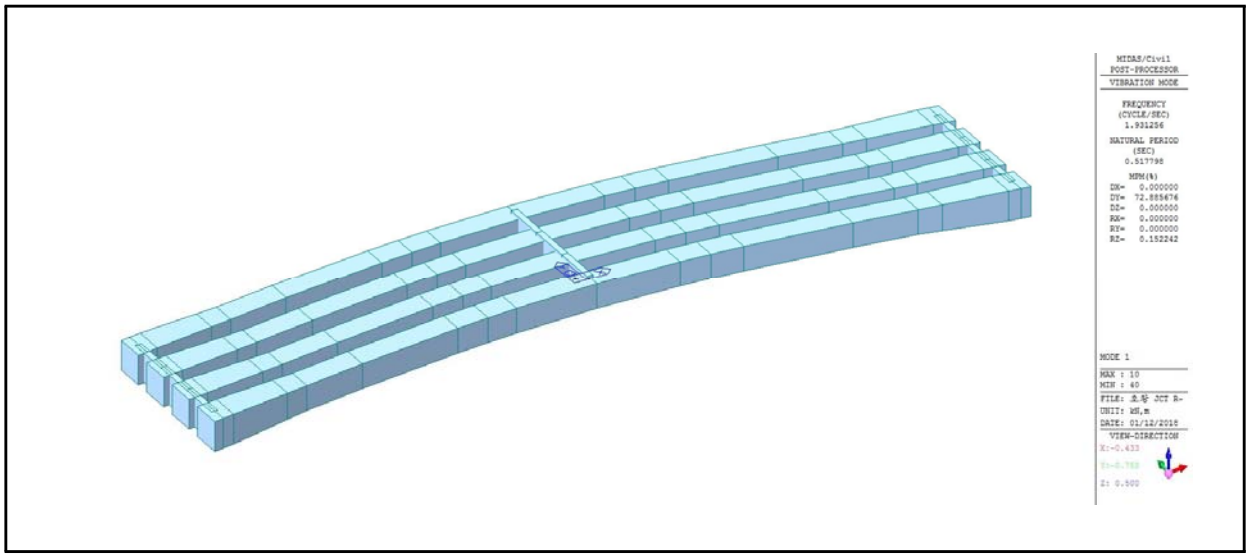
3) 고유진동수 산정 결과

① 재하시험에 의한 고유진동수 산정

구 분	10km	20km	30km	40km	50km	60km	비 고
고유진동수 (cycle/sec(Hz))	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	



② 구조해석에 의한 고유진동수 계산



③ 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 2.88Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 1.931Hz보다 큰 것으로 나타나 교량의 강성은 양호한 것으로 판단된다.

4) 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 멀어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

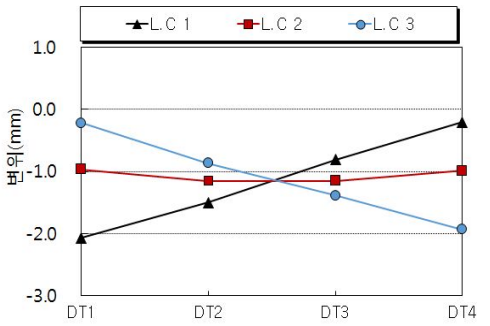
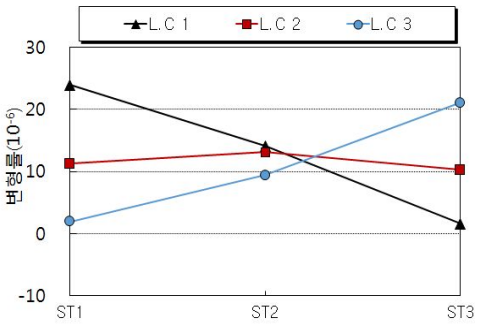
① 응답비 산정

구 분		처 짐(㎜)			비고
		L.C1	L.C2	L.C3	
G1	계산처짐	-6.922	-3.257	-	DT1
	실측처짐	-2.064	-0.964	-	
	응답비	**3.354**	3.379	-	
G2	계산처짐	-4.550	-3.500	-2.170	DT2
	실측처짐	-1.501	-1.148	-0.867	
	응답비	3.031	3.049	**2.503**	
G3	계산처짐	-2.192	-3.482	-4.489	DT3
	실측처짐	-0.805	-1.147	-1.387	
	응답비	**2.723**	3.036	3.236	
G4	계산처짐	-	-3.202	-6.816	DT4
	실측처짐	-	-0.983	-1.930	
	응답비	-	**3.257**	3.532	

② 응답보정계수 산정

구 분		응답비	i(충격계수)		$\frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$	위치별 Ks
			계산	실측max		
응답 보정 계수	DT1(G1)	3.354	0.187	0.177	1.008	3.381
	DT2(G2)	2.503				2.523
	DT3(G3)	2.723				2.745
	DT4(G4)	3.257				3.283

라. 정·동적 재하시험 고찰

<table>
<tr><th colspan="2">분석항목</th><th colspan="2">분석결과</th></tr>
<tr><td colspan="2">시험트럭</td><td colspan="2">• 재하하중 : 설계하중의 약 62%
• 총 중 량 : 269.10kN</td></tr>
<tr><td rowspan="3">정적
재하
시험</td><td>최대
응답</td><td colspan="2">• 처 짐 : -2.064 ㎜
• 변형률 : 23.92 με</td></tr>
<tr><td>횡방향
거동특성</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2">처짐</td><td>변형률</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">동적
재하
시험</td><td>충격
계수</td><td colspan="2">• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.177(DT4)로 이론 충격계수 0.187보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td>고유
진동수</td><td colspan="2">• 실측고유진동수(2.88Hz)가 이론 고유진동수(1.931Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

14.4.2 강박스 거더 구간(7, 8경간)

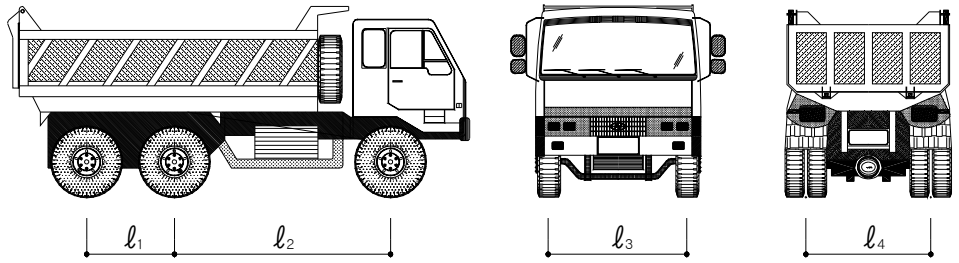
가. 개 요

1) 현장시험의 개요

구 분		내 용
시험일자		2017. 12. 18
시험시간		AM 09:00 ~ AM 11:00
시험위치		S7, S8(최대 정모멘트가 작용하는 지점)
재하시험차량 대수		1대
하중 경우 수	정적재하시험	Load Case 1~6 (6회)
	동적재하시험	10㎞/hr ~ 60㎞/hr

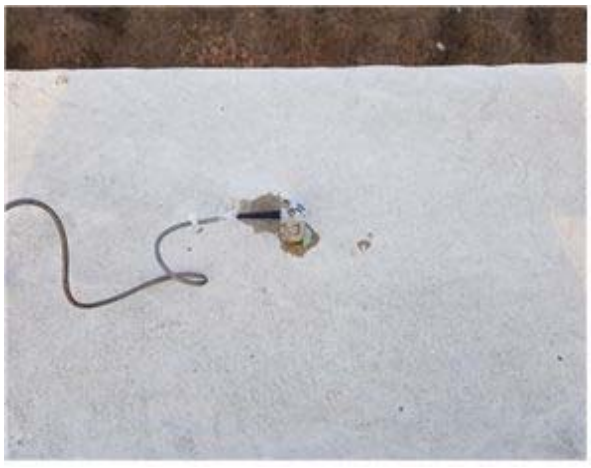
2) 재하시험 차량의 제원 및 하중

대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN 트럭 1대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

차 량 제 원	계량증명서
	

구 분	재하차량 제원(m)			
	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4
15ton 덤프트럭	1.30	3.20	2.10	1.85
구 분	**총 중 량 (kN)**	**전륜축중량 (kN)**	**중륜축중량 (kN)**	**후륜축중량 (kN)**
덤프트럭 (5328)	269.10	79.80	94.65	94.65

3) 교량 재하시험 사진

<table>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td>변형률계 설치 현황</td><td>처짐계 설치 현황</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가속도계 설치 현황</td><td>재하시험 계측 전경</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>정적 재하시험 전경</td><td>동적 재하시험 전경</td></tr>
</table>

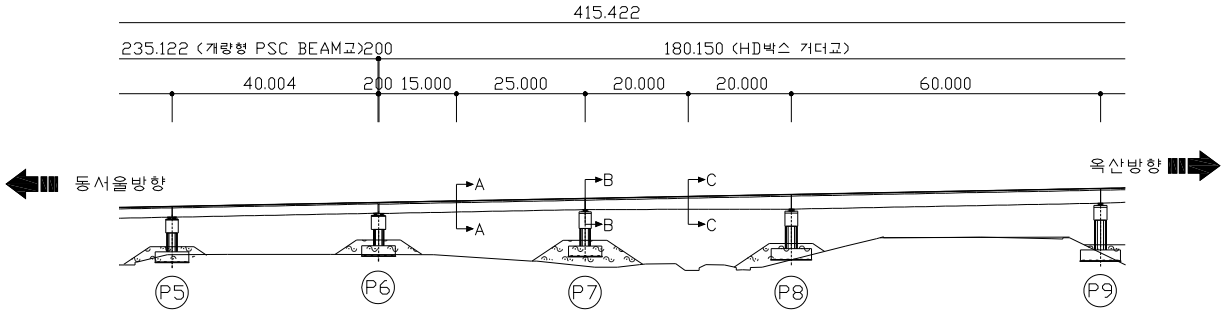
4) 계측센서 사양 및 수량

구분	센서명	모델명	사 양	수량(ea)
계측센서	강재 변형률게이지	FLA-5 -11-1L	• 범위 : 30000μstrain • 저항 :120.3±0.5Ω • 사용온도 범위 : -20~+80℃ • 형식 : 전기저항식	14
	처짐계	OU-30	• 범위 : ±30mm • 민감도: ($x10^{-6}$/mm) : 1000 • 허용온도범위 : 0~+60℃ • 형식 : 전기저항식	4
	가속도계	ARF-20A	• 용량 : 2.04g • 응답주파수 : 80hz • 고유주파수 : 150hz • 형식 : 전기저항식	1
소 계				19
측정장비	정, 동적 시험장비	DRA-30A	• 측정점수 : 30채널 • 측정대상 : Dynamic Strian, 전압 • 각 채널별 112k word 데이터메모리 탑재 (정적스트레인측정시 30000scans)	1
소 계				1

5) L/C별 재하시험 방법

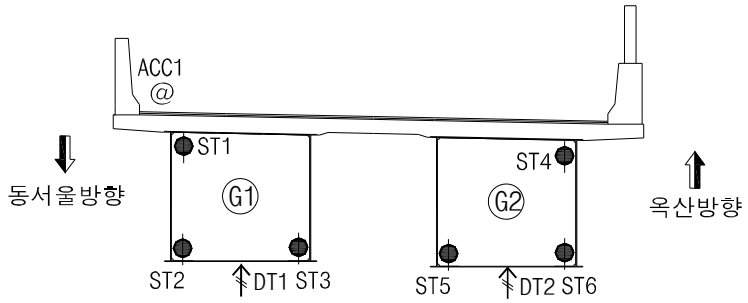
재하시험 위치	재하목적	비 고
외측경간(S7)	· 최대 정·부모멘트가 작용하는 지점	
내측경간(S8)		

6) 계측센서 설치도

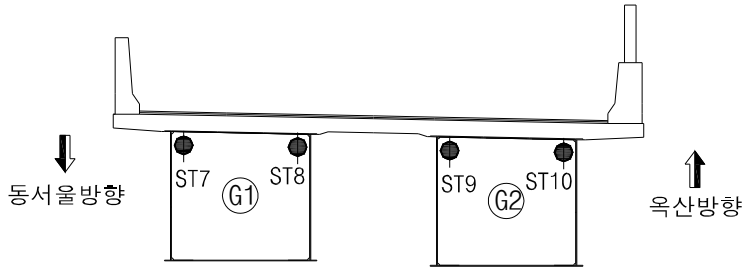


재하시험 경간

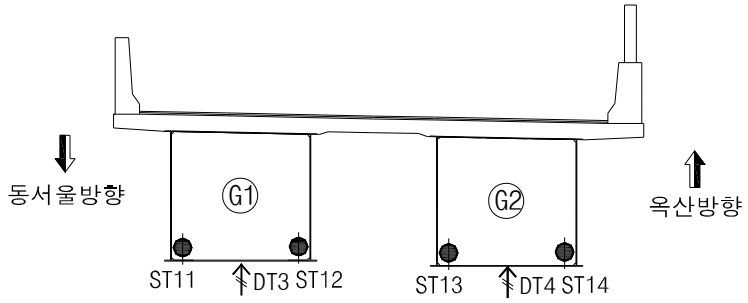
A-A단면 부착위치



B-B단면 부착위치

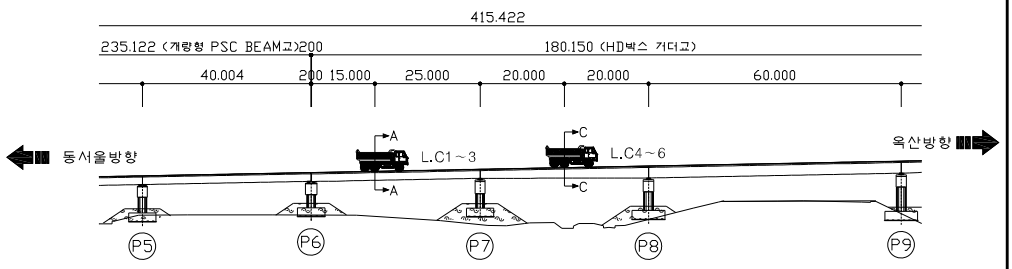
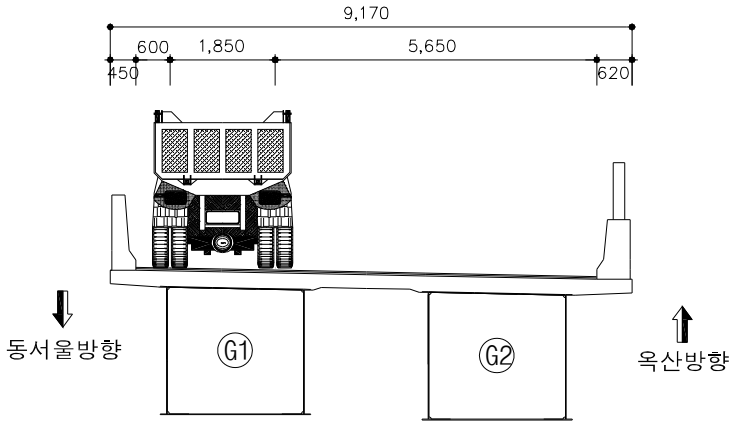
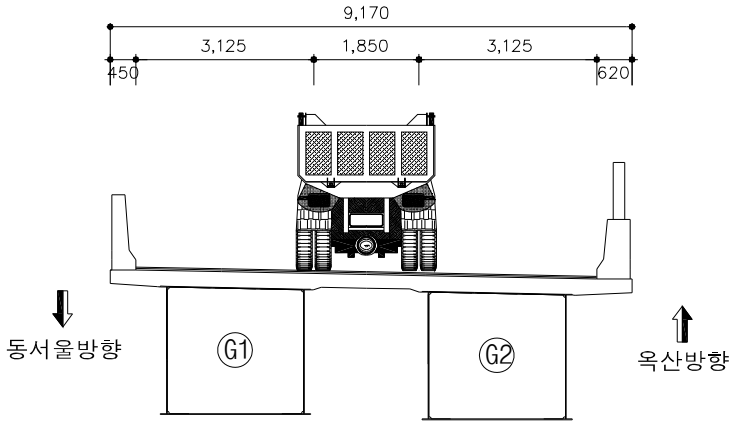
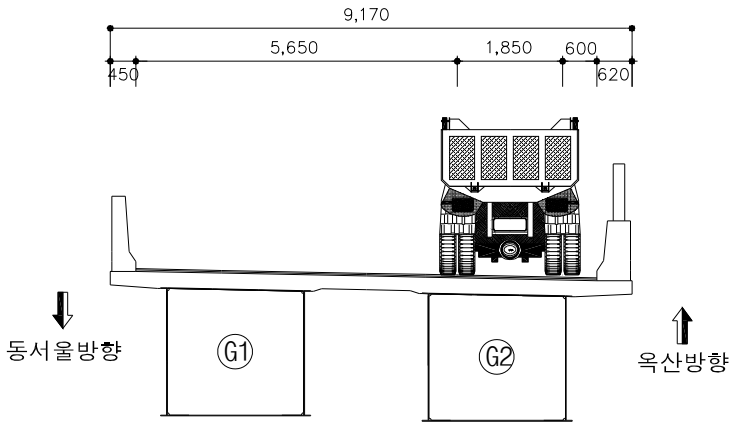


C-C단면 부착위치

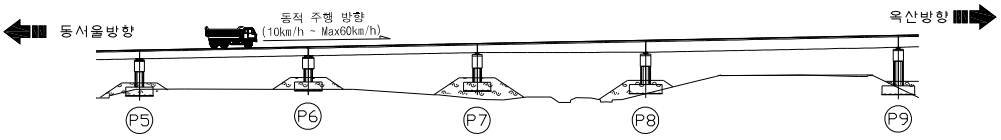
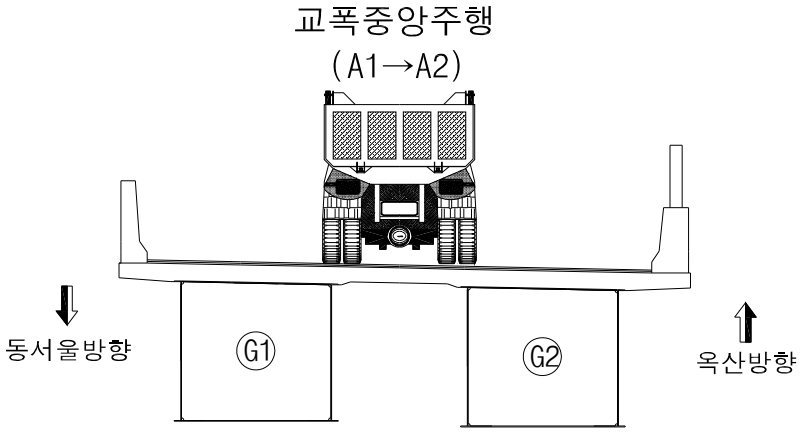


구 분	계측기명	설치수량	비 고
●	강재 변형률계	14	교축방향
⇑	처짐계	4	연직방향
@	가속도계	1	연직방향
계측센서 총 수량		19	

7) 정적 재하시험 LOAD CASE

종방향 재하위치	
L.C 1, 4	
L.C 2, 5	
L.C 3, 6	

8) 동적 재하시험 LOAD CASE

차량주행방향	
주행위치	

재하경우	주행방향	주행위치	비 고
10km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
20km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
30km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
40km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
50km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대
60km/hr	시점→종점	교폭중앙	재하차량 1대

나. 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

1) 재하시험에서 측정된 계측DATA

① 7경간

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
ST1	-0.67	-0.87	-1.75	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST2	42.63	35.36	27.04	
ST3	44.04	29.72	21.33	
ST4	-1.27	-1.15	-1.01	
ST5	22.74	31.23	45.84	
ST6	25.78	37.40	40.79	
DT1	-2.590	-2.069	-1.584	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT2	-1.716	-2.056	-2.428	

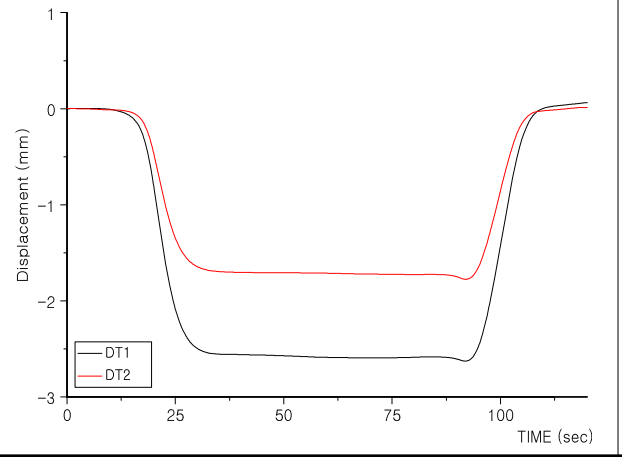
② 8경간

구 분	L.C4	L.C5	L.C6	비 고
ST11	32.87	27.97	18.75	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST12	33.96	25.44	17.26	
ST13	17.25	24.37	31.37	
ST14	19.56	26.52	30.55	
DT3	-2.245	-1.735	-1.255	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
DT4	-1.339	-1.692	-2.084	

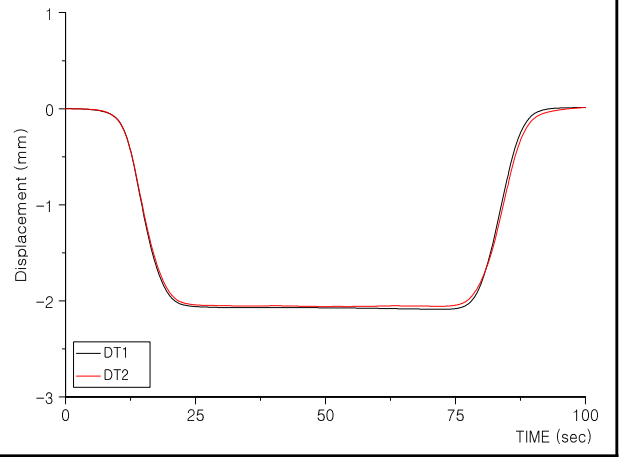
③ P7 지점

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	비 고
ST7	3.82	2.04	0.36	단위 : με (-)압축 (+)인장
ST8	1.60	2.17	1.04	
ST9	0.17	1.46	1.59	
ST10	0.15	1.19	1.69	

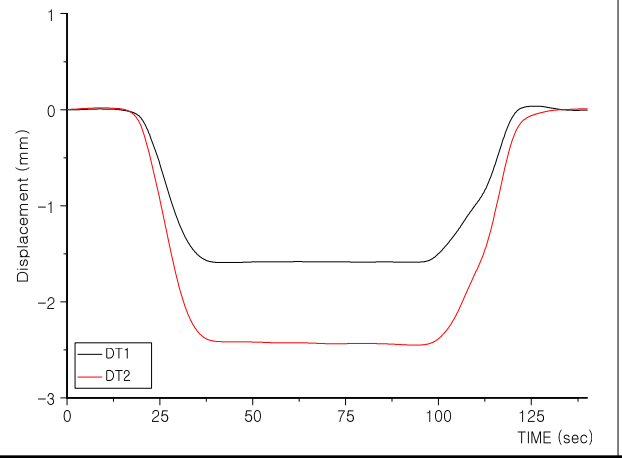
L.C1 처짐



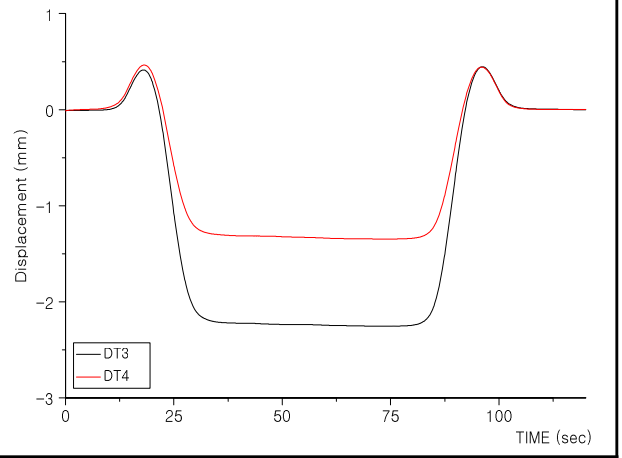
L.C2 처짐



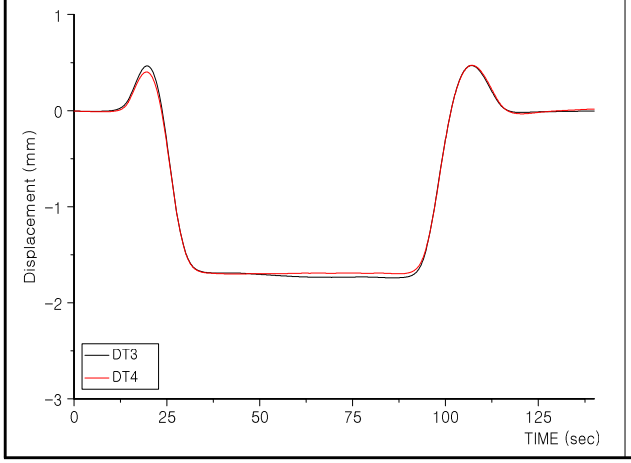
L.C3 처짐



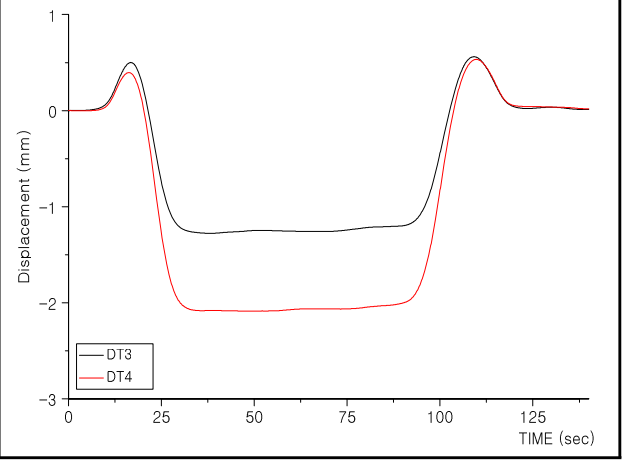
L.C4 처짐



L.C5 처짐



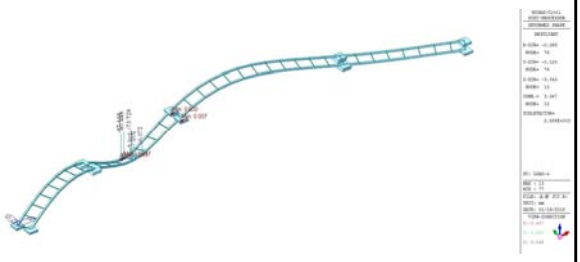
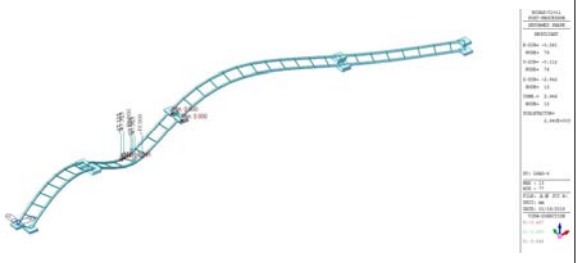
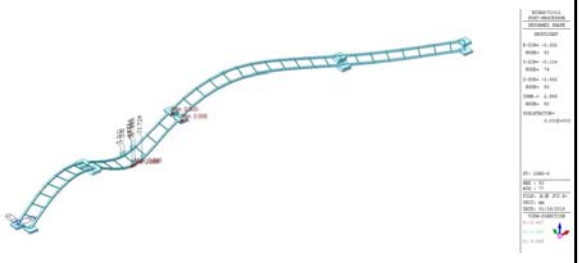
L.C6 처짐



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

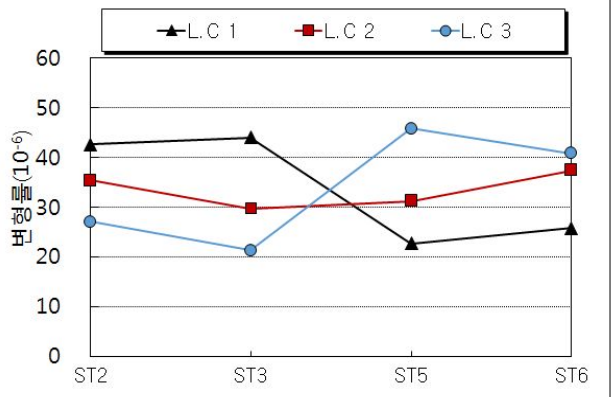
2) 구조해석에 의한 변위량

구 분	L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	L.C5	L.C6	비 고
G1(DT1)	-4.205	-3.765	-3.325	-	-	-	단위 : ㎜ (-)하향변위 (+)상향변위
G2(DT2)	-3.290	-3.547	-3.804	-	-	-	
G1(DT3)	-	-	-	-3.343	-2.942	-2.540	
G2(DT4)	-	-	-	-2.505	-2.694	-2.882	

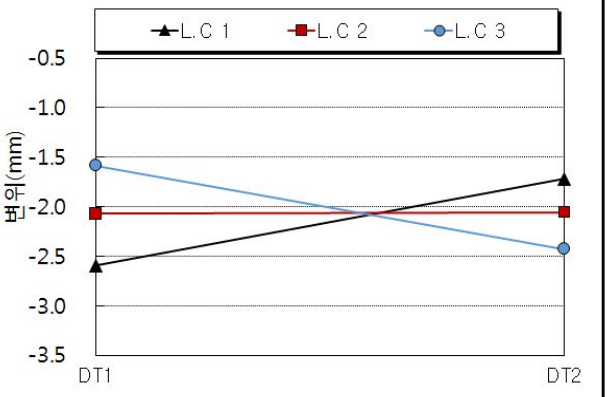
L.C1 하중재하 및 처짐	L.C2 하중재하 및 처짐
	
L.C3 하중재하 및 처짐	**L.C4 하중재하 및 처짐**
	
L.C5 하중재하 및 처짐	**L.C6 하중재하 및 처짐**
	

3) 하중 횡분배 검토 결과

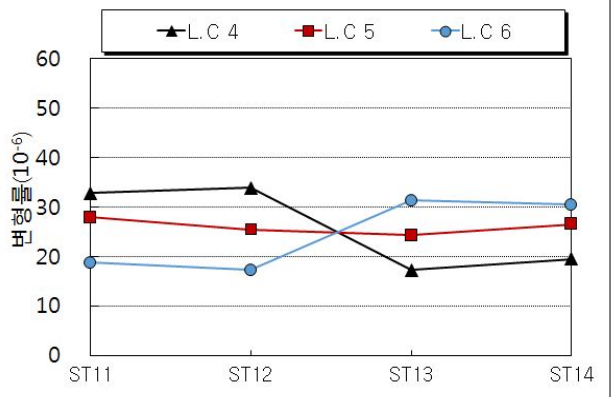
거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단면응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 하중 횡분배는 대체로 대칭성을 보이고 있는 양호한 것으로 평가되었다.



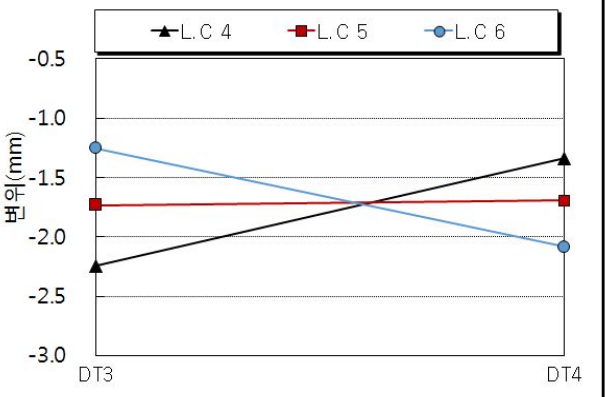
변형율 횡분배 현황(7경간)



처짐 횡분배 현황(7경간)



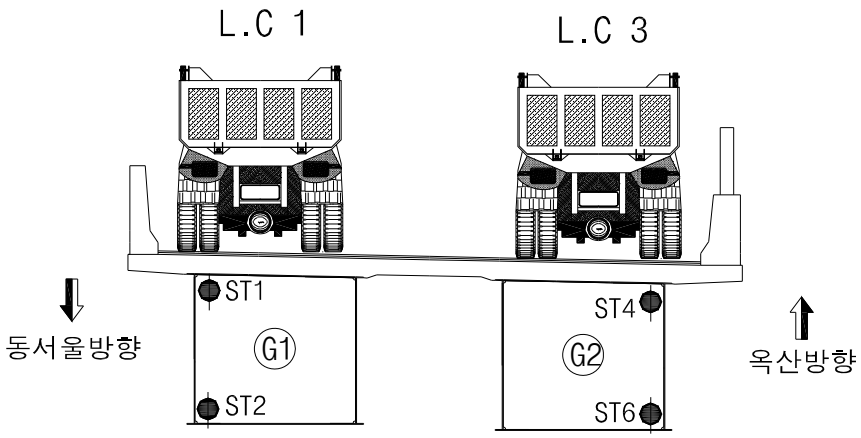
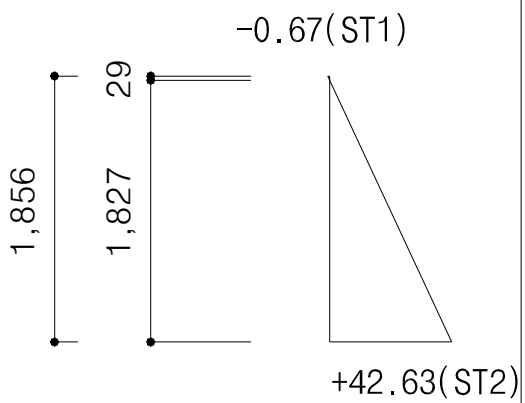
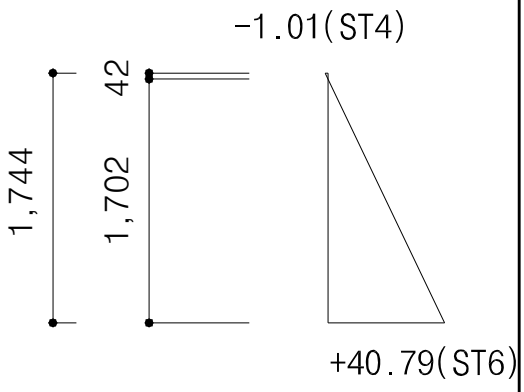
변형율 횡분배 현황(8경간)



처짐 횡분배 현황(8경간)

4) 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

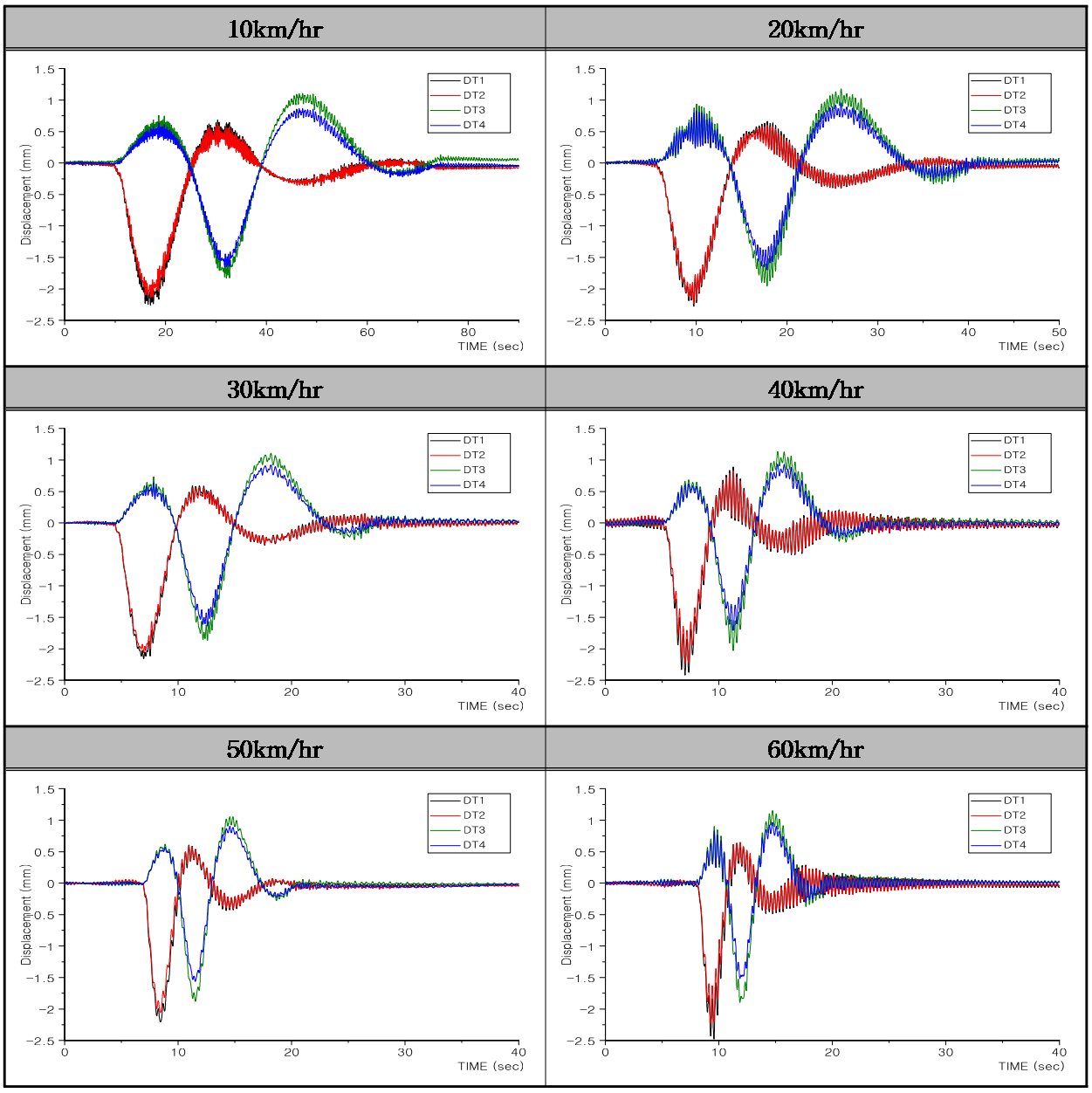
<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="2">L.C 1/L.C 3</th></tr>
<tr><td>재하위치</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">중립축</td><td>L.C 1(7경간 - G1)</td><td>L.C 3(7경간 - G2)</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2"><table>
<tr><td rowspan="2">구분</td><td colspan="2">이론중립축위치 (mm)</td><td colspan="2">실측중립축위치 (mm)</td></tr>
<tr><td>G1</td><td>G2</td><td>G1</td><td>G2</td></tr>
<tr><td>7경간</td><td>1,532</td><td>1,507</td><td>1,827</td><td>1,702</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>검토 의견</td><td colspan="2">* 실측중립축이 이론중립축 대비 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.</td></tr>
</table>

다. 동적 재하시험 결과

1) 동적처짐

동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

구 분		주행속도 (km/h)						비고
		10	20	30	40	50	60	
7경간	G1(DT1)	-2.253	-2.277	-2.160	-2.413	-2.206	-2.478	단위 : ㎜
	G2(DT2)	-2.127	-2.226	-2.061	-2.236	-2.060	-2.232	
8경간	G1(DT3)	-1.830	-1.957	-1.865	-2.027	-1.879	-1.896	
	G2(DT4)	-1.657	-1.699	-1.637	-1.710	-1.561	-1.517	



* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

2) 충격계수 산정 결과

① 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

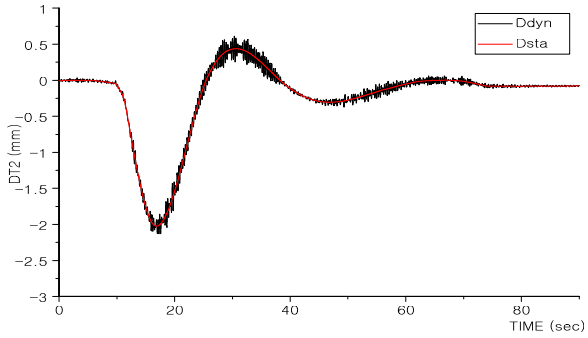
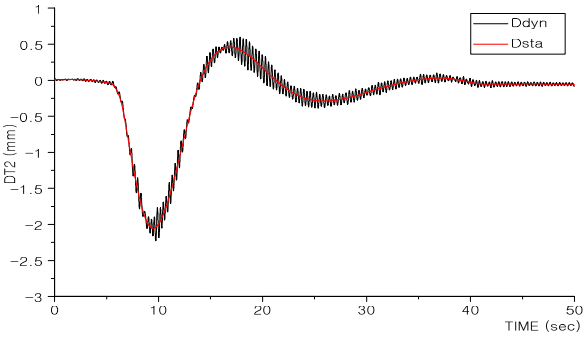
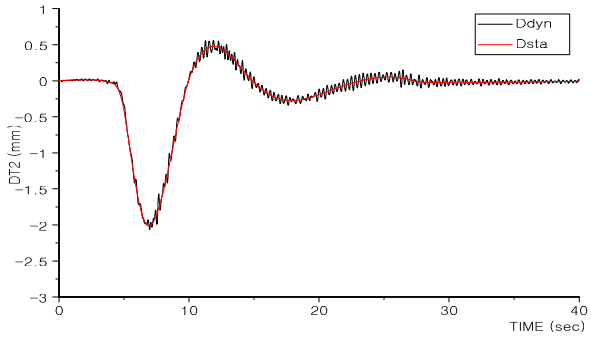
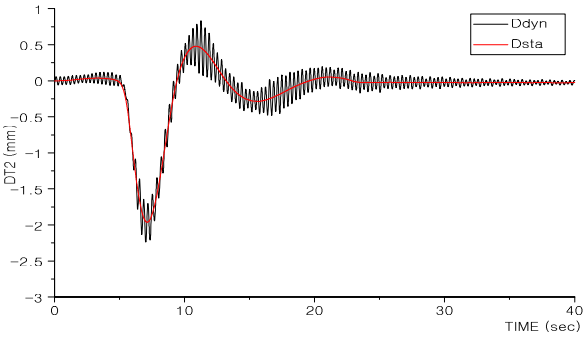
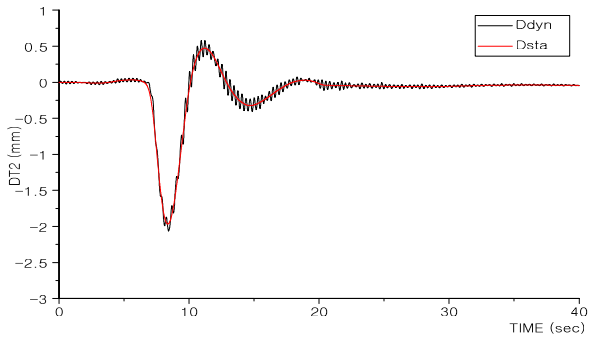
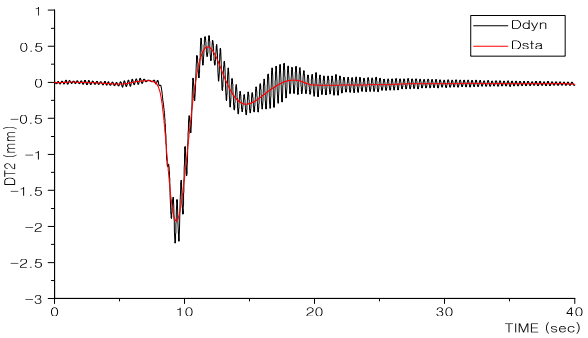
· 실측충격계수 i = (D－1)

여기서, D $=(\delta_{\mathrm{dynamic}})_{\max}/(\delta_{static})_{\max}$

구 분			주행속도 (km/h)						대표 충격계수
			10	20	30	40	50	60	
7경간	DT1	$\delta_{dyn(max)}$	-2.253	-2.277	-2.160	-2.413	-2.206	-2.478	**0.155**
		$\delta_{sta(max)}$	-2.157	-2.095	-2.104	-2.111	-2.115	-2.146	
		충격계수(i)	0.045	0.087	0.027	0.143	0.043	**0.155**	
	DT2	$\delta_{dyn(max)}$	-2.127	-2.226	-2.061	-2.236	-2.060	-2.232	**0.159**
		$\delta_{sta(max)}$	-2.024	-2.054	-2.010	-1.963	-1.967	-1.926	
		충격계수	0.051	0.084	0.025	0.139	0.047	**0.159**	
8경간	DT3	$\delta_{dyn(max)}$	-1.830	-1.957	-1.865	-2.027	-1.879	-1.896	**0.138**
		$\delta_{sta(max)}$	-1.722	-1.781	-1.793	-1.781	-1.805	-1.844	
		충격계수	0.063	0.099	0.040	**0.138**	0.041	0.028	
	DT4	$\delta_{dyn(max)}$	-1.657	-1.699	-1.637	-1.710	-1.561	-1.517	**0.142**
		$\delta_{sta(max)}$	-1.566	-1.531	-1.554	-1.498	-1.518	-1.493	
		충격계수	0.058	0.110	0.053	**0.142**	0.028	0.016	
계측결과			• 계산충격계수 : i = 15/(40+L) = **0.188**(7경간, L=40.00), **0.188**(8경간, L=40.00) • 실측충격계수 : 7경간-**0.159**(60km, DT2), 8경간 - **0.142**(40km, DT4)						

3) 산정 결과

동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 교폭중앙으로 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT1, DT2(7경간), DT3, DT4(8경간)를 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.159(7경간), 0.142(8경간)로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계기준 0.188(7경간), 0.188(8경간)보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.

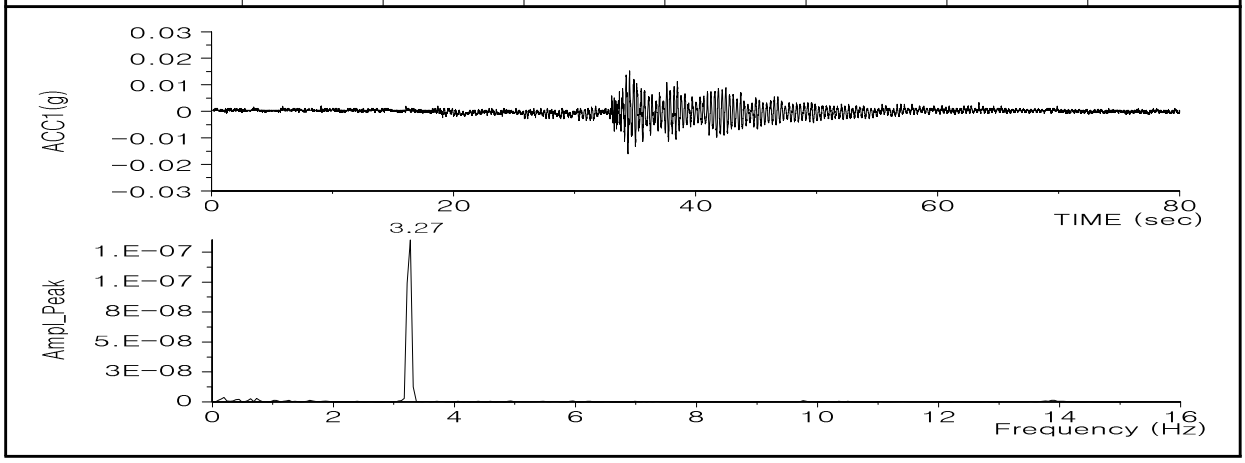
10km/hr, DT2	20km/hr, DT2
	
30km/hr, DT2	**40km/hr, DT2**
	
50km/hr, DT2	**60km/hr, DT2**
	

* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

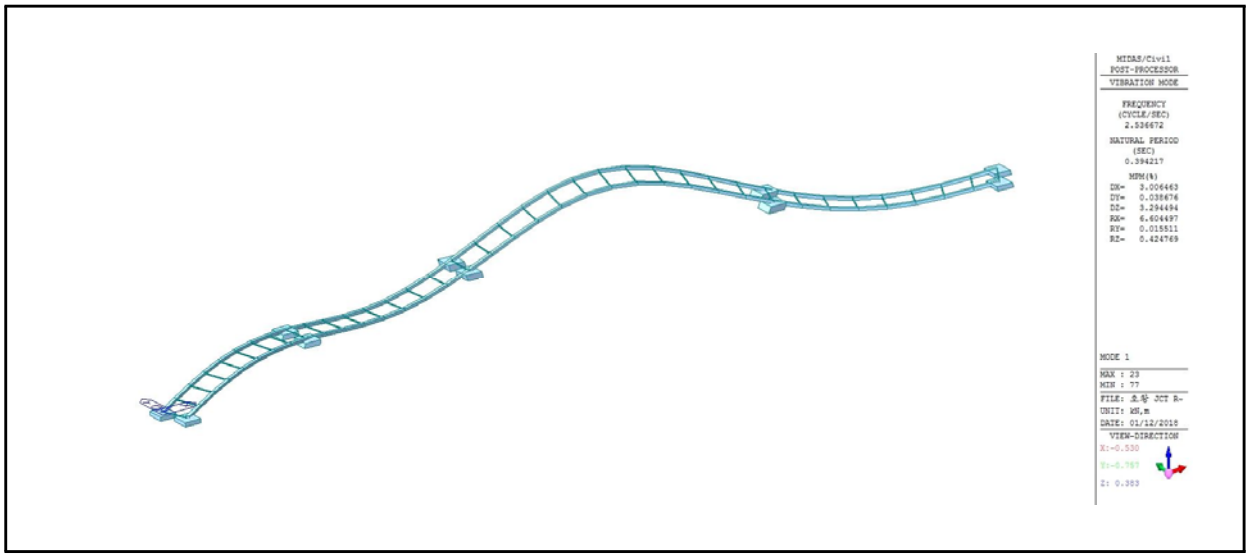
4) 고유진동수 산정 결과

① 재하시험에 의한 고유진동수 산정

구 분	10km	20km	30km	40km	50km	60km	비 고
고유진동수 (cycle/sec(Hz))	3.27	3.27	3.22	3.27	3.27	3.22	



② 구조해석에 의한 고유진동수 계산



③ 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 3.22~3.27Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 2.537Hz보다 큰 것으로 나타나 교량의 강성은 양호한 것으로 판단된다.

5) 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 떨어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

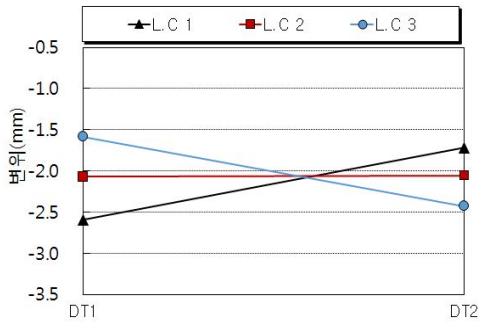
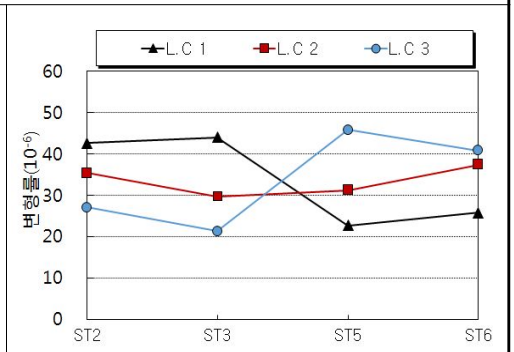
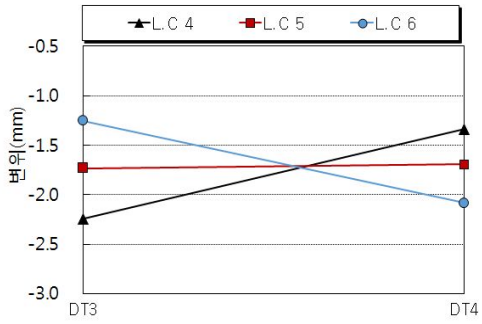
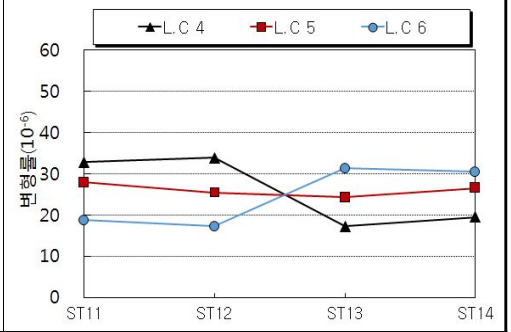
① 응답비 산정

구 분		처 짐(㎜)						비고
		7경간			8경간			
		L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	L.C5	L.C6	
G1	계산처짐	-4.205	-3.765	-3.325	-3.343	-2.942	-2.540	DT1 / DT3
	실측처짐	-2.590	-2.069	-1.584	-2.245	-1.735	-1.255	
	응답비	**1.624**	1.820	2.099	**1.489**	1.696	2.024	
G2	계산처짐	-3.290	-3.547	-3.804	-2.505	-2.694	-2.882	DT2 / DT4
	실측처짐	-1.716	-2.056	-2.428	-1.339	-1.692	-2.084	
	응답비	1.917	1.725	**1.567**	1.871	1.592	**1.383**	

② 응답보정계수 산정

구 분		응답비	i(충격계수)		$\frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$	위치별 Ks
			계산	실측max		
응답 보정 계수	DT1(G1)	1.624	0.188	0.159	1.025	1.665
	DT2(G2)	1.567				1.606
	DT3(G1)	1.489	0.188	0.142	1.040	1.526
	DT4(G2)	1.383				1.418

라. 정·동적 재하시험 고찰

<table>
<tr><th colspan="2">분석항목</th><th>분석결과</th></tr>
<tr><td colspan="2">시험트럭</td><td>• 재하하중 : 설계하중의 약 62%
• 총 중 량 : 269.10kN</td></tr>
<tr><td rowspan="6">정적
재하
시험</td><td>최대
응답</td><td>• 처 짐 : -2.590 ㎜(7경간), -2.245 ㎜(8경간)
• 변형률 : 45.84 με(7경간), 33.96 με(8경간)</td></tr>
<tr><td rowspan="5">횡방향
거동특성</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>처짐(7경간)</td><td>변형률(7경간)</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>처짐(8경간)</td><td>변형률(8경간)</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">동적
재하
시험</td><td>충격
계수</td><td>• 충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.159(7경간), 0.142(8경간)로 이론 충격계수 0.188(7경간), 0.188(8경간)보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td>고유
진동수</td><td>• 실측고유진동수(3.22~3.27Hz)가 이론 고유진동수(2.537Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

14.5 안전성평가 및 내하력평가

14.5.1 BiCon Girder구간

오창JCT Ramp-D교는 연장 415.422m, 총폭 9.170m, 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 90.000°이며 평면 선형 R=160m 인 직선~곡선교 이다. 상부구조는 Bicon+강박스(HD)로 이루어져 있으며, 하부구조는 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

14.5.2 검토 조건

가. 기본 사항

1) 형　　식 : Bicon+강박스(HD) 거더
2) 연　　장 : 415.422m
3) 교　　폭 : B = 9.170m
4) 거더높이 : H = 2.500m
5) 거더간격 : 2.200m
6) 사　　각 : 90.000°
7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
8) 단위중량
   - 철근 콘크리트 : W_{c1} = 2500.0kg/㎥
   - 무근 콘크리트 : W_{c2} = 2350.0kg/㎥
9) 사용 프로그램 : SAP2000
10) 구조 검토방식 : 강도설계법(바닥판), 허용응력설계법(거더)
11) 참고문헌
   ① 도로교 설계기준(2010)
   ② 콘크리 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
   ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

나. 사용재료 및 허용응력

1) 콘크리트

① 압축강도(f_{ck}) 및 탄성계수

【표 2.14.12】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa)

구 분	설계기준강도	탄성계수 추정식	적용 탄성계수
거 더	40	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	30,891
바닥판	27	$0.85\times\sqrt{(f_{ck}+8)\text{^}1/3}$	27,804

② 허용응력

【표 2.14.13】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력(f_{ck} = 40 MPa일 경우)

응력의 발생시기	응력구분	설계기준	허용응력
프리스트레스 도입 시	압축강도	$f_{ci'} = 0.8f_{ck}$	32.000
크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력	압축응력(Posttensioning)	$0.60f_{ci'}$	19.200
	부착된 철근이 없는 인장응력	$0.25\sqrt{f_{ci'}}$	1.414
모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력	압축응력	$0.45f_{ck}$	18.000
	부착된 철근이 있는 인장응력	$0.50\sqrt{f_{ck}}$	3.16
	부착된 철근이 없는 인장응력	0	0
	균열응력	$0.63\sqrt{f_{ck}}$	3.98

③ 바닥판

허용휨압축응력 : $0.4 \times f_{ck} = 0.4 \times 27 = 10.800$ MPa

2) PS 강연선(KS D 7002 SWPC 7B, 저릴렉세이션 강재)

긴장력 및 강선에 대한 계수값 들은 도면에 표기된 값을 사용하였다.

① 극한강도 : f_{put} = 1900.0MPa

② 항복강도 : f_{pyt} = 1600.0MPa

③ 탄성계수 : Ep = 200,000MPa

④ 긴장시 최대응력 : MIN(0.94×f_{pyt}, 0.8×f_{put}) = 1,504MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyt}, 0.82×f_{put}) = 1,312MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyt}, 0.82×f_{put}) = 1,312MPa

3) PS 강봉(KS D 3505, 저릴렉세이션 강재)

① 극한강도 : f_{puc} = 1050.0MPa

② 항복강도 : f_{pyc} = 950.0MPa

③ 탄성계수 : Ep = 200,000MPa

④ 긴장시 최대응력 : MIN(0.94×f_{pyc}, 0.8×f_{puc}) = 840MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 : MIN(0.74×f_{pyc}, 0.82×f_{puc}) = 777MPa

4) 포스트텐션 긴장재 배치를 위한 쉬스 규격

구 분	단 위	강 연 선						강봉
PS강재 개수	개, ㎜	7	10	11	13	16	19	40
쉬스관 내경	㎜	65	75	75	85	85	100	50
쉬스관 외경	㎟	70	80	80	90	90	105	55
곡률마찰계수 μ	1/rad	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-
파상마찰계수 κ	1/m	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.008

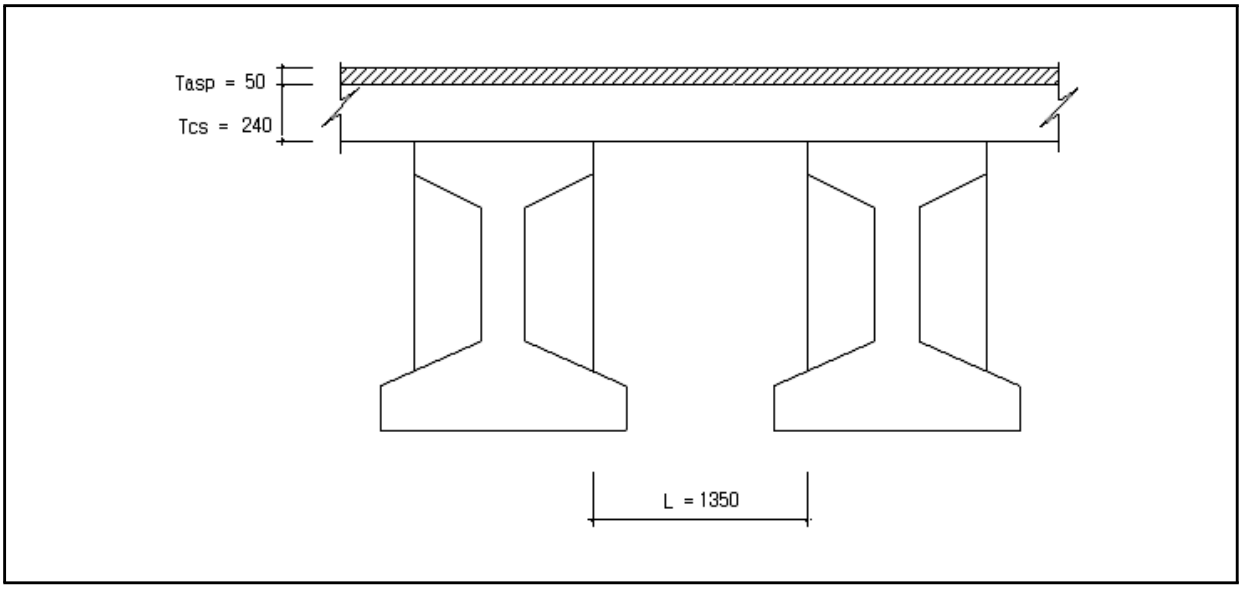
5) 철근

구 분	항복강도(fy)	탄성계수(Es)	허용인장응력(f_{ta})	비고
바닥판	400MPa	200,000	180MPa	SD400
거더	300MPa	200,000		SD300

14.5.3 구조해석

가. 바닥판 검토

1) 단면제원



2) 좌측 켄틸레버부

① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(아스팔트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	100.0㎞/hr	96.000kN	160	

② 하중산정

㉠ 고정하중

구 분	면적 (m2)	단위중량 (kN/m3)	하중 (kN)	작용거리 (m)	휨모멘트 (kN·m)
방호벽	0.394	25.000	9.850	0.690	6.797
바닥판	0.210	25.000	5.250	0.438	2.297
포 장	0.021	23.500	0.499	0.213	0.106
방음판			0.000	0.730	0.000
합 계			15.599		9.200

㉡ 차량충돌하중

구 분	h	H	M_{co} = H×h	곡선반경	적용 M_{co}
Case1	1.000m	10.000kN/m	10.000kN·m/m	R=160 ≤ 200m	11.700kN·m/m
Case2	1.170m	10.000kN/m	11.700kN·m/m		

※ Case1 : 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시, 여기서 $H=(V/60)^2\times7500+2500$
Case2 : 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10kN/m의 수평하중 재하시

㉢ 풍하중

각 형 부 재	풍상측 부재(MPa)	재하위치(mm)	휨모멘트(kN·m)
활하중 재하시	0.0015	1500	2.970
활하중 비재하시	0.0030	805	3.188

㉣ 하중조합(도.설 2.2.3.2)

하중경우	고정하중	활 하 중	풍 하 중	원심하중	충돌하중	합 계(kN·m/m)
Case 1	1.30	2.15		1.30		4.75
Case 2	1.30		1.30			2.6
Case 3	1.30	1.30	0.65	1.30		4.55
Case 4	1.30	1.30		1.30		3.9
Case 5	1.25	1.25	0.625	1.25		4.375
Case 6	1.30	1.30		1.30	1.30	5.2
Case 7	1.20		1.20		1.20	3.6

③ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 43.525kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 240.0㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 60.0㎜	유 효 높 이	d = 180.0㎜

㉡ 검토결과

구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	240.0	60.0	H19@200 = 1,432.0	43.525	81.589	O.K S.F=1.875

사 용 성 검 토	M_{max}	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	33.481kN·m/m	419.707㎜	200㎜	O.K

바 닥 판 최소두께	h_{min} = (280L+180)	최소h	적용h	결과
	231.80㎜	220.0㎜	240.0㎜	O.K

3) 중앙부

① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(아스팔트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	100.0㎞/hr	96.000kN	160	

② 하중산정

㉠ 고정하중

구 분	작용하중 (kN/㎡)	$M_d = (1/10)\times W_d \times L^2$
철근콘크리트	Wc × Tcs × 1m = 6.0	1.308kN·m
포장	Wasp × Tasp × 1m = 1.175	

㉡ 활하중

i = 15/(40+L)	M_{l+i} = (L+0.6)/9.6×P_r×(1+i)	연속바닥판 Ml+i
0.363>0.300 ∴ i = 0.300	25.350kN·m/m	20.280 kN·m/m

③ 하중조합

하중경우	수식	합 계(kN·m/m)
극한하중	$1.3M_d$ × $2.15M_l$	45.302
사용하중	M_d × M_l	21.588

④ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 45.302kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 240.0㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 40.0㎜	유 효 높 이	d = 200.0㎜

㉡ 검토결과

구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	240.0	40.0	H16@200 = 993.000	45.302	64.602	O.K S.F=1.426

사 용 성 검 토	M_{max}	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	21.588kN·m/m	532.585㎜	200㎜	O.K

바 닥 판 최소두께	h_{min} = (30L+130)	최소h	적용h	결과
	220.0㎜	220.0㎜	240.0㎜	O.K

4) 바닥판 검토결과

【표 2.14.14】 바닥판 검토결과

구 분	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	안전율	최소안전율
좌측 켄틸레버부	43.525	81.589	1.875	1.426
중앙부	45.302	64.602	1.426	

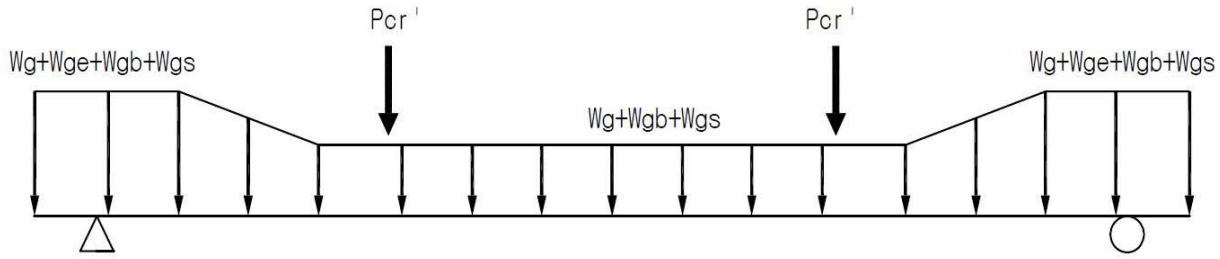
나. 거더 검토

1) 거더 자중

① 하중산정

구 분	산 출 근 거								
거더본체 (Wg)	Anet×wgc	=	0.838	×	25000			=	20961 N/m
단부보강 (Wge)	Avar×wgc	=	0.667	×	25000			=	16675 N/m
가 로 보 (Pcr')	Avar×Lcr×wgc×ea	=	0.667	×	1 ×	25000	× 1 EA	=	10005 N
강 봉 (Wgb)	w1cm×Cea	=	102.1	×	2 EA			=	204 N/m
T1 강연선 (Wgs1)	w1tm×Tea	=	11.01	×	7 EA			=	77 N/m
T2~T4 강연선 (Wgs2)	w2tm×Tea	=	11.01	×	3 EA	× 17 EA		=	562 N/m

② 모델링



2) 합성전 고정하중

① 바닥판 콘크리트(Wsc)

㉠ G1 거더 : 0.24 × 2.350 × 25000 = 14100 N/m

㉡ G2 ~ G3 거더 : 0.24 × 2.150 × 25000 = 12900 N/m

㉢ G4 거더 : 0.24 × 2.520 × 25000 = 15120 N/m

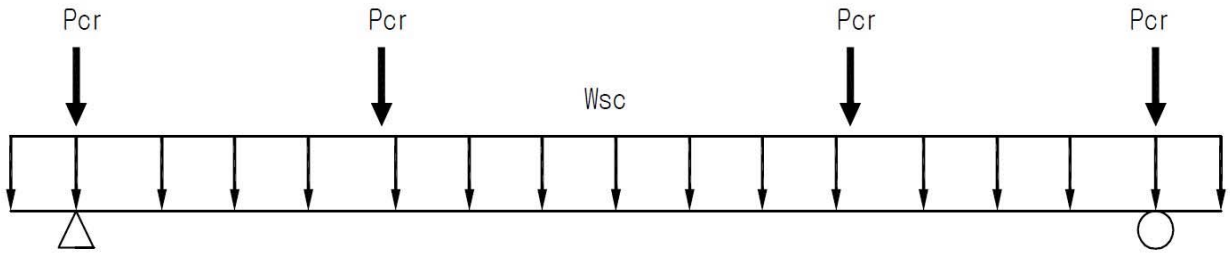
② 가로보 콘크리트(Pcr)

㉠ G1 거더 : 0.300 × 1.433 × 1.08 × 25000 = 11556 N

㉡ G2 ~ G3 거더 : 0.300 × 1.433 × 2.15 × 25000 = 23113 N

㉢ G4 거더 : 0.300 × 1.433 × 1.08 × 25000 = 11556 N

③ 모델링



3) 합성후 고정하중

① 좌측 캔틸레버 하중

- 방호벽 (좌) : A × w = 0.394 × 25000 = 9839 N/m

② 우측 캔틸레버 하중

- 중분대 (우) : A × w = 0.501 × 25000 = 12513 N/m

③ 중앙부 하중

- 콘크리트 포장 : t × w = 0.050 × 23500 = 1175 N/m^2

④ 기타 하중

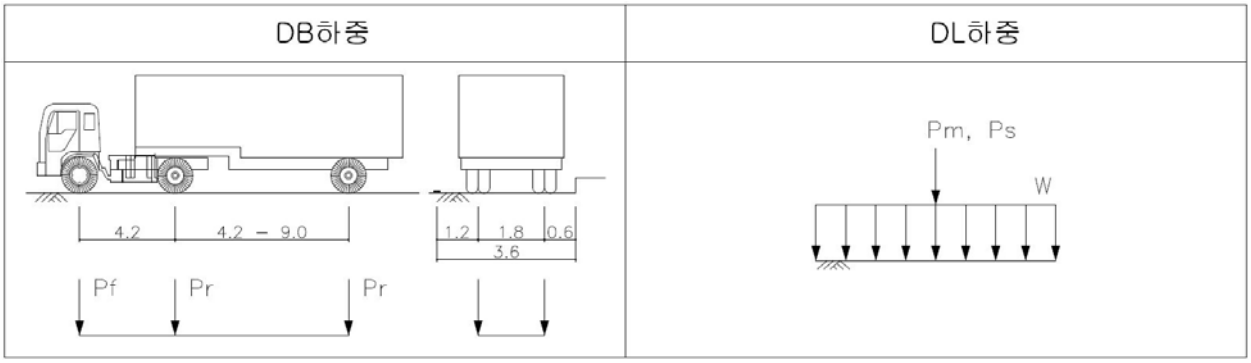
- 난간(좌) : 1000 N/m
- 난간(우) : 1000 N/m

4) 활하중

① 차로수 : 2 차로

② 차로폭 : 3.0m

③ 적용하중 (1등급)



㉠ DB-24 : DBr = 96.00 kN

DBf = 24.00 kN

㉡ DL-24 : DLw = 12.70 kN/m

DLm = 108.00 kN

DLs = 156.00 kN

5) 단면력 집계표

① 지간중앙부의 휨모멘트 집계(kN·m)

구 분	G1	G2~G3	G4	저 항 단 면	비 고
거더 자중	4340.1	4340.1	4340.1	순 단 면	
합성전 고정하중	2792.0	2676.7	2985.8	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	1529.0	1773.7	2044.8	바닥판 합성단면	
DB 활하중	3017.0	2339.8	3011.6		
DL 활하중	2817.1	2160.1	2812.4		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	3017.0	2339.8	3011.6		
합 계	11678.1	11130.3	12382.3		

② 지간지점부의 전단력 집계(kN)

구 분	G1	G2~G3	G4	저 항 단 면	비 고
거더 자중	475.8	475.8	475.8	순 단 면	
합성전 고정하중	280.7	263.1	300.6	PS강재 환산단면	
합성후 고정하중	165.0	165.1	237.8	바닥판 합성단면	
DB 활하중	371.1	347.8	365.6		
DL 활하중	346.2	306.8	341.3		
군중하중	0.0	0.0	0.0		
MAX	371.1	347.8	365.6		
합 계	1292.6	1251.8	1379.7		

6) 응력검토

① G1거더 응력산출

㉠ G1거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.840

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.510	-9.963	0.000	0.000	
2	fps			-11.538	26.874	408.169	-1229.171	
계				1.972	16.911	408.169	-1229.171	
응력 검토				-1.410	±19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	**O.K**	**O.K**	**O.K**	
3	fbl	0.000	0.000	8.046	-5.678	45.918	-29.694	
4	fal	1.469	1.066	1.184	-2.180	6.152	-12.382	
5	fll	2.899	2.102	2.336	-4.301	12.139	-24.431	
6	fsh	0.102	0.023	0.025	-0.634	-0.135	3.767	
7	fcr	0.399	0.088	0.098	-2.493	-0.529	14.805	
8	frgb	-0.039	-0.034	-0.038	0.001	-0.230	-0.016	
9	frgs	0.047	0.010	0.012	-0.292	-0.062	1.733	
계		4.877	3.255	13.634	1.333	471.424	-1275.389	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	**O.K**	**O.K**	**O.K**	**O.K**	**O.K**	

(+):압축, (-):인장

㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	17	17	17	0
P_{CT}	(kN)	-513.069	-513.069	1008.031	3039.025	2840.285	3000.846	±0.000
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00236	0.00236	0.00236	±0.0000
fps	(MPa)	-408.169	-408.169	1038.244	1288.869	1204.582	1272.677	0.000000
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	-
		O.K	**O.K**	**O.K**	**O.K**	**O.K**	**O.K**	-

② G2~G6거더 응력산출

㉠ G2~G3거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.841

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.510	-9.963	0.000	0.000	
2	fps			-11.538	26.874	408.169	-1229.171	
계				1.972	16.911	408.169	-1229.171	
응력 검토				-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	7.713	-5.443	44.022	-28.468	
4	fal	1.807	1.324	1.471	-2.557	7.710	-14.482	
5	fll	2.384	1.746	1.940	-3.373	10.171	-19.104	
6	fsh	0.113	0.031	0.035	-0.646	-0.080	3.829	
7	fcr	0.440	0.122	0.136	-2.514	-0.311	14.911	
8	frgb	-0.041	-0.036	-0.040	0.000	-0.240	-0.020	
9	frgs	0.052	0.015	0.016	-0.298	-0.037	1.769	
계		4.756	3.202	13.243	2.080	469.405	-1270.735	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ 내측거더 강선 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	17	17	17	0
P_{CT}	(kN)	-513.069	-513.069	1008.031	3039.025	2840.285	3000.846	0.000
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00236	0.00236	0.00236	0.00000
fps	(MPa)	-408.169	-408.169	1038.244	1288.869	1204.582	1272.677	0.00000
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	-
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	-

③ G4거더 응력산출

㉠ G4거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.845

하중 단계		바닥판		거더		PS 강재		비고
		상연	하연	상연	하연	강봉	강선	
1	fsw			13.510	-9.963	0.000	0.000	
2	fps			-11.538	26.874	408.169	-1229.171	
계				1.972	16.911	408.169	-1229.171	
응력 검토				-1.410	19.200	±777.00	±1312.00	
				O.K	O.K	O.K	O.K	
3	fbl	0.000	0.000	8.604	-6.072	49.106	-31.755	
4	fal	1.875	1.348	1.498	-2.891	7.726	-16.455	
5	fll	2.761	1.986	2.206	-4.257	11.378	-24.235	
6	fsh	0.093	0.016	0.018	-0.625	-0.174	3.718	
7	fcr	0.350	0.060	0.067	-2.350	-0.654	13.968	
8	frgb	-0.038	-0.034	-0.037	0.001	-0.224	-0.013	
9	frgs	0.044	0.007	0.008	-0.293	-0.082	1.743	
계		5.085	3.384	14.336	0.424	475.244	-1282.201	
응력 검토		10.800	-2.598	18.000	-3.162	±777.00	±1312.00	
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	

(+):압축, (-):인장

㉡ 내측거더 강선 응력검토

구 분		C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5
강선수	(EA)			7	17	17	17	0
P_{CT}	(kN)	-513.069	-513.069	1008.031	3039.025	2840.285	3000.846	0.000
A_P	(m^2)	0.00126	0.00126	0.00097	0.00236	0.00236	0.00236	0.00000
fps	(MPa)	-408.169	-408.169	1038.244	1288.869	1204.582	1272.677	0.000000
응 력 검 토		±777.00	±777.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	±1312.00	-
		O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	-

7) 거더 안전성평가 결과

【표 2.14.15】 거더 안전성평가 결과

구 분		거더 응력 검토					
		바닥판		거더		PS강재	
		상연	하연	상연	하연	상연	하연
G1	응력	4.877	3.255	13.634	1.333	471.424	-1275.389
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	-
	안전율	2.214		**1.320**		**1.648**	
G2~G3	응력	4.756	3.202	13.243	2.080	469.405	-1270.735
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	2.271		**1.359**		1.655	
G4	응력	5.085	3.384	14.336	0.424	475.244	-1282.201
	허용응력	10.800	-	18.000	-	777.00	
	안전율	2.124		**1.256**		1.635	

다. 안전성평가 결과

바닥판 및 거더의 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 “A”로 검토되었다.

【표 2.14.16】 안전성 평가 결과

	구 분	켄틸레버부	중앙부	
바닥판	안전율	1.875	1.426	
	최소안전율	**S.F = 1.426**		
거 더	구 분	**G1**	**G2~G3**	**G4**
	안전율	1.320	1.359	1.256
	최소안전율	**S.F = 1.256**		

14.5.4 내하력평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

가. 개요

1) 강도설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서, ϕM_n = 설계휨강도 M_d = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$ = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d = 고정하중 계수 (1.30) γ_ℓ = 활하중 계수 (2.15)

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수 P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24)

2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서, f_ℓ = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

f_a = 재료의 허용응력 f_d = 고정하중 응력

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수

P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

나. 기본내하율 산정

【표 2.14.17】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과

구 분		ϕMn(kN·m)	M_d(kN·m)	$M_l(1+i)$(kN·m)	기본내하율(RF)
바닥판	-	-	-	-	-
	중앙부	64.602	45.302	20.280	53.854

【표 2.14.18】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과

구 분		허용응력 (f_a)(MPa)	고정하중응력 (f_d)(MPa)	활하중응력 (f_l)(MPa)	기본내하율 (RF)	비고
G1	상연	18.000	11.298	2.336	2.869	
	하연	-3.162	5.634	-4.301	**2.045**	
G2~G3	상연	18.000	11.303	1.940	3.452	
	하연	-3.162	5.453	-3.373	**2.554**	
G4	상연	18.000	12.13	2.206	2.661	
	하연	-3.162	4.681	-4.257	**1.842**	

다. 내하력평가 결과

【표 2.14.19】 공용내하력 산정결과

구 분		응답보정계수 (Ks)	기본내하율 (RF)	공용내하율 (Ks×RF)	공용내하력 (P)
바닥판	켄틸레버	-	-	-	DB, DL-24 이상
	중 앙 부	-	53.854	-	DB, DL-24 이상
거 더	G1	3.381	2.045	6.914	DB, DL-24 이상
	G2~G3	2.523	2.554	6.444	DB, DL-24 이상
	G4	3.283	1.842	6.047	DB, DL-24 이상
결 과 분 석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨			

14.5.5 강박스 거더 구간

오창JCT Ramp-D교는 연장 415.422m, 총폭 9.170m, 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 90.000°이며 평면 선형 R=160m 인 직선~곡선교 이다. 상부구조는 Bicon+강박스 거더로 이루어져 있으며, 하부구조는 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

14.5.6 검토 조건

가. 기본 사항

1) 형 식 : Bicon+강박스 거더
2) 연 장 : 415.422m
3) 교 폭 : B = 9.170m
4) 거더높이 : H = 2.500m
5) 거더간격 : 2.200m
6) 사 각 : 90.000°
7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
8) 단위중량
   - 철근 콘크리트 : W_{c1} = 2500.0kg/m³
   - 무근 콘크리트 : W_{c2} = 2350.0kg/m³
   - 아 스 팔 트 : W_a = 2350.0kg/m³
9) 사용 프로그램 : MIDAS CIVIL 2016
10) 구조 검토방식 : 강도설계법(바닥판), 허용응력설계법(거더)
11) 참고문헌
   ① 도로교 설계기준(2010)
   ② 콘크리 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
   ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

나. 사용재료 및 허용응력

1) 콘크리트

- 설계기준강도(f_{ck}) : 27.0MPa
- 탄성계수(E_c) : 27,804MPa
- 전단탄성계수(G_c) : 11,916MPa

2) 철근(SD400)

- 항복강도(f_y) : 400.0MPa
- 탄성계수(E_s) : 200,000MPa

3) 강재

- 주부재 : SM520B
- 부부재 : SM400B
- 탄성계수(E_{st}) : 205,000MPa
- 전단탄성계수(G_{st}) : 79,000MPa
- 허용축방향인장응력 및 허용휨인장응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	140	190	210	260
40초과 75이하	130	175	200	250
75초과 100이하			195	245

- 허용축방향압축응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM 570 SMA 58
40이하	$140 : \ell/r \le 20$ $140-0.84(\ell/r-20) : 20 < \ell/r \le 93$ $\frac{1,200,000}{6,700+(\ell/r)^2} : 93 < \ell/r$	$190 : \ell/r \le 15.0$ $190-1.3(\ell/r-15.0) : 15.0 < \ell/r \le 80$ $\frac{1,200,000}{5,000+(\ell/r)^2} : 80 < \ell/r$	$210 : \ell/r \le 14$ $210-1.3(\ell/r-14) : 15 < \ell/r \le 76$ $\frac{1,200,000}{4,500+(\ell/r)^2} : 76 < \ell/r$	$260 : \ell/r \le 18$ $260-2.2(\ell/r-18) : 18 < \ell/r \le 67$ $\frac{1,200,000}{3,500+(\ell/r)^2} : 67 < \ell/r$
40초과 75이하	$130 : \ell/r \le 2$ $130-0.75(\ell/r-20) : 20 < \ell/r \le 97$	$175 : \ell/r \le 15$ $175-1.1(\ell/r-15) : 15 < \ell/r \le 83$	$200 : \ell/r \le 14$ $200-1.40(\ell/r-14) : 14 < \ell/r \le 78$ $\frac{1,200,000}{4,700+(\ell/r)^2} : 78 < \ell/r$	$250 : \ell/r \le 18$ $250-2.1(\ell/r-18) : 18 < \ell/r \le 69$ $\frac{1,200,000}{3,600+(\ell/r)^2} : 69 < \ell/r$
75초과 100이하	$\frac{1,200,000}{7,300+(\ell/r)^2} : 97 < \ell/r$	$\frac{1,200,000}{5,300+(\ell/r)^2} : 83 < \ell/r$	$195 : \ell/r \le 14$ $195-1.3(\ell/r-14) : 14 < \ell/r \le 79$ $\frac{1,200,000}{4,900+(\ell/r)^2} : 79 < \ell/r$	$245 : \ell/r \le 18$ $245-2.2(\ell/r-18) : 18 < \ell/r \le 69$ $\frac{1,200,000}{3,700+(\ell/r)^2} : 69 < \ell/r$

여기서, ℓ : 부재의 유효좌굴길이(mm)

r : 부재 총단면의 단면회전반경(mm)

• 허용휨압축응력(MPa)

ⓐ 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 직접 고정되어 있는 경우, 상자형 단면, π형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	140	190	210	260
40초과 75이하	130	175	200	250
75초과 100이하			195	245

ⓑ ⓐ에 규정한 이외의 경우

강종 / 판두께(mm)		SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
$\frac{A_w}{A_c} \le 2$	40이하	140 : $\ell/b \le 4.5$ 140-2.4(ℓ/b-4.5) : 4.5 < $\ell/b \le 30$	190 : $\ell/b \le 4.0$ 190-3.8(ℓ/b-4.0) : 4.0 < $\ell/b \le 30$	210 : $\ell/b \le 3.5$ 210-4.4(ℓ/b-3.5): 3.5 < $\ell/b \le 27$	260 : $\ell/b \le 5.0$ 260-6.6(ℓ/b-5.0): 5.0 < $\ell/b \le 25$
	40초과 75이하	130 : $\ell/b \le 5.0$	175 : $\ell/b \le 4.0$	200 : $\ell/b \le 4.0$ 200-4.2(ℓ/b-4.0): 4.0 < $\ell/b \le 27$	260 : $\ell/b \le 3.4$ 260-6.25(ℓ/b-3.4): 3.4 < $\ell/b \le 25$
	75초과 100이하	130-2.2(ℓ/b-5.0): 5.0 < $\ell/b \le 30$	175-3.5(ℓ/b-4.0): 4.0 < $\ell/b \le 30$	195 : $\ell/b \le 4.0$ 195-4.0(ℓ/b-4.0): 4.0 < $\ell/b \le 27$	250 : $\ell/b \le 5.0$ 250-6.0(ℓ/b-5.0): 5.0 < $\ell/b \le 25$
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40이하	140 : $\ell/b \le 9/K$ 140-1.2(Kℓ/b-9): 9/K < $\ell/b \le 30$	190 : $\ell/b \le 8.0/K$ 190-1.9(Kℓ/b-8): 8/K < $\ell/b \le 30$	210 : $\ell/b \le 7/K$ 210-2.2(Kℓ/b-7): 7/K< $\ell/b \le 27$	260 : $\ell/b \le 10/K$ 260-3.3(Kℓ/b-10): 10/K < $\ell/b \le 25$
	40초과 75이하	130 : $\ell/b \le 10/K$	175 : $\ell/b \le 8/K$	200 : $\ell/b \le 8/K$ 200-2.1(Kℓ/b-8): 8/K< $\ell/b \le 27$	250 : $\ell/b \le 10/K$ 250-3.1(Kℓ/b-1): 10/K< $\ell/b \le 25$
	75초과 100이하	130-1.1(Kℓ/b-10): 10/K < $\ell/b \le 30$	175-1.75(Kℓ/b-8): 8/K < $\ell/b \le 30$	195 : $\ell/b \le 8/K$ 195-2.0(Kℓ/b-8): 8/K< $\ell/b \le 27$	245 : $\ell/b \le 10/K$ 245-3(Kℓ/b-10): 10/K< $\ell/b \le 25$
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적(㎟) A_c : 압축플랜지의 총 단면적(㎟) ℓ : 압축플랜지의 고정점간의 거리(㎜) b : 압축플랜지의 폭(㎜)		K : $\sqrt{3+\frac{A_w}{2A_c}}$	

• 허용전단응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	80	110	120	150
40초과 75이하	75	100	115	145
75초과 100이하			110	140

• 항복응력(MPa)

강종 / 판두께(mm)	SS400 SM400 SMA41	SM490	SM490Y SM520 SMA50	SM570 SMA58
40이하	240	320	360	460
40초과 75이하	220	300	340	440
75초과 100이하			330	430

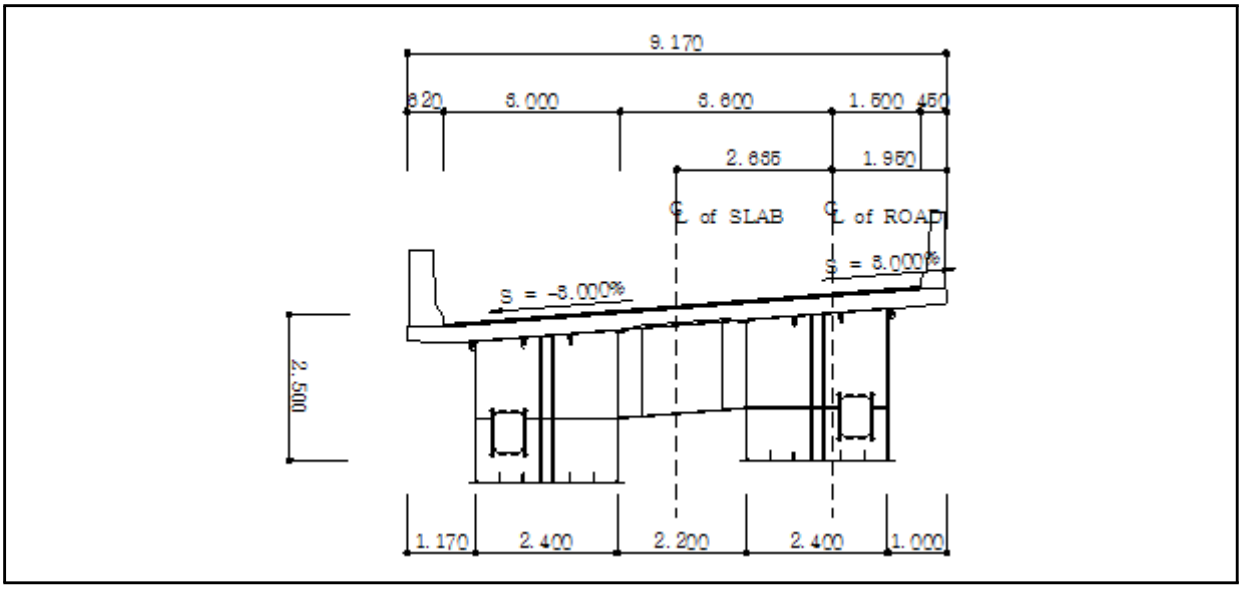
• 강재 주거더의 허용응력 증가율

하중의 조합			증가율(%)	
			정의 휨모멘트를 받는 부분	부의 휨모멘트를 받는 부분
1	크리프의 영향과 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중+바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15
4	가설시 하중	압축연	25	25
		인장연	25	25

구조해석

다. 바닥판 검토

1) 단면제원



2) 좌측 켄틸레버부

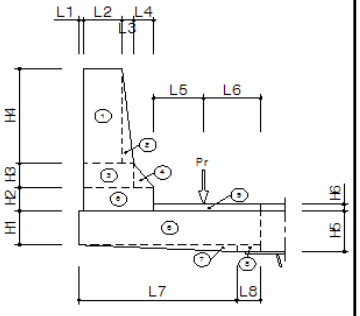
① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(무근콘크리트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	60.0㎞/hr	96.000kN	160.000m	

② 하중산정

㉠ 고정하중

NO.	산식	작용하중 (kN)	작용거리 (m)	모멘트 (kN·m)
1	0.230 × 0.970 × 25.0	5.578	0.795	4.434
2	0.070 × 0.970 × 1/2 × 25.0	0.849	0.657	0.557
3	0.175 × 0.300 × 25.0	1.313	0.760	0.998
4	0.175 × 0.120 × 1/2 × 25.0	0.263	0.570	0.150
5	0.175 × 0.420 × 25.0	1.838	0.700	1.286
6	0.240 × 0.940 × 25.0	5.640	0.470	2.651
7	0.830 × 0.050 × 1/2 × 25.0	0.519	0.387	0.201
8	0.110 × 0.050 × 25.0	0.138	0.055	0.008
9	0.490 × 0.050 × 23.5	0.576	0.245	0.141
합계		16.711		10.425



㉡ 차량충돌하중

구 분	h	H	M_{co} = H×h	곡선반경	적용 M_{co}
Case1	1.195m	10.000kN/m	11.950kN·m/m	R=160 ≤ 200m	29.300kN·m/m
Case2	1.465m	10.000kN/m	14.650kN·m/m		

※ Case1 : 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시, 여기서 $H=(V/60)^2\times7500+2500$
Case2 : 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10kN/m의 수평하중 재하시

㉢ 원심하중(도.설.해 2.1.17)

곡선반경(R)	$CF = 0.79\times V^2/R$	$Pcf = Pr/E\times CF/100$	$Mcf = Pcf\times1.995$
160	17.775 %	13.207 kN/m	26.349kN·m

※ 원심하중은 교면상 1.8m 높이에 작용하는 것으로 한다.

㉣ 풍하중

방호벽 높이	P_w = 방호벽 높이×3.0	$M_w = P_w\times$작용높이
1.270m	3.810kN/m	3.162kN·m/m

㉤ 하중조합(도.설 2.2.3.2)

하중경우	고정하중	활 하 중	차량충돌하중	풍 하 중	원심하중	합 계(kN·m/m)
Case 1	1.30	2.15			1.30	4.75
Case 2	1.30	1.30	1.30		1.30	5.2
Case 3	1.30	1.30		0.65	1.30	4.55
Case 4	1.20		1.20	1.20		3.6
Case 5	1.30			1.30		2.6
Case 6	1.00	1.00		0.30	0.00	2.3
Case 7	1.00	1.00	0.00		0.00	2.0

③ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 109.8kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 290.0㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 60.0㎜	유 효 높 이	d = 230.0㎜

㉡ 검토결과

구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	290.0	60.0	H16@300 = 662.00 H19@300 = 955.00	109.8	118.702	O.K S.F=1.081

사 용 성 검 토	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	717.7㎜	150㎜	O.K

3) 중앙부

① 검토조건

단위중량(콘크리트)	단위중량(무근콘크리트)	설계속도	후륜하중(Pr)	곡선 반경(R)	비 고
25.000kN/㎥	23.500kN/㎥	60.0㎞/hr	96.000kN	160.000m	

② 하중산정

㉠ 고정하중

구 분	작용하중 (kN/㎡)	계산지간(L)	바닥판 지점수(n)	$M_d = (1/10)\times W_d \times L^2$
철근콘크리트	0.290 × 25.000 = 7.250	2.400m	4	4.853kN·m
포장	0.050 × 23.500 = 1.175			

㉡ 활하중(도.설 2.1.4)

i = 15/(40+L)	$M_{l+i} = (L+0.6)/9.6\times P_r \times (1+i)$	연속바닥판 Ml+i
0.354>0.300 ∴ i = 0.300	39.000kN·m/m	31.200 kN·m/m

③ 하중조합(도,설 2.2.3.2)

하중경우	고정하중	활 하 중	풍 하 중	원심하중	합 계(kN·m/m)
Case 1	1.30	2.15		1.30	4.75
Case 2	1.30	1.30		1.30	3.9
Case 3	1.30		1.30		2.6
Case 4	1.00	1.00	0.00	0.00	2.0

④ 단면력 검토

㉠ 검토조건

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27.0MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400.0MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 73.4kN·m	휨 강 도 감 소 계 수	Φ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 290.0㎜	부 재 폭	b = 1000.0㎜
인 장 피 복	d′ = 50.0㎜	유 효 높 이	d = 240.0㎜

㉡ 검토결과

구 분	폭(㎜)	높이(㎜)	피복(㎜)	사용철근량(㎟)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	결과
휨 검 토	1000.0	290.0	50.0	H16@150 = 1,324.00	73.4	102.844	O.K S.F=1.401

사 용 성 검 토	허용최대중심간격	최대중심간격	결과
	510.5㎜	150㎜	O.K

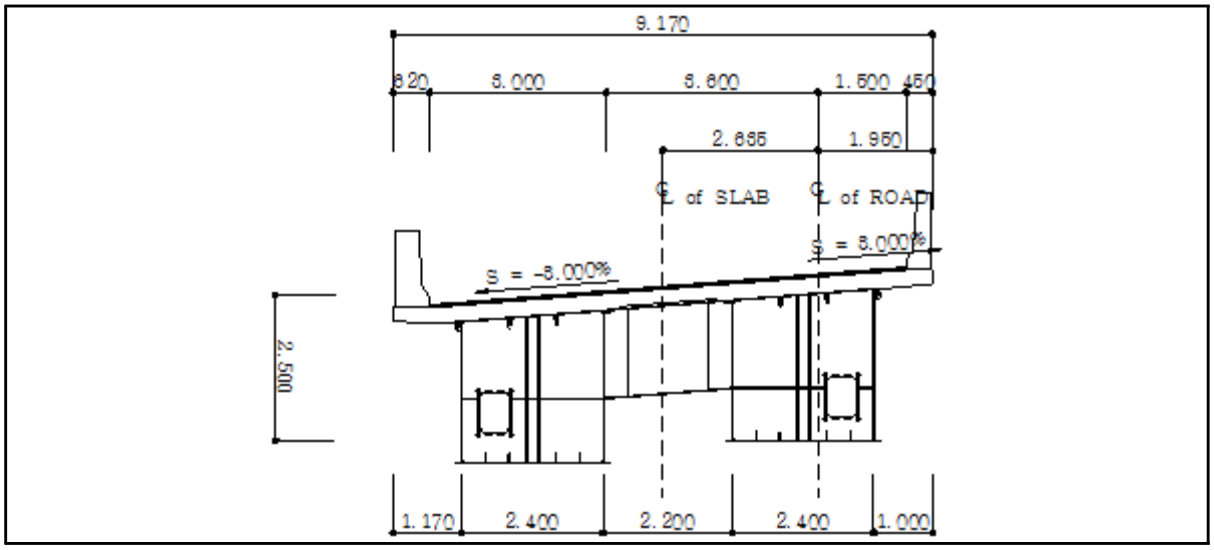
4) 바닥판 검토결과

【표 2.14.20】 바닥판 검토결과

구 분	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	안전율	최소안전율
좌측 켄틸레버부	109.8	118.702	1.081	1.081
중앙부	73.4	102.844	1.401	

라. 거더 검토

1) 해석단면



【그림 2.14.8】 해석단면

2) 하중산정

① 합성전 고정하중

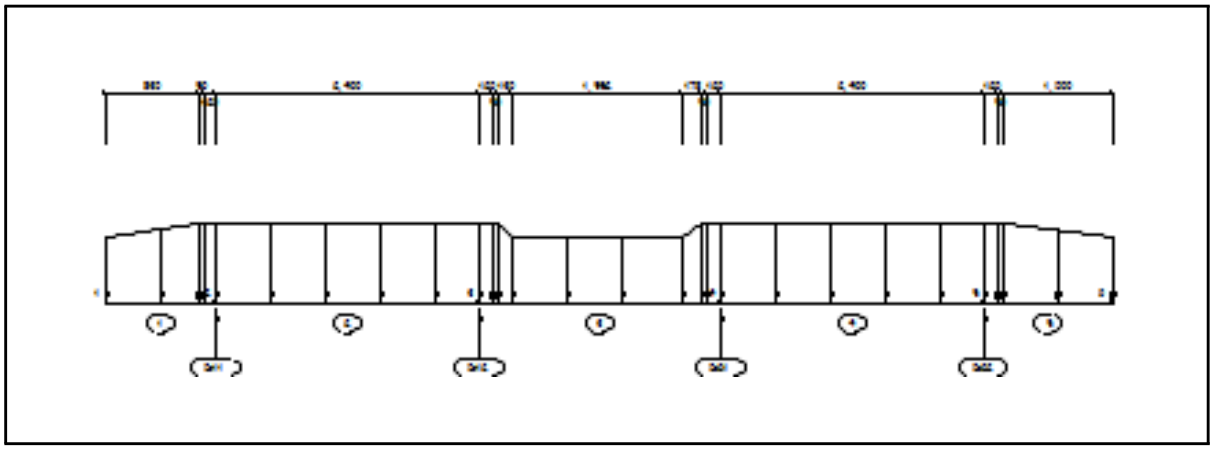
- 강재 자중 : 프로그램 내에서 자동 고려

- 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재 자중을 42.708% 할증 적용

- 총 강재중량 / 모델링 강재중량 = 5212.760kN / 3652.750kN = 1.42708

- 바닥판 자중

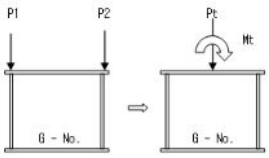
- 횡방향 하중분배(STA. 0k+564.420)



【그림 2.14.9】 바닥판 자중 횡방향 하중분배

하 중 명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		비 고
		위치(m)	하중(kN/m²)	위치(m)	하중(kN/m²)	
W1	1	0.000	-6.000	0.830	-7.250	분포하중
W2	1	0.830	-7.250	0.880	-7.250	분포하중
W3	1	0.880	-7.250	1.000	-7.250	분포하중
W4	2	0.000	-7.250	2.400	-7.250	분포하중
W5	3	0.000	-7.250	0.120	-7.250	분포하중
W6	3	0.120	-7.250	0.170	-7.250	분포하중
W7	3	0.170	-7.250	0.300	-6.000	분포하중
W8	3	0.300	-6.000	1.852	-6.000	분포하중
W9	3	1.852	-6.000	2.030	-7.250	분포하중
W10	3	2.030	-7.250	2.080	-7.250	분포하중
W11	3	2.080	-7.250	2.200	-7.250	분포하중
W12	4	0.000	-7.250	2.400	-7.250	분포하중
W13	5	0.000	-7.250	0.120	-7.250	분포하중
W14	5	0.120	-7.250	0.170	-7.250	분포하중
W15	5	0.170	-7.250	1.170	-6.000	분포하중

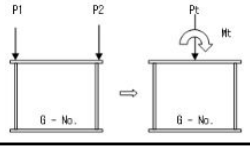
• 거더별 작용하중(Sta. 0+549.97)

구 분	거더폭 (m)	바닥판 자중				기호 정의
		P1 (kN/m)	P2 (kN/m)	Pt (kN/m)	Mt (kN · m)	
G1	2.400	26.536	28.391	54.927	2.226	
G2	2.400	26.575	29.686	56.261	3.733	

【그림 2.14.10】 합성전 고정하중(바닥판 자중) 재하도

② 합성후 고정하중

• 거더별 작용하중(Sta. 0+549.97)

구 분	거더폭 (m)	바닥판 자중				기호 정의
		P1 (kN/m)	P2 (kN/m)	Pt (kN/m)	Mt (kN · m)	
G1	2.400	15.647	-0.420	15.227	-19.280	
G2	2.400	-3.984	21.625	17.641	30.731	

③ 활하중

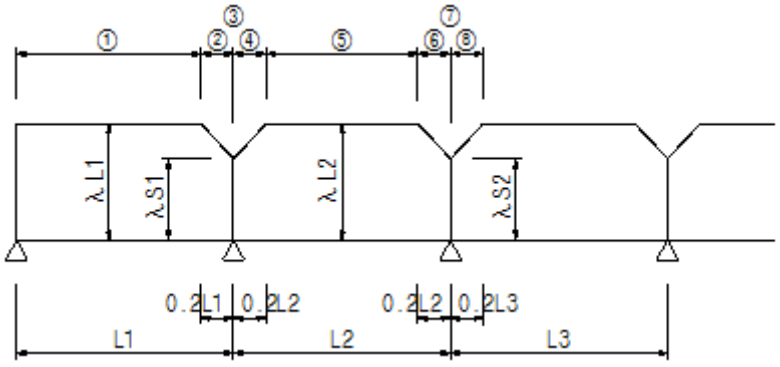
<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="4">활 하 중</th></tr>
<tr><td>• 교 폭</td><td colspan="4">• 9.170m</td></tr>
<tr><td>• 지간장(L)</td><td colspan="4">• 39.450m+40.000m+60.000m+39.450m</td></tr>
<tr><td>• 연석간 교폭(W_c)</td><td colspan="4">• 8.100m</td></tr>
<tr><td>• 설계 차로수(N)</td><td colspan="4">• 6.0 ≤ W_c < 9.1 m ∴ 2차로 재하</td></tr>
<tr><td>• 설계 차로폭(W)</td><td colspan="4">• 8.100m / 2 = 4.050m > 3.600m 이므로, ∴ W = 3.600m
→ 설계차로폭 W=3.0m</td></tr>
<tr><td rowspan="4">• 충격계수(i)</td><td colspan="4">• 제1지간 15/(40+40.200) = 0.189 < 0.3 ∴ i = 0.189 적용</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 제2지간 15/(40+40.000) = 0.188 < 0.3 ∴ i = 0.188 적용</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 제3지간 15/(40+60.000) = 0.150 < 0.3 ∴ i = 0.150 적용</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 제4지간 15/(40+40.100) = 0.189 < 0.3 ∴ i = 0.189 적용</td></tr>
<tr><td rowspan="4">• 활하중 크기</td><td colspan="2">표준차로하중(DL-24)</td><td colspan="2">표준트럭하중(DB-24)</td></tr>
<tr><td>P_m</td><td>36.0kN</td><td>P_f</td><td>24 kN</td></tr>
<tr><td>P_s</td><td>52.0kN</td><td>P_r</td><td>96 kN</td></tr>
<tr><td>W_ℓ</td><td>4.23kN/m</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>• 재하방법</td><td colspan="4">• 해석프로그램의 이동하중해석 기능을 사용
• DB-24, DL-24
• DB-24, DL-24하중에 대하여 독립적으로 1~2개 차로에 경간별로 가장 불리한 부재력이 산출되도록 재하
• 각 CASE별 하중재하도 및 각 거더별 작용하중은 부록 참조.</td></tr>
</table>

3) 플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

전단지연(Shear Lag) 현상의 영향으로 인한 플랜지 및 바닥판의 유효폭은 다음과 같으며, 단면응력 검토 시 적용하였다.(상세한 계산과정은 부록 참조)

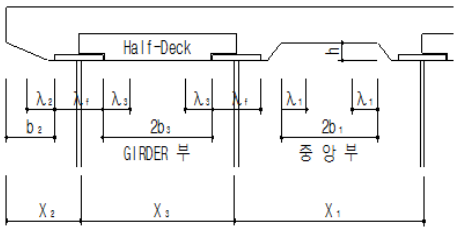
① 플랜지 유효폭

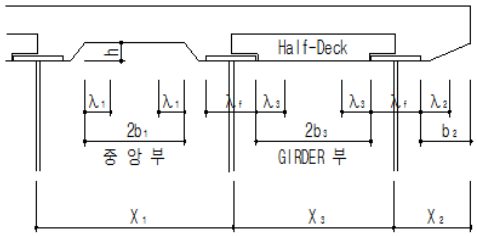
【표 2.14.21】 플랜지의 유효폭 산정

구 분	플랜지(m)		비 고
	상부	하부	
제1지간 중앙부	2.640	2.640	 상부 : 복부간격 2b = 2.400m , 플랜지돌출폭 be = 0.120m 하부 : 복부간격 2b = 2.400m , 플랜지돌출폭 be = 0.120m L1 = 39.450m, L2 = 40.000m, L3 = 60.000m, L4 = 39.450m
제1중간 지점부	2.266	2.266	
제2지간 중앙부	2.640	2.640	
제2중간 지점부	2.362	2.362	
제3지간 중앙부	2.640	2.640	
제3중간 지점부	2.360	2.360	
제4지간 중앙부	2.640	2.640	

② 바닥판 유효폭

【표 2.14.22】 바닥판의 유효폭 산정

구 분	바닥판(m)
	G1
개 요	 X_1=2.200m, X_2=1.000m, h=0.050m, b_e=0.120m
제1지간 중앙부	4.500
제1중간 지점부	3.931
제2지간 중앙부	4.500
제2중간 지점부	4.085
제3지간 중앙부	4.500
제3중간 지점부	4.082
제4지간 중앙부	4.500

구 분	바닥판(m)
	G2
개 요	 X_1=2.200m, X_2=1.170m, h=0.000m, b_e=0.120m
제1지간 중앙부	4.670
제1중간 지점부	4.053
제2지간 중앙부	4.670
제2중간 지점부	4.218
제3지간 중앙부	4.670
제3중간 지점부	4.215
제4지간 중앙부	4.670

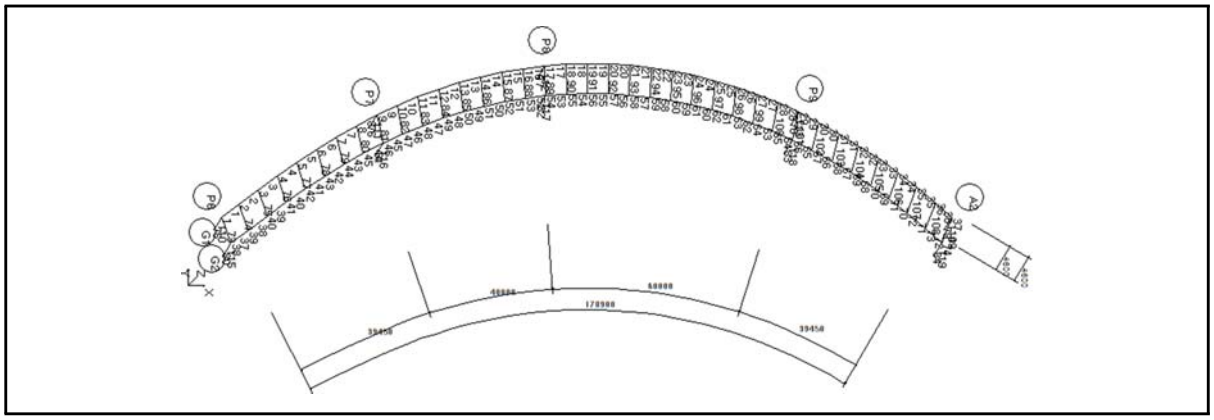
4) 모델링 및 단면 제정수

① 모델링

본 교량의 구조해석은 시공단계를 고려하기 위해 구조해석 모델을 합성전과 합성후로 구분하여 실시하였다. 합성전 모델링시 강박스 거더와 세로보 및 가로보는 보요소(Frame Element)를 사용한 격자형태로 모델링하였으며, 강재(강박스 거더, 세로보 및 가로보) 및 바닥판의 자중을 하중으로 고려하였다.

합성후 모델링은 바닥판 상부에 작용하는 하중을 실제 교량의 하중조건과 비교적 정확히 모사하기 위해 강박스 거더와 세로보 및 가로보는 보요소(Frame Element)로, 바닥판은 판요소(Plate Element)를 사용하여 3차원으로 모델링하였으며, 바닥판과 강재(강박스 거더, 세로보 및 가로보)의 도심 사이를 강체요소(Rigid Element)로 연결하였다. 또한, 시공단계별로 대상교량의 실제 강성과 최대한 근접할 수 있도록 모델링하였으며, 기타 세부내용은 다음과 같다.

- 합성전 모델링 시 바닥판 콘크리트는 단면의 강성에 기여하는 바 없이 고정하중만을 추가시키는 역할만을 함으로 바닥판에 의한 횡분배 효과는 고려하지 않는 것으로 하였다. 활하중은 해석프로그램 내의 이동하중해석 기능을 사용하였으며 도로교 설계기준을 참조하여 가장 불리한 하중조합이 되도록 설정하였다.
- 경계조건은 현장조사 시 확인된 각 지점의 가동, 고정 상태를 고려하여 설정하였다.



【그림 2.14.11】 해석모델링(상부구조)

5) 구조해석 결과

① 단면력 산정결과

판요소와 보요소를 합성시킨 합성후 모델(합성후 고정하중, 활하중 등)에서 산출된 휨모멘트는 해당 휨모멘트 발생시 동시에 발생되는 축력(우력모멘트)을 고려한 값이며, 아래 표와 같다.

㉠ 중앙부 정모멘트부

【표 2.14.23】 중앙부 정모멘트부 단면력 산정결과

구 분		합 성 전 고정하중	합 성 후 고정하중	활하중 (충격포함)	합 계
G1	휨모멘트(kN · m)	1,699.410	662.729	1,382.770	3,744.909
	전단력(kN)	-607.712	-244.143	-563.475	-1,415.330
	비틀림모멘트(kN · m)	-224.516	-24.272	-587.356	-836.144
G2	휨모멘트(kN · m)	2,698.590	987.299	3,351.790	7,037.679
	전단력(kN)	625.040	265.467	515.187	1,405.694
	비틀림모멘트(kN · m)	482.504	46.769	852.959	1,382.232

㉡ 지점부 부모멘트부

【표 2.14.24】 지점부 부모멘트부 단면력 산정결과

구 분		합 성 전 고정하중	합 성 후 고정하중	활하중 (충격포함)	합 계
G1	휨모멘트(kN · m)	-3,216.420	-1,622.240	-4,175.450	-9,014.110
	전단력(kN)	594.186	236.267	582.416	1,412.869
	비틀림모멘트(kN · m)	-67.572	-113.917	-455.220	-636.709
G2	휨모멘트(kN · m)	-3,526.680	-1,589.480	-3,639.330	-8,755.490
	전단력(kN)	952.620	430.484	731.332	2,114.436
	비틀림모멘트(kN · m)	184.786	34.406	682.539	901.731

6) 강박스 거더의 응력 검토

강박스 거더에 대한 응력검토는 내·외측경간 최대 정모멘트부 및 지점부 최대 부모멘트부 단면에 대하여 실시하였으며, 이에 대한 상세 검토결과는 부록에 첨부하였다.

하중종류1	합성전 고정하중	하중종류5	크리프
하중종류2	합성후 고정하중	하중종류6	건조수축
하중종류3	활하중	하중종류7	온도차

① 중앙부 정모멘트부

㉠ G1(단면-1)

• 휨응력

【표 2.14.25】 외측경간 정모멘트부 휨응력 검토결과

하중조합	휨 응 력								안전율	
	작용응력(MPa)				허용응력(MPa)					
	Concrete		Steel		Concrete		Steel			
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			23.659	-25.742			208.042	215.000	8.793	8.352
1+2+3	1.025	0.155	24.215	-47.662	10.800	10.800	215.000	215.000	8.879	4.511
1+2+3+5	0.860	0.232	25.956	-47.992	10.800	10.800	247.250	215.000	9.526	4.480
1+2+3+5+6	0.319	-0.814	58.423	-54.617	10.800	1.890	247.250	215.000	4.232	3.937
1+2+3+5+6+7	0.438	-1.504	76.458	-57.484	12.420	2.174	279.500	247.250	3.656	4.301
1+2+3+5+6-7	0.200	-0.124	40.388	-51.750	12.420	2.174	279.500	247.250	6.920	4.778

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

• 전단 및 비틀림

$$\nu = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + M_{st}/(2\,F\,t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2\,F_v\,t_w)$$

$$= 45.7\,\mathrm{MPa} \quad < \quad \nu_a = 125.000\,\mathrm{MPa} \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

• 합성응력의 검토

- 상연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{76.458}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{45.693}{125.000}\right)^2 = 0.075 + 0.134 = 0.208 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

- 하연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{-54.617}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{45.693}{125.000}\right)^2 = 0.065 + 0.134 = 0.198 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

㉡ G2(단면-13)

• 휨응력

【표 2.14.26】 외측경간 정모멘트부 휨응력 검토결과

하중조합	휨 응 력								안전율	
	작용응력(MPa)				허용응력(MPa)					
	Concrete		Steel		Concrete		Steel			
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			30.756	-26.503			208.042	215.000	6.764	8.112
1+2+3	2.191	1.380	39.514	-61.025	10.800	10.800	215.000	215.000	5.441	3.523
1+2+3+5	1.819	1.199	41.389	-58.463	10.800	10.800	247.250	215.000	5.974	3.678
1+2+3+5+6	-0.221	-0.806	54.754	-39.423	1.890	1.890	247.250	215.000	4.516	5.454
1+2+3+5+6+7	-1.854	-2.371	67.230	-23.332	2.174	2.174	279.500	247.250	4.157	10.597
1+2+3+5+6-7	1.412	0.759	42.279	-55.515	12.420	12.420	279.500	247.250	6.611	4.454

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

• 전단 및 비틀림

$$\nu = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + M_{st}/(2\,F\,t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2\,F_v\,t_w)$$

$$= 45.6\,\mathrm{MPa} \quad < \quad \nu_a = 125.000\,\mathrm{MPa} \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

• 합성응력의 검토

- 상연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{67.230}{279.500}\right)^2 + \left(\frac{45.622}{125.000}\right)^2 = 0.058 + 0.133 = 0.191 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

- 하연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{-61.025}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{45.622}{125.000}\right)^2 = 0.081 + 0.133 = 0.214 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

② 지점부 부모멘트부

㉠ G-1 (단면-7)

• 휨응력

【표 2.14.27】 지점부 부모멘트부 휨응력 검토결과

하중조합	휨 응 력								안전율	
	작용응력(MPa)				허용응력(MPa)					
	RE-BAR		Steel		RE-BAR		Steel			
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			-39.562	33.377			215.000	188.814	5.435	5.657
1+2+3	-53.759	-46.564	-82.117	87.903	160.000	160.000	215.000	188.814	2.618	2.148
1+2+3+5	-59.582	-52.341	-87.868	82.778	160.000	160.000	215.000	188.814	2.447	2.281
1+2+3+5+6	-39.741	-32.678	-68.305	99.925	160.000	160.000	215.000	188.814	3.148	1.890
1+2+3+5+6+7	-38.535	-31.624	-42.736	123.446	184.000	184.000	247.250	217.136	5.786	1.759
1+2+3+5+6-7	-40.946	-33.732	-93.875	76.403	184.000	184.000	247.250	217.136	2.634	2.842

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

• 전단 및 비틀림

$$\nu = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + M_{st}/(2\,F\,t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2\,F_v\,t_w)$$

$$= 37.4\,\mathrm{MPa} \quad < \quad \nu_a = 125.000\,\mathrm{MPa} \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

• 합성응력의 검토

- 상연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{-87.868}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{37.415}{125.000}\right)^2 = 0.167 + 0.090 = 0.257 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

- 하연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{123.446}{217.136}\right)^2 + \left(\frac{37.415}{125.000}\right)^2 = 0.323 + 0.090 = 0.413 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

㉡ G-2 (단면-5)

• 휨응력

【표 2.14.28】 지점부 부모멘트부 휨응력 검토결과

하중조합	휨 응 력								안전율	
	작용응력(MPa)				허용응력(MPa)					
	RE-BAR		Steel		RE-BAR		Steel			
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			-43.468	40.391			215.000	188.814	4.946	4.675
1+2+3	-51.003	-43.772	-83.212	94.958	160.000	160.000	215.000	188.814	2.584	1.988
1+2+3+5	-55.270	-48.230	-87.776	87.905	160.000	160.000	215.000	188.814	2.449	2.148
1+2+3+5+6	-42.293	-34.562	-73.723	110.976	160.000	160.000	215.000	188.814	2.916	1.701
1+2+3+5+6+7	-47.268	-38.944	-53.175	139.252	184.000	184.000	247.250	217.136	4.650	1.559
1+2+3+5+6-7	-37.318	-30.179	-94.270	82.699	184.000	184.000	247.250	217.136	2.623	2.626

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

• 전단 및 비틀림

$$\nu = (S_s + S_{sc} + S_v)/A_w + M_{st}/(2F\,t_w) + (M_{sct} + M_{vt})/(2F_v\,t_w)$$

$$= 58.0\,\mathrm{MPa} \quad < \quad \nu_a = 125.000\,\mathrm{MPa} \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

• 합성응력의 검토

- 상연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{-87.776}{215.000}\right)^2 + \left(\frac{57.951}{125.000}\right)^2 = 0.167 + 0.215 = 0.382 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

- 하연

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 = \left(\frac{139.252}{217.136}\right)^2 + \left(\frac{57.951}{125.000}\right)^2 = 0.411 + 0.215 = 0.626 \ < \ 1.2 \quad \therefore \ \mathrm{O.K}$$

7) 강박스 거더의 안전성 검토결과

① 휨응력

【표 2.14.29】 강박스 거더의 휨응력 검토결과

구 분		휨 응 력				안전율		검토결과
		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)				
		상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	
중앙부 정모멘트부	G1	76.458	-54.617	279.500	215.000	3.656	3.937	O.K
	G2	67.230	-61.025	279.500	215.000	4.157	3.523	O.K
지점부 부모멘트부	G1	-87.868	123.446	215.000	217.136	2.447	1.759	O.K
	G2	-87.776	139.252	215.000	217.136	2.449	1.559	O.K

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

② 전단응력

【표 2.14.30】 강박스 거더의 전단응력 검토결과

구 분		전 단 응 력		안전율	검토결과
		작용응력(MPa)	허용응력(MPa)		
중앙부 정모멘트부	G1	45.7	125.000	2.735	O.K
	G2	45.6	125.000	2.741	O.K
지점부 부모멘트부	G1	37.4	125.000	3.342	O.K
	G2	58.0	125.000	2.155	O.K

허용응력법에 의한 강박스 거더의 응력 검토결과, 거더 상·하연에 발생되는 최대응력은 허용응력 이내로 검토되었으며, 강박스 거더는 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

마. 안전성평가 결과

1) 바닥판

강도설계법에 의한 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 "A"로 검토되었다.

구 분		φMn(kN · m)	Mu(kN · m)	계산식	판정
바닥판	켄틸레버	118.702	109.8	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{118.702}{109.8} = 1.081$	O.K
	중 앙 부	102.844	73.4	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{102.844}{73.4} = 1.401$	O.K

2) 거더

허용응력설계법 및 강도설계법에 의한 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 "A"로 검토되었다.

【표 2.14.31】 거더의 안전성 평가 결과

구 분		계산식	판정	비고
강박스 거더	휨응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{217.136}{139.252} = 1.559$	O.K	MPa
	전단응력	$\frac{f_a}{f} = \frac{125.000}{58.000} = 2.155$	O.K	MPa
	합성응력	$\left(\frac{139.252}{217.136}\right)^2 + \left(\frac{58.000}{125.000}\right)^2 = 0.627 < 1.2$	O.K	

14.5.7 내하력 평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

가. 개요

1) 강도설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서, ϕM_n = 설계휨강도 M_d = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$ = 설계활하중에 의한 모멘트

γ_d = 고정하중 계수 (1.30) γ_ℓ = 활하중 계수 (2.15)

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수 P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24)

2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서, f_ℓ = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

f_a = 재료의 허용응력 f_d = 고정하중 응력

② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서, K_s = 응력 보정계수

P_ℓ = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

나. 기본내하율 산정

【표 2.14.32】 강박스 거더 기본내하율(허용응력법) 산정결과

구 분		정모멘트부				부모멘트부(내측경간)				비 고
		허용 응력	고정하중 응력	활하중 응력	내하율 (R.F)	허용 응력	고정하중 응력	활하중 응력	내하율 (R.F)	
G1	상연	208.042	23.860	0.376	489.846	215.000	51.962	30.648	5.320	
	하연	215.000	33.654	14.818	12.238	188.814	49.266	39.269	3.554	
G2	상연	208.042	32.827	6.765	25.900	215.000	56.279	27.662	5.738	
	하연	215.000	34.668	26.667	6.762	188.814	57.980	37.979	3.445	

다. 내하력평가 결과

【표 2.14.33】 강박스 거더의 공용내하력(허용응력법) 산정결과

구 분		기본내하율 (R.F)	응답보정계수 (K_s)	공용내하율 (K_s×RF)	공용내하력
외측거더 (G1)	상연	5.320	1.526	8.118	DB-24 이상
	하연	3.554	1.526	5.423	DB-24 이상
외측거더 (G2)	상연	5.738	1.418	8.136	DB-24 이상
	하연	3.445	1.418	4.885	DB-24 이상
결 과 분석		• 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨.			

14.6 종합평가 및 안전등급

14.6.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

오창JCT Ramp-D교의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.14.34】 종합평가 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.100	A	
안전성평가	S.F = 1.0이상	A	설계내하력 이상확보
종합평가 결과	**A등급**		

14.6.2 안전등급 지정

오창JCT Ramp-D교에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.14.35】 오창JCT Ramp-D교 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	오창JCT Ramp-D교	A등급(우수)

14.7 종합결론

오창JCT Ramp-D교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

제3편 유지관리편

제1장 보수 및 유지관리 방안

제1장 보수 및 유지관리 방안

1.1 보수 방안

1.2 유지관리 방안

제1장 보수 및 유지관리방안

1.1 보수방안

1.1.1 개 요

모든 구조물은 시간이 경과함에 따라 여러가지 원인에 의해 손상이나 결함이 발생하게 되고, 작은 결함이라도 그대로 방치해 두면 점진적으로 발전하여 대형사고의 원인이 될 수도 있다. 따라서, 구조물에 대한 보수·보강은 구조물의 기능성 및 안전성을 유지하고 필요에 따라 그 기능의 강화를 도모하기 위해 실시하여야 한다.

가. 보수 방안수립에 따른 검토사항

점검시 조사된 손상에 대하여 보수 방안수립 시 외관조사, 내구성조사, 구조검토, 상태평가 및 안전성평가 결과 등을 종합적으로 검토하고 시공성, 경제성 등을 고려하여 적합한 재료와 보수공법을 선정하여야 하며, 그에 따라 보수의 우선순위 선정은 결함, 손상, 열화의 상태, 구조적 안전성, 사용성 및 내구성 등을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

나. 보수·보강 필요성 판단

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

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

1.1.2 보수방안

구조물에 대한 보수는 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수의 수준을 정한다.

통상 보수는 구조물에 작용한 위해요인에 의해 발생된 구조물의 손상을 치유하는 것을 말하며, 보수를 위해서는 현장조사결과와 상태평가 결과 등을 정밀검토한 후에 보수의 필요성, 공법 및 그 수준을 정한다.

1.2 유지관리방안

유지관리란 시설물의 내용연수 내에 그 기능을 보존하고 이용자의 편의나 안전을 도모하기 위한 목적으로 일상정비하고 손상된 부분을 원상태로 보수하여 최초에 정비된 상태로 유지함과 아울러 시간의 경과에 따른 시설의 개량을 행하는 것이다. 따라서, 여기에는 시설물의 갱신이나 개량은 포함되지 않는다. 여기서 유지관리의 기본개념을 정리하면 다음과 같다.

【표 3.1.1】 유지관리의 기본개념

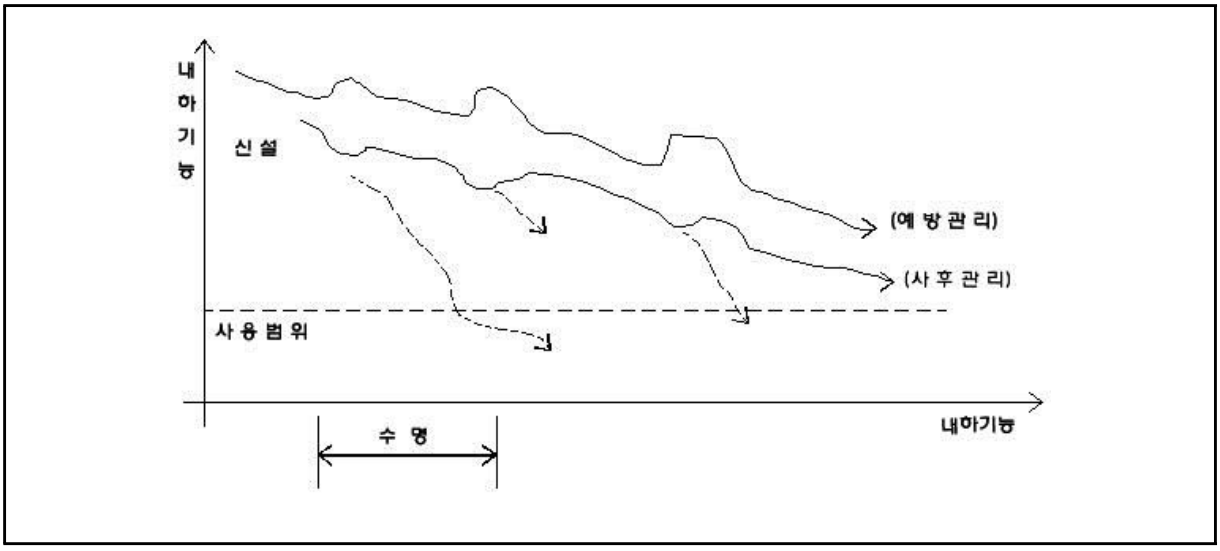
구 분			내 용
유지관리	점검·검사		• 정기점검, 이상시 점검을 주체로 하며 이에 동반되는 관리업무
	평 가		• 점검 결과에 따라 시설의 건전도를 평가하여, 보수의 필요성을 판단하는 것
	유지보수	유지	• 시설물의 물리적 노후도의 진행이나 기능저하를 허용한계 이내로 멈추게 하기 위한 행위
		보수	• 물리적·기능적으로 노후화된 시설물을 부분적 수리하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위
		보강	• 외력에 의하여 파손된 시설물을 부분적으로 보수하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위
갱신 · 교체			• 물리적·기능적으로 노후화된 시설물이나 이상한 외력에 의하여 파손된 시설물을 전면적으로 수리하여 원래의 기능과 구조물로 회복시키는 행위
개 량			• 당초 계획했던 기능을 능가하는 기능을 갖출 수 있는 구조로 개량하는 행위

1.2.1 시설물 유지관리

시설물의 유지관리란 시설물의 기능을 보존하고 시설물 이용자의 편의와 안전을 도모하기 위하여 시설물의 순찰, 안전점검, 일상점검 및 손상된 부분의 원상회복과 보수보강을 통하여 공용수명 기간 중 안전한 사용 및 시설물의 기능을 다하도록 하기 위한 제반활동 및 과정을 말한다.

유지관리는 크게 사후 유지관리(Breakdown Maintenance)와 예방 유지관리(Preventive Main tenance)로 구분할 수 있다. 사후 유지관리는 문제가 발생된 후 보수 또는 보강하는 방식이고, 예방 유지관리는 문제발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견해 적절한 조치를 취함으로서 문제발생을 예방하는 방식이다.

과거에는 보통 사후 유지관리가 대부분이었으나, 현재는 진단기술 및 장비가 발달되어 예방 유지관리를 지향하고 있다. 토목구조물은 옥외에 설치된 경우가 대부분이고, 장기간에 걸쳐 내하력·내후성·내구성·내진성 등의 기능을 확보해야 하므로 손상 초기단계에서 조치를 취하는 예방 유지관리 방식이 보다 경제적이고 유리할 것으로 판단된다.



【그림 3.1.1】 구조물 시간경과에 따른 내하성능 저하

가. 방치하는 방법 :

손상을 방치하면 기능저하에 의한 손상이 더욱 진행되고, 또는 다른 손상을 유발시키는 등 기능저하가 가속되어 결국 공용기능을 상실한다.

나. 손상진행 후에 보수하는 방법 :

손상이 경미하게 진행한 시점에 보수하여 기능회복을 도모하면 내용년수를 연장 할 수 있지만, 손상의 진행이 현저하면 기능회복이 어렵게 되고 기능회복 비용이 커진다.

다. 손상초기에 조치를 취하는 방법 :

손상의 초기단계에 조치를 취하면 비교적 적은 비용으로 간단히 기능을 회복할 수 있고, 교량은 항시 건전한 상태를 유지하고, 내용년수를 연장할 수 있다.

따라서 손상의 초기단계에 조치를 취하여 비교적 적은 비용으로 간단히 기능을 회복하게 되면 구조물은 항시 건전한 상태를 유지하고, 공용년수를 연장할 수 있다.

1.2.2 시설물 진단 및 점검

가. 개 요

【표 3.1.2】 시설물 진단 및 점검개요

목 적	• 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 물리적·기능적 결함 및 내재 되어있는 위험요인을 발견하고, 이에 대한 신속하고 적절한 조치 및 보수·보강 방법을 제시하여 시설물의 안전을 확보
준비사항	• 적절한 계획 수립, 조사·시험 항목의 선정, 경험과 기술을 갖춘 기술인력과 소요 장비 • 각 시설물에 대한 특수한 구조적 특성 검토, 최신 기술과 실무 경험의 적용

나. 안전점검 및 정밀안전진단의 내용

【표 3.1.3】 점검 및 진단의 내용

구 분	점검주기	점 검 내 용	조 치 사 항
정기점검	반기 1회	• 세심한 육안검사로써 시설물의 기능적 상태 점검	• 중대한 결함 발견시 법제11조 규정에 따라 즉시 관계 행정기관의장에게 통보 • 긴급점검 또는 정밀안전진단 실시
정밀점검	A등급 : 1회/3년 B·C등급 : 1회/2년 D·E등급 : 1회/1년	• 면밀한 육안검사와 간단한 측정·시험장비로 필요한 측정 및 시험을 실시 • 시설물 전체에 대한 상태평가 등급을 평가하며, • 결함부위등 주요 부위에 대한 외관 조사망도 작성 등 • 수중조사(4년/1회)	• 중대한 결함 발생시 해당 부위에 대하여 안전성 평가 실시 • 결함이 광범위한 경우 관리주체는 법제7조제1항의 규정에 의하여 정밀안전진단 실시
정밀 안전진단	A등급 : 1회/6년 B·C등급 : 1회/5년 D·E등급 : 1회/4년	• 정밀한 근접 육안검사 및 각종 측정·시험장비에 의한 측정·시험을 실시 • 시설물의 결함 정도에 따라 구조물의 내하력 등 안전성 평가를 실시하며 이를 위하여 필요한 조사, 특정, 시험, 구조계산. 수리해석 등을 실시하고 분석·검토를 하여 안정성 평가 등급을 결정	• 검사결과 보수·보강이 필요한 경우에는 보수·보강방법 제시

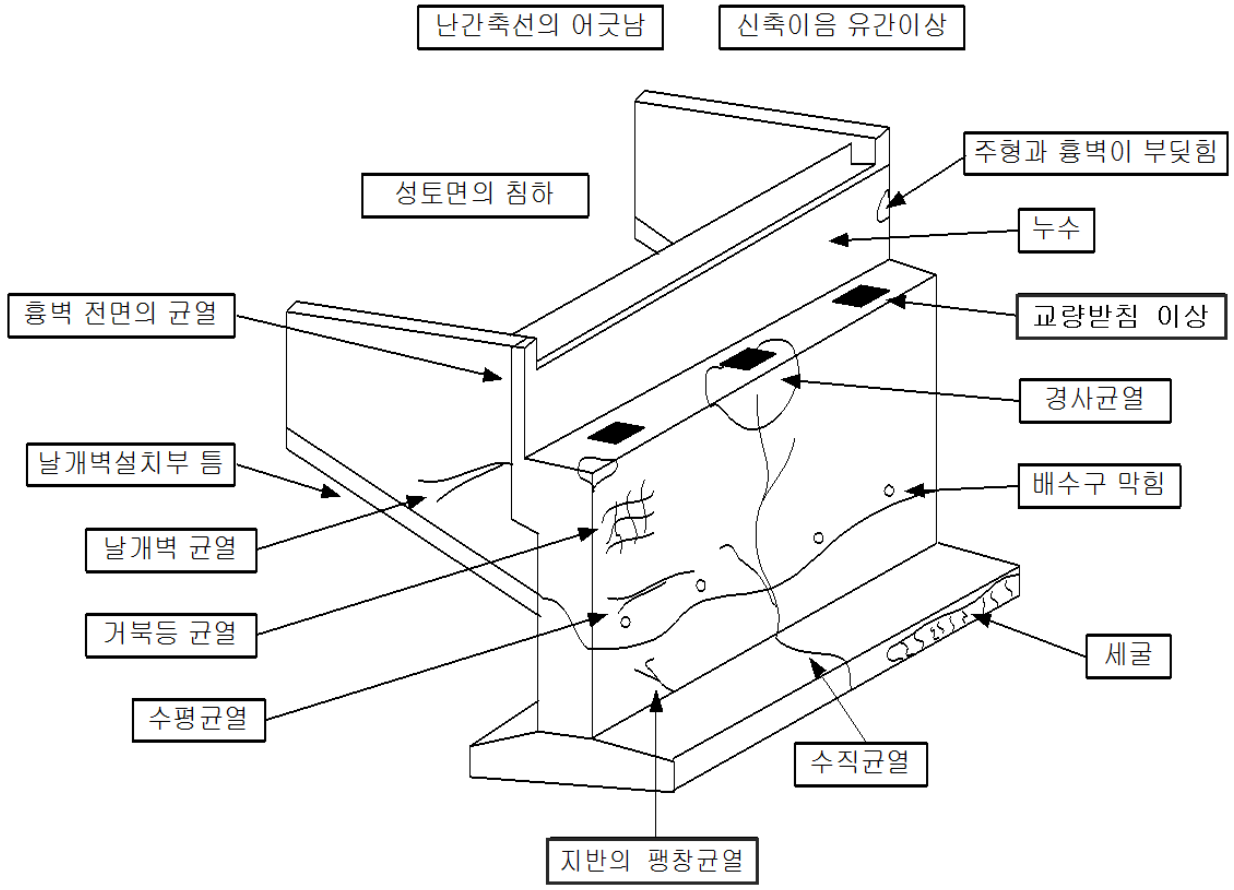
1.2.3 향후 주요점검 항목

(1) 교량 구조물

가. 교 대

교대의 손상은 건설 당시의 초기침하 및 콘크리트의 균열로서 나타나고 시간이 경과함에 따라 기상작용과 교통하중의 장기적인 노후화 요인에 의하여 노후화되는 양상을 보인다. 일반적으로 지반침하, 이동, 부등침하로 인한 수직균열, 표면노후화, 수위면의 부식, 받침부의 박락 등의 손상이 관찰되며 또한 대부분의 경우 단면이 매우 큰 구조물이므로 시공시 매스콘크리트에 관련한 시공조건을 충족치 않은 경우 수화열, 건조수축, 균열 등의 손상을 입기가 매우 쉬운 구조체이다. 또한 부유물에 의한 충돌손상이 발생하는 경우가 많다. 기초는 상부하중을 직접 혹은 파일을 통하여 지반으로 전달하는 중요 부위이다. 이와 같은 기초부는 교대와 교각에 공통적으로 적용된다. 특히 기초지반의 지지력이 부족하여 지속적인 침하가 발생하면 받침본체, 받침부 콘크리트, 혹은 옹벽이 파괴되어 주형에 좌굴이 발생하기도 한다. 기초부에 발생 가능한 손상은 기초침하, 부등침하, 경사, 균열, 기초의 근입깊이 부족, 강도부족 등이 있다. 교대의 손상유형은 다음과 같다.

1) 주요 손상유형



2) 중점 유지관리 항목

교대는 변형이 상당히 발달되어 구조물 전체에 변위가 생기기 전에는 교대의 손상유무를 눈으로 확인하기가 어렵다. 따라서 주의 깊게 점검을 해야한다.

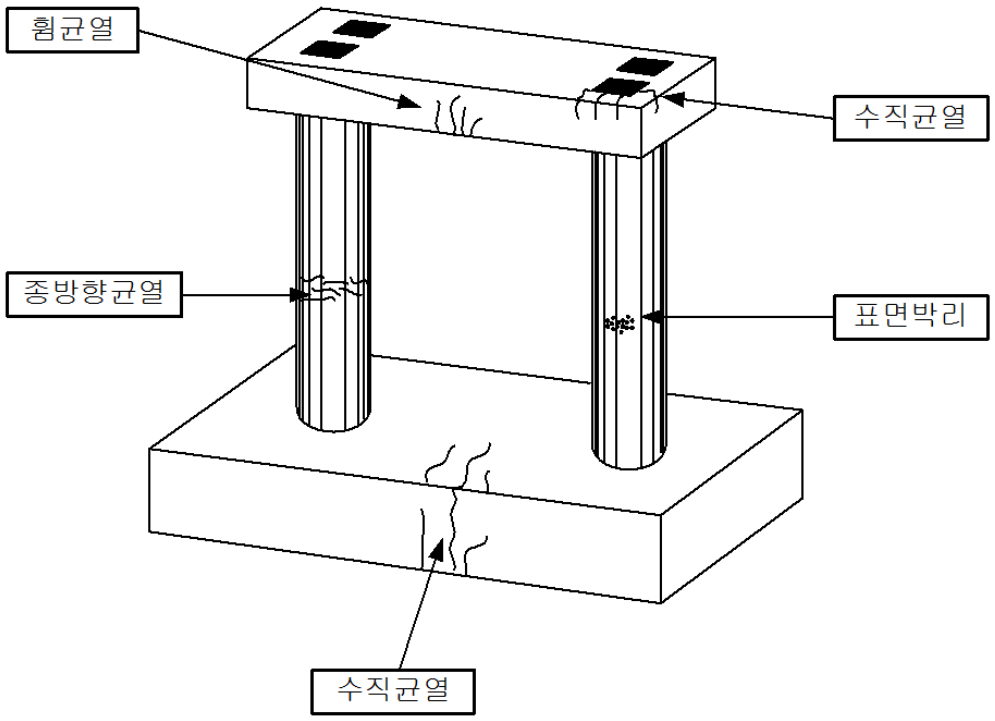
【표 3.1.4】 교대의 중점 유지관리 항목

구 분		조 사 항 목
기초	지 반	• 세굴, 융기, 이동
	호 안	• 침하, 이동, 유실 • 모르타르 이음부의 균열, 치장줄눈의 상태 • 침식, 공동현상, 균열재료의 노후화 상태 및 기타
	본 체	• 침식, 침하, 이동, 경사
교대상부		• 균열, 박락, 철근노출 및 부식 • 백태현상, 변색, 노후화, 골재분리. 누수, 체수 • 수평, 수직이동
보강토옹벽		• 이음부의 균열, 치장줄눈의 상태 • 침식, 공동현상, 석질의 노후화
날 개 벽		• 균열, 박락, 철근노출 및 부식 • 백태현상, 층분리, 변색, 노후화, 골재분리. 누수, 체수 • 최전 이동 및 침하의 흔적
배수시설		• 적절기능 유지, 토사 및 먼지의 유입여부

나. 교 각

교각의 구조적 특성 및 손상은 교대와 유사하다. 교각의 손상유형은 다음과 같다.

1) 주요 손상유형



2) 중점 유지관리 항목

- 휨 균 열 : 내하력의 저하 또는 공용하중의 초과로 발생
- 전단균열 : 내하력의 저하 또는 공용하중의 초과로 발생
- 교각두부파손 : 받침장치 결함으로 인한 교각두부파손, 거더단부의 접촉에 의한 교각두부파손

다. 교량 각 부위

대상 교량 각 부위의 중점 유지관리 사항은 다음과 같다.

【표 3.1.5】 각 부위의 중점 유지관리 항목

구 분	점검부위	주요 점검항목
상부	교면포장	• 포장면의 균열, 마모, 함몰, 단차 및 요철발생 • 포장이음면 틈새를 통해 우수침투에 의한 파손발생
	난간, 연석, 방호벽	• 건조수축 균열부의 백태 및 누수 및 추가적 진전여부 • 충격에 의한 손상 및 회전의 흔적
	배수시설	• 배수기능상태 • 배수구 주위파손 • 배수관침식 또는 부식 • 관의 파손
	바닥판	• 바닥판 헌치부 미세균열의 진전 및 추가적 발생사항 • 바닥판 하면의 백태 및 누수의 추가적 발생여부
	거 더	• 받침부 : 부스러짐, 복부 사인장균열, 연속교 상단 휨균열 • 중앙부 : 휨균열, 거더처짐, 쉬스관 노출 및 파손, 강선방향 균열
	교량 받침	• 고무재 균열 및 찌그러짐, 부풀음, 압출의 발생여부 • 계절변화에 따른 온도변화 및 활하중 등에 의한 상부하중 작용시 받침의 가동기능 및 여유량 확보 여부
	신축이음 장치	• 신축이음 본체 및 후타재의 파손 및 변형발생 • 신축이음장치의 유간을 통한 누수발생여부
하부	교 대	• 벽체면의 수직균열 발생여부
	교 각	• 벽체면의 수직균열 발생여부
	기 초	• 유수에 의한 세굴발생 및 상부 하중 및 기초지반의 변위에 따른 편기 및 침하 발생여부

1.2.4 점검자 안전수칙

시설물의 점검책임자는 시설물 점검시 안전수칙을 준수하여 본인, 동료 및 시민에게 안전사고가 발생하지 않도록 각별히 유의하여야 한다.

가. 안전사고의 주요 원인

1) 교통사고

- 통행차량의 과속에 의한 사고
- 점검자의 도로횡단시 사고
- 차량 현장 이동시 교통사고

2) 추락 및 낙하사고

- 점검중 사다리에서 추락, 낙하
- 점검장비 및 기기 낙하에 의한 사고

3) 전도 및 충돌

- 어두운 장소의 점검시에 신체의 전도 및 충돌

4) 감전사고

- 조명시설이나 각종 케이블 절선에 따른 누전에 의한 감전

5) 유해물질 흡입, 질식에 의한 사고

- 산소부족으로 질식
- 위험물 배관이 통과하는 부분을 점검할 경우 유해가스 누출에 의한 중독

6) 기타

- 주의 산만, 부주의 , 사적인 문제에 대한 걱정 등 부적절한 점검태도
- 점검에 대한 지식·기술의 결여, 육체적 능력의 부족등 개인능력의 부족
- 질병, 부상 또한 약물복용, 음주 등 부적절한 건강상태
- 반복적인 업무에 의한 주의력 저하
- 안전의식의 결여나 위험요소에 대한 경시 등 점검자 자신의 경솔함
- 점검시간의 단축을 위해 안전을 경시하는 등 조급함
- 사다리, 로프, 케이블 손상, 부식 등 장비의 결함

나. 점검자의 복장

1) 점검복 - 몸에 잘 맞는 규정된 복장을 점검당일의 일기상황을 고려하여 착용
2) 점검화 - 규정된 안전화 착용
3) 장 갑 - 가죽 또는 면장갑(강재 모서리 등 날카로운 부분으로부터 보호)
4) 점검가방 - 점검장구, 노트휴대(양손 자유롭게 사용)
5) 기 타 - 보석류 착용금지, 안경착용자는 점검작업시 장애가 될 수 있는 초점이 두 개인 안경 착용금지

다. 안전장구의 착용

1) 안전모 - 낙하물 또는 충돌로 인한 부상방지
2) 방진·방독마스크 - 유해가스 및 비산먼지로부터 보호
3) 안전벨트 - 추락방지
4) 안전조끼(구명조끼) - 통행차량으로부터 식별용이, 익사사고 방지

라. 점검시 유의사항

1) 차량의 점검
   • 점검 시작전에 차량의 상태, 점등, 삼각표지판, 라바콘, 통행지시판 등을 확인
2) 사고발생시 조치
   • 작업중 사고발생시 상위의 관계자에게 즉시 연락하여 지시를 받음

마. 안전수칙

1) 음주 및 약물복용 금지

점검자는 안전사고에 대한 경각심을 갖고, 점검시 건전한 정신적, 육체적 상태를 유지하여야 하며, 시설물 점검 전 및 점검 중 음주 또는 약물을 복용해서는 안 된다. 특히, 감기약과 같은 약물은 졸음을 유발하는 등 2차 증세를 갖고 있으므로 주의해야 한다.

2) 단독점검 금지

사고발생시에 긴급대처가 가능하도록 점검시에는 항상 2인 이상이 조를 이루어 시행하여야 한다. 또한, 점검자는 점검 중 조원의 위치를 서로 알수 있도록 하여야 하며, 조원의 소재가 불명확한 때에는 즉시 그 소재를 확인하여야 한다.

3) 점검자의 정신자세

점검자 스스로의 안전에 대한 의식이 제일 중요한 요소로, 감정적으로 흥분되어 있는 상태에서 점검을 하는 것은 위험하므로 점검시에는 항상 마음이 차분한 상태에서 수행하여야 한다.

또한, 점검자는 항상 자기가 어디에서 무엇을 하고 있는지를 염두에 두어 주의를 기울여야만 추락 등의 사고를 방지할 수 있다.

특히, 안전하게 점검업무를 수행할 수 없다고 판단되는 경우에는 무리하게 작업을 시도해서는 안 된다. 이 경우 점검자는 안전상 점검을 하지 못한 사유를 보고서에 기록하여야 한다.

4) 감전에 주의

점검자는 감전사고를 예방하기 위해 시설물 주변에 설치되어 있는 전선이나 케이블은 비록 전화선이라고 하여도 전기가 통하고 있는 것으로 간주하여 함부로 만지지 말아야 한다.

5) 어둡거나 밀폐된 장소에의 출입

어두운 장소에 대한 점검시에는 추락, 실족 등의 안전사고를 방지하기 위해 랜턴 등 조명기구를 상용하여야 한다.

6) 유해 배기가스 및 비산먼지 주의

유해가스 및 비산먼지는 점검자의 호흡곤란이나 호흡기 질환으로 이어질 수 있는 항목이며, 특히 장시간 노출될 경우 체내에 누적되어 건강을 해 칠 수 있으므로 유의하여야 한다.

7) 일기상태 고려

점검작업은 일기상태를 고려하여 시행하여야 하며, 기온이 적절하고, 맑은 날이 좋다. 강우시에 사면을 점검할 경우 미끄러워 위험하므로 점검자체를 연기하는 것이 바람직하며, 강우 직후에는 각종 이물질이 퇴적되어 미끄러운 부분이 많다는 점에 주의하여야 한다.

1.2.5 유지관리방안

【표 3.1.6】 유지관리방안

구 분		유 지 관 리 방 안
교면포장		• 콘크리트포장으로 균열, 파손 등에 대해 보수 및 주기적 점검필요
		• 주요 점검항목 - 포장면 : 소성변형, 포트홀, 균열 등 포장불량
방 호 벽 및 중앙분리대		• 균열, 망상균열, 박리, 백태, 파손에 대한 보수 및 주기적 점검필요
		• 주요 점검항목 - 방호벽 및 중앙분리대 : 균열, 백태, 파손, 철근노출
배수시설		• 배수구 막힘에 대한 보수 및 주기적 점검필요
		• 주요 점검항목 - 배수구 : 그레이팅 파손, 오물퇴적, 막힘 - 배수관 : 부식 및 파손, 연결부 상태불량, 탈락
신축이음		• 후타재 균열, 파손, 본체 부식에 대한 보수 및 주기적 점검필요
		• 주요 점검항목 - 본체 : 방수재(씰재) 파손, 노면수 유입 - 후타재 : 균열 및 파손
바닥판		• 켄틸레버부 균열, 누수, 백태에 대한 보수 및 주기적 점검필요
		• 주요 점검항목 - 균열, 박락, 백태, 변색, 노후화, 철근노출 및 부식, 재료분리
콘크리트 거더		• 중앙부 및 받침부의 균열, 파손, 철근노출에 대한 보수 및 주기적 점검필요
		• 주요 점검항목 - 중앙부 및 받침부 : 균열, 박리, 파손, 철근노출, PC강재, 쉬스관 노출 - 외부강선 보강부 : 강선 정착부 및 새들부 이완, 텐던 선형불량
강박스 거더		• 지점부 복부판 균열, 변형, 표면부식, 오염 발생여부 • 플랜지 변형, 볼트부식, 변형, 표면부식, 오염 발생여부 • 격벽부 볼트부식, 변형, 연결부 균열, 파손, 이상음 발생여부
받침장치		• 받침장치 도장, 받침콘크리트 균열, 박리에 대한 보수 및 이동여유량 부족 주기적 점검필요
		• 주요 점검항목 - 본체 : 부식, 도장박리, 이동여유량 - 받침콘크리트 : 균열 및 박락
하부구조	교 대 교 각	• 균열, 망상균열, 박리, 재료분리, 철근노출에 대한 보수 및 주기적 점검필요
		• 주요 점검항목 - 균열, 백태, 박리, 파손, 철근노출
	기 초	• 기초부는 지반에 묻혀있어 확인 불가