제 II 편 성능평가편

제1장 능원교

제2장 발안교

제3장 유산2교

제4장 이동교(상)

제5장 이동교(하)

제1장 능원교

1.1 시설물 현황

1.2 자료수집 및 분석 결과

1.3 현장조사 및 시험 결과

1.4 안전성능 평가 결과

1.5 내구성능 평가 결과

1.6 사용성능 평가 결과

1.7 종합성능등급 산정 결과

제 1 장 능원교

1.1 시설물의 현황

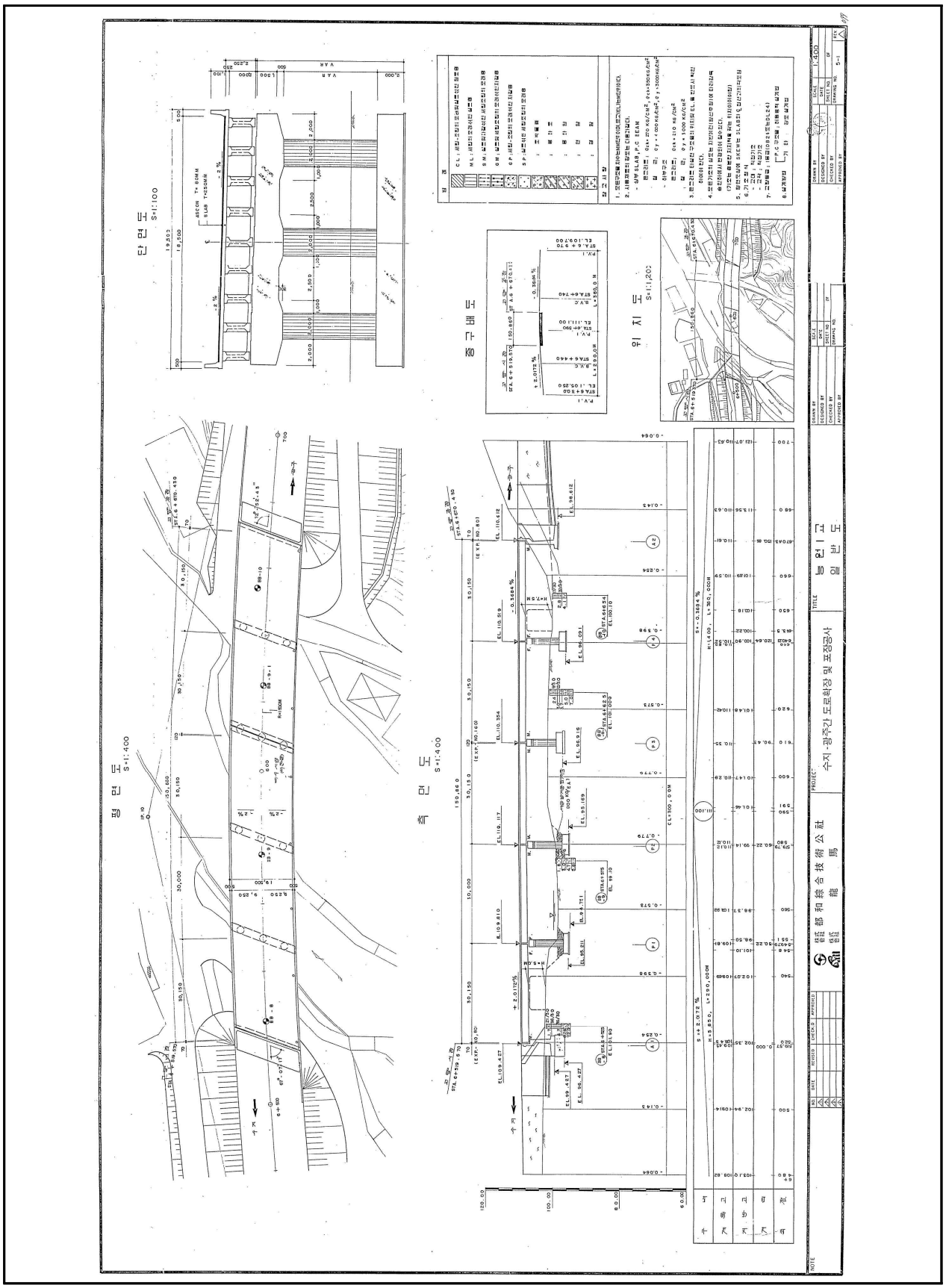
1.1.1 시설물의 현황

가. 대상 시설물 개요

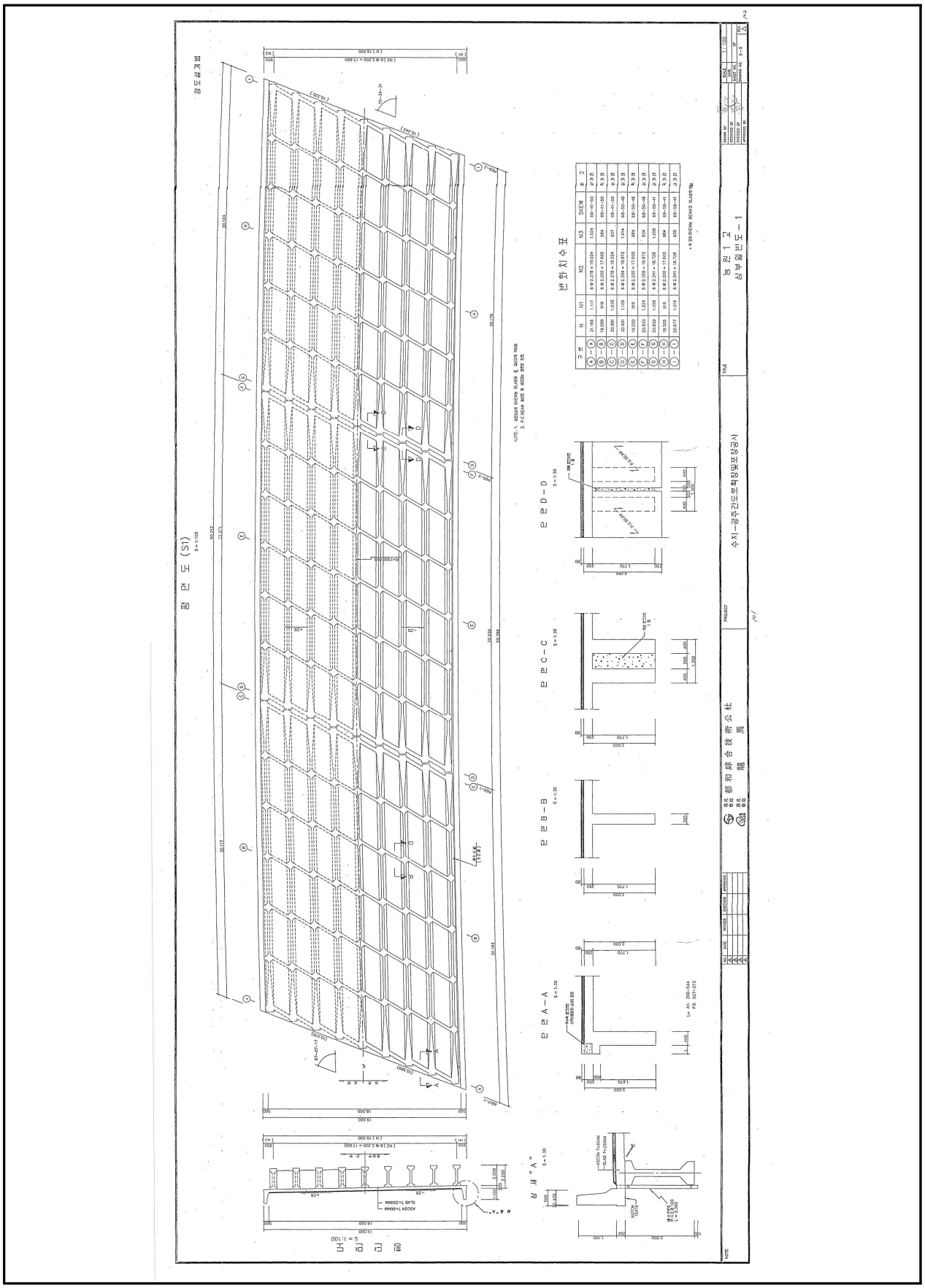
작성일 : 2019년 03월 17일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		능원교	시설물번호		BR2001-0000502
준공년도		2001년 12월 24일	관리번호		-
위 치		경기도 용인시 모현읍 능원리 730			
설계하중		DB-24, DL-24	노선명(이정)		국도 43호선
제원	연장	L= 150.0m (5@30.0= 150.0m)			
	폭(유효폭)	B= 19.5m(상행 2차선, 하행 2차선)			
구조 형식	상부	PSCI BEAM	기초 형식	교대	직접기초
	하부	교대 : 역 T형 교각 : 라멘형		교각	직접기초
받침장치		고력황동받침	신축이음장치		레일조인트
교차시설물 (하천, 교량)		능원천	통과높이		7.0m
부착시설내용		-			
기타		-			

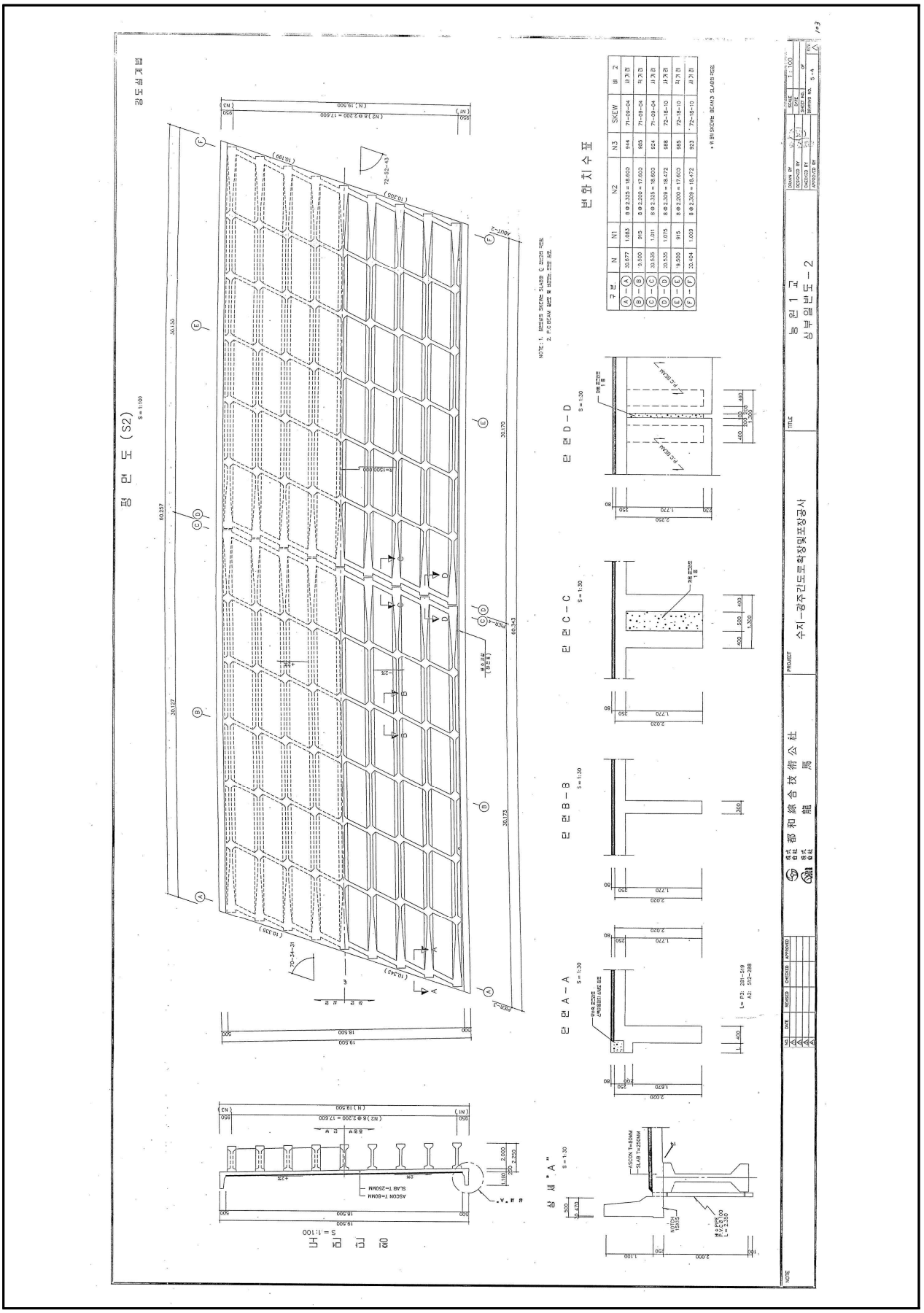
나. 주요도면



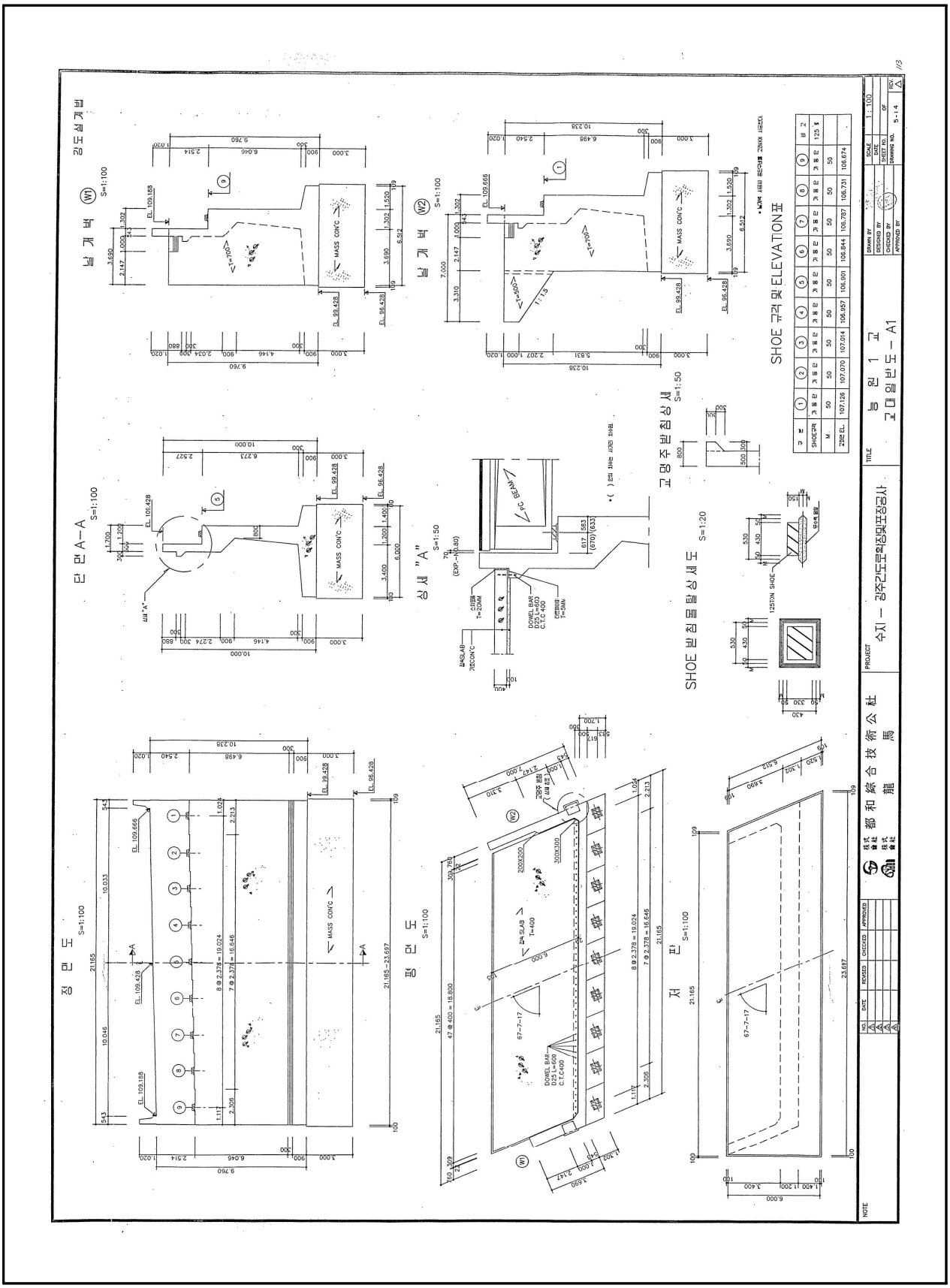
<그림 Ⅱ.1.1> 능원교 종·평면도



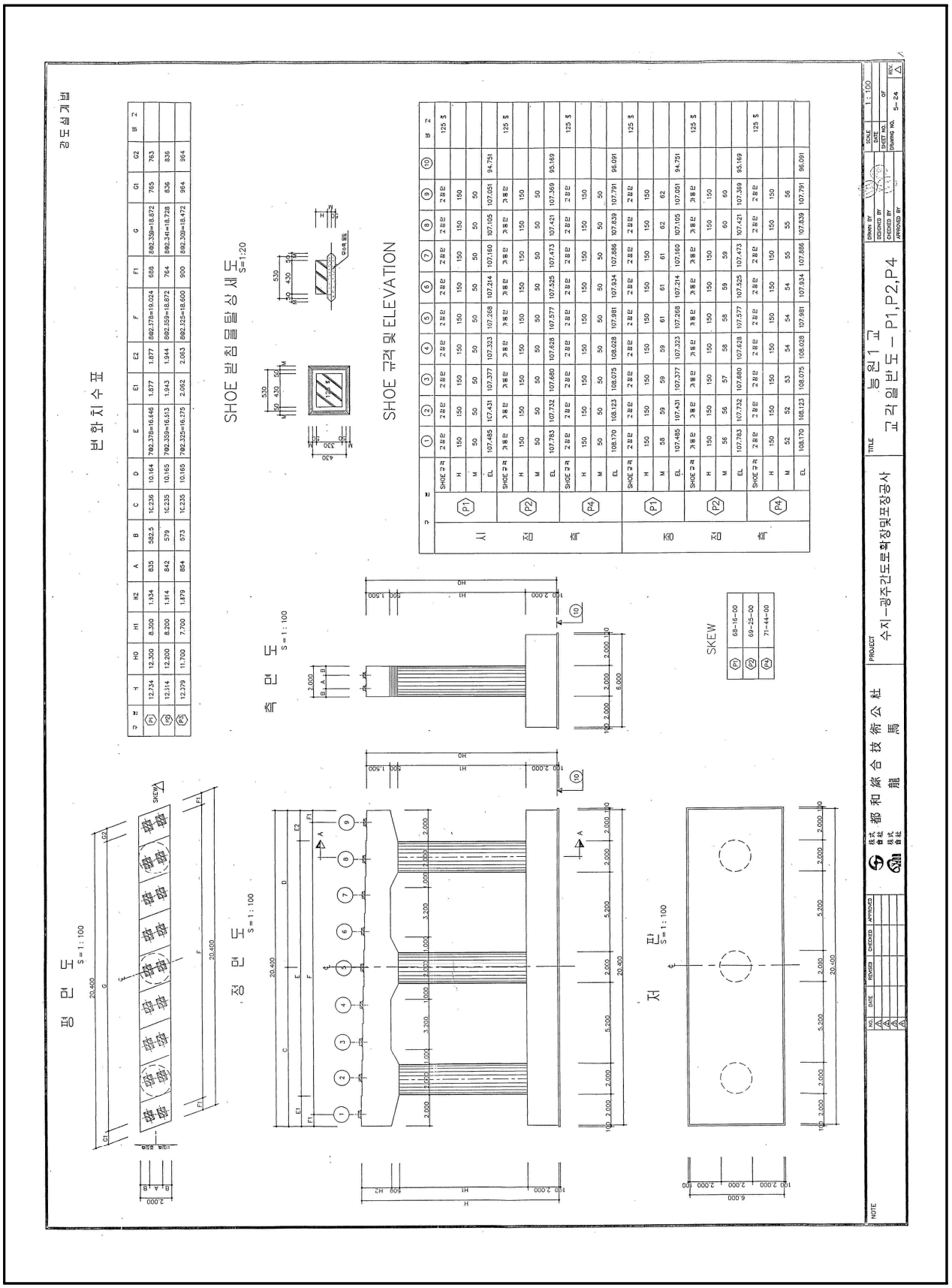
<그림 Ⅱ.1.2> 능원교 상부 일반도



<그림 Ⅱ.1.2> 능원교 상부 일반도-계속



<그림 Ⅱ.1.3> 능원교 교대 일반도



<그림 Ⅱ.1.4> 능원교 교각 일반도

1.1.2 시설물 이력

가. 성능평가 이력사항

대상 교량인 능원교에 대한 성능평가용역은 시설물에 대한 성능평가 과업이 최초로 도입된 2018년 1월 18일 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법” 시행 이후 최초로 실시되는 성능평가 용역이므로 이전에 실시된 이력은 없는 것으로 확인되었다.

나. 점검 및 진단 이력사항

능원교는 2001년 12월 준공 이후부터 2018년 하반기 정기점검까지 주기적인 정기안전점검, 정밀안전점검을 실시하였으며, 주요 내용은 다음과 같다.

점검기간	점검종류 및 점검기관	상태 등급	점검 · 진단결과
2002.05.15~2002.05.29	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2002.11.04~2002.11.18	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2003.05.20~2003.06.07	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2004.02.27~2004.04.16	정밀점검 한세이엔씨(주)	A등급	·교량 상·하부의 주부재 및 보조부재에 구조적으로 문제가 되는 결함이나 손상이 없는 양호한 상태 ·교면포장은 전반적으로 균열이 발생하여 지속관찰 후 손상 확대시 전면 재시공이 필요
2004.11.08	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2005.06.03	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2005.11.08	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2006.03.22.~2006.05.20	정밀점검 자체수행	B등급	·차수조인트 설치 및 중앙분리대 재설치,그외 손상들에 대하여도 적절한 보수 및 유지관리가 요망됨.
2006.03.22.~2006.05.20	정밀점검 (주)대경기술단	B등급	·접속포장부 및 교면포장 전경간에 망상균열 ·중앙분리대 S2, S4구간에 차광막 파손 및 PE방호벽 파손 ·슬래브, 교각 및 교대에 0.1~0.2㎜ 정도의 균열이 국부적으로 조사됨 ·적절한 보수 및 정기적인 점검과 유지관리가 이루어진다면 교량의 사용성 및 내구성에 문제가 없을 것으로 판된됨
2006.06.19	정기점검 자체수행	양호	·포장파손, 균열, 백태 등
2006.11.20	정기점검 자체수행	양호	·방호벽덮개 망실(A2) 1EA
2007.05.23~2007.06.07	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음

점검기간	점검종류 및 점검기관	상태 등급	점검 · 진단결과
2007.12.13	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2008.06.09	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2008.04.14~2008.06.12	정밀점검 (주)다음기술단	B등급	·교량의 대표등급은 B등급으로 판정됨
2008.11.07	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2009.06.15	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2009.11.14	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2010.04.08~2010.06.25	정밀점검 (주)유원이엔씨	B등급	·교면 포장부에 발생한 포장균열, 바닥판하면 균열, 균열부 백태, 교각 코핑부 균열 등이 조사됨
2010.06.28	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2010.12.06	정기점검 자체수행	양호	·교면포장균열, 교대콘크리트블록유실
2011.06.20	정기점검 자체수행	양호	·교면포장균열, 교대콘크리트블록유실
2011.12.20	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2012.03.20~2012.06.17	정밀점검 엔이티엔지니어링(주)	B등급	·기존 결함에 대해서 일부 보수가 이루어졌으며 보수 상태는 양호한 것으로 확인 ·기타 경미한 손상에 대해서 적절한 보수가 시행되면 사용성 및 안전성에는 문제가 없을 것으로 판단됨 ·상태평가 결과, 보조부재에는 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없는 상태인 B등급으로 평가됨
2012.11.01~2012.12.31	정기점검 자체수행	양호	·신축이음(후타재파손), 배수시설(스틸그레이팅유실), 거더가로보(재료분리)
2013.05.01~2013.06.30	정기점검 자체수행	양호	·신축이음(후타재파손), 배수시설(스틸그레이팅유실), 거더가로보(재료분리)
2013.11.01~2013.12.31	정기점검 자체수행	양호	·신축이음(후타재파손), 배수시설(스틸그레이팅유실), 거더가로보(재료분리)
2014.01.01~2014.06.30	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호
2014.05.13~2014.08.08	정밀점검 (주)동우기술단	양호	·주요부재에 발생한 균열, 백태, 파손, 보호블럭 탈락과 교량받침 부식 및 도장박리, 배수구 막힘은 적절한 보수가 요구됨 ·미세균열, 재료분리, 경미한 박리 등은 주기적인 점검으로 손상 확대시 보수함이 바람직함
2014.07.01~2014.12.31	정기점검 자체수행	양호	·교면포장 균열 및 망상균열, 국부적인 패임
2015.04.01~2015.06.30	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음

점검기간	점검종류 및 점검기관	상태 등급	점검 · 진단결과
2015.07.01~2015.12.31	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2016.04.01~2016.06.30	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2016.04.18~2016.07.15	정밀점검 (주)한맥기술	B등급	·주요부재 및 기타부재의 결함 및 손상은 적절한 보수를 통해 내구성 및 사용성 확보가 필요 ·중분대 연석 박리 및 철근노출, 교량받침 부식, 신축이음 후타재 파손에 대해서는 단기적 보수계획 수립이 필요 ·교면포장은 균열, 망상균열 및 패임 등의 손상이 다수 조사되어 중,장기적 재포장 계획 수립이 필요
2016.10.01~2016.12.31	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2017.04.01~2017.06.30	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2017.10.01~2017.12.31	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2018.04.01~2018.06.30	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2018.06.28~2018.09.18	정밀점검 다윤이엔씨(주)	B등급	·교면포장 : 포장패임, 포장균열, 보수부파손, 포장망상균열, 포트홀 등 ·방호벽 : 난간변형, 표면박리, 보수부재균열, 망상균열 등 ·바닥판하면 : 철근노출, 보수부박락, 균열부백태, 백태 ·거더 및 2차부재 : 백태, 재료분리, 파손, 철근노출, 인양홀 주변 파손 ·교대 및 교각 : 균열, 균열부백태, 누수흔적, 재료분리, 철근노출, 파손 등 ·신축이음 : 유간토사퇴적, 이격, 후타재균열, 후타재 파손 ·교량받침 : 받침장치 부식, 받침몰탈 균열, 받침장치 부식 및 도장박락 ·배수시설 : 배수구막힘, 그레이팅변형
2018.10.01~2018.12.31	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음

다. 보수·보강 이력사항

시설물관리대장 검토 및 현장조사 결과 확인된 유지보수 이력은 다음과 같다.

<표 Ⅱ.1.1> 능원교 보수/보강 이력

번호	공사명	공사기간	구분	부위	공사금액/내역	시공사	비고
1	오산육교외 9개소 중앙분리대	2008.04.25 ~ 2008.08.14	보강	-	411,330천원	예광건설(주)	
2	관내 차량하부 불법점용물 진입 차단시설 설치공사	2011.06.20 ~ 2011.09.08	개량	-	163,052천원	학산건양(주) 해강건설(주)	
3	국도77호선 남양대교외 1개교 교면포장공사	2012.03.26 ~ 2012.06.04	보수	-	-	중원그린산업	
4	국도45호선 요덕교외 2개교 보수공사	2014.07.17 ~ 2014.09.29	보수	-	77,936천원 단면보수 420.0㎡	(주)남우건설	
* 시설물정보관리종합시스템(FMS)상에 부재, 부위별 보수·보강 이력사항이 상세히 기록되지 않은 상태인바, 이에 대한 보완이 필요한 상태이다.							

1.2 자료수집 및 분석 결과

1.2.1 자료수집현황

과업대상 교량인 능원교는 2001년 12월 24일에 준공된 일반국도 43호선상의 도로교량이며, 교량 상부 구조 형식은 PSCI Beam, 설계하중 DB-24, 총 연장 150.0m, 최대 경간장 30.0m, 교폭 19.5m, 2종 시설물로 검토되었다.

능원교는 1997년 12월 01일 이후 준공되어 관리주체의 설계도서 보전 및 설계도서 사본 공단제출 대상 시설물로 확인되었다.

<표 Ⅱ.1.2> 자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계도서	o 공통 - 준공내역서, 공사시방서, 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서, 기타 특이사항 보고서	보유	대상 제출
	o 설계도면 - 교량 및 복개구조물 - 위치도, 평면도, 단면도(종.횡), 상·하부 구조물도, 빔상세도, 신축이음, 교량받침 상세도	보유	대상 제출
시설물 관리대장	o 기본현황 o 상세제원 o 유지관리 이력	기록 관리됨	FMS
시공관련 자료	o 시공관련자료 o 품질관리 관련자료 - 재료증명서, 품질시험기록, 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 o 사고기록	미확인	대상 미제출
안전점검 및 정밀안전진단 자료		기록 관리됨	FMS
보수·보강 자료		기록 관리됨	FMS

1.2.2 기존 점검 및 진단 실시결과

능원교는 2001년 12월 준공된 2종 시설물로서 「시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 의거 주기적인 정기안전점검 및 정밀안전점검을 실시하고 있으며, 기존 정기안전점검, 정밀안전점검 실시결과 이력은 본 보고서 “제2편 제1장 대상시설물 현황, 1.2 시설물 이력사항”에 수록하였다.

능원교는 최초로 실시되는 성능평가 용역으로 기존 실시이력이 없으므로 보고서 작성 기준 최근 2018년 09월 실시된 ‘국도43호선 능원교 등 4개교 정밀안전점검 용역’ 이후 시행되었으며, 주요 내용은 다음과 같다.

가. 전차 성능평가 결과 요약

최초로 실시되는 성능평가 용역으로 이전자료가 없음.

나. 전차 정밀안전점검 결과 요약

<표 Ⅱ.1.3> 전차(2018년) 정밀안전점검 부재별 외관조사 결과

부재	외관조사 결과	비고
바닥판	·균열부 백태, 백태 ·철근노출, 보수부박락	
PSCI	·백태 ·인양홀 주변 파손, 재료분리, 파손	
가로보	·철근노출, 재료분리	
교대 및 교각	·균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상) ·보수부 재균열(0.3㎜미만) ·균열부 백태, 누수흔적 ·재료분리, 파손, 블록 탈락 ·철근노출	
교량받침	·본체 부식 및 도장박리 ·받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	

부재	외관조사 결과	비고
신축이음	·유간토사퇴적 ·이격 ·후타재 균열(0.3㎜미만), 후타재 균열(0.3㎜이상)	
교면포장	·패임, 파손, 포트홀 ·균열, 망상균열	
배수시설	·배수구 막힘 ·배수구 그레이팅 유실	
방호시설	·보수부 재균열(0.3㎜미만), 보수부 균열(0.3㎜이상) ·망상균열 ·표면박리 ·난간변형	

<표 Ⅱ.1.4> 전차(2018년) 정밀안전점검 재료시험 결과

구분	재료시험 결과			
콘크리트 강도 (MPa)	시험부재	측정강도	설계강도	비고
	바닥판	30.1~33.7	27.0	양호
	교대, 교각	26.6~28.5	21.0	양호
탄산화 시험	시험부재	측정치(㎜)	잔여피복(㎜)	평가기준
	바닥판	5.0	31.0~36.0	a
	교대,교각	6.0~10.0	42.0~86.0	a

<표 Ⅱ.1.5> 전차(2018년) 정밀안전점검 종합평가 및 안전등급 산정 결과

구 분	상태평가 결과	안전성평가 결과			종합평가 결과	안전 등급
		안전율	공용내하력	안전성평가 결과		
능원교	B(0.184)	-	-	-	B	B

1.2.3 성능평가를 위한 자료수집 현황

가. 안전성능 평가를 위한 자료수집 현황

1) 상태안전성능 평가

금차 상태안전성능 평가를 위한 기초자료는 최근 실시된 '국도43호선 능원교 등 4개교 정밀안전점검 용역'의 현장조사 결과자료를 기초로 하여 실시한 현장조사 결과를 이용하여 평가하였다.

2) 구조안전성능 평가

금차 구조안전성능 평가를 위한 기초자료는 FMS에 등재된 설계자료(구조계산서 등)을 이용하여 평가하였다.

나. 내구성능 평가를 위한 자료수집 현황

1) 콘크리트 내구성능 자료수집 현황

㉮ 피복콘크리트 시험 자료 수집현황

최근 실시된 '국도43호선 능원교 등 4개교 정밀안전점검 용역'의 반발경도 시험 자료 및 금회 실시한 시험자료를 종합하였다.

㉯ 콘크리트 탄산화 시험자료 수집현황

최근 실시된 '국도43호선 능원교 등 4개교 정밀안전점검 용역'의 반발경도 시험 자료 및 금회 실시한 시험자료를 종합하였다.

㉰ 콘크리트 염화물 시험자료 수집현황

최근 실시된 '국도43호선 능원교 등 4개교 정밀안전점검 용역'은 염화물 시험이 미실시되어 금회 실시한 시험자료를 활용하였다.

㉱ 염해환경 관련 자료 수집현황

① 해안까지의 거리 : 인터넷 포털사이트(네이버) 지도 이용

② 강설횟수 : 기상청 자료 이용(기후자료개방포털)

㉲ 동해환경 관련 자료 수집현황

① 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량 : 기상청 자료수집 이용(기후자료개방포털)

2) 강재 내구성능 자료수집 현황

해당사항이 없어서 생략

다. 사용성능 평가를 위한 자료수집 현황

1) 포장상태 자료 수집현황 : 2016년 시행한 PES 자료 활용

2) 교량조명 자료 수집현황 : 금회 측정 자료 활용

3) 진동사용성 자료 수집현황 : 금회 측정 자료 활용

4) 교통량 자료 수집현황

㉮ 수요예측 : 시설물정보관리 종합시스템(실시설계보고서, 교통량) 자료 활용

㉯ 수요실제 : 교통량정보제공 시스템 자료 활용

1.2.4 용도변경 및 내진설계 여부

능원교는 일반국도43호선상의 도로교량이며, 시설물의 용도변경 없이 공용되고 있는 것으로 확인되었다.

능원교는 FMS 자료 확인결과, 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

1.2.5 자료분석 결과 요약

능원교는 기존 점검 자료에 대한 검토 결과, 시설물의 안전을 저해하는 중대결함이 없는 것으로 검토되었다.

능원교는 공용기간 중 주기적인 점검을 통하여 조사, 확인된 부재 결함(손상)에 대한 보수·보강을 시행하는 등 유지관리가 적정하게 시행된 것으로 판단되며, 최근 정밀안전점검 결과 **안전등급 B등급**을 유지하고 있는 것으로 검토되었다.

1.3 현장조사 및 시험 결과

1.3.1 개요

능원교 성능평가에 대한 현장조사 및 시험은 본 용역 착수 후 현장답사를 통해 시설물의 현황 및 현장조건을 파악하고 과업수행계획서와 사전검토보고서를 작성하여 세부수행 계획을 수립하였다.

교량의 소재지는 경기도 용인시 모현읍 능원리 일원이며 능원천을 횡단하고 있다.

본교 상부구조는 PSCI Beam으로 시공되어져 있으며 하부구조는 역T형 교대 및 라멘식 교각으로 구성되어 있다.

외관조사는 사전에 기존 점검 용역 보고서의 중점점검사항, 접근방법, 관련기관 협조요청, 외관조사망도 등을 충분히 숙지한 후 손상내용 확인 및 보수부 확인, 새로운 결함 발생 여부에 중점을 두고 조사하였다. 특히, 교량의 안전성에 영향을 미치는 구조적인 결함의 유무를 중점적으로 확인하였으며, 점검대상 부위는 정밀조사를 실시하기 위하여 고소작업차, 사다리 등의 접근장비 및 도구를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 균열폭 측정 및 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인하였다.

현장조사 및 재료시험은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 교량편)(국토교통부, 한국시설안전공단 2019. 01)』 및 발주기관에서 제공된 과업내용서에 의거하여 수행하였으며 교량의 성능평가 및 유지관리 전략을 제안하는 기초자료로 사용하였다.

가. 현장조사 수행현황

1) 현장조사 일자 및 내용

<표 Ⅱ.1.6> 현장조사 일자 및 내용

조사일자	조사내용	조사방법	조사자
2018. 12.19	현장답사, 외관조사 계획수립	도보	사업책임기술자 외 4인 및 현지보조인부 3인
2018. 12.27 ~ 2018.12.28	1차 외관조사 (교면포장, 신축이음 및 하부구조 등)	도보 및 사다리	
2019. 2.7 ~ 2019. 2.8	2차 외관조사 (바닥판하면, 거더 외부 및 교량받침 등)	고소작업차, 도보조사	

2) 현장조사 방법

외관조사는 구조물의 각 형식별, 부재별로 조사를 시행하였으며, 조사결과를 성능평가의 기초자료로 활용하였다.

㉮ 능원천에 위치한 상부 및 하부구조 조사는 조사자 안전교육 시행 후 고소작업차 및 사다리 등을 이용하여 외관조사 및 내구성조사를 수행하였다. 육상구간은 고소작업차, 사다리 및 도보에 의한 조사를 수행하였다.

㉯ 교각 점검로 설치된 구간은 도보로 조사를 수행하였다.

㉰ 사용성능 평가를 위해 통행량이 많은 시간 때를 고려하여 교량의 처짐 및 고유진동수를 측정하였다.

㉱ 외관조사시 발견된 손상이나 결함은 구조물 외관 및 외관조사망도에 위치, 크기, 종류, 형태 등을 측정하여 상세히 기록하였으며, 결함 및 손상에 대해서는 현장에서 진행여부를 판단할 수 있도록 시·종점 및 폭을 분필을 이용하여 점검년도 및 손상내용을 표시하여 보수·보강 및 점검 등 유지관리에 활용토록 하였다.

3) 현장조사 사진

도보조사	고소작업차 이용 현장조사
	
교량 처짐 및 고유진동수 측정	**받침이동량 측정**
	
바닥판 유간 측정	**신축이음 유간 측정**
	

4) 부재별 주요조사 항목

금번 성능평가시 현장답사, 기존자료 등을 토대로 외관조사 방법을 결정하였으며, 부위별 점검항목별로 외관조사를 실시하였다.

구분	조사항목	비고
현장답사	·현장접근에 필요한 고소차 등의 접근방법, 일정계획을 수립 ☞ 능원천 교량구간 조사방법 결정(고소작업차, 사다리) ·예비조사를 통해 교량에 발생된 주요 결함을 형태별로 분류 ·결함 및 손상의 발생 원인을 추정하고 조사방향 결정 ·점검로 설치구간 확인 및 출입여부	
기존자료 검토	·주요 점검사항, 보수, 보강 시행여부 ·중점점검 유지관리 사항 ·설계도서 및 도면, 구조계산서, 시공자료, 기존 안전점검 및 정밀 안전진단 자료, 보수보강 이력 ·내진설계 여부 확인 및 관련자료 검토 ·기타 시설물관리대장 작성에 필요한 자료 등	
포장부	·포장부 균열, 파손, 신축이음부 주변 파손, 체수 등 ·배수관 주변 포장 들뜸 및 배수구 막힘 확인 ·포장면에 대한 PES조사(2016년 실시한 인근 조사 자료를 활용)	
난간 및 연석	·보수부 재균열 및 신규 균열 발생 여부 ·중앙분리대와 난간의 처짐	
바닥판	·바닥판 하면 백태, 균열(선형, 망상), 단면손상 ·바닥판 측면 균열 및 백태	
거더	·강선배치 주변 콘크리트 균열 ·철근노출 등 단면손상 ·균열(선형, 망상), 백태	
신축이음부	·후타재 균열, 파손, 마모, 핑거 파손 및 균열, 본체 누수 및 단차	
받침	·편기, 가동상태, 균열, 파손, 몰탈파손 및 들뜸	
교대 및 교각	·유간밀착, 균열, 단면손상, 상면 체수, 기초부 침식 등	

1.3.2 현장조사

가. 교면포장

1) 현황

2018년 정밀안전점검 당시 포장형식은 아스콘포장이었으나 현재 광주방향은 LMC 포장으로 재포장되어 있으며 수원방향은 아스콘포장 형식을 유지하고 있다.

교면포장(광주 방향) 전경	교면포장(수원 방향) 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 포장 망상균열 및 포트홀

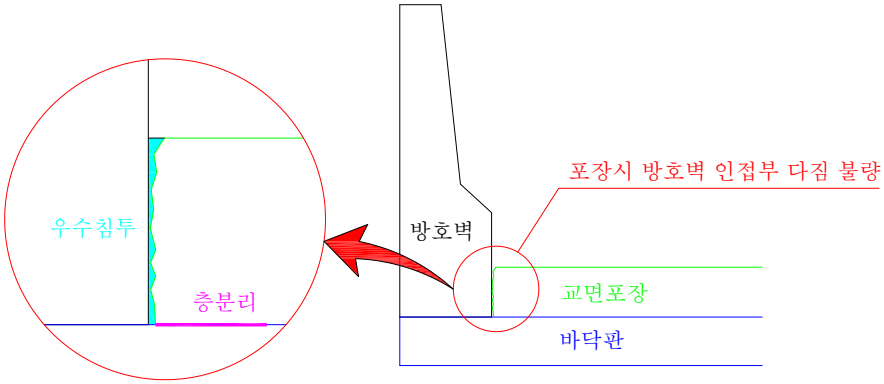
공용년수 증가 및 지속적인 차륜하중 반복에 의해서 발생한 것으로 판단되며 망상균열이 전구간에 발생하였고 포트홀은 S1 구간에서 조사되었으며 전반적으로 교면포장 상태가 불량하여 전면 재포장이 필요한 것으로 판단된다.

㉯ 포장 패임

포장패임 발생위치는 신축이음장치의 후타재 경계부에 발생하였으며 포장다짐 시공시 다짐불량이 원인으로 판단된다.

㉰ 갓길 층분리

포장다짐시 방호벽 인접부(갓길) 다짐불량으로 인해 방호벽과 포장층 사이 공간을 통해 우수가 침투하고 바닥판 상면에 체수된 우수의 동결에 따른 체적 팽창으로 포장층과 슬래브가 분리되어 나타나는 손상인 층분리가 발생한 것으로 판단되며, 추후 재포장 시 포장면 상면까지 방수층을 연장 시공하여 교면수 침투를 방지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.



<그림 Ⅱ.1.5> 갓길 층분리 원인분석

<표 Ⅱ.1.7> 포장부 손상물량

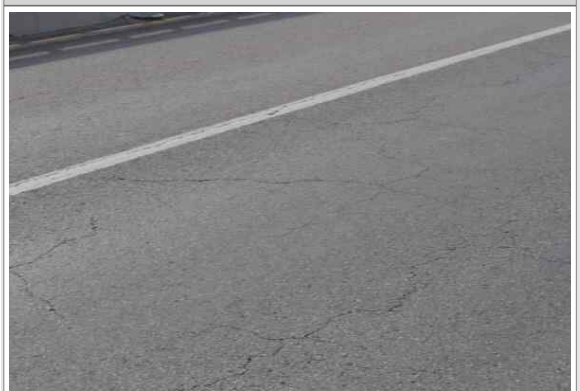
구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교면포장	포장균열	10.00	m	1
	망상균열	1,034.00	㎡	12
	포장 패임	0.75	㎡	2
	포트홀/파손	0.17	㎡	3
	보수부 파손	0.20	㎡	1
	포장 층분리	92.00	㎡	5

<S1(수원방향)> 망상균열



균열폭	Cw=3㎜
면적	A=0.7m×30.0m

<S2(수원방향)> 망상균열



폭	Cw=3㎜
면적	A=0.7m×30.0m

<S1(수원방향)> 포트홀		<S4(수원방향)> 포장패임	
			
폭	B=0.2m	폭	B=0.1m
길이	L=0.2m	길이	L=5.0m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과 광주방향 교면포장의 LMC재포장으로 인해서 전반적으로 손상물량이 감소하였으며 갓길의 포장 층분리는 금회 신규손상으로 조사되었다.

<표 Ⅱ.1.8> 포장 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	포장균열	m	20.00	2	10.00	1	▼ 10.00	보수
	망상균열	㎡	1,497.00	15	1,034.00	12	▼ 463.00	보수
	포장 패임	㎡	1.13	7	0.75	2	▼ 0.38	보수
	포트홀/파손	㎡	0.51	2	0.17	3	▼ 0.34	보수
	보수부 파손	㎡	0.20	1	0.20	1	-	-
	포장 층분리	㎡	-	-	92.00	5	▲ 92.00	신규손상



<그림 Ⅱ.1.6> 교면포장 손상추이 분석

나. 방호벽 및 중앙분리대

1) 현황

㉮ 본 교량의 좌·우측에 콘크리트 방호벽이 설치되어 있으며 방호벽 위에 낙하물 방지 휀스가 설치되어 있다.

㉯ 중앙분리대는 연석 위에 가드레일이 설치된 형태로서 가드레일은 상·하 2단으로 설치되어 있다.

㉰ 도로교 설계기준에서 연석의 높이 0.25m이상, 연석을 포함한 난간의 높이는 1.1m이상으로 설치토록 규정되어 있으며, 실측결과 1.1m로 설계기준을 만족하는 것으로 조사되었다.

방호벽 전경	중앙분리대 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 방호벽은 전반적으로 균열 및 망상균열이 분포하고 있으며 건조수축 등에 의한 비구조적인 균열로 판단되며 내구성 확보를 위해서 표면처리가 필요하다.

㉯ 표면박리는 주로 방호벽 하단에 위치하고 있으며 동절기 제설작업 시 밀어내기에 의한 갓길 적설의 영향으로 발생한 것으로 판단되며 표면처리가 필요하다.

㉰ 좌측방호벽 S5구간에 층분리가 신규손상으로 확인되었으며 철근 피복두께 부족에 의한 철근부식 팽압이 원인으로 판단되며 단면보수(방청)를 실시하여 추가적인 철근부식을 방지하는 것이 바람직하다.

㉱ 중앙분리대 S1구간에 가드레일 변형이 1개소(L=2.0m) 발생하였으며 교체하여 원상 복구하는 것이 바람직하다.

㈐ 낙하물 방지 휀스는 전반적으로 양호하나 일부 기초의 볼트나사선이 일부 부족한 것으로 확인되었으며 국부적인 손상으로 지속적으로 주의 관찰하여 유지관리가 요구된다.

<표 Ⅱ.1.9> 방호벽 및 중앙분리대

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
방호벽 중앙분리대	보수재 재균열(cw=0.3㎜이상)	1.30	m	1
	보수재 재균열(cw=0.3㎜미만)	12.70	m	11
	망상균열	76.60	㎡	7
	표면박리	25.50	㎡	8
	실런트 열화	1.00	m	1
	가드레일 변형	2.00	m	1
	층분리	0.18	㎡	1
	낙하물방지망 볼트 나사선 부족	1	EA	1

<S1(광주방향)> 방호벽 망상균열



폭	B=1.0m
길이	L=25.0m

<S2(수원방향)> 방호벽 표면박리



폭	B=0.3m
길이	L=10.0m

<S5(수원방향)> 방호벽 층분리



폭	B=0.3m
길이	L=0.6m

<S1> 중앙분리대 변형



길이	L=2.0m

<S1(수원방향)> 휀스 볼트나사선 부족



개소	4EA

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 조사된 손상물량 전반적으로 동일하며 방호벽 층분리 및 낙하물방지망 볼트 나사선 부족이 신규손상으로 조사되었다.

<표 Ⅱ.1.10> 방호벽, 중앙분리대 및 연석 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽 중분대	보수재 재균열 (cw=0.3㎜이상)	m	1.30	1	1.30	1	-	-
	보수재 재균열 (cw=0.3㎜미만)	m	12.70	11	12.70	11	-	-
	망상균열	㎡	78.60	7	78.60	7	-	-
	표면박리	㎡	25.50	6	25.50	8	-	-
	실런트 열화	m	1.00	1	1.00	1	-	-
	가드레일 변형	m	2.00	1	2.00	1	-	-
	층분리	㎡	-	-	0.18	1	▲ 0.18	신규손상
	낙하물방지망 볼트 나사선 부족	EA	-	-	1	1	▲ 1	신규손상



<그림 Ⅱ.1.7> 방호벽 및 연석 손상추이 분석

다. 배수시설

1) 현황

교면포장의 배수를 위해서 우측 갓길(광주방향)에 배수구가 설치되어 있으며 배수구와 연계되어 바닥판 하면에 하천형 배수관이 설치되어 있다.

배수관 전경	배수구 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 갓길 배수구 막힘 및 스틸그레이팅 파손이 조사되었으며, 배수구 막힘은 청소하여 노면수가 원활히 배수되도록 하고 스틸그레이팅 파손은 배수구의 직경이 소구경이고 차량의 주행성에 영향이 없으므로 주의관찰하여 유지관리한다.

㉯ S3 구간에 배수관 길이부족 1개소가 확인되었으며 배수관(D150) 교체가 필요할 것으로 판단된다.

<표 Ⅱ.1.11> 배수시설 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
배수시설	배수구 막힘	5	EA	5
	배수구 그레이팅 유실	4	EA	4
	배수구 그레이팅 파손	2	EA	2
	배수관 교체 필요	10	EA	10

<S1(광주방향)> 배수구 그레이팅 파손



개소	1EA

<S2(광주방향)> 배수구 막힘



개소	1EA

<S1(광주방향)> 배수관 길이부족



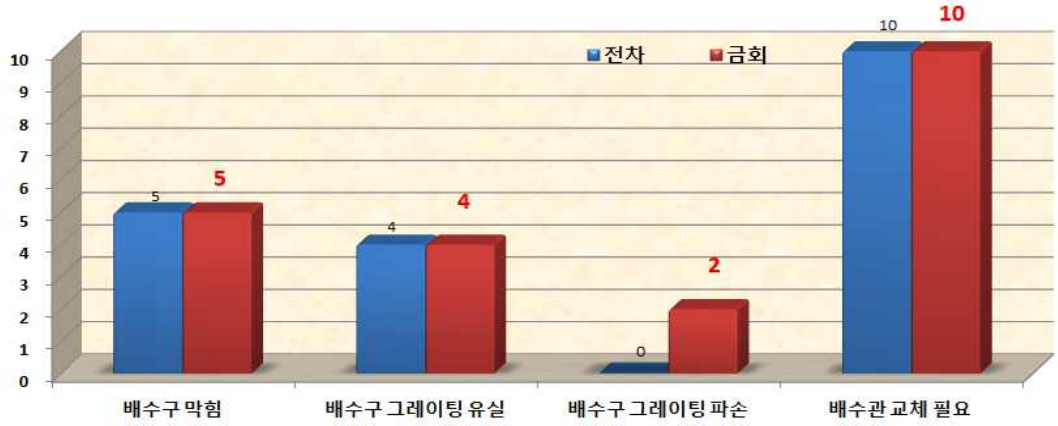
개소	1EA

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수 물량이 없이 전반적으로 동일하며, 배수구 그레이팅 파손이 추가로 조사되어 손상물량은 증가하였다.

<표 Ⅱ.1.12> 배수시설 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	배수구 막힘	EA	5	5	5	5	-	-
	배수구 그레이팅 유실	EA	4	4	4	4	-	-
	배수구 그레이팅 파손	EA	-	-	2	2	▲ 2	신규 손상
	배수관 교체 필요	EA	10	10	10	10	-	-



<그림 Ⅱ.1.8> 배수시설 손상추이 분석

라. 신축이음장치

1) 현황

㉮ 본 교량의 신축이음장치는 총 3개소(A1, P3, A2)에 Rail Joint가 설치되어 있다.

㉯ 광주방향 교면포장이 LMC 재포장 실시되면서 후타재도 재설치되어 전반적으로 손상물량은 감소하였다.

A1 신축이음장치 전경



P3 신축이음장치 전경



A2 신축이음장치 전경



2) 손상 현황 및 대책

㉮ 후타재 파손 및 균열이 전반적으로 조사되었으며 공용년수 증가에 따른 차륜하중의 반복이 원인으로 신축이음 교체를 실시하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단된다.

㉯ 유간토사퇴적은 전개소에서 조사되었으며 청소를 실시하여 신축이음장치의 원활한 신축거동을 유도함이 바람직하다.

<표 Ⅱ.1.13> 신축이음 손상물량

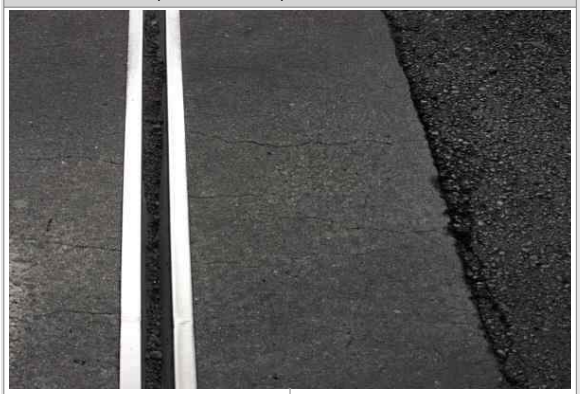
구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
신축이음장치	유간 토사퇴적	27.00	m	6
	후타재 균열(0.3㎜이상)	1.50	m	1
	후타재 균열(0.3㎜미만)	7.40	m	17
	후타재 파손	0.42	㎡	3
	이격	3.00	m	1

<A1(수원방향)> 후타재 파손



폭	B=0.1m
길이	L=1.0m

<A1(수원방향)> 후타재 균열



폭	Cw=0.2㎜
길이	L=0.4m

<P3(수원방향)> 후타재 파손



폭	B=0.1m
길이	L=0.6m

<A2(수원방향)> 유간 이물질퇴적



길이	L=1.0m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 광주방향 신축이음장치의 후타재가 재설치되어 손상물량은 전반적으로 감소하였다.

<표 Ⅱ.1.14> 신축이음 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음 장치	유간 토사퇴적	m	28.20	7	27.00	6	▼ 1.20	보수
	후타재 균열 (0.3㎜이상)	m	1.50	1	1.50	1	-	-
	후타재 균열 (0.3㎜미만)	m	7.40	17	7.40	17	-	-
	후타재 파손	m	0.90	7	0.42	3	▼ 0.48	보수
	이격	m	3.00	1	3.00	1	-	-



<그림 Ⅱ.1.9> 신축이음장치 손상추이 분석

4) 신축량 계산

<표 Ⅱ.1.15> 신축량 계산

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>· 온도변화에 의한 이동량
▸ Δl_t = ΔT · α · L
여기서, Δl_t : 온도변화에 의한 이동량
ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10-5, α(콘크리트): 1.0×10-5
L : 신축들보의 길이(㎜)

· 활하중에 의한 보의 처짐에 의한 가동량(신축장 100m 미만은 미 고려)
▸ $\triangle l_r = \sum(h_i \times \theta_i)$
여기서, h_i : 받침의 회전중심에서 보의 중립축까지의 높이(2h/3)
θ_i : 보의 회전각(콘크리트 1/300, 강교 1/150)</td><td></td></tr>
<tr><td>소요
신축량 산정</td><td>·소요 가동량 산정
조사일 : 2019. 01. 07 평균기온 적용: -1.9℃
여기서, △T(최대 신장시) : 35.0℃-(-1.9)℃ = 36.9℃
△T(최대 수축시) : -15.0℃-(-1.9℃) = 13.1℃
- L = 30.0m(A1,P3,A2)

- A1, A3
Δl_t(최대신장시) = △T× α ×L = $36.9 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 30.0 \times 1{,}000$ = 11.1㎜
Δl_t(최대수축시) = △T× α ×L = $13.1 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 30.0 \times 1{,}000$ = 3.9㎜

- P3
Δl_t(최대신장시) = △T× α ×L = $45.1 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 90.0 \times 1{,}000$ = 33.2㎜
Δl_t(최대수축시) = △T× α ×L = $13.1 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 90.0 \times 1{,}000$ = 11.8㎜

·형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α(/℃)</th></tr>
<tr><td colspan="2">PSC교, RC교</td><td>-5～+35</td><td>-15～+35</td><td>1.0×10-5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">강
교</td><td>상로교</td><td>-10～+40</td><td>-20～+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>-10～+50</td><td>-20～+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
</table></td><td></td></tr>
</table>

5) 신축이음 유간검토

㉮ 신축이음 유간검토는 하절기 측정 당시 평기 기온(기상청 참조: -1.9℃)을 고려하였을 때 동절기 수축 여유량을 확보하고 있으며 하절기 신장 계산량과 현재 여유량을 검토하였다.

㉯ 신축유간 계산결과 현재여유량이 온도변화를 고려한 계산량보다 크므로 신축유간은 건전한 것으로 평가 되었으며 상부구조 온도거동 상태도 양호한 것으로 계산되었다.

<표 Ⅱ.1.16> 신축이음 유간 검토결과

위치	형식	신축보 길이(m)	현장실측 유간(㎜)	신장량(㎜)		신장량 검토
				계산 신장량	현재 여유량	
A1	레일조인트	30.0	55.0	11.1	43.9	O.K
P3	레일조인트	90.0	100.0	33.2	66.8	O.K
A2	레일조인트	30.0	50.0	11.1	38.9	O.K

마. 바닥판

1) 현황

㉮ 바닥판은 철근콘크리트 구조로서 좌·우 캔틸레버 구조의 바닥판 하면 외측부는 우수유입 방지를 위한 물끊기 홈이 설치되어 있다.

바닥판 하면 전경



캔틸레버 전경



2) 손상 현황 및 대책

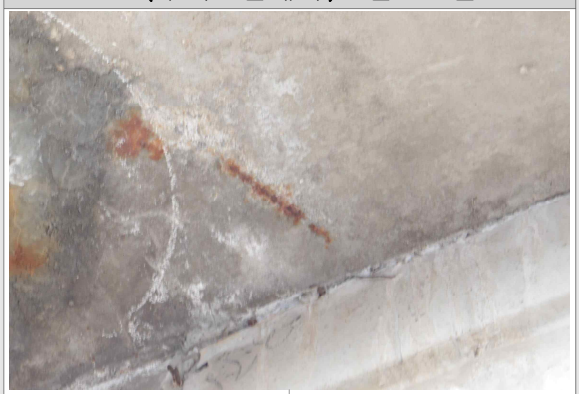
㉮ 우측캔틸레버 하면 S1 및 S5구간에 철근노출, 보수부 박리 및 층분리 등의 단면손상이 발생하였다. 손상 발생위치가 신축이음장치 인접부로서 신축이음부를 통한 우수유입이 원인으로 판단되며 단면보수를 실시하여 내구성을 확보하는 것이 바람직하다.

㉯ 우측캔틸레버 하면 S3구간에 균열부 백태가 조사되었고 발생위치가 신축이음장치 인접부로서 신축이음부를 통한 우수유입이 원인으로 판단되며 표면처리하여 추가적인 열화를 방지함이 바람직하다.

<표 Ⅱ.1.17> 바닥판 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
바닥판 하면	균열부 백태	2.30	m	3
	보수부 박락	0.25	㎡	1
	철근노출	0.02	㎡	1
	층분리	0.06	㎡	1

<S1(우측캔틸레버)> 철근노출



폭	B=0.1m
길이	L=0.2m

<S1(우측캔틸레버)> 보수부 박락



폭	B=0.5m
길이	L=0.5m

<S3(우측캔틸레버)> 균열부 백태	
	
폭	Cw=0.2
길이	L=0.2m

<S5(우측캔틸레버)> 층분리	
	
폭	B=0.2m
길이	L=0.3m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 우측캔틸레버 하면의 백태에 대해서는 보수가 실시되었으며 층분리가 신규로 조사되었다.

<표 Ⅱ.1.18> 바닥판 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	균열부 백태	m	2.30	3	2.30	3	-	-
	백태	㎡	0.21	4	-	-	▼ 0.21	보수
	보수부 박락	㎡	0.25	1	0.25	1	-	-
	철근노출	㎡	0.02	1	0.02	1	-	-
	층분리	㎡	-	-	0.06	1	▲ 0.06	신규손상



<그림 Ⅱ.1.10> 바닥판하면 손상추이 분석

바. 거더(PSCI Beam) 및 가로보(Cross Beam)

1) 현황

본 구조물은 PSCI형식의 거더로서 대상구조물은 2경간 또는 3경간 연속으로 총 45본(9본/경간 당)이 설치되어 있으며 거더와 거더 사이에 콘크리트 단면의 가로보가 각 경간 당 7개씩 총 35개가 설치되어 있다.

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 인양시 응력집중에 의한 인양홀 주변 콘크리트 파손, 시공초기 다짐부족에 의한 재료분리, 철근피복 부족에 의한 철근노출 등의 단면손상이 조사되었으며 내구성 확보를 위해서 단면보수 또는 단면보수(방청)이 필요하다.

㉯ S1구간의 거더 G1 측면에 발생한 백태의 위치는 신축이음장치 인접부로서 신축이음 누수에 의한 우수유입이 원인으로 판단되며 우수유입 방지를 위한 신축이음 교체 등 조치 후 표면처리하여 유지관리함이 바람직하다.

<표 Ⅱ.1.19> 거더 및 가로보 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
거더	백태	0.03	㎡	1
	재료분리	0.06	㎡	1
	파손	0.02	㎡	1
	인양홀 주변 파손	0.16	㎡	10
가로보	재료분리	0.30	㎡	5
	철근노출	0.01	㎡	1

<S1 거더> 백태



폭	B=0.1m
길이	L=0.3m

<S4 거더> 인양홀 주변 콘크리트 파손



폭	B=0.1m
길이	L=0.2m

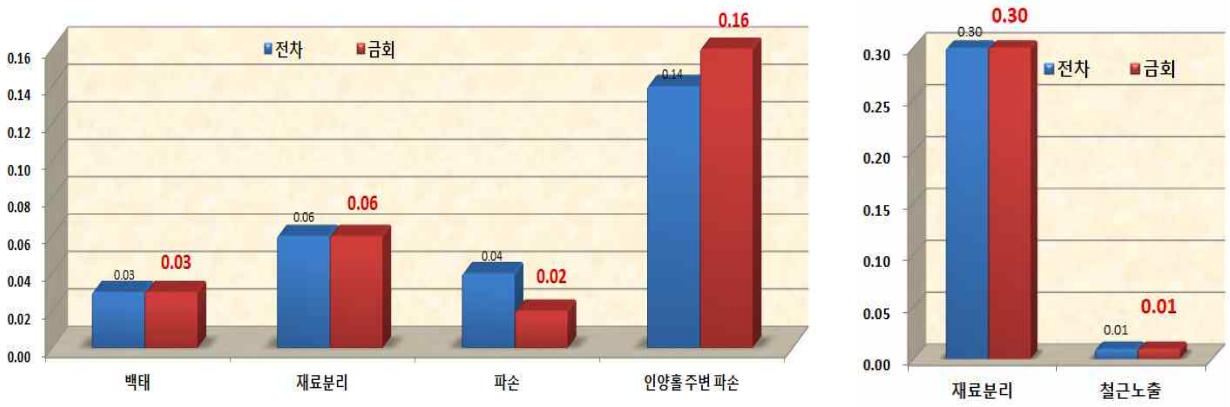
<S3 가로보> 재료분리		<S3 가로보> 철근노출	
			
폭	B=0.3m	폭	B=0.1m
길이	L=0.3m	길이	L=0.1m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수 및 손상물량 증감 없이 동일한 손상물량으로 조사되었다.

<표 Ⅱ.1.20> 거더 및 가로보 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더	백태	㎡	0.03	1	0.03	1	-	-
	재료분리	㎡	0.06	1	0.06	1	-	-
	파손	㎡	0.04	1	0.02	1	▼ 0.02	손상변경
	인양홀 주변 파손	㎡	0.14	9	0.16	10	▲ 0.02	손상변경
가로보	재료분리	㎡	0.30	5	0.30	5	-	-
	철근노출	㎡	0.01	1	0.01	1	-	-

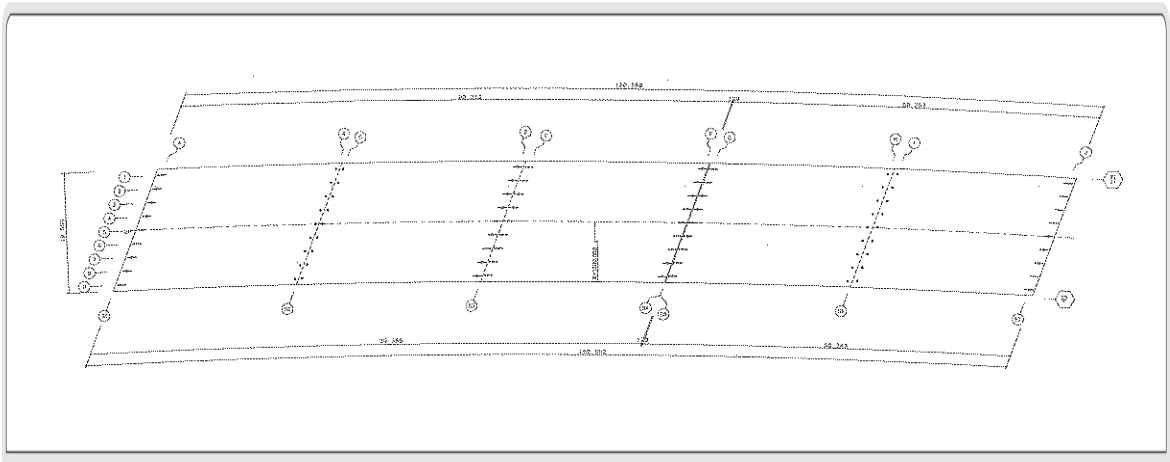


<그림 Ⅱ.1.11> 거더 및 가로보 손상추이 분석

사. 교량받침

1) 현황

㉮ 교량받침은 교량의 구조요소중 기계적인 성격이 강하며 상·하부구조의 연결부에 위치하여 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달함과 동시에 완충의 역할을 할 뿐만 아니라 상부구조의 이동을 자유롭게 허용함으로써 교량 전체의 안전성에 크게 기여한다. 본 교량의 받침장치는 고력황동받침으로 교대(A1, A2)에 각 9개소, 교각(P1~P4)에 각 18개소가 설치되어 총 90개소가 설치되어 있으며, 받침의 용량은 125ton을 사용하였다. 고정단은 P1, P4에 설치되어 있으며, 허용이동량은 ±55.0㎜이다.



< 그림 3.2.3 > 교량받침 배치도

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 받침장치 부식 및 도장박리는 주로 신축이음장치가 설치된 교대 및 교각에서 조사되었으며 신축이음 누수에 의한 우수유입이 원인으로 판단되며 추가적인 부식 방지를 위해서 재도장이 필요하다.

㉯ 받침몰탈 균열은 두 재료(무수축 몰탈, 하부 플레이트)간 열팽창계수의 차이에 의해 발생된 손상으로 모서리 인접부에 발생한 균열의 경우 층분리가 우려되어 점검망치 타격을 통한 층분리 여부를 체크하였으나 층분리 등의 손상은 조사되지 않았다.

<표 Ⅱ.1.21> 교량받침 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교량받침	받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	2.90	m	10
	받침몰탈 박리	0.04	㎡	1
	받침 부식	5	EA	5
	받침 부식 및 도장박리	19	EA	19
	받침장치 볼트부식	72	EA	72

<P2-Sh9(종점측)> 받침몰탈 균열



폭	Cw=0.1㎜
길이	L=0.2m

<P2-Sh9(시점측)> 받침장치 점부식



개소	1EA

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 받침부식 1개소가 추가 조사되었으며 전반적으로 손상물량은 동일하다.

<표 Ⅱ.1.22> 교량받침 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	2.90	10	2.90	10	-	-
	받침몰탈 박리	㎡	0.04	1	0.04	1	-	-
	받침 부식	EA	4	4	5	5	▲ 1	물량증가
	받침 부식 및 도장박리	EA	36	36	36	36	-	-
	받침장치 볼트부식	EA	72	72	72	72	-	-

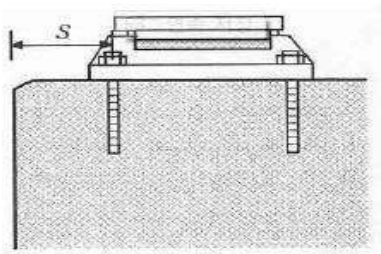


<그림 Ⅱ.1.12> 교량받침 손상추이 분석

4) 연단거리 검토

㉮ 받침면은 받침을 통해서 상부구조로부터 하중 등의 집중하중을 받는 곳으로 받침의 끝에서 받침면 끝단까지의 거리가 작으면 고정단에서는 전단면에 의해서 교량받침이 파손되는 경우가 있어 설계기준에서는 일정한 값 이상의 연단거리를 확보하도록 규정하고 있다.

<표 Ⅱ.1.23> 연단거리 검토

구분	연단거리 검토
연단거리	·하부구조 정부에 있어서 교축방향의 받침연단과 하부구조 정부 연단사이의 거리, S(㎜)는 다음의 값 이상으로 한다.(도로교 설계기준, 2010년) 1) 거더의 경간길이 100m 이하 : S = 200 + 5L 여기서, L = 지간길이(m) ·연단거리 산출 - 거더 길이(L = 30.0m) : S = 200 + 5 × 30.0m = 35.0cm [연단거리 측정]   교량 받침의 연단거리 측정
검토결과	○ 연단거리 검토 결과는 다음과 같다. - 거더의 경간길이 100m 이하 : 최소 연단거리 : 350㎜

<표 Ⅱ.1.24> 연단거리 검토 결과

위치		경간 (m)	설계 기준 (mm)	실측연단거리(mm)									평가
				SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	SH8	SH9	
A1		30.0	350	530	530	530	530	530	530	530	530	530	O.K
P1	A1측	30.0	350	390	400	400	400	420	410	410	410	410	O.K
	A2측	30.0	350	400	390	410	410	400	400	390	390	390	O.K
P2	A1측	30.0	350	430	430	420	420	440	440	430	430	430	O.K
	A2측	30.0	350	440	440	430	430	440	430	420	430	440	O.K
P3	A1측	30.0	350	430	430	420	420	440	440	430	430	430	O.K
	A2측	30.0	350	420	430	420	440	430	420	420	450	430	O.K
P4	A1측	30.0	350	370	370	380	380	370	370	380	390	400	O.K
	A2측	30.0	350	350	380	390	380	370	370	370	380	380	O.K
A2		30.0	350	350	540	540	540	540	540	540	540	540	O.K

받침 연단거리 검토 결과 모든 교량받침 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 도로교 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토됨.

5) 가동받침의 여유량 검토

㉮ 대상 교량 교량받침의 대기온도에 따른 상부거더의 신축 변화량을 산정하고 가동받침의 이동량을 실측하여 각 지점에서 측정된 신축량을 비교·검토 하였다.

<표 Ⅱ.1.25> 가동받침 이동량 계산

구분	계산방법	비고
이동량 산정	· 온도변화에 의한 이동량(Δlt) ▸ Δlt = ΔT · α · L 여기서, ΔT : 건조수축에 해당하는 온도변화 α : 선팽창계수 강재 1.2×10-5, 콘크리트 1.0×10-5 L : 신축거더 길이(mm)	
산정 방법	·소요 가동량 산정 조사일 : 2019. 02.14 평균 기온 적용: -0.5℃ 검토온도: -15℃~+35℃(한랭지방) 여기서, △T(최대 신장시) : 35.0℃-(-0.5℃) = 35.5℃ △T(최대 수축시) : -15.0℃-(-0.5℃) = 14.5℃ - L : 30.0m - A1,A2,P2,P3 Δl_t(최대신장시) = △T× α ×L = $35.5\times1.0\times10^{-5}\times30.0\times1,000$ = 10.65㎜ Δl_t(최대수축시) = △T× α ×L = $14.5\times1.0\times10^{-5}\times30.0\times1,000$ = 4.35㎜	

6) 설계기준 온도에 따른 여유량 검토

㉮ 본 교량은 준공 후 18년이 경과한 교량이므로건조수축, 크리프 등의 영향은 무시하고, 온도 변화에 의한 영향을 고려하여 가동받침의 수축 및 신장에 대한 계산이동량과 실측여유량 비교, 분석 결과 현재 여유 있는 구조로 판정되었다.

<표 Ⅱ.1.26> 가동받침 이동량 계산

위치		신축 거더 길이(m)	측정값		실측여유량(㎜)		계산이동량(㎜)		받침이동 허용량 (㎜)	검토 결과
			방향	이동량	수축	신장	수축	신장		
A1	SH1	30.0	A2	20.0	35.0	75.0	4.35	10.65	±55	O.K
	SH2		A2	17.5	37.5	72.5			±55	O.K
	SH3		A2	7.5	47.5	62.5			±55	O.K
	SH4		A2	17.5	37.5	72.5			±55	O.K
	SH5		A2	9.5	45.5	64.5			±55	O.K
	SH6		A2	12.5	42.5	67.5			±55	O.K
	SH7		A2	11.0	44.0	66.0			±55	O.K
	SH8		A2	8.0	47.0	63.0			±55	O.K
	SH9		A2	11.0	44.0	66.0			±55	O.K
P1		고 정 단								
P2 (A1측)	SH1	30.0	A1	8.5	46.5	63.5	4.35	10.65	±55	O.K
	SH2		A1	0.5	54.5	55.5			±55	O.K
	SH3		A1	7.5	47.5	62.5			±55	O.K
	SH4		A1	5.5	49.5	60.5			±55	O.K
	SH5		A1	5.5	49.5	60.5			±55	O.K
	SH6		A1	5.5	49.5	60.5			±55	O.K
	SH7		A1	4.5	50.5	59.5			±55	O.K
	SH8		A1	4.5	50.5	59.5			±55	O.K
	SH9		A1	4.5	50.5	59.5			±55	O.K

<표 3.2.26> 가동받침 이동량 계산_계속

위치		신축 거더 길이(m)	측정값		실측여유량(㎜)		계산이동량(㎜)		받침이동 허용량 (㎜)	검토 결과
			방향	이동량	수축	신장	수축	신장		
P2 (A2측)	SH1	30.0	A2	2.5	52.5	57.5	4.35	10.65	±55	O.K
	SH2		A2	7.5	47.5	62.5			±55	O.K
	SH3		A2	4.5	50.5	59.5			±55	O.K
	SH4		A2	2.5	52.5	57.5			±55	O.K
	SH5		A2	27.5	27.5	82.5			±55	O.K
	SH6		-	0	55.0	55.0			±55	O.K
	SH7		-	0	55.0	55.0			±55	O.K
	SH8		-	0	55.0	55.0			±55	O.K
	SH9		A2	7.5	47.5	62.5			±55	O.K
P3 (A1측)	SH1	30.0	A1	7.5	47.5	62.5	4.35	10.65	±55	O.K
	SH2		A1	7.5	47.5	62.5			±55	O.K
	SH3		A1	6.0	49.0	61.0			±55	O.K
	SH4		A1	6.0	49.0	61.0			±55	O.K
	SH5		A1	6.0	49.0	61.0			±55	O.K
	SH6		A1	7.5	47.5	62.5			±55	O.K
	SH7		A1	7.5	47.5	62.5			±55	O.K
	SH8		A1	7.5	47.5	62.5			±55	O.K
	SH9		A1	7.5	47.5	62.5			±55	O.K
P3 (A2측)	SH1	30.0	A2	27.0	28.0	82.0	4.35	10.65	±55	O.K
	SH2		A2	27.0	28.0	82.0			±55	O.K
	SH3		A2	27.5	27.5	82.5			±55	O.K
	SH4		A2	32.5	22.5	87.5			±55	O.K
	SH5		A2	32.5	22.5	87.5			±55	O.K
	SH6		A2	37.5	17.5	92.5			±55	O.K
	SH7		A2	27.5	27.5	82.5			±55	O.K
	SH8		A2	22.5	32.5	77.5			±55	O.K
	SH9		A2	37.5	17.5	92.5			±55	O.K
P4		고 정 단								

<표 3.2.26> 가동받침 이동량 계산_계속

위치		신축 거더 길이(m)	측정값		실측여유량(㎜)		계산이동량(㎜)		받침이동 허용량 (㎜)	검토 결과
			방향	이동량	수축	신장	수축	신장		
A2	SH1	30	-	0	55.0	55.0	4.35	10.65	±55	O.K
	SH2	30	A1	12.0	43.0	67.0			±55	O.K
	SH3	30	A1	7.0	48.0	62.0			±55	O.K
	SH4	30	A1	10.0	45.0	65.0			±55	O.K
	SH5	30	A1	25.0	30.0	80.0			±55	O.K
	SH6	30	A1	10.0	45.0	65.0			±55	O.K
	SH7	30	A1	10.0	45.0	65.0			±55	O.K
	SH8	30	A1	17.0	38.0	72.0			±55	O.K
	SH9	30	A1	7.0	48.0	62.0			±55	O.K
P1		고 정 단								

아. 하부구조 (교대 및 교각)

1) 현황

하부구조는 상부구조 하중을 지반으로 전달하여, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 부재이다. 교대는 역T형으로서 2개소(A1, A2) 설치가 되어 있으며 교각은 라멘식으로 총 4개소 설치되어 있다.

교대 전경(A1)	라멘식 교각 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 교대

① 흉벽부에 균열부 백태 및 균열이 조사되었으며 건조수축 등에 의한 비구조적인 균열로 판단되며 신축이음부 누수에 의해 균열 중 일부는 백태가 발생한 것으로 판단되며 표면처리하여 균열을 통한 추가적인 열화를 방지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

② 전면벽체 및 측면벽체에 균열, 철근노출 및 파손 등의 손상이 조사되었으며 철근노출은 철근의 피복두께 부족이 원인으로 단면보수(방청)하여 내구성을 확보하는 것이 바람직하다.

<표 Ⅱ.1.27> 교대 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교대	균열(0.3㎜이상)	3.20	m	2
	균열(0.3㎜미만)	4.50	m	4
	보수부 재균열	1.80	m	1
	균열부백태	2.82	m	4
	파손	0.02	㎡	1
	철근노출	0.09	㎡	3

<A1> 측면벽체 철근노출



폭	B=0.1m
길이	L=0.3m(3EA)

<A1> 흉벽 균열부 백태



폭	Cw=0.2㎜
길이	L=0.6m

㉯ 교각

① 교각 P1에 발생한 코핑부 단부 파손은 가드레일을 기준으로 교각 코핑부가 도로 내측에 위치하고 있어서 차량과의 충돌에 의해 발생한 것으로 판단되며 차선규제봉을 설치하여 차선을 유도해주는 것이 바람직할 것으로 판단된다.





발생위치	교각 P1 코핑부 좌측면
손상현황	파손 A=0.7m×1.0m(t=50㎜)

파손 발생부 주변 현황



재발 방지 대책 : 차선규제봉 설치

② 코핑부 전면 및 후면에 발생한 수직균열은 균열폭이 0.3㎜미만으로서 건조수축 및 기둥의 구속효과 등에 의한 비구조적인 균열로 판단되며 표면처리하여 유지관리함이 바람직하다.

③ 기둥하단부에 발생한 파손 등 단면손상은 하천 유수에 의한 부유물과의 충돌에 의한 손상으로 판단되며 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요하다.

④ 기타 재료분리, 철근노출에 대해서는 단면보수가 필요한 것으로 판단된다.

<표 Ⅱ.1.28> 교각 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교각	균열(0.3㎜미만)	22.80	m	44
	재료분리	0.10	㎡	1
	파손	1.27	㎡	6
	철근노출	0.06	㎡	1
	누수흔적	4.50	㎡	1
	폐콘크리트 적치	4.00	㎡	1

<P1> 코핑전면 망상균열



폭	B=0.7m
길이	L=1.0m

<P2> 코핑후면 균열



폭	Cw=0.1㎜
길이	L=1.0m

<P4> 코핑전면 재료분리



폭	B=0.2m
길이	L=0.5m

<P4> 코핑하면 철근노출



폭	B=0.2m
길이	L=0.3m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수 및 추가손상 없이 손상물량은 동일하다.

<표 Ⅱ.1.29> 교대 및 교각 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3㎜이상)	m	3.20	2	3.20	2	-	-
	균열(0.3㎜미만)	m	4.50	4	4.50	4	-	-
	보수부 재균열	m	1.80	1	1.80	1	-	-
	균열부백태	m	2.82	4	2.82	4	-	-
	파손	㎡	0.02	1	0.02	1	-	-
	철근노출	㎡	0.09	3	0.09	3	-	-
교각	균열(0.3㎜미만)	m	22.80	44	22.80	44	-	-
	재료분리	㎡	0.10	1	0.10	1	-	-
	파손	㎡	1.27	6	1.27	6	-	-
	철근노출	㎡	0.06	1	0.06	1	-	-
	누수흔적	㎡	4.50	1	4.50	1	-	-
	폐콘크리트 적치	㎡	4.00	1	4.00	1	-	-



<그림 Ⅱ.1.13> 교대 손상추이 분석



<그림 Ⅱ.1.14> 교각 손상추이 분석

1.3.3 외관조사 총괄표

<표 Ⅱ.1.30> 외관조사 총괄표

구분	손상내용	단위	2018년 점검		2019년(금회)	
			물량	개소	물량	개소
교면포장	포장균열	m	20.00	2	10.00	1
	망상균열	㎡	1,497.00	15	1,034.00	12
	포장 패임	㎡	1.13	7	0.75	2
	포트홀/파손	㎡	0.51	2	0.17	3
	보수부 파손	㎡	0.20	1	0.20	1
	포장 층분리	㎡	-	-	92.00	5
방호벽 및 중앙분리대	보수재 재균열(cw=0.3㎜이상)	m	1.30	1	1.30	1
	보수재 재균열(cw=0.3㎜미만)	m	12.70	11	12.70	11
	망상균열	㎡	78.60	7	78.60	7
	표면박리	㎡	25.50	6	25.50	8
	실런트 열화	m	1.00	1	1.00	1
	가드레일 변형	m	2.00	1	2.00	1
	층분리	㎡	-	-	0.18	1
	낙하물방지망 볼트 나사선 부족	EA	-	-	1	1
배수구	배수구 막힘	EA	5	5	5	5
	배수구 그레이팅 유실	EA	4	4	4	4
	배수구 그레이팅 파손	EA	-	-	2	2
	배수관 교체 필요	EA	10	10	10	10
신축이음 장치	유간 토사퇴적	m	28.20	7	27.00	6
	후타재 균열 (0.3㎜이상)	m	1.50	1	1.50	1
	후타재 균열 (0.3㎜미만)	m	7.40	17	7.40	17
	후타재 파손	m	0.90	7	0.42	3
	이격	m	3.00	1	3.00	1

<표 Ⅱ.1.30> 외관조사 총괄표_계속

구분	손상내용	단위	2018년 점검		2019년(금회)	
			물량	개소	물량	개소
바닥판 하면	균열부 백태	m	2.30	3	2.30	3
	백태	㎡	0.21	4	-	-
	보수부 박락	㎡	0.25	1	0.25	1
	철근노출	㎡	0.02	1	0.02	1
	층분리	㎡	-	-	0.06	1
거더	백태	㎡	0.03	1	0.03	1
	재료분리	㎡	0.06	1	0.06	1
	파손	㎡	0.04	1	0.02	1
	인양홀 주변 파손	㎡	0.14	9	0.16	10
가로보	재료분리	㎡	0.30	5	0.30	5
	철근노출	㎡	0.01	1	0.01	1
교량받침	받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	2.90	10	2.90	10
	받침몰탈 박리	㎡	0.04	1	0.04	1
	받침 부식	EA	4	4	5	5
	받침 부식 및 도장박리	EA	36	36	36	36
	받침장치 볼트부식	EA	72	72	72	72
교대	균열(0.3㎜이상)	m	3.20	2	3.20	2
	균열(0.3㎜미만)	m	4.50	4	4.50	4
	보수부 재균열	m	1.80	1	1.80	1
	균열부백태	m	2.82	4	2.82	4
	파손	㎡	0.02	1	0.02	1
	철근노출	㎡	0.09	3	0.09	3
교각	균열(0.3㎜미만)	m	22.80	44	22.80	44
	재료분리	㎡	0.10	1	0.10	1
	파손	㎡	1.27	6	1.27	6
	철근노출	㎡	0.06	1	0.06	1
	누수흔적	㎡	4.50	1	4.50	1
	폐콘크리트 적치	㎡	4.00	1	4.00	1

1.3.4 내구성 시험

가. 개요

교량 구조물의 내구성 저하의 대표적인 현상은 콘크리트 탄산화, 철근부식, 균열, 강도저하, 표면 노후화, 부재의 큰 변형, 동결융해, 누수 등의 현상으로 분류된다. 철근의 부식과 콘크리트의 균열은 독립된 원인에 의해 나타나는 것이 아니고, 그 밖의 열화 현상을 일으키는 원인과도 복합적으로 관계되고 있다.

재료시험은 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강의 판정을 하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물의 재료시험에 의해서 향후 열화 경향을 예측 및 예방하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

재료시험의 범위는 다음과 같다.

- 재료시험을 대상으로 하는 구조물은 콘크리트 구조물에 한한다.
- 재료시험은 구조체를 중심으로 수행한다.
- 재료시험은 조사 시점의 열화상태 뿐만 아니라 구조물의 이력, 주요환경, 열화원인을 조사하여 향후 열화손상 진행정도를 예측하고, 내용년수와 관련하여 종합적인 안전진단을 수행한다.
- 본 구조물의 재료시험 내용은 안전성평가를 위한 내구성 저하 유무를 확인하기 위한 조사 및 시험을 실시하였다.
- 향후 유지관리시 금회 재료시험 위치에서의 결과치를 활용하여 비교·분석할 수 있도록 재료시험 위치도를 수록하였다.

본 장에서는 콘크리트의 재료시험을 실시하여 외관조사 내용과 함께 구조물의 내구성과 사용성을 검토하고 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였으며, 재료시험의 주요 시험내용은<표 Ⅱ.1.31>에 정리하였다.

1) 재료시험 측정일자 및 조사자

<표 Ⅱ.1.31> 재료시험 측정일자 및 조사자

구 분	일 자	조 사 자	사용장비
재료시험 및 측정	2019, 02.14 ~ 2019.02.15	책임기술자외 4인	교량점검차, 사다리, 도보조사

2) 비파괴 시험별 적용 기준 및 근거

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 교량편)(국토교통부, 한국시설안전공단 2019. 01)』 및 발주처 제공 내역서에 근거하여 조사 위치 및 수량을 결정하였다.

<표 Ⅱ.1.32> 재료시험 기준 및 실시수량

구분		위치	세부지침 기준	기준수량	실시수량		비고
					2018 정밀	추가 점검	
콘크리트	반발경도	상부	1개소/50m	3개소	3개소	4개소	
		하부	1개소/50m	3개소	3개소	3개소	
	철근탐사		책임기술자 판단에 따라 수량 결정	-	5개소	5개소	
	탄산화깊이		◦ 5경간이내 : 2~3개소 ◦ 5경간이상 : 3~6개소	3~6개소	5개소		
	염화물 침투량 시험		책임기술자 판단에 따라 수량 결정	-	-	3개소	



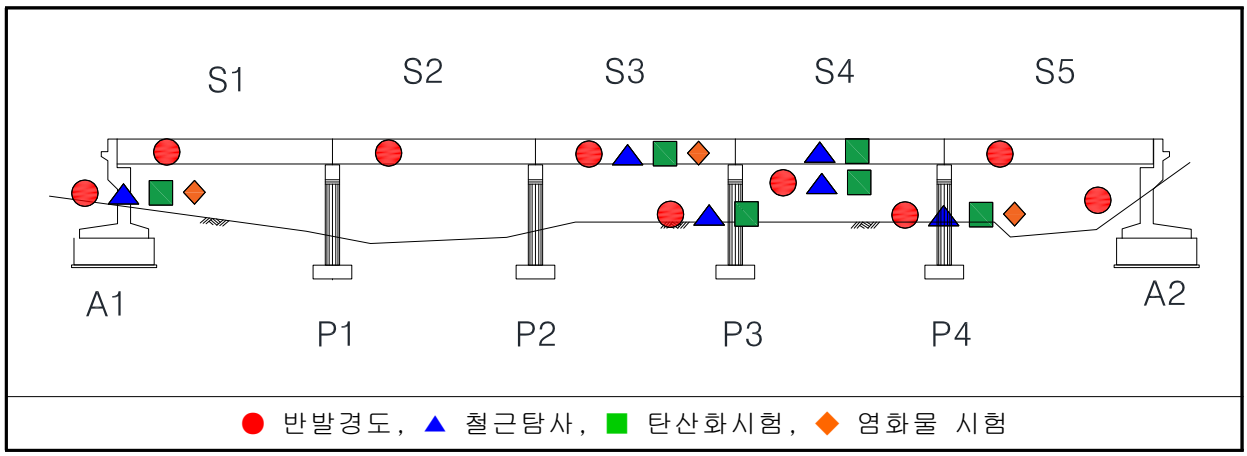
반발경도시험



철근탐사



염화물시료 채취



<그림 Ⅱ.1.15> 재료시험 위치도

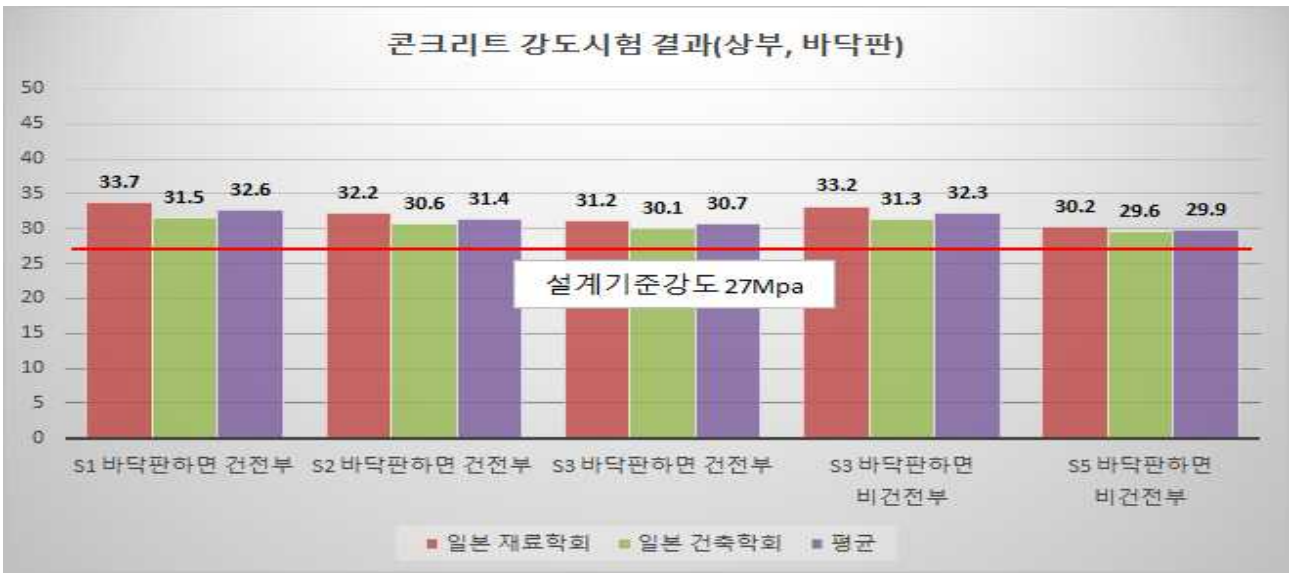
나. 콘크리트 재료시험

1) 콘크리트 강도시험

㉮ 시험 결과

<표 Ⅱ.1.33> 비파괴 강도시험 결과(상부, 바닥판)

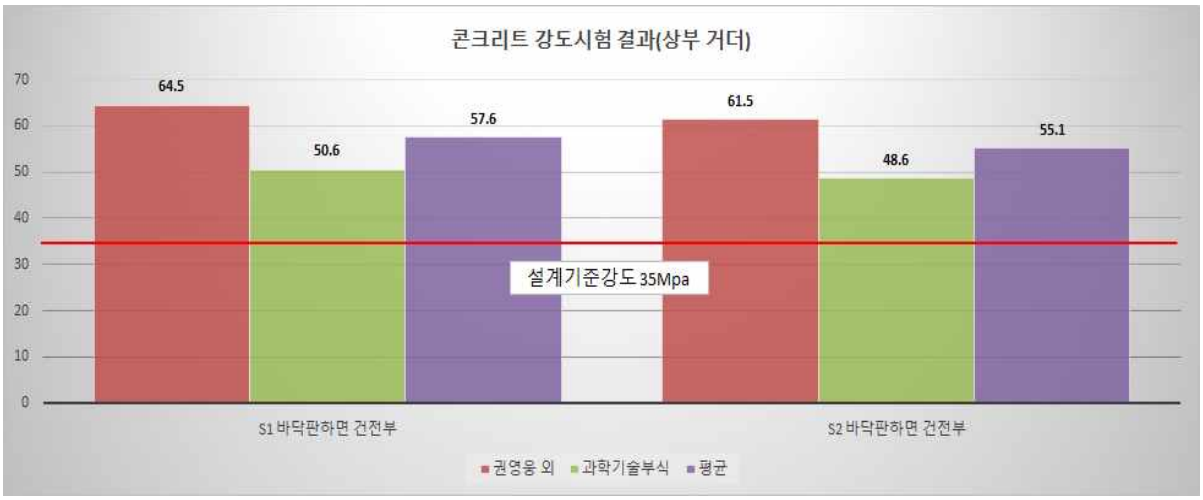
시험위치		반발경도(RO)	반발경도(MPa)			설계기준강도(MPa)	대비(%)
			일본 재료학회	일본 건축학회	평균		
1	S1 바닥판하면 건전부	56.2	33.7	31.5	32.6	27.0	120.7
2	S2 바닥판하면 건전부	54.2	32.2	30.6	31.4	27.0	116.3
3	S3 바닥판하면 건전부	53.2	31.2	30.1	30.7	27.0	113.7
4	S3 바닥판하면 비건전부	55.6	33.2	31.3	32.3	27.0	119.6
5	S5 바닥판하면 비건전부	51.9	30.2	29.6	29.9	27.0	110.7
평균값			32.1	30.6	31.4	-	
최대값			33.7	31.5	32.6	-	
최소값			30.2	29.6	29.9	-	



<그림 Ⅱ.1.16> 비파괴시험 결과(상부구조, 바닥판)

<표 Ⅱ.1.34> 비파괴 강도시험 결과(상부, 거더)

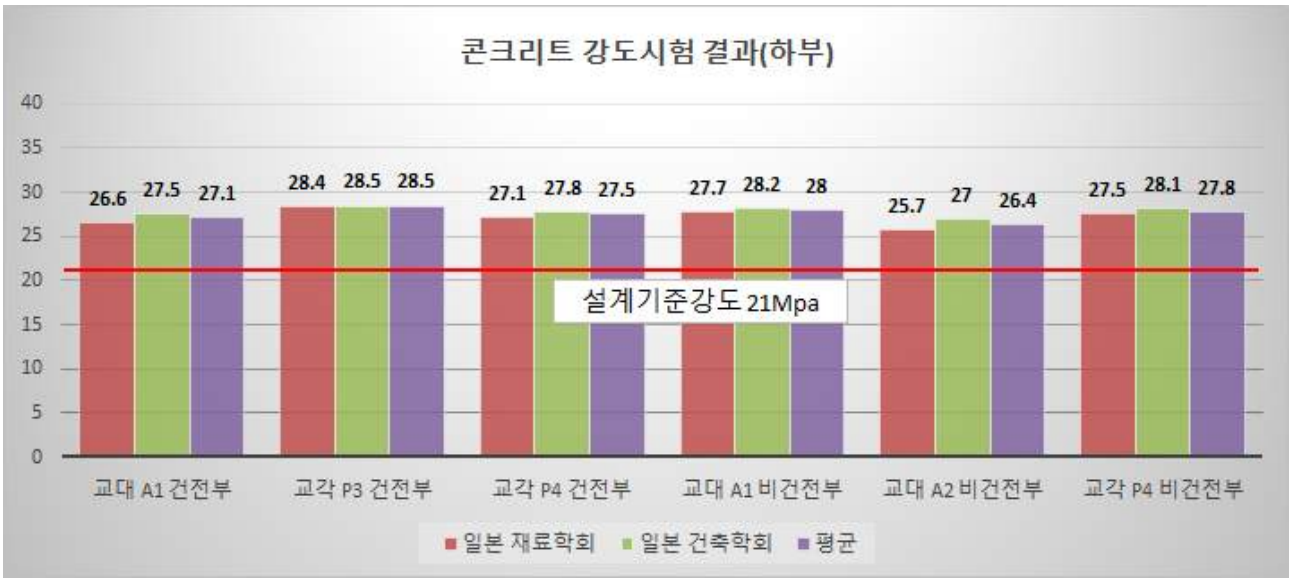
시험위치		반발경도(RO)	반발경도(MPa)			설계기준강도(MPa)	대비(%)
			권영웅 외	과학기술부식	평균		
1	S4 G8 거더 건전부	61.3	64.5	50.6	57.6	35.0	133.2
2	S4 G8 거더 비건전부	59.2	61.5	48.6	55.1	35.0	128.0
평균값			63.0	49.6	56.3	-	
최대값			64.5	50.6	55.6	-	
최소값			61.5	48.6	55.1	-	



<그림 Ⅱ.1.17> 비파괴시험 결과(상부구조, 거더)

<표 Ⅱ.1.35> 비파괴 강도시험 결과(하부)

시험위치		반발경도(RO)	반발경도(MPa)			설계기준강도(MPa)	대비(%)
			일본재료학회	일본건축학회	평균		
1	교대 A1 건전부	47.3	26.6	27.5	27.1	21.0	129.0
2	교각 P3 건전부	49.6	28.4	28.5	28.5	21.0	135.7
3	교각 P4 건전부	48.0	27.1	27.8	27.5	21.0	131.0
4	교대 A1 비건전부	48.8	27.7	28.2	28.0	21.0	133.3
5	교대 A2 비건전부	46.3	25.7	27.0	26.4	21.0	125.7
6	교각 P4 비건전부	48.6	27.5	28.1	27.8	21.0	132.4
평균값			27.2	27.9	27.6	-	
최대값			28.4	28.5	28.5	-	
최소값			25.7	27.0	26.4	-	



<그림 Ⅱ.1.18> 비파괴시험 결과(하부구조)

㉯ 시험 분석결과

반발경도법에 의한 콘크리트 표면(피복) 강도 조사결과 측정위치에서 모두 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 건전부 및 비건전부에 대하여 비교 시 큰 차이가 없는 것으로 조사되어 현재 강도부족으로 인한 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

단위 : MPa

시험위치		반발경도(A)	설계기준 강도(B)	평가결과 (A/B)X100 (%)	비고
상부 구조	바닥판	29.6 ~ 31.5	27.0	110 ~ 117	양호
	거더	55.1 ~ 57.6	35.0	157 ~ 165	양호
하부구조		26.4 ~ 28.5	21.0	126 ~ 136	양호

㉰ 전회차 정밀점검 결과와 비교

<표 Ⅱ.1.36> 비파괴 강도시험 비교

구분	시험위치		반발경도	설계기준 강도	평가결과 (A/B)X100 (%)
16년 정밀점검	상부 구조	바닥판	27.1 ~ 28.4	27.0	100 ~ 106
		거더	36.8 ~ 37.6	35.0	105 ~ 107
	하부구조		21.5 ~ 26.6	21.0	102 ~ 127
18년 정밀점검 및 금회 성능평가	상부 구조	바닥판	29.6 ~ 31.5	27.0	110 ~ 117
		거더	55.1 ~ 57.6	35.0	157 ~ 165
	하부구조		26.4 ~ 28.5	21.0	126 ~ 136

2016년 정밀점검과의 비교, 분석 결과 측정 위치 및 장비 등의 차이로 인하여 측정값이 미소하게 높게 측정되었으며 전차와 동일하게 설계기준강도를 상회하는 것으로 평가되었다.

2) 철근탐사 시험

㉮ 시험 결과

<표 Ⅱ.1.37> 철근탐사 결과

측정위치		철근종류	배근간격(㎜)		순피복두께(㎜)		비고
			설계치	측정치	설계치	측정치	
1	S3 바닥판하면	주철근	150	141	40	57	
		배력철근	125	122	40	36	
2	S4 바닥판하면	주철근	150	150	40	65	
		배력철근	125	121	40	41	
3	A1 교대	주철근	100	107	100	52	
		배력철근	200	205	100	72	
4	P3 교각	주철근	100	101	100	89	
		배력철근	100	100	100	72	
5	P4 교각	주철근	100	118	100	119	
		배력철근	200	190	100	92	

㉯ 철근탐사 결과 분석

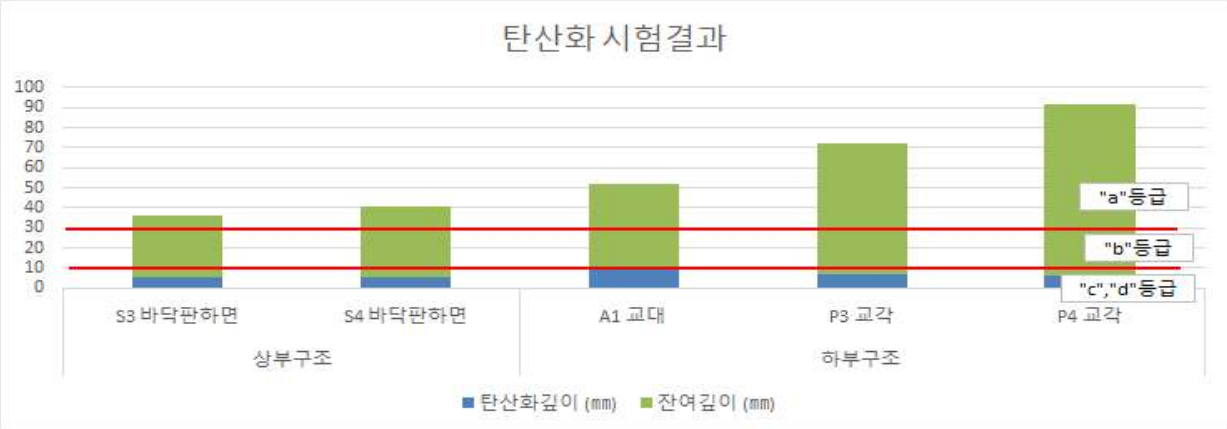
철근탐사시험은 콘크리트 내에 배근되어 있는 실제 철근의 배근상태 및 피복두께를 비교·검토하기 위하여 실시하였으며, 본 시험에서는 RC-Radar를 사용하여 바닥판 및 교대, 교각에 대하여 시험을 수행하였다. 그 결과 철근의 배근간격 및 피복두께는 전반적으로 준공도면과 유사하게 측정된 것으로 분석되었다. 준공도면과의 오차는 시공당시 철근배근작업, 피복두께 유지재의 이동, 철근탐사의 측정오차 등으로 인한 경미한 차이로 철근배근 및 피복두께는 적정한 것으로 판단된다.

3) 탄산화 깊이 측정

㉮ 시험 결과

<표 Ⅱ.1.38> 탄산화 시험 결과

시험위치		탄산화깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존수명 예측(년)	상태 등급	비고
상부 구조	S3 바닥판하면	5.0	36.0	31.0	1.04	∞	a	
	S4 바닥판하면	5.0	41.0	36.0	1.04	∞	b	
하부 구조	A1 교대	10.0	52.0	42.0	2.09	∞	a	
	P3 교각	7.0	72.0	65.0	1.46	∞	a	
	P4 교각	6.0	92.0	86.0	1.25	∞	a	



<그림 Ⅱ.1.19> 탄산화 시험 결과

㉯ 탄산화 시험 결과 분석

탄산화 시험결과 철근탐사를 통해 실측한 최소 피복두께를 고려한 잔여 피복두께를 분석한 결과 30㎜이상인 “a” 등급으로 현재 탄산화에 의한 철근부식 및 내구성 저하 우려는 없을 것으로 판단된다.

㉰ 전회차 정밀점검 결과와 비교

구분	시험위치	탄산화깊이	피복두께	탄산화 잔여깊이	평가
16년 정밀점검	상부구조	2.85 ~ 3.72	36.0 ~ 44.0	33.13 ~ 40.28	a
	하부구조	2.51 ~ 5.38	79.0 ~ 98.0	76.49 ~ 92.62	a
금회 점검	상부구조	5.0	36.0 ~ 41.0	31.0 ~ 36.0	a
	하부구조	6.0 ~ 10.0	52.0 ~ 92.0	42.0 ~ 86.0	a

4) 염화물함유량 시험

㉮ 시험 결과

구분				전연화물 함유량(%)	환산염화물 함유량(kg/m3)	상태평가 기준	비고
상부 구조	1	S3 바닥판	표면	0.0032	0.072	a	-
			내면	0.0024	0.054	a	-
하부 구조	1	A1 교대	표면	0.0132	0.299	a	-
			내면	0.0087	0.197	a	-
	2	P4 교각	표면	0.0041	0.093	a	-
			내면	0.0032	0.072	a	-



<그림 Ⅱ.1.20> 염화물 시험 결과

㉯ 염화물함유량 결과 분석

능원교의 누수오염 및 제설제등 염화물함유량이 의심되는 구간을 선정하여 염화물함유량 시험을 실시한 결과 상부구조는 0.054~0.072kg/㎥, 하부구조는 0.072~0.299kg/㎥로 콘크리트 표면 및 내면 모두 “a”등급으로 판정되어 철근 부식 가능성이 없는 것으로 분석되었다.

다. 내구성 평가 결과

1) 콘크리트 품질조사 및 시험 결과

㉮ 반발경도에 의한 강도추정

반발경도법에 의한 콘크리트 표면(피복) 강도 조사결과 측정위치에서 모두 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 건전부 및 비건전부에 대하여 비교 시 큰 차이가 없는 것으로 조사되어 현재 강도부족으로 인한 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

㉯ 철근탐사 측정 결과

철근의 배근간격은 전반적으로 준공도면과 유사하게 측정되었다.

㉰ 탄산화시험

탄산화 시험결과 철근탐사를 통해 실측한 최소 피복두께를 고려한 잔여 피복두께를 분석한 결과 30㎜이상인 “a”등급으로 현재 탄산화에 의한 철근부식 및 내구성 저하 우려는 없을 것으로 판단된다.

㉱ 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험결과 상부구조는 0.054~0.072kg/㎥, 하부구조는 0.072~0.299kg/㎥로 콘크리트 표면 및 내면 모두 “a”등급으로 판정되어 철근부식 가능성이 없는 것으로 분석되었다.

2) 전회차 시험결과와의 비교 분석

본 용역은 2018년 정밀점검 내용을 포함한 제2종 성능평가 용역으로서 2016년 정밀점검 용역과 비교시 측정 항목 및 위치 등이 일부 상이함으로 공통된 시험에 대하여 비교평가 시 미소한 차이는 있으나 전반적으로 유사한 값으로 조사되어 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

1.4 안전성능 평가 결과

1.4.1 상태안전성능 평가 결과

가. 부재별 상태안전성능 평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재			지점 번호	신축 이음	받침	하부구조	
경간 번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석		신축 이음	교량 받침	하부	기초
S1	PSCI	b	b	a	c	b	b	A1	b	a	b	q
S2	PSCI	a	a	b	c	b	b	P1	x	a	b	q
S3	PSCI	b	a	b	c	c	b	P2	b	b	b	q
S4	PSCI	a	b	a	c	c	b	P3	x	b	b	q
S5	PSCI	a	b	b	c	c	b	P4	x	a	b	q
		x	x	x	x	x	x	A2	b	a	b	q
평균		0.140	0.160	0.160	0.400	0.320	0.200	-	0.200	0.133	0.200	-
가중치		15	25	4	4	3	2	-	7	15	25	-
(평균X가중치)/ 가중치합		0.021	0.040	0.006	0.016	0.010	0.004	-	0.014	0.020	0.050	-
1. 환산결함도 점수 =												0.181
2. 상태평가 결과 =												B
결과분석	부재별 상태안전성능 평가는 부재별 중요도를 감안하여 가중치를 차등 적용하여 전체 상태안전성능을 평가 하였으며 외관조사를 통한 상태안전성능평가 결과 환산결함도 점수 0.185의 『B등급』으로 산정되었다.											

나. 상태안전성능 평가 결과

<표 Ⅱ.1.39> 상태안전성능 결과표

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
상태평가 결과		0.181				

현장조사 결과를 반영한 능원교 상태안전성능 평가결과, 결함도 지수는 “0.181“, 평가 결과는 ”B“로 평가되었다.

1.4.2 구조안전성능 평가 결과

대상 교량에 대한 구조안전성능 평가는 준공도면 및 현장조사 자료를 이용하여 평가를 진행하였으며, 제반조건 등 검토 자료는 부록에 수록하였다.

가. 내하력 평가 결과

1) 안전성 검토결과

㉮ 강도설계법에 의한 부재검토

① 바닥판 검토결과

<표 Ⅱ.1.40> 바닥판 검토결과

구 분	고정하중단면력 (Md)	활하중단면력 (Mℓ)	계수단면력 (Mu)	공칭단면력 (ØMn)	안전율 (S.F)	비고
캔틸레버측	4.558	17.583	26.569	95.157	3.582	만족
중간바닥판	1.820	21.840	49.322	105.961	2.148	만족

② 거더 검토결과

<표 Ⅱ.1.41> 거더 검토결과

부 재 명	고정하중단면력 (Md)	활하중단면력 (Mℓ)	계수단면력 (Mu)	공칭단면력 (ØMn)	안전율 (S.F)	비 고
외측거더 (G1,G6)	4,596.85	2,116.33	10,526.015	14,594.530	1.387	만족
내측거더 (G2~G5)	4,336.1	2,262.74	10,501.821	14,637.580	1.394	만족

㈏ 허용응력법에 의한 부재검토

① 응력 집계표

<표 Ⅱ.1.42> 응력 집계표

부 재 명		합성전(MPa)	합성후(MPa)	활하중(MPa)	합 계	비 고
외측거더 (G1,G6)	상연	11.32	0.78	1.64	13.74	
	하연	-10.5	-1.94	-4.05	-16.49	
내측거더 (G2~G5)	상연	12.34	0.31	1.65	14.30	
	하연	-11.45	-0.81	-4.29	-16.55	

② 응력 검토결과(MPa)

<표 Ⅱ.1.43> 응력 검토결과

부 재 명		작용응력(MPa)	프리스트레스	허용응력(MPa)	안전율	비고
외측거더 (G1,G6)	상연	13.56	-4.22	14.00	1.499	OK
	하연	-16.49	14.08	-2.81	1.166	
내측거더 (G2~G5)	상연	14.30	-4.23	14.00	1.390	OK
	하연	-16.55	14.11	-2.81	1.152	

㈐ 평가 결과

안전율 개념을 적용한 구조안전성능 평가 결과, 안전율이 SF>1.0을 만족하고 있으므로 재하시험에 의한 공용내하력은 적용하지 않았다.

나. 세굴을 포함한 기초 안전성 검토결과

1) 세굴심 평가

㉮ 관련자료 수집

대상 시설물의 세굴심 검토를 위한 자료를 “수지 ~ 광주간 도로확장 및 포장공사, 구조 및 수리계산서, 1995.09”에서 수집하였으며, ‘부록 12 기타 참고자료’에 수록하였다.

㉯ 세굴심 평가

수집된 자료를 적용하여 “하천설계기준 37.3.3, 2002, 한국수자원학회”에 따라 세굴심 평가를 수행하였으며, 자료 수집이 어려운 Froehlich 공식은 제외하고 3가지 방법에 의한 평균 세굴심을 평가하였다.

① CSU 공식

$$\text{세굴심}(y_s) = (2.0\ K_1\ K_2\ K_3\ K_4\ (\frac{a}{y_1})^{0.65}(Fr_1)^{0.43})\ /\ y_1$$

$= (2.0\times1.0\times1.0\times1.1\times1.0\times(2.0/0.3)^{0.65}\times(0.05)^{0.43}\ )/0.2 = 6.94\text{m}$

여기서, y_1 = 구조물의 직상류부 수심(0.3m), K_1 = 교각형상에 대한 보정계수(1.0)

K_2 = 흐름입사각에 대한 보정계수(1.0), K_3 = 하상조건에 대한 보정계수(1.1)

K_4 = 하상재료의 크기에 대한 보정계수(1.0), a = 교각의 폭(2.0m)

Fr_1=구조물 설치 직상류부의 Froud수($\frac{v}{\sqrt{gh}} = \frac{0.22}{\sqrt{(9.81\times2.0)}} = 0.05$)

② Laursen 공식

$$\frac{b}{y} = 5.5(\frac{y_s}{y})[(\frac{y_s}{11.5y}+1)^{1.7}-1], \quad \therefore \text{ ys} = 0.83\text{m}$$

여기서, y = 구조물의 직상류부 수심(0.3m)

y_s = 세굴심도(m) b = 교각의 폭(2.0m)

③ Neill 공식

$$\text{세굴심도}(y_s) = (1.5(\frac{b}{y})^{0.3}\ )\ /\ b, \quad \therefore \text{ ys} = 1.32\text{m}$$

여기서, y = 구조물의 직상류부 수심(0.3m)

b = 교각의 폭(2.0m)

㉰ 세굴심 산정

상기 각 공식별 최대 세굴심 산정결과 많은 차이를 보이고 있으므로 크게 차이나는 1번 값을 제외한 두 개 공식의 평균 값(1.08m)을 본 교량의 세굴심으로

적용한다.

㉱ 세굴심 평가 결과

현 수심을 기준으로 하상에 위치한 교각에 대한 세굴심 평가 결과, 세굴심이 기초 상단보다 높게 위치하고 있는 것으로 검토되어 “a” 등급으로 평가되었다.

2) 기초 안전성 평가

세굴심 검토결과, 계산된 세굴심이 기초 상단에 위치하고 있으며 교각하단 주변에 사석보호공이 시공되어 있어 기초 안전성 검토는 생략한다.

다. 구조안전성능 평가 결과

구조해석 결과를 반영한 능원교 구조안전성능 평가 결과, 결함도 지수 1.0 이상으로 평가 결과는 ”A“로 평가되었다.

<표 Ⅱ.1.44> 구조안전성능 평가 결과 산정표

구분	결함도 지수	평가기준	평가 결과	비고
안전율	S.F= 1.152	S.F > 1	A	
기초 안전성	-	-	A	
평가 결과	MIN(내하력, 기초안전성)		A	

1.4.3 안전성능 결과 산정

능원교에 대한 안전성능 평가 결과, 상태안전성능 “B”, 구조안전성능 “A”로 평가되어 안전성능등급은 아래 표와 같이 “B”로 산정되었다.

<표 Ⅱ.1.45> 안전성능 평가 결과표

구분	결함도 지수	평가 결과	비고
상태안전성능	0.181	B	
구조안전성능	1.152	A	
평가 결과	MIN(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)	B	

1.5 내구성능 평가 결과

1.5.1 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 대상 시설물 현황

<표 Ⅱ.1.46> 콘크리트 내구성능 시설물 제원

교량 형식		PSC I거더교(PSCI)(도로교)
경간장 및 경간수		5@30.0= 150.0m
교폭		19.5m
바닥판의 높이		5.0m
거더갯수		9
2차부재		L=1.5m, 교축방향 6m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
피복두께(바닥판 상면/교대,교각 전면)		40mm~60mm/100mm
공용연수		18년
환경조건	지역	경기도 용인시
	해안 이격거리	서해안으로부터 44.4 km
	연간 젖음 시간(일)	56.36일
	제설제(강설횟수)	13.3일

나. 열화환경 평가

1) 대상교량은 해상교량이 아니라, 해안내륙에 위치한 교량이므로 해안거리에 따른 염해환경을 평가한다.

2) 대상교량은 서해안에 위치하기 때문에 해안거리(44.4 km)에 따른 서해안의 비래염분 염해환경은 A등급으로 평가된다.



3) 인접한 경기도 수원지역의 10년간 평균 강설 일수는 13.3일로 제설제 염해환경은 b 등급으로 평가된다.



4) 또한, 해당지역의 동결융해 반복지수 X는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우, 10.45회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 56.36회로서 동결융해 환경은 C등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우도 동결융해 싸이클이 연평균 10.45회로서 동결융해의 피해를 입을 수 있음을 확인된다.

<표 Ⅱ.1.47> 수분접촉 일수표(2009년2월1일 ~ 2019년2월1일)

지점명	주소	지점 번호	동결융해 싸이클수 (회/연평균)	
			일반부재 (수분미접촉)	취약부재 (수분접촉)
수원	경기도 수원시 권선구 서둔동	119	10.45	56.36

다. 열화진전 평가

염화물 침투량 시험은 책임기술자 판단에 따라 실시하도록 규정하고 있으며, 본 구조물에서는 바닥판 상면 1개소, 교대 1개소, 교각 1개소에서 분말 시료를 채취하여 시험을 실시하였다.

대상 부재의 실측 피복두께는 바닥판 36㎜, 교대 52㎜, 교각 92㎜이며, 시료 채취 표면부와 내면부로 구분하여 깊이별 측정결과를 확보하였다.

1) 염화물 침투량 평가

<표 Ⅱ.1.48> 염화물 침투량 평가 결과

열화진전 평가항목	세부 부재명	깊이별 염화물 침투량 (㎏/㎥)		평가 결과
		표면부	내면부	
염화물 침투량	바닥판	0.072	0.054	a
	거더	-	-	-
	2차부재	-	-	-
	교대/교각	0.299/0.093	0.197/0.072	a

2) 염화물 확산계수 산출

<표 Ⅱ.1.49> 염화물 확산계수 산출

열화진전 평가항목	세부 부재명	깊이별 염화물 확산계수 (㎠/year)	
		표면부	내면부
염화물 침투량	바닥판	-	0.101
	거더	-	
	2차부재	-	
	교대/교각	-	0.195

3) 철근부 전염화물 침투량이 2.5(㎏/㎥)가 되는 시점 평가

<표 Ⅱ.1.50> 철근부 전염화물 침투량이 2.5(㎏/㎥)가 되는 시점 평가 결과

열화진전 평가항목	세부 부재명	계산 결과 (year)	평가결과
철근부 전염화물 침투량 Cr이 2.5(㎏/㎥)가 되는 시점	바닥판	30년 초과	a
	거더	-	-
	2차부재	-	-
	교대/교각	30년 초과	a

4) 염화물량 등급 평가

<표 Ⅱ.1.51> 철근부 염화물량 등급 평가

세부 부재명	염화물 침투량 평가 등급
바닥판	a
거더	-
2차부재	-
교대/교각	a

라. 탄산화 깊이 평가

1) 대상 교량은 5경간 이상으로 측정 개소는 상부/하부에서 총 5개소를 측정하였다.

2) 각 부재별로 탄산화 깊이를 평가하며, 1개 세부부재 내에서는 개별 평가등급 중 최저등급을 대상부재의 탄산화 깊이에 대한 평가등급으로 한다.

<표 Ⅱ.1.52> 탄산화 깊이 평가

열화진전 평가항목	시험위치	탄산화 깊이(㎜)			탄산화 속도계수			잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간(T)			개별등급			평가
		No1	No2	No3	No1	No2	No3	No1	No2	No3	No1	No2	No3	
탄산화 깊이	바닥판	5.0	5.0	-	1.04	1.04	-	30년 초과			a	a	-	a
	거더	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2차부재	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	교대/교각	10.0	7.0	6.0	2.09	1.46	1.25	30년 초과			a	a	a	a

마. 피복(표면부) 콘크리트의 품질 평가

피복(표면부) 콘크리트의 품질은 대상 교량의 상·하부 구조에서 건전부 및 비건부에 대해서 반발경도법에 의한 강도 조사를 실시하였다.

<표 Ⅱ.1.53> 피복(표면부) 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	부재 그룹명	세부 부재명		설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/건전부 비율(%)	개별 평가등급		평가 결과
피복 콘크리트의 품질	상부	바닥판		116	98.5	a	a	a
		거더		134	96.1	a	a	a
		2차부재		-	-	-	-	-
	하부	교대/교각	A1	129	103	a	a	a
			P1			-	-	
			P2			-	-	
			P3	136		a	-	
			P4	131	101	a	a	
			A2		126	-	a	

바. 콘크리트 내구성능 평가 결과

<표 Ⅱ.1.54> 콘크리트 내구성능 평가 결과

부재 그룹	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재등급	결함도 지수
상부	바닥판(35)	a	a	a	a	0.1
	거더(38)	-	-	a	a	0.1
	2차부재	-	-	-	-	-
하부	교대/교각(27)	a	a	a	a	0.1
		결함도지수	(0.1 * 35 + 0.1 * 38 + 0.1 * 27) / 100 = 0.100			
		등 급	A			

<표 Ⅱ.1.55> 열화환경지표 평가 결과

열화환경지표		평가등급
제설제 염해환경		B
비래염분 염해환경	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	A
동해환경		C

1.5.2 종합내구성능 평가 결과

<표 Ⅱ.1.56> 종합내구성능 평가 결과

결함도 평가부재	내구성능 등급	결함도 지수	가중치	평점
콘크리트	A	0.1	1.0	0.10
합 계				0.10
능원교 종합내구성능 등급				A

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
종합내구성능 평가 결과	0.10					

대상 시설물에 대한 콘크리트 내구성능평가 결과, 결함도 지수는 “0.10”, 평가 결과는 “A”로 평가되었다.

1.6 사용성능 평가 결과

1.6.1 성능지표별 평가 결과

가. 사용성 평가

1) 포장상태 평가

대상 교량의 포장상태 평가 지수인 NHPCI는 아래 식을 이용하여 산정한다.

$$NHPCI = \frac{1}{(0.33 + 0.003 \times X_{CR} + 0.004 \times X_{RD} + 0.0183 \times X_{IRI})^2}$$

여기서 , X_{CR} : 균열률(%)

X_{RD} : 소성변형(mm)

X_{IRI} : 종단평탄성(m/km)

<표 Ⅱ.1.57> NHPCI 분석 결과표

시설물명	호선	조사연장 (km)	평 균			NHPCI	평가 등급
			균열율 (%)	종단평탄성 (IRI)	소성변형 (RD)		
능원교	43	4.783	19.16	2.03	9.1	4.70	c

※ 대상 교량에 대한 NHPCI평가를 위한 지수자료는 「세부지침-성능평가-교량편」에 따라 “2016 도로포장관리시스템(한국건설기술연구원,2017.04)”의 대상 교량 인근자료를 활용하였음.

2) 교량 조명

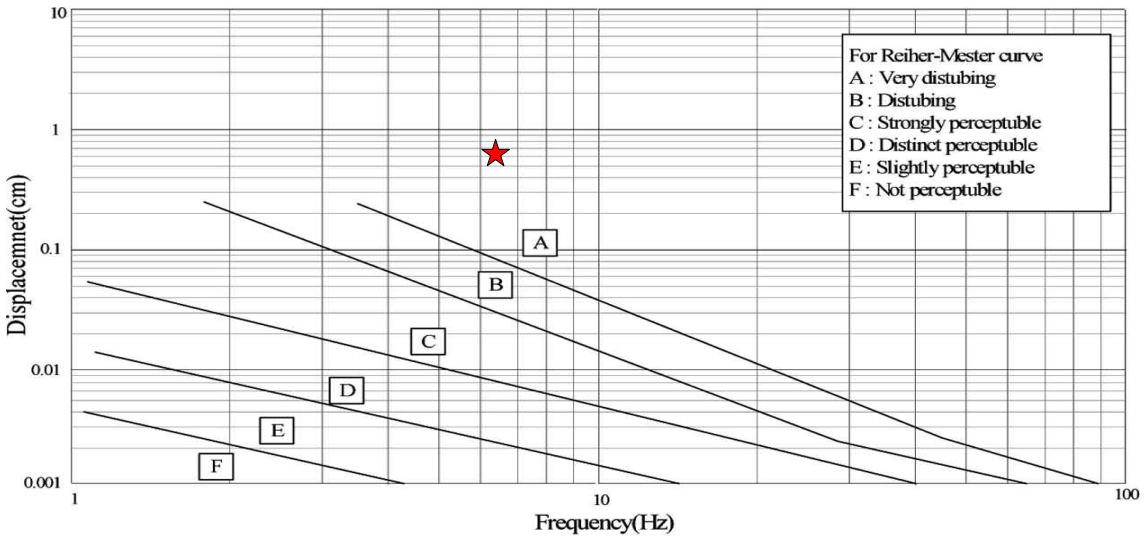
교량 조명시설이 설치되어 있지 않으므로 교량 조명의 성능평가는 미 실시함.

3) 진동사용성

재하시험을 통한 진동사용성 평가 결과, 아래와 같이 최대 처짐값 0.438, 고유진동수 6.229에 해당하는 구간은 A구간으로 나타났으며, e등급(매우 불안감이 조성되는 상태)으로 평가되었다.

<표 Ⅱ.1.58> 처짐 및 고유진동수 측정 결과표

구분	처짐	고유진동수	평가등급
	DT1		
능원교	0.438	6.229	e



<그림 Ⅱ.1.21> Reiher-Meister(1931)의 허용곡선

나. 유지관리성 평가

1) 점검시설

<표 Ⅱ.1.59> 점검시설 평가 결과표

시설 물명	교각 개소수	설치유무		설치상태				평가 등급
		설치 개소수	점검시설 설치율(%)	수리필요 개소수	수리 필요율(%)	교체필요 개소수	교체 필요율(%)	
능원교	4	1	25.0	0	0	0	0	e

다. 수요 및 용량 평가

1) 교통량

<표 Ⅱ.1.60> 교통량 평가 결과표

시설물명	수요예측(대)	수요실제(대)	비율(%)	평가등급
능원교	62,423	56,337	111	a

※ 능원교 수요예측 교통량은 “수지-광주간 도로확장 및 포장공사 설계 종합보고서”를 참조하였으며, 관련자료를 부록에 수록하였다.

1.6.2 사용성능 평가 결과

대상 교량에 대한 최종 사용성능평가 결과, 아래 표와 같이 D등급으로 산출되었다.

<표 Ⅱ.1.61> 사용성능 평가 결과표

성능 구분	특징	세부지표 종류	가중치	평가결과	등급점수	결함지수
사용 성능	사용성	포장상태	0.247	c	0.4	0.099
		교량조명	0.150	-	-	0.000
		진동사용성	0.202	e	1.0	0.202
기능성	유지관리성	점점시설유무	0.206	e	1.0	0.206
	수요및용량	교통량	0.195	a	0.1	0.020
				결함도지수		0.527
				등급		D

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
상태평가 결과				0.527		

대상 시설물에 대한 사용성능평가 결과, 결함도 지수는 “0.527”, 평가 결과는 “D”로 평가되었다.

1.7 종합성능평가 결과

1.7.1 항목별 평가 결과

가. 안전성능 평가 결과

<표 Ⅱ.1.62> 안전성능 평가 결과표

구분	결함도 지수	평가 결과	비고
상태안전성능	0.181	B	
구조안전성능	1.152	A	
평가 결과	MIN(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)	B	

나. 내구성능 평가 결과

<표 Ⅱ.1.63> 내구성능 평가 결과표

결함도 평가부재	내구성능 등급	결함도 지수	가중치	평점
콘크리트	A	0.1	1.0	0.10
능원교 종합내구성능 등급				A

다. 사용성능 평가 결과

<표 Ⅱ.1.64> 사용성능 평가 결과표

성능 구분	특징	세부지표 종류	가중치	평가결과	등급점수	결함지수
사용 성능	사용성	포장상태	0.247	c	0.4	0.099
		교량조명	0.150	-	-	0.000
		진동사용성	0.202	e	1.0	0.202
기능성	유지관리성	점점시설유무	0.206	e	1.0	0.206
	수요및용량	교통량	0.195	a	0.1	0.020
				결함도지수		0.527
				등급		D

1.7.2 종합성능등급 산정 결과

<표 Ⅱ.1.65> 종합성능등급 산정 결과표

시설물 종합성능등급 결과 산정표			
시설물명	능원교		
평가항목	성능별 결함도 점수	평가등급	성능간 가중치
안전성능 평가	0.181	B	0.68
내구성능 평가	0.100	A	0.21
사용성능 평가	0.527	D	0.11
종합성능등급 산정 결과	= 0.181 × 0.68 + 0.10 × 0.21 + 0.527 × 0.11 = 0.202 ∴ B등급		

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
종합성능 평가결과	0.202					

대상 시설물에 대한 항목별 평가 결과 및 각 성능간 가중치를 적용한 종합성능등급 산정 결과, 결함도 지수는 “0.202” 종합성능 평가 결과는 “B”로 산정되었다.

제2장 발안교

2.1 시설물 현황

2.2 자료수집 및 분석 결과

2.3 현장조사 및 시험 결과

2.4 안전성능 평가 결과

2.5 내구성능 평가 결과

2.6 사용성능 평가 결과

2.7 종합성능등급 산정 결과

제 2 장 발안교

2.1 시설물의 현황

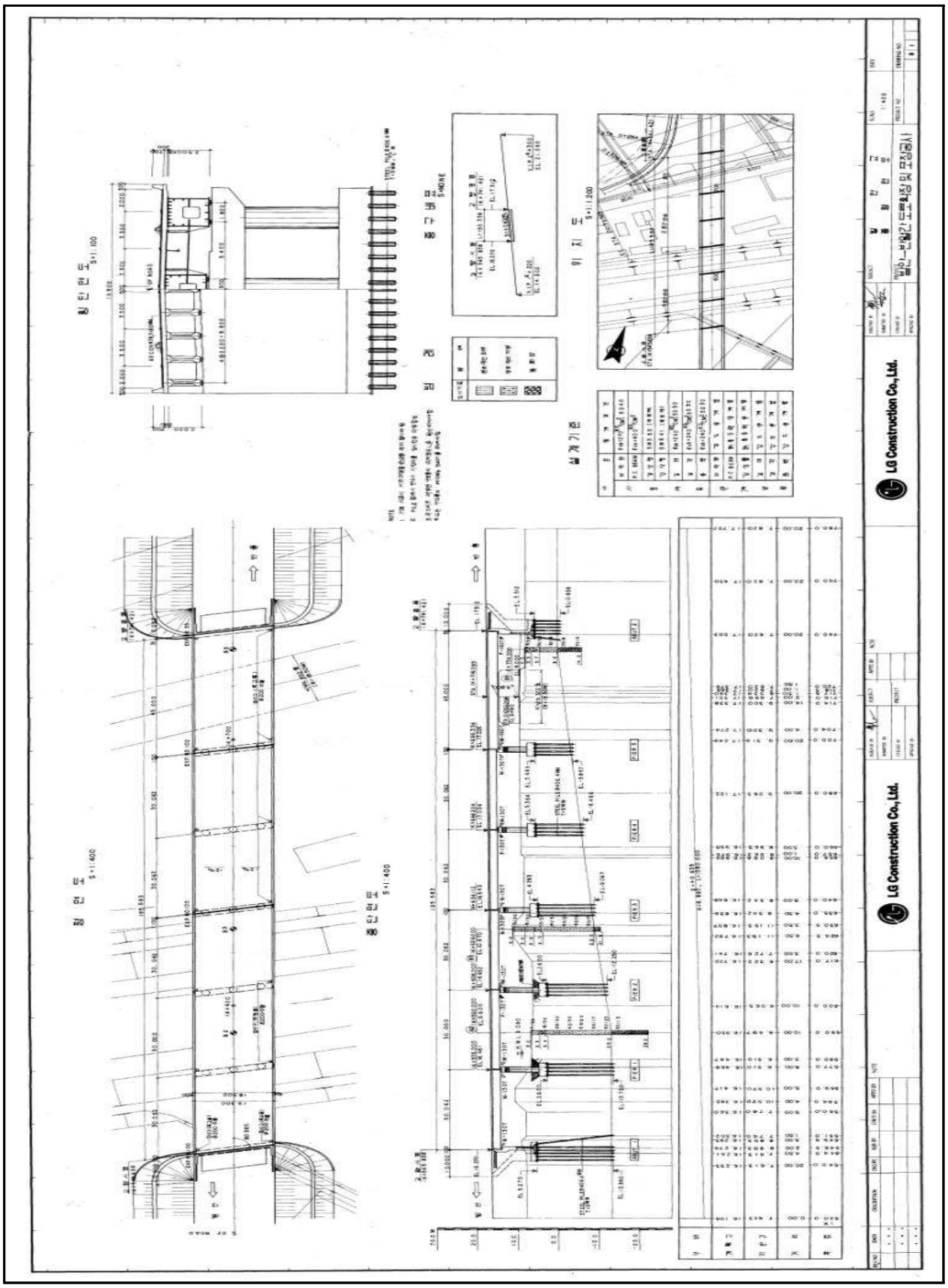
2.1.1 시설물의 현황

가. 대상 시설물 개요

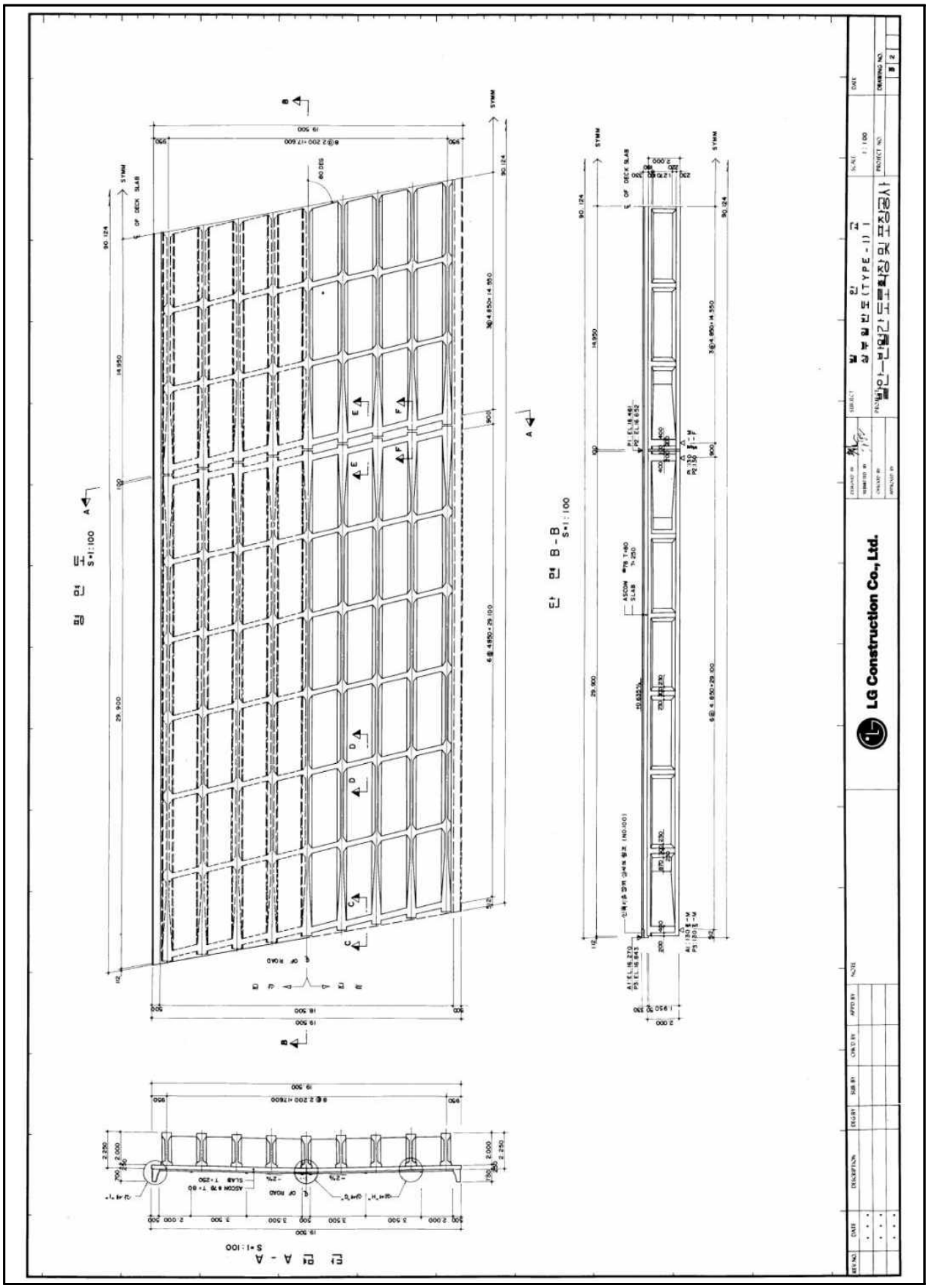
작성일 : 2019년 03월 17일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		발안교	시설물번호		BR2003-0001446
준공년도		2002년 12월 19일	관리번호		-
위 치		경기도 화성시 향남면 발안리			
설계하중		DB-24, DL-24	노선명(이정)		국도 39호선
제원	연장	L= 195.0m, (3@30.0 + 2@30.0 + 45.0 = 150.0m)			
	폭(유효폭)	B= 19.5m(상행 2차선, 하행 2차선)			
구조 형식	상부	PSCI BEAM(S1~S5) + STEEL BOX GIRDER(S6)	기초 형식	교대	강관말뚝기초 (Φ406.4, T=9mm)
	하부	교대 : 역 T형 교각 : 다주식		교각	강관말뚝기초 (Φ406.4, T=9mm)
받침장치		포트받침	신축이음장치		Finger Joint(A1, P3, P5) Monocell Joint(A2)
교차시설물 (하천, 교량)		상신로(S1), 발안천(S2) 3.1만세로(S6)	통과높이		최소높이 4.74m (S6-G3)
부착시설내용		-			
기타		-			

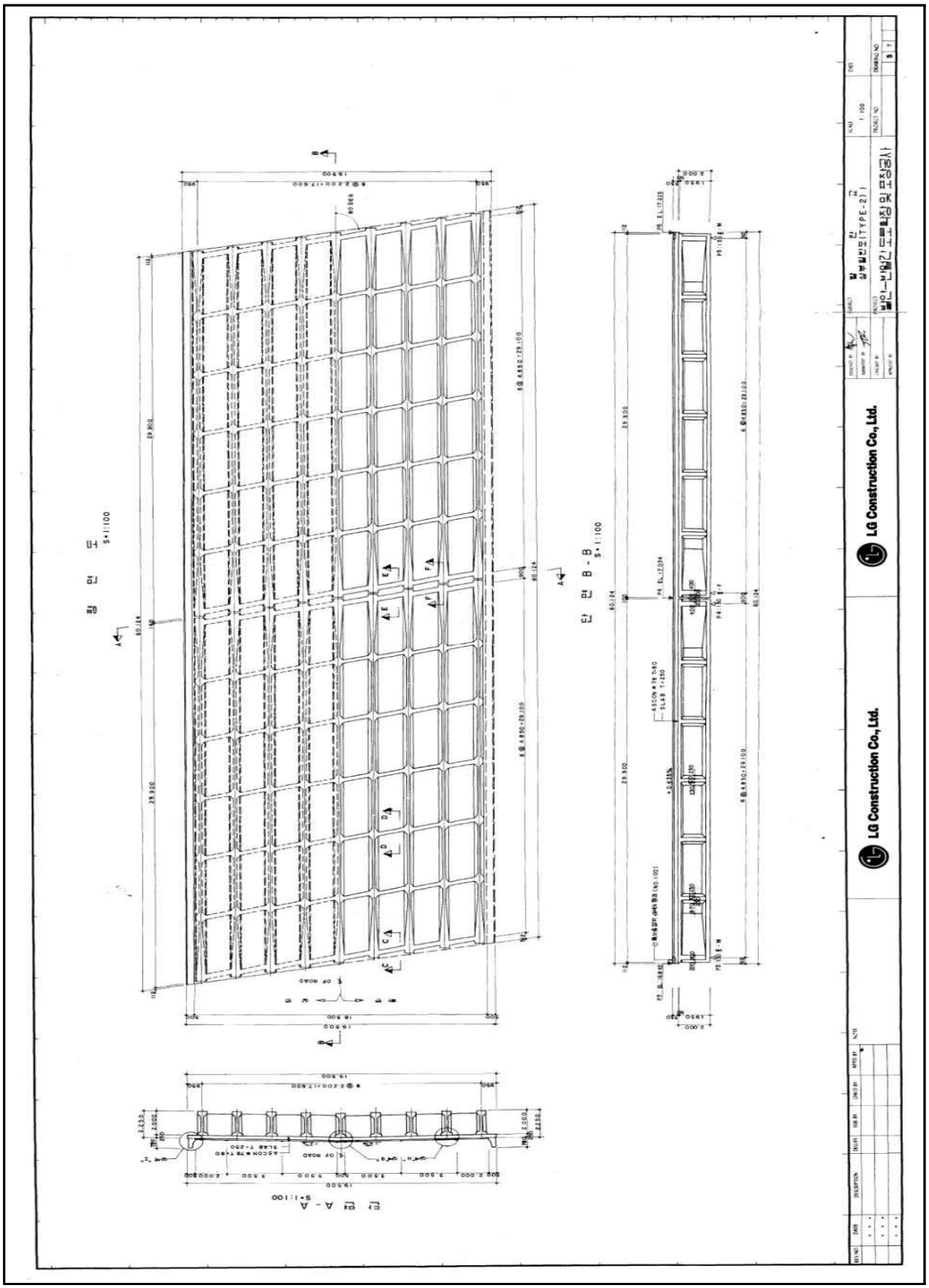
나. 주요도면



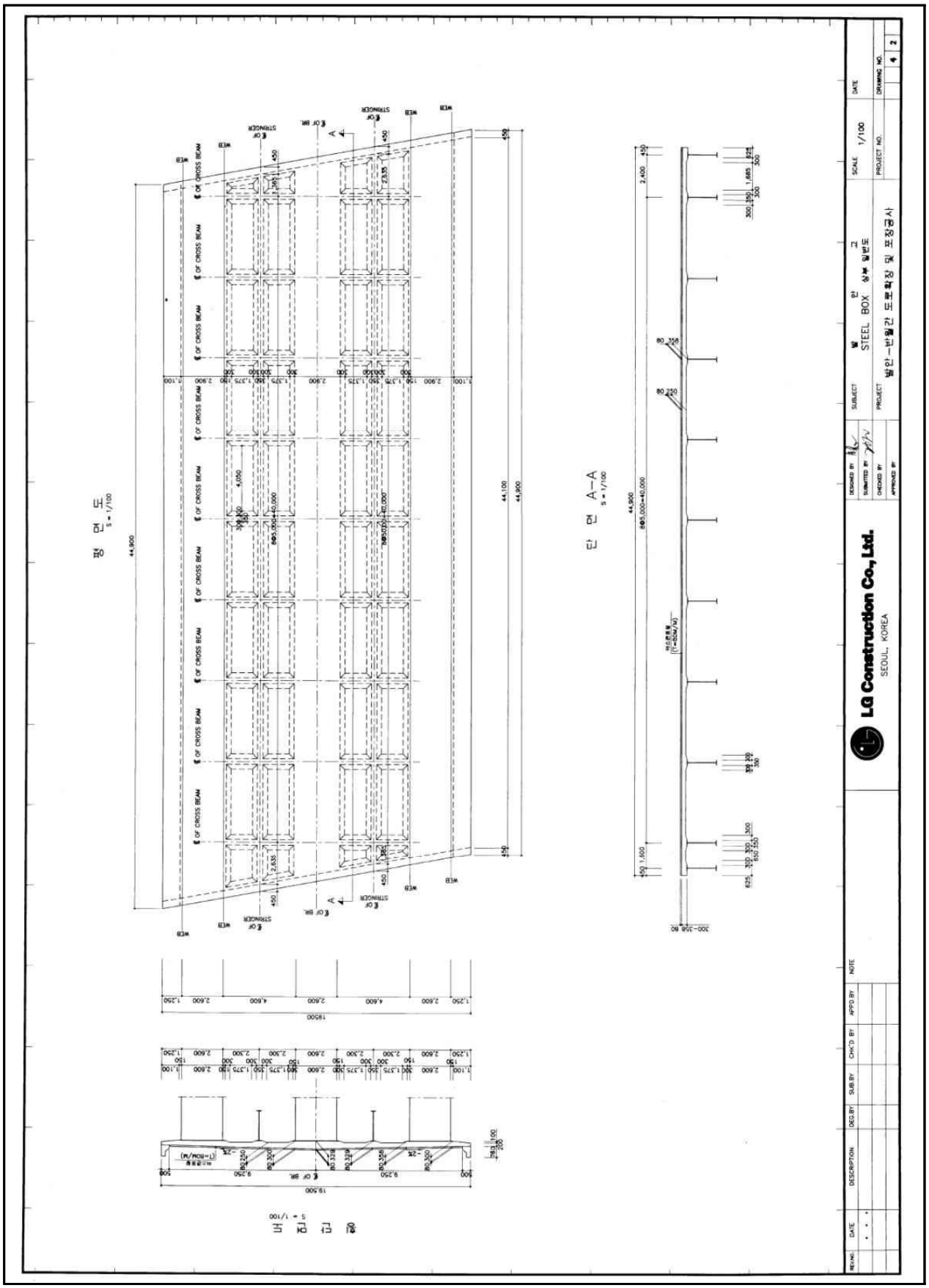
<그림 Ⅱ.2.1> 발안교 종·평면도



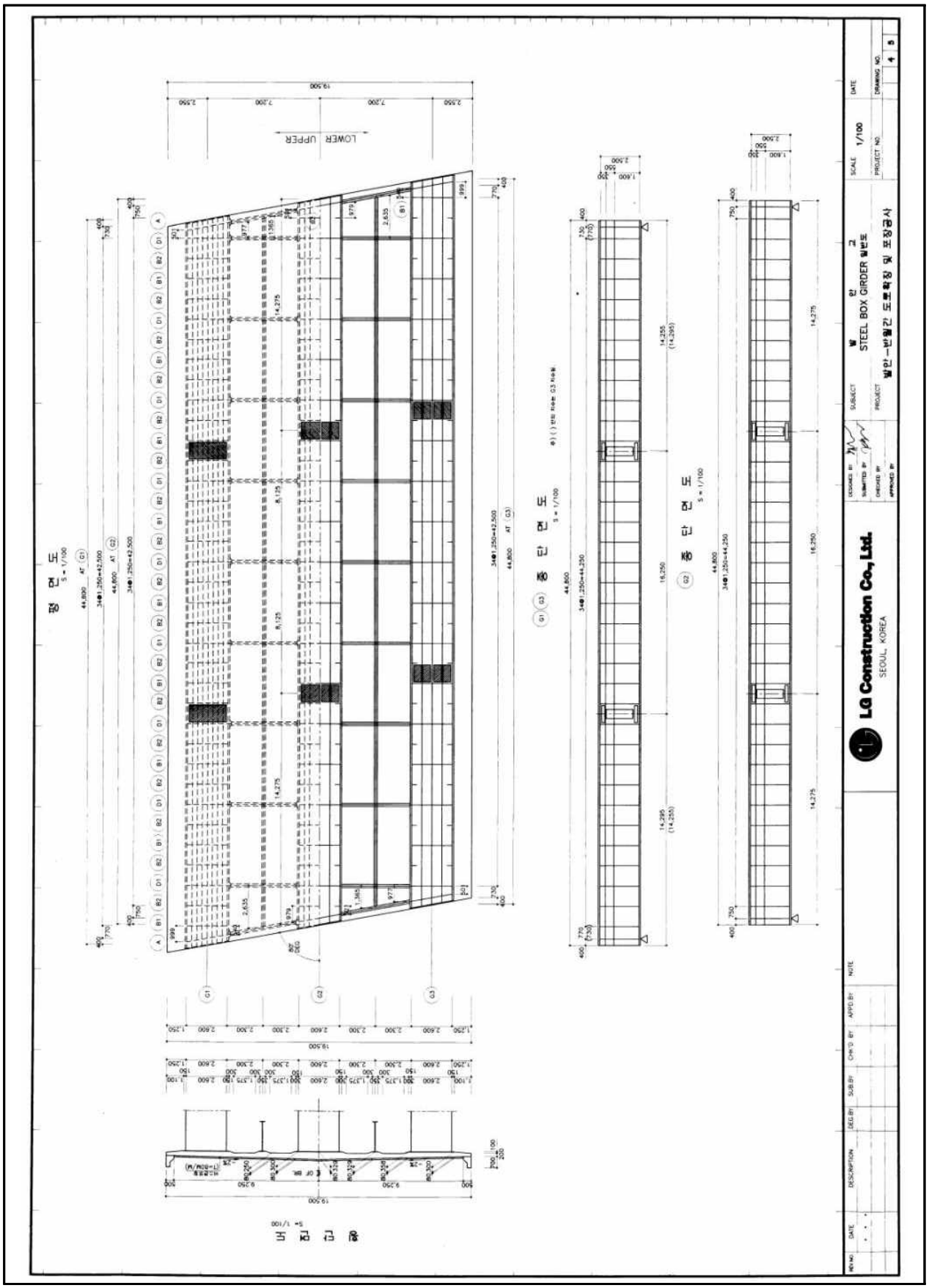
<그림 II.2.2> 발안교 바닥판 일반도(S1~S3)



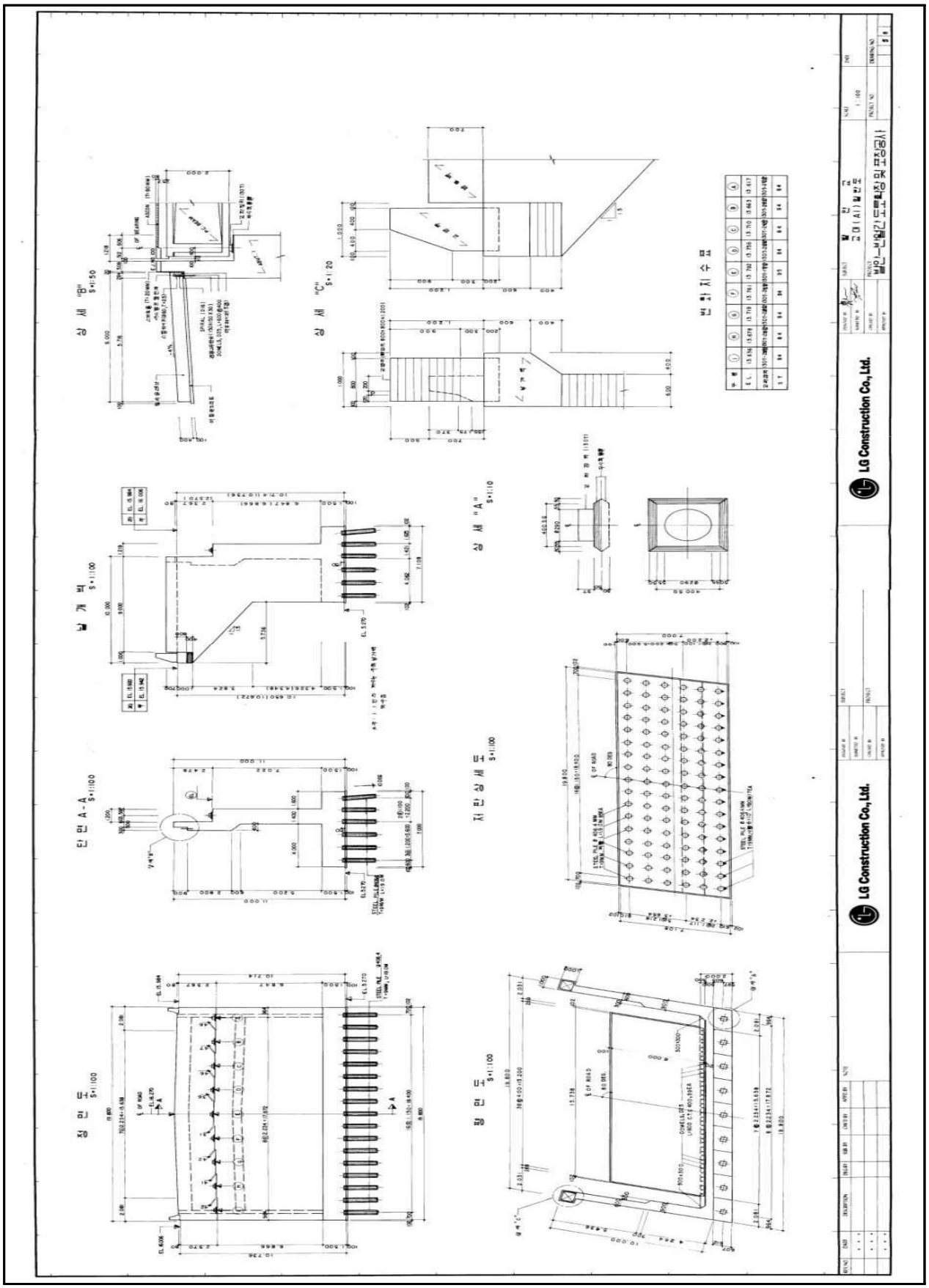
<그림 Ⅱ.2.3> 발안교 바닥판 일반도(S4~S5)



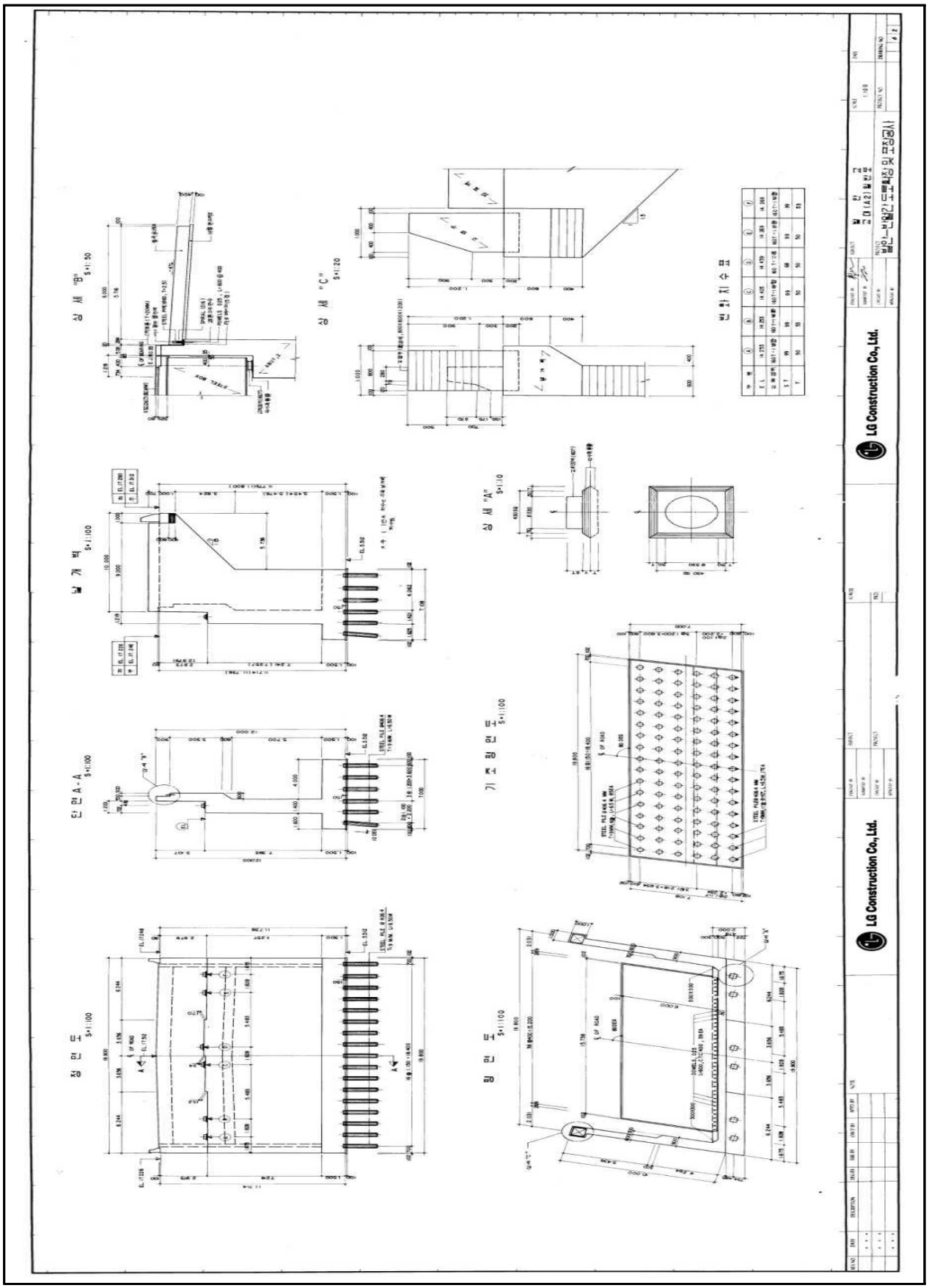
<그림 II.2.4> 발안교 바닥판 일반도(S6)



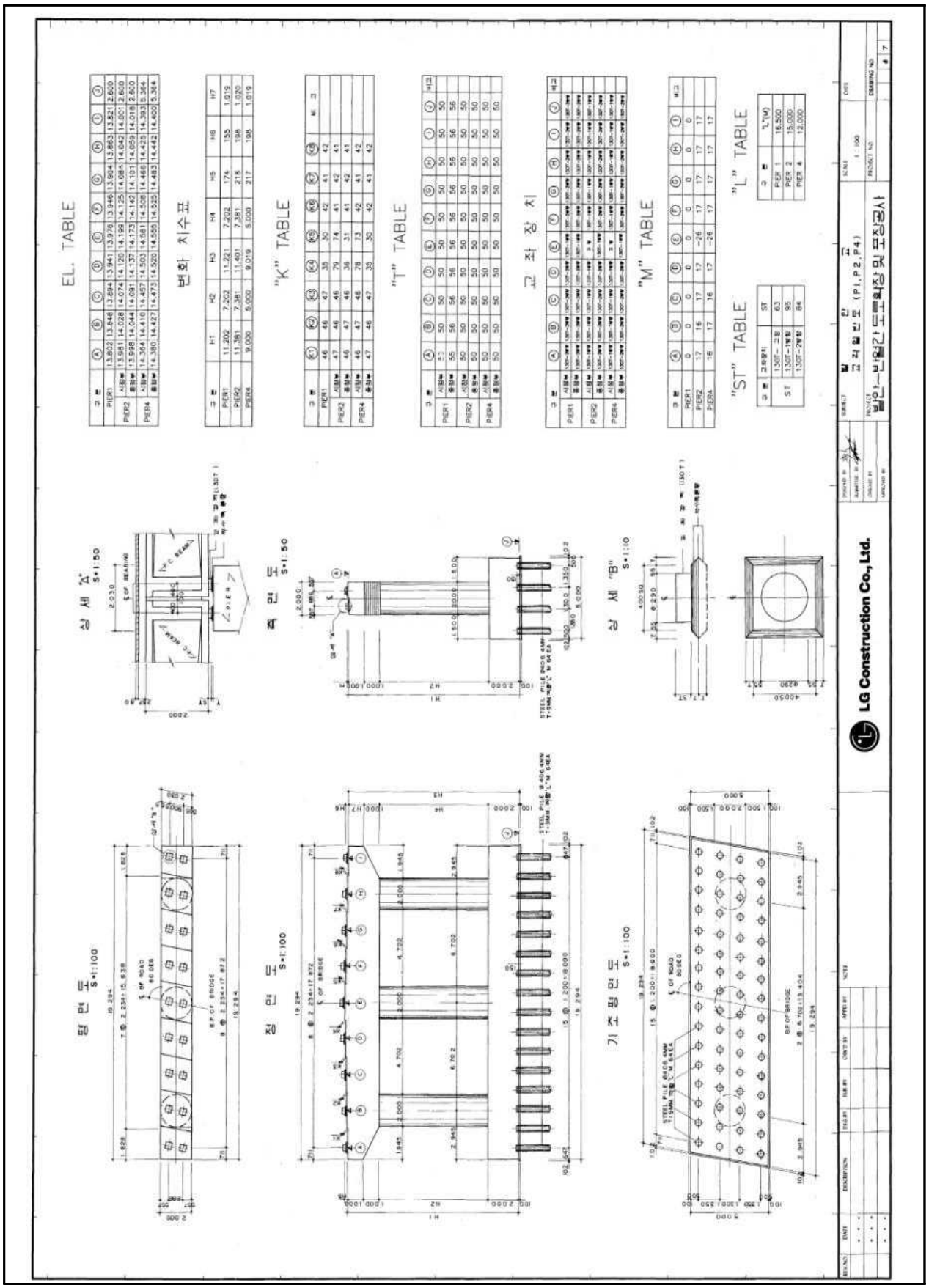
<그림 II.2.5> 발안교 주형(STEEL BOX GIRDER) 일반도



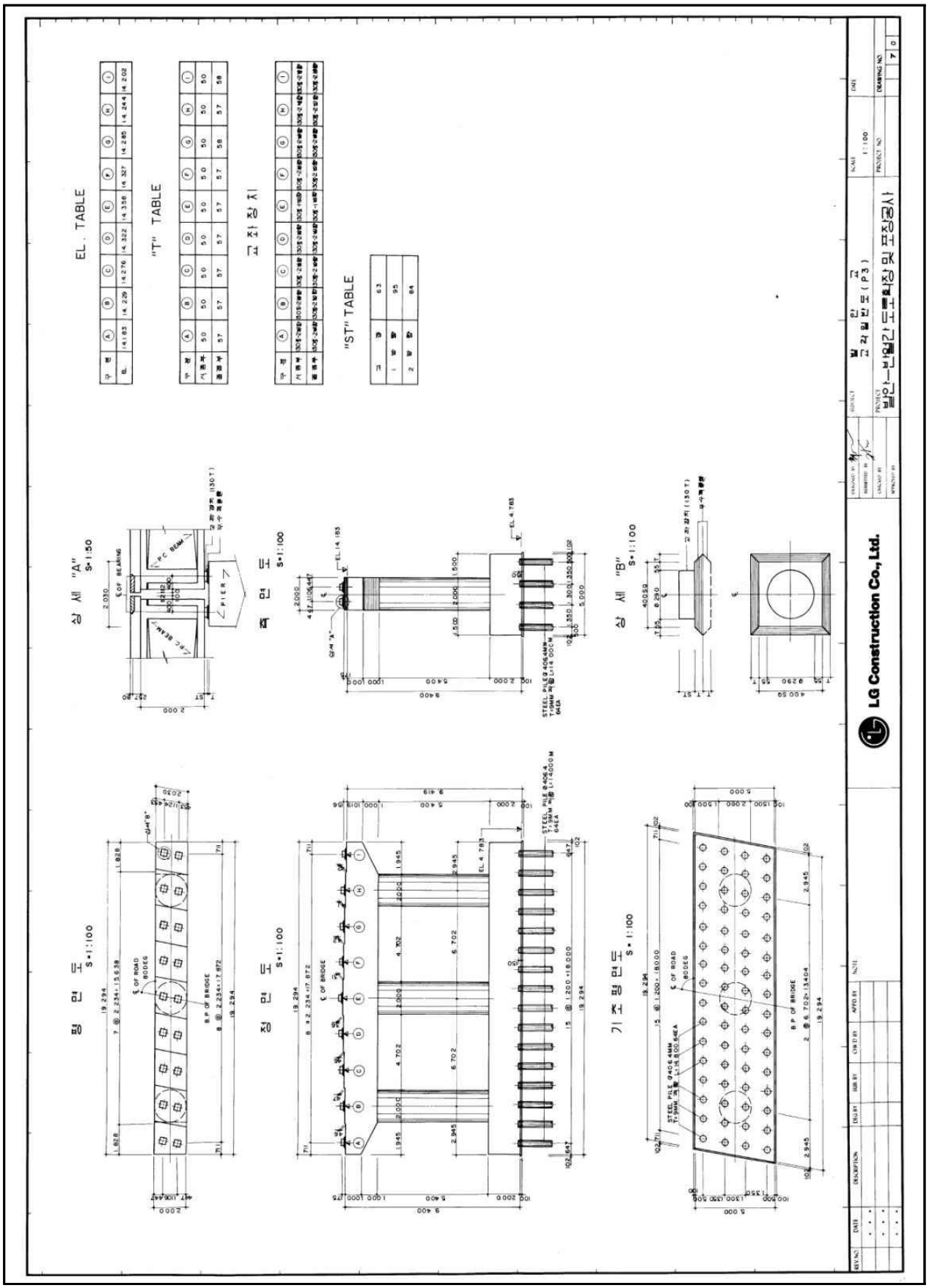
<그림 II.2.6> 발안교 교대(A1) 일반도



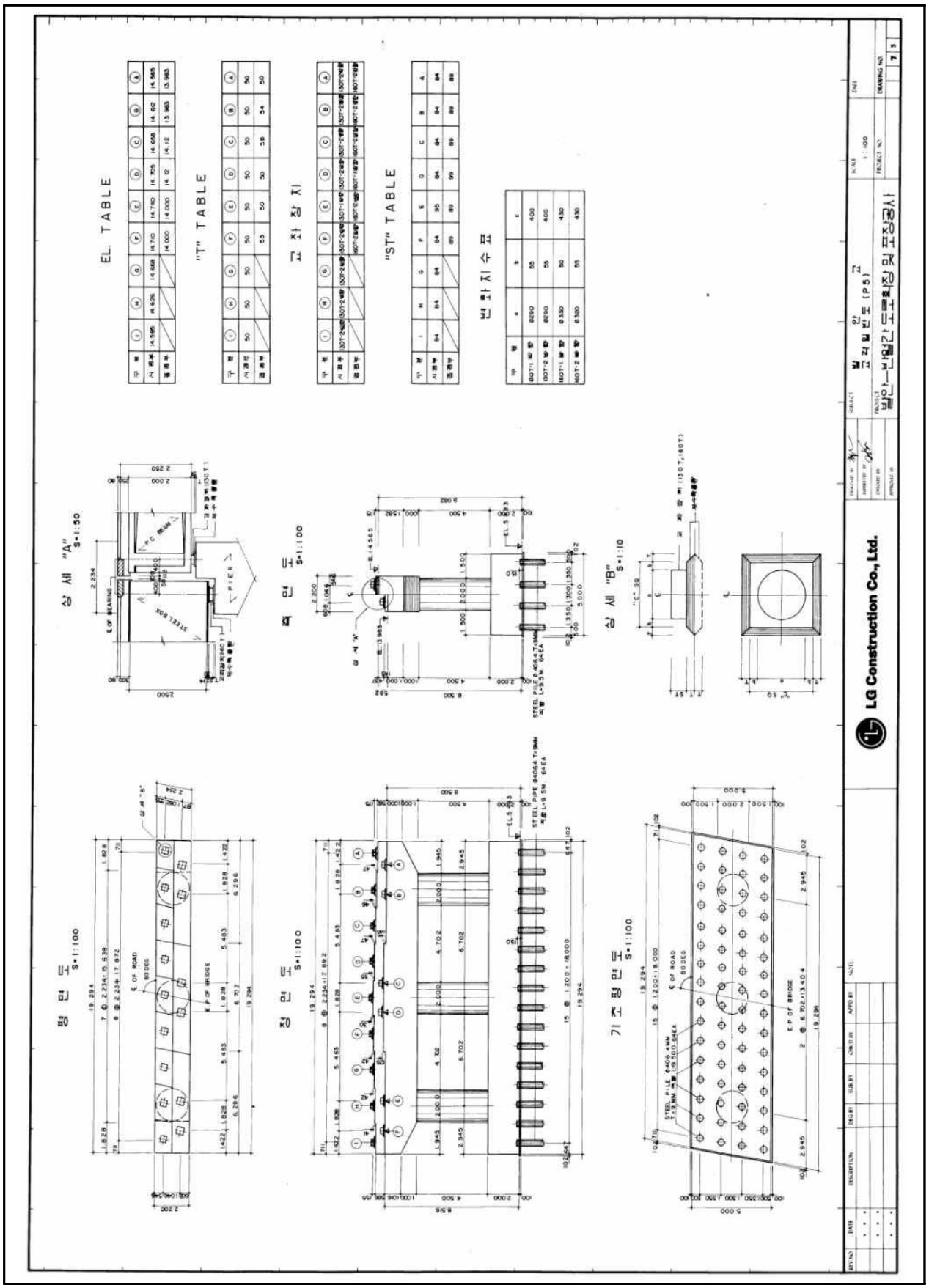
<그림 Ⅱ.2.7> 발안교 교대(A2) 일반도



<그림 II.2.8> 발안교 교각(P1, P2, P4) 일반도



<그림 II.2.9> 발안교 교각(P3) 일반도



<그림 Ⅱ.2.10> 발안교 교각(P5) 일반도

2.1.2 시설물 이력

가. 성능평가 이력사항

대상 교량인 발안교에 대한 성능평가용역은 시설물에 대한 성능평가 과업이 최초로 도입된 2018년 1월 18일 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법” 시행 이후 최초로 실시되는 성능평가 용역이므로 이전에 실시된 이력은 없는 것으로 확인되었다.

나. 점검 및 진단 이력사항

발안교는 2002년 12월 준공 이후부터 2018년 하반기 정기점검까지 주기적인 정기안전점검, 정밀안전점검을 실시하였으며, 주요 내용은 다음과 같다.

점검기간	점검종류 및 점검기관	상태 등급	점검 · 진단결과
2003.05.20~2003.06.07	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 외관상태 양호
2004.02.17~2004.04.06	정밀점검 명도엔지니어링(주)	B등급	·환산결함도지수 0.167, 상태등급 B등급으로 조사됨
2004.11.03	정기점검 자체수행	보통	-
2005.06.08	정기점검 자체수행	양호	·교면포장 불량
2005.11.07	정기점검 자체수행	양호	·양호
2006.03.29~2006.05.26	정밀점검 (주)신영씨엔에스	A등급	·방호벽 실런트들뜸, 신축이음장치 유간토사퇴적, 본체파손, 후타재 미세균열 ·주형 국부파손, 가로보 재료분리,배부름 ·교좌장치 편기, 사이드블럭 볼트풀림 ·교대 콘크리트 잔재퇴적, 법면보호블럭 함몰, 교각 콜드조인트부 백태, 국부파손
2006.03.29~2006.05.27	정밀점검 자체수행	B등급	·포장 망상균열, 신축이음 하면 누수, 후타콘크리트 균열, 교좌장치 도장들뜸,교각코핑부연직균열 유지관리
2006.06.15	정기점검 자체수행	양호	·바닥판 하면 균열 등
2006.11.14	정기점검 자체수행	양호	·교면포장 포트홀 발생
2007.05.23~2007.06.07	정기점검 자체수행	양호	·조인트 파손(A1)
2007.12.11	정기점검 자체수행	양호	·양호
2008.06.03	정기점검 자체수행	양호	·전체적으로 양호하나 신축이음부의 보수가 필요함

점검기간	점검종류 및 점검기관	상태 등급	점검 · 진단결과
2008.04.14~2008.06.12	정밀점검 (주)다음기술단	B등급	·정밀점검 결과, 교량 대표등급은 B등급으로 판정됨
2008.10.27~2008.11.14	정기점검 자체수행	양호	·전체적으로 양호하나 포장소성변형발생
2009.06.29	정기점검 자체수행	양호	·전반적으로 양호
2009.11.13	정기점검 자체수행	양호	·포장망상균열
2010.06.24	정기점검 자체수행	양호	·포장망상균열, 받침장치 몰탈파손
2010.04.08~2010.06.25	정밀점검 (주)유원이엔씨	B등급	·주요결함은 교면 포장부에 발생한 망상균열, 바닥판 하면 백태, STB구간 현장이음부 볼트 유실, 받침 Plate 부식, 교대 및 교각 균열 등의 결함이 조사됨.
2010.12.27	정기점검 자체수행	양호	·포장망상균열, 받침장치 몰탈파손
2011.06.13	정기점검 자체수행	양호	·신축이음부 파손, 포장파손 및 밀림현상 발생, 바닥판 하면 백태, 교량받침 플레이트 부식
2011.12.23	정기점검 자체수행	양호	·신축이음 후타재 파손
2012.03.20~2012.06.17	정밀점검 (주)평화엔지니어링	B등급	·시공중과 공용중에 발생되었을 것으로 추정되는 손상 및 결함이 조사되었으며 점검일 현재 안전에 문제될 만한 결함 발생은 없는 것으로 조사
2012.05.01~2012.06.30	정기점검 자체수행	양호	·난간연석(난간변형), 신축이음(본체 볼트탈락,강재파손, 후타재 균열,박락), 교면포장(균열)
2012.11.01~2012.12.31	정기점검 자체수행	양호	·신축이음(후타재 균열), 교면포장(균열)
2013.05.01~2013.06.30	정기점검 자체수행	양호	·신축이음(후타재 균열), 교면포장(균열)
2013.11.01~2013.12.31	정기점검 자체수행	양호	·신축이음(후타재 균열), 교면포장(균열)
2014.01.01~2014.06.30	정기점검 자체수행	양호	·포트홀, 신축이음 본체 파손, 교대벽체균열(A1)
2014.05.13~2014.08.08	정밀점검 (주)유원이엔씨	양호	·교면포장:균열,소성변형,파손,포트홀,마모 ·난간 · 연석:균열,박리,철근노출,난간및가드레일변형 ·바닥판:균열,백태,박락,파손 ·거더:부식, 도장파손, 볼트파손 ·신축이음:후타재박리 · 파손,강재부식 · 파손,하부누수 ·교량받침:부식,받침몰탈균열 ·하부구조:균열,백태,파손,박리
2014.07.01~2014.12.31	정기점검 자체수행	양호	·포트홀, 신축이음 본체 파손, 교대벽체균열(A1)
2015.04.01~2015.06.30	정기점검 자체수행	양호	·신축이음 후타재 마모(P5, 양방향), 포트홀 1개소(평택, 0.5X0.5)
2015.10.01~2015.12.31	정기점검 자체수행	양호	·양호

점검기간	점검종류 및 점검기관	상태 등급	점검 · 진단결과
2016.04.01~2016.06.30	정기점검 자체수행	양호	·양호
2016.06.13~2016.11.09	정밀점검 동우기술단	B등급	·바닥판하면 : cw=0.1~0.2㎜ 균열 및 망상균열, 균열백태, 누수및백태, 재료분리, 철근노출 등 ·거더 : PSCI구간 단부들뜸, 파손, STB구간 내·외부 도장박리 및 들뜸, 부식, 볼트파손 등 ·가로보 : 강재 가로보에서 국부적인 부식 등 ·교대,교각 : cw=0.1~0.2㎜균열, 재료분리, 철근노출, 백태, 박리 등 ·교량받침 : 받침몰탈균열 및 망상균열, 파손 등 ·신축이음 : 유간토사퇴적, 지수고무재파손, 표면부식, 후타재균열, 박리 등 ·교면포장 : 재포장이실시된 안중방향(강성포장)은 국부적인 균열이 발생하였으나, 전반적으로 양호한 상태, 발안방향(연성포장)의 경우 포트홀, 마모, 파손 등 ·배수시설 : 배수구막힘 및 배수관연결고리탈락 등 ·중앙분리대 : 박리, 파손, 들뜸, 균열 등
2016.10.01~2016.12.31	정기점검 자체수행	양호	·양호
2017.04.01~2017.06.30	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호
2017.10.01~2017.12.31	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호
2018.04.01~2018.06.30	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호
2018.06.28~2018.09.18	정밀점검 한세이엔씨(주)		·교면포장 : 균열, 망상균열, 마모, 포트홀, 패임 ·방호벽 : 균열, 망상균열 ,박락, 가드레일 변형 ·바닥판하면 : 균열, 균열부백태, 물끊기홈 설치 불량, 백태, 파손 및 철근노출 ·거더 및 2차부재 : 층분리, 파손, 연속화시공불량, 볼트탈락, 도장박리, 부식 ·교대 및 교각 : 균열, 망상균열, 재료분리, 철선노출, 박리, 철근노출, 백태, 누수흔적, 열화 ·신축이음 : 강재부식, 유간토사퇴적, 지수고무파손, 후타재균열, 후타재박리 ·교량받침 : 본체부식, 균열, 망상균열, 파손 ·배수시설 : 배수구 막힘, 그레이팅 망실, 배수관 연결고리 탈락
2018.10.01~2018.12.31	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호

다. 보수·보강 이력사항

시설물관리대장 검토 및 현장조사 결과 확인된 유지보수 이력은 다음과 같다.

<표 Ⅱ.2.1> 발안교 보수/보강 이력

번호	공사명	공사기간	구분	부위	공사금액/내역	시공	비고
1	국도39호선 발안교외 6개교 교량 및 배수시설 개선공사	2005.09.20 ~ 2005.12.18	보수	-	-	(주)일성	
2	국도39호선 발안교외 8개교 신축이음보수공사	2008.06.16 ~ 2008.09.19	보수	-	-	한국화성건설(주)	
3	국도39호선 율암육교 외 1개교 신축이음 교체공사	2014.04.11 ~ 2014.06.23	보수	신축이음	93,212천원 A1:20m, A2:20m, P3:20m 양방향	(주)준테크	
4	국도39호선 발안교 교면포장공사	2014.06.16 ~ 2014.08.22	보수	교면포장	150,961천원 LMC포장 532㎡ (평택 P3~P5 1,2차로)	한지건설(주)	
5	국도39호선 화성시 남부지구 도로정비공사	2015.06.17 ~ 2015.11.20	보수	교면포장	235,059천원 초속경LMC포장 810㎡(T=10㎝)	연일건설(주)	
* 시설물정보관리종합시스템(FMS)상에 부분적으로 부재, 부위별 보수·보강 이력사항이 상세히 기록되지 않은 상태인바, 이에 대한 보완이 필요한 상태이다.							

2.2 자료수집 및 분석 결과

2.2.1 자료수집현황

과업대상 교량인 발안교는 2002년 12월 19일에 준공된 일반국도 39호선상의 도로교량이며, 교량 상부 구조 형식은 PSCI Beam(S1~S5) 및 Steel Box Girder(S6), 설계하중 DB-24, 총 연장 195.0m, 최대 경간장 45.0m, 교폭 19.5m, 2종 시설물로 검토되었다.

발안교는 1997년 12월 01일 이후 준공되어 관리주체의 설계도서 보전 및 설계도서 사본 공단제출 대상 시설물로 확인되었다.

<표 Ⅱ.2.2> 자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계도서	o 공통 - 준공내역서, 공사시방서, 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서, 기타 특이사항 보고서	- 보유	대상 제출
	o 설계도면 - 교량 및 복개구조물 - 위치도, 평면도, 단면도(종.횡), 상·하부 구조물도, 빔상세도, 신축이음, 교량받침 상세도	- 보유	대상 제출
시설물 관리대장	o 기본현황 o 상세제원 o 유지관리 이력	- 기록 관리됨.	FMS
시공관련 자료	o 시공관련자료 o 품질관리 관련자료 - 재료증명서, 품질시험기록, 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 o 사고기록	- 미확인	대상 미제출
안전점검 및 정밀안전진단 자료		- 기록 관리됨.	FMS
보수·보강 자료		- 기록 관리됨.	FMS

2.2.2 기존 점검 및 진단 실시결과

발안교는 2002년 12월 준공된 2종 시설물로서 「시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 의거 주기적인 점검, 진단을 실시하고 있으며, 기존 정기안전점검, 정밀안전점검 실시결과 이력은 본 보고서 “제2편 제1장 대상시설물 현황, 1.2 시설물 이력사항”에 수록하였다.

발안교는 최초로 실시되는 성능평가 용역으로 기존 실시이력이 없으므로 보고서 작성 기준 최근 2018년 09월 실시된 ‘국도39호선 발안교 등 3개교 정밀안전점검용역’ 중 시행되었으며, 주요 내용은 다음과 같다.

가. 전차 성능평가 결과 요약

최초로 실시되는 성능평가 용역으로 이전자료가 없음.

나. 전차 정밀안전점검 결과 요약

<표 Ⅱ.2.3> 전차 정밀안전점검 부재별 외관조사 결과

부재	외관조사 결과	비고
바닥판	·균열(0.3㎜미만), 균열부백태 ·물끊기홈 설치불량 ·백태	
STB	·도장박리, 부식 ·볼트탈락, 현장이음부 틈발생	
PSCI	·층분리, 파손 ·연속화시공 불량	
가로보	·층분리	
교대 및 교각	·균열(0.3㎜미만), 망상균열 ·재료분리, 철선노출, 열화, 박리, 철근노출, 파손, 박리 ·백태, 누수흔적 ·폐콘크리트 적치	
교량받침	·본체부식 ·균열(0.1~0.3㎜), 망상균열 ·파손	

부재	외관조사 결과	비고
신축이음	·강재부식, 지수고무파손 ·후타재 균열(0.1~0.2㎜) 및 박리 ·유간토사퇴적	
교면포장	·균열(0.3㎜미만), 망상균열 ·마모, 포트홀, 패임	
배수시설	·배수구 막힘, 그레이팅 망실 ·배수관 연결고리 탈락	
방호시설	·균열(0.3㎜미만), 망상균열 ·박락 ·가드레일 변형	

<표 Ⅱ.2.4> 전차 정밀안전점검 재료시험 결과

구분	재료시험 결과			
콘크리트 강도 (MPa)	시험부재	측정강도	설계강도	비고
	바닥판	31.9~33.9	27.0	양호
	거더	56.5~58.4	40.0	양호
	교대, 교각	24.6~30.2	24.0	양호
탄산화 시험	시험부재	측정치(㎜)	잔여피복(㎜)	평가기준
	바닥판	1.2~4.3	35.7~39.8	a
	거더	0.5~0.7	47.5~49.3	
	교대,교각	5.5~8.1	91.9~99.2	a

<표 Ⅱ.2.5> 전차 정밀안전점검 종합평가 및 안전등급 산정 결과

구 분	상태평가 결과	안전성평가 결과			종합평가 결과	안전 등급
		안전율	공용내하력	안전성평가 결과		
발안교	B(0.206)	-	-	-	B	B

2.2.3 성능평가를 위한 자료수집 현황

가. 안전성능 평가를 위한 자료수집 현황

1) 상태안전성능 평가

금차 상태안전성능 평가를 위한 기초자료는 최근 실시된 ‘국도39호선 발안교 등 3개교 정밀안전점검용역’의 현장조사 결과자료를 기초로 하여 실시한 현장조사 결과를 이용하여 평가하였다.

2) 구조안전성능 평가

금차 구조안전성능 평가를 위한 기초자료는 FMS에 등재된 설계자료(구조계산서 등)을 이용하여 평가하였다.

나. 내구성능 평가를 위한 자료수집 현황

1) 콘크리트 내구성능 자료수집 현황

㉮ 피복콘크리트 시험 자료 수집현황

최근 실시된 ‘국도39호선 발안교 등 3개교 정밀안전점검용역’의 반발경도 시험 자료 및 금회 실시한 시험자료를 종합하였다.

㉯ 콘크리트 탄산화 시험자료 수집현황

최근 실시된 ‘국도39호선 발안교 등 3개교 정밀안전점검용역’의 반발경도 시험 자료 및 금회 실시한 시험자료를 종합하였다.

㉰ 콘크리트 염화물 시험자료 수집현황

최근 실시된 ‘국도39호선 발안교 등 3개교 정밀안전점검용역’은 염화물 시험이 미실시되어 금회 실시한 시험자료를 활용하였다.

㉱ 염해환경 관련 자료 수집현황

① 해안까지의 거리 : 인터넷 포털사이트(네이버) 지도 이용

② 강설횟수 : 기상청 자료 이용(기후자료개방포털)

㉲ 동해환경 관련 자료 수집현황

① 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량 : 기상청 자료수집 이용(기후자료개방포털)

2) 강재 내구성능 자료수집 현황

㉮ 발청 및 도장열화 관련 자료 수집현황

최근 실시된 '국도39호선 발안교 등 3개교 정밀안전점검용역'의 현장조사 결과자료를 기초로 하여 실시한 현장조사 결과를 활용하였다.

㉯ 도장두께 관련 자료 수집현황

최근 실시된 '국도39호선 발안교 등 3개교 정밀안전점검용역'은 도장두께 측정이 미실시되어 금회 실시한 측정자료를 활용하였다.

㉰ 대기환경 관련 자료 수집현황

① 해안까지의 거리 : 인터넷 포털사이트(네이버) 지도 이용

② 이산화황 농도 : 환경부 대기환경정보 포털사이트(에어코리아) 이용

③ 습도 : 기상청 자료수집 이용

㉱ 강설횟수 관련 자료 수집현황 : 기상청 자료 이용(기후자료개방포털)

다. 사용성능 평가를 위한 자료수집 현황

1) 포장상태 자료 수집현황 : 2016년 시행한 PES 자료 활용

2) 교량조명 자료 수집현황 : 금회 측정 자료 활용

3) 진동사용성 자료 수집현황 : 금회 측정 자료 활용

4) 교통량 자료 수집현황

㉮ 수요예측 : 시설물정보관리 종합시스템(실시설계보고서, 교통량) 자료 활용

㉯ 수요실제 : 교통량정보제공 시스템 자료 활용

2.2.4 용도변경 및 내진설계 여부

발안교는 일반국도 39호선상의 도로교량이며, 시설물의 용도변경 없이 공용되고 있는 것으로 확인되었다.

발안교는 FMS 자료 확인결과, 내진설계가 미적용된 것으로 확인되었다.

2.2.5 자료분석 결과 요약

발안교는 기존 점검 자료에 대한 검토 결과, 시설물의 안전을 저해하는 중대결함이 없는 것으로 검토되었다.

발안교는 공용기간 중 주기적인 점검을 통하여 조사, 확인된 부재 결함(손상)에 대한 보수·보강을 시행하는 등 유지관리가 적정하게 시행된 것으로 판단되며, 최근 정밀안전점검 결과 **안전등급 B등급**을 유지하고 있는 것으로 검토되었다.

2.3 현장조사 및 시험 결과

2.3.1 개요

발안교 성능평가에 대한 현장조사 및 시험은 본 용역 착수 후 현장답사를 통해 시설물의 현황 및 현장조건을 파악하고 과업수행계획서와 사전검토보고서를 작성하여 세부수행 계획을 수립하였다.

교량의 소재지는 경기도 화성시 향남면 발안리 일원이며 발안천을 횡단하고 있다.

본교 상부구조는 PSCI Beam(S1~S5) 및 Steel Box Girder(S6)으로 시공되어져 있으며 하부구조는 역T형 교대 및 다주식 교각으로 구성되어 있다.

외관조사는 사전에 기존 점검 용역 보고서의 중점점검사항, 접근방법, 관련기관 협조요청, 외관조사망도 등을 충분히 숙지한 후 손상내용 확인 및 보수부 확인, 새로운 결함 발생 여부에 중점을 두고 조사하였다. 특히, 교량의 안전성에 영향을 미치는 구조적인 결함의 유무를 중점적으로 확인하였으며, 점검대상 부위는 정밀조사를 실시하기 위하여 고소작업차, 사다리 등의 접근장비 및 도구를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 균열폭 측정 및 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인하였다.

현장조사 및 재료시험은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 교량편)(국토교통부, 한국시설안전공단 2019. 01)』 및 발주기관에서 제공된 과업내용서에 의거하여 수행하였으며 교량의 성능평가 및 유지관리 전략을 제안하는 기초자료로 사용하였다.

가. 현장조사 수행현황

1) 현장조사 일자 및 내용

<표 Ⅱ.2.6> 현장조사 일자 및 내용

조사일자	조사내용	조사방법	조사자
2018. 12.19	현장답사, 외관조사 계획수립	도보	사업책임기술자 외 4인 및 현지보조인부 3인
2019. 1.3 ~ 2019.1.4	1차 외관조사 (교면포장, 신축이음 및 하부구조 등)	도보 및 사다리	
2019. 2.11 ~ 2019. 2.12	2차 외관조사 (바닥판하면, 거더 외부 및 교량받침 등)	고소작업차, 도보조사	

2) 현장조사 방법

외관조사는 구조물의 각 형식별, 부재별로 조사를 시행하였으며, 조사결과를 성능평가의 기초자료로 활용하였다.

㉮ 발안천에 위치한 상부 및 하부구조 조사는 조사자 안전교육 시행 후 고소작업차 및 사다리 등을 이용하여 외관조사 및 내구성조사를 수행하였다. 육상구간은 고소작업차, 사다리 및 도보에 의한 조사를 수행하였다.

㉯ 교각 점검로 설치된 구간은 도보로 조사를 수행하였다.

㉰ 사용성능 평가를 위해 통행량이 많은 시간 때를 고려하여 교량의 처짐 및 고유진동수를 측정하였다.

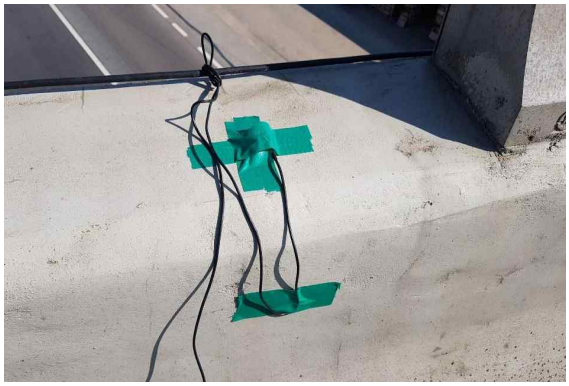
㉱ 외관조사시 발견된 손상이나 결함은 구조물 외관 및 외관조사망도에 위치, 크기, 종류, 형태 등을 측정하여 상세히 기록하였으며, 결함 및 손상에 대해서는 현장에서 진행여부를 판단할 수 있도록 시·종점 및 폭을 분필을 이용하여 점검년도 및 손상내용을 표시하여 보수·보강 및 점검 등 유지관리에 활용토록 하였다.

3) 현장조사 사진

고소작업차 이용 현장조사



가속도계 설치



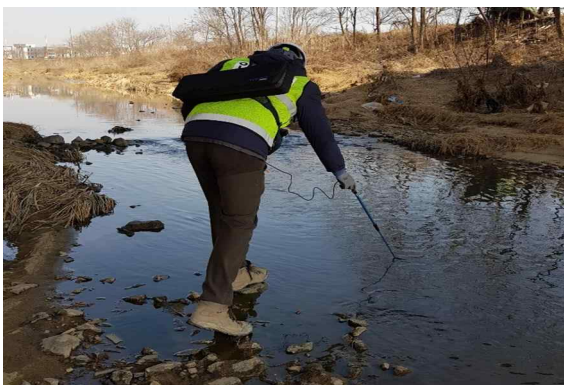
교량 처짐 및 고유진동수 측정



받침이동량 측정



하천 유속 측정



신축이음 유간 측정



4) 부재별 주요조사 항목

금번 성능평가시 현장답사, 기존자료 등을 토대로 외관조사 방법을 결정하였으며, 부위별 점검항목별로 외관조사를 실시하였다.

구분	조사항목	비고
현장답사	·현장접근에 필요한 고소차 등의 접근방법, 일정계획을 수립 ☞ 발안천 교량구간 조사방법 결정(고소작업차, 사다리) ·예비조사를 통해 교량에 발생된 주요 결함을 형태별로 분류 ·결함 및 손상의 발생 원인을 추정하고 조사방향 결정 ·점검로 설치구간 확인 및 출입여부	
기존자료 검토	·주요 점검사항, 보수, 보강 시행여부 ·중점점검 유지관리 사항 ·설계도서 및 도면, 구조계산서, 시공자료, 기존 안전점검 및 정밀안전진단 자료, 보수보강 이력 ·내진설계 여부 확인 및 관련자료 검토 ·기타 시설물관리대장 작성에 필요한 자료 등	
포장부	·포장부 균열, 파손, 신축이음부 주변 파손, 체수 등 ·배수관 주변 포장 들뜸 및 배수구 막힘 확인 ·포장면에 대한 PES조사(2016년 실시한 인근 조사 자료를 활용)	
난간 및 연석	·보수부 재균열 및 신규 균열 발생 여부 ·중앙분리대와 난간의 처짐	
바닥판	·바닥판 하면 백태, 균열(선형, 망상), 단면손상 ·바닥판 측면 균열 및 백태	
PSCI Beam	·강선배치 주변 콘크리트 균열 ·철근노출 등 단면손상 ·균열(선형, 망상), 백태	
Steel Box Girder	·도장박리, 부식 ·용접불량(Pit, 언더컷, 오버랩 등)	
신축이음부	·후타재 균열, 파손, 마모, 핑거 파손 및 균열, 본체 누수 및 단차	
받침	·편기, 가동상태, 균열, 파손, 몰탈파손 및 들뜸	
교대 및 교각	·유간밀착, 균열, 단면손상, 상면 체수, 기초부 침식 등	

2.3.2 현장조사

가. 교면포장

1) 현황

2018년 정밀안전점검 당시 포장형식은 아스콘포장(반월방향) 및 LMC포장(안중방향)이었으며 2018년에 아스콘재포장(반월방향)이 실시된 것으로 확인되었다.

교면포장(반월 방향) 전경	교면포장(안중 방향) 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

교면포장의 주요손상은 균열 및 망상균열이며 공용년수 증가 및 지속적인 차륜하중 반복에 의해서 발생한 것으로 판단되며 바닥판 하면은 백태 등의 손상이 발생하지 않아 별도의 보수보다는 지속적인 주의관찰이 필요한 것으로 판단된다.

<표 Ⅱ.2.7> 포장부 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교면포장	포장균열	7.00	m	3
	포장 망상균열	472.50	㎡	4

<S1(안중방향)> 망상균열	
	
균열폭	Cw=1㎜
면적	A=3.5m×30.0m

<S2(안중방향)> 망상균열	
	
폭	Cw=1㎜
면적	A=3.5m×30.0m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과 반월방향 교면포장의 아스콘재포장으로 인해서 전반적으로 손상물량이 감소하였다.

<표 Ⅱ.2.8> 포장 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	포장균열	m	7.00	3	7.00	3	-	-
	포장 망상균열	㎡	472.50	4	472.50	4	-	-
	마모,포트홀,패임	㎡	80.04	15	-	-	▼ 80.04	재포장



<그림 Ⅱ.2.11> 교면포장 손상추이 분석

나. 방호벽 및 중앙분리대

1) 현황

㉮ 본 교량의 외측 방호시설물은 방호벽(H=0.7m) 위에 알루미늄 난간(H=0.4m)이 설치되어 있다.

㉯ 중앙분리대는 기초콘크리트용 연석 상단에 가드레일 형식의 분리대가 설치되어 있다. 도로교 설계기준에서 연석의 높이 0.25m이상, 연석을 포함한 난간의 높이는 1.1m이상으로 설치토록 규정되어 있으며, 실측결과 1.1m로 설계기준을 만족하는 것으로 조사되었다.

방호벽 전경	중앙분리대 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 방호벽은 전반적으로 균열 및 망상균열이 분포하고 있으며 건조수축 등에 의한 비구조적인 균열로 판단되며 내구성 확보를 위해서 표면처리가 필요하다.

㉯ 표면박리는 주로 방호벽 하단에 위치하고 있으며 동절기 제설작업시 밀어내기에 의한 갓길 적설의 영향으로 발생한 것으로 판단되며 표면처리가 필요하다.

㉰ 중앙분리대 S2, S5 및 S6 구간에 가드레일 변형이 국부적으로 발생하였으며 교체하여 원상복구하는 것이 바람직하다.

㉱ 우측방호벽 P5 부근에 차수판 변형이 발생으로 차수기능이 저하되어 교체가 필요하다.

<표 Ⅱ.2.9> 방호벽 및 중앙분리대

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
방호벽 중앙분리대	균열(cw=0.3㎜미만)	5.20	m	5
	망상균열	330.00	㎡	9
	박락	0.14	㎡	3
	가드레일 변형	5.50	m	4

<S1(반월방향)> 방호벽 박락



폭	B=0.2m
길이	L=0.2m

<S3(안중방향)> 방호벽 망상균열



폭	B=1.0m
길이	L=30.0m

<S5(반월방향)> 방호벽 차수판 변형



개소	1EA

<S6> 중분대 가드레일 변형



길이	L=0.5m
개소	1EA

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수는 실시되지 않았으며 방호벽 박락 및 중분대 가드레일 변형이 추가로 조사되어 전체적으로 손상물량은 증가하였다.

<표 Ⅱ.2.10> 방호벽, 중앙분리대 및 연석 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽	균열(cw=0.3㎜미만)	m	5.20	5	5.20	5	-	-
	망상균열	㎡	330.00	10	330.00	9	-	-
	박락	㎡	0.10	2	0.14	3	▲ 0.04	물량증가
	가드레일 변형	m	5.00	3	5.50	4	▲ 0.50	물량증가



<그림 Ⅱ.2.12> 방호벽 및 중앙분리대 손상추이 분석

다. 배수시설

1) 현황

교면포장 노면수의 배수를 위해서 갓길에 배수구가 16개소(반월방향-8개소, 안중방향-8개소)가 설치되어 있으며 배수형식은 육교형(S1, S4~S6) 및 하천형(S2, S3)으로 되어 있다.

배수관 전경	배수구 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 갓길 배수구와 관련하여 막힘 및 스틸그레이팅 파손이 조사되었으며, 배수구 막힘은 청소하여 노면수가 원활히 배수되도록 하고 스틸그레이팅 파손은 배수관 막힘 방지를 위해서 설치하는 것이 바람직하다.

㉯ 배수관과 관련하여 S6구간 좌우측에 배수관 연결고리 탈락이 발생하였으며 연결고리를 설치하여 배수관을 고정하는 것이 바람직하다.

<표 Ⅱ.2.11> 배수시설 손상내용

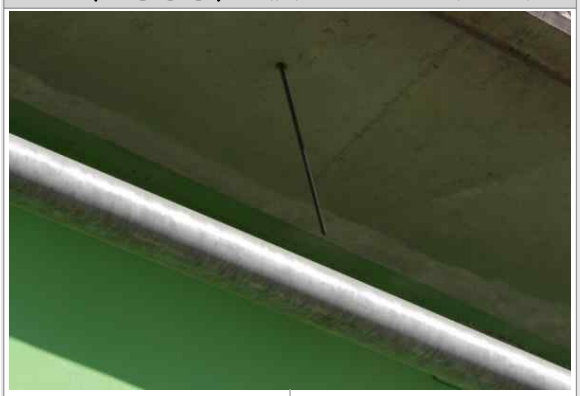
구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
배수시설	배수구 막힘	17	EA	17
	그레이팅 망실	10	EA	10
	배수관 연결고리 탈락	18	EA	18

<S1(안중방향)> 배수구 그레이팅 탈락/막힘



개소	1EA

<S6(안중방향)> 배수관 연결고리 탈락



개소	1EA

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

기 점검과 비교 분석 결과, 배수구 막힘 및 스틸그레이팅 망실이 추가로 조사되어 보수없이 전반적으로 손상물량은 증가하였다.

<표 Ⅱ.2.12> 배수시설 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	배수구 막힘	EA	14	14	17	17	▲ 3	물량증가
	그레이팅 망실	EA	5	5	10	10	▲ 5	물량증가
	배수관 연결고리 탈락	EA	18	18	18	18	-	-



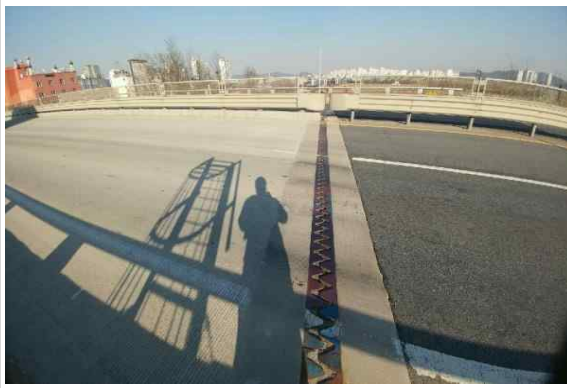
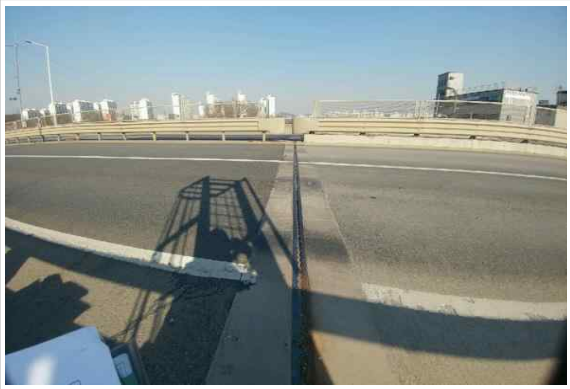
<그림 Ⅱ.2.13> 배수시설 손상추이 분석

라. 신축이음장치

1) 현황

㉮ 신축이음장치는 상부구조의 온도변화로 인한 신축, 콘크리트의 재령에 따른 크리프와 건조수축 및 활하중에 의한 처짐 등으로 인한 변형을 원활하게 수용하고 차량 주행에 지장이 없도록 설치한 장치이며, 교면수 및 오물의 교량하부 유입방지 기능을 한다.

㉯ 발안교의 신축이음장치는 FINGER(A1,P3,P5) 및 MONOCELL(A2) 형식으로 4개소가 설치되어 있다.

A1 신축이음장치 전경	P3 신축이음장치 전경
	
P5 신축이음장치 전경	**A2 신축이음장치 전경**
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 신축이음장치 본체의 부식은 P5(안중방향) 갓길측에 발생하였으며 주변 신축이음 유간에 토사가 퇴적되어 노면수 체수에 의한 손상으로 판단된다. 손상범위가 국부적이므로 주기적인 점검을 실시하여 손상진행 상태에 따라 교체가 필요하다.

㉯ 후타재 박리/박락 및 균열이 전반적으로 조사되었으며 공용년수 증가에 따른 차륜하중의 반복이 원인으로 발생한 것으로 판단된다.

또한 교대 흉벽부 누수흔적은 신축이음 누수가 원인으로서 전반적으로 신축이음장치의 상태가 불량하여 신축이음 교체를 실시하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단된다.

㉰ 유간토사퇴적은 전개소에서 조사되었으며 청소를 실시하여 신축이음장치의 원활한 신축거동을 유도함이 바람직하다.

<표 Ⅱ.2.13> 신축이음 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
신축이음 장치	본체 부식	1.20	m	1
	유간 토사퇴적	79.00	m	10
	지수고무파손	1	EA	1
	후타재 균열(0.3㎜미만)	36.20	m	76
	후타재 박리/박락	17.71	㎡	2

<A1(반월방향)> 후타재 균열



폭	Cw=0.2㎜
길이	L=0.5m

<P3(안중방향)> 유간토사퇴적



길이	L=2.0m
개소	1EA

<P5(안중방향)> 본체 부식



길이	L=1.2m
개소	1EA

<P5> 후타재 박락



폭	B=0.9㎜
길이	L=19.5m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 유간토사퇴적이 추가 조사되어 전반적으로 손상물량이 다소 증가하였다.

<표 Ⅱ.2.14> 신축이음 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음 장치	본체 부식	m	1.20	1	1.20	1	-	-
	유간 토사퇴적	m	40.00	7	79.00	10	▲ 39.00	물량증가
	지수고무파손	EA	1	1	1	1	-	-
	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	36.20	76	36.20	76	-	-
	후타재 박리/박락	㎡	17.71	2	17.71	2	-	-



<그림 Ⅱ.2.14> 신축이음장치 본체 및 기타 손상추이 분석

4) 신축량 계산

<표 Ⅱ.2.15> 신축량 계산

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>· 온도변화에 의한 이동량
▸ Δl_t = ΔT · α · L
여기서, Δl_t : 온도변화에 의한 이동량
ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10-5, α(콘크리트): 1.0×10-5
L : 신축들보의 길이(㎜)

· 활하중에 의한 보의 처짐에 의한 가동량(신축장 100m 미만은 미 고려)
▸ $\Delta l_r = \sum(h_i \times \theta_i)$
여기서, h_i : 받침의 회전중심에서 보의 중립축까지의 높이(2h/3)
θ_i : 보의 회전각(콘크리트 1/300, 강교 1/150)</td><td></td></tr>
<tr><td>소요
신축량 산정</td><td>·소요 가동량 산정
조사일 : 2019. 01.08 평균기온 적용: -3.5℃
여기서, △T(최대 신장시) : 35.0℃-(-3.5℃) = 38.5℃
△T(최대 수축시) : -15.0℃-(-3.5℃) = 11.5℃
△T(최대 신장시) : 40.0℃-(-3.5℃) = 43.5℃
△T(최대 수축시) : -20.0℃-(-3.5℃) = 23.5℃
- L = 30m(P5, PSCI), 45m(P5, STB), 60m(A1,P3)

- A1, P3
Δl_t(최대신장시) = △T× α ×L = $38.5 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 60.0 \times 1{,}000$ = 23.1㎜
Δl_t(최대수축시) = △T× α ×L = $11.5 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 60.0 \times 1{,}000$ = 6.9㎜

- P5(PSCI)
Δl_t(최대신장시) = △T× α ×L = $38.5 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 30.0 \times 1{,}000$ = 11.6㎜
Δl_t(최대수축시) = △T× α ×L = $11.5 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 30.0 \times 1{,}000$ = 3.5㎜

- P5(STB), A2
Δl_t(최대신장시) = △T× α ×L = $43.5 \times 1.2 \times 10^{-5} \times 45.0 \times 1{,}000$ = 23.5㎜
Δl_t(최대수축시) = △T× α ×L = $23.5 \times 1.2 \times 10^{-5} \times 45.0 \times 1{,}000$ = 12.7㎜

·형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α(/℃)</th></tr>
<tr><td colspan="2">PSC교, RC교</td><td>-5～+35</td><td>-15～+35</td><td>1.0×10-5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">강
교</td><td>상로교</td><td>-10～+40</td><td>-20～+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>-10～+50</td><td>-20～+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

5) 신축이음 유간검토

㉮ 신축이음 유간검토는 하절기 측정 당시 평기 기온(기상청 참조: -3.5℃)을 고려하였을 때 동절기 수축 여유량을 확보하고 있으며 하절기 신장 계산량과 현재 여유량을 검토하였다.

㉯ 신축유간 계산결과 현재여유량이 온도변화를 고려한 계산량보다 크므로 신축유간은 건전한 것으로 평가 되었으며 상부구조 온도거동 상태도 양호한 것으로 계산되었다.

<표 Ⅱ.2.16> 신축이음 유간 검토결과

위치	형식	신축보 길이(m)	현장실측 유간(㎜)	신장량(㎜)		신장량 검토
				계산 신장량	현재 여유량	
A1	핑거조인트	60.0	65.0	23.1	41.9	O.K
P3	핑거조인트	60.0	70.0	23.1	46.9	O.K
P5 (PSCI)	핑거조인트	30.0	40.0	11.6	4.9	O.K
P5 (STB)		45.0		23.5		
A2	모노셀조인트	(고정단)	30.0	0	30.0	O.K

마. 바닥판

1) 현황

㉮ 상부의 교통하중을 직접 지지하며, 상부하중을 거더로 전달해 주는 바닥판은 거더와 거더 사이의 내측 바닥판과 캔틸레버 구조인 외측 바닥판으로 구분할 수 있다.

㉯ 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어 있으며, 3경간 연속(1개소), 2경간 연속(1개소) 및 단경간(1개소) 구조로 총 6경간으로 구성되어 있다

바닥판 하면 전경	캔틸레버 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 캔틸레버에 발생한 횡방향 균열은 균열폭이 0.1㎜이므로 건조수축 및 온도변화에 의해 발생한 비구조적인 균열로 판단되며 손상정도가 경미하여 주의관찰한다. 또한 횡방향 균열중 균열의 끝단이 물끊기홈와 연결된 개소는 균열부 우수유입에 의해 균열부 백태로 조사되었으며 표면처리하여 추가적인 열화를 방지함이 필요하다.

㉯ 백태는 캔틸레버 최외측 단부에 위치하여 우수 유입이 용이한 위치에 발생하였으며 추가적인 열화방지를 위해서 표면처리하여 유지관리함이 바람직하다.

㉰ 파손 및 철근노출은 바닥판 단부에 위치하며 신축이음장치 교체를 위한 후타재 철거과정에서 충격에 의해 파손된 것으로 판단되고 철근의 부식방지를 위해서 단면복구(철근방청)이 필요하다.

㉱ 물끊기홈 설치불량은 시공시 불량에 의한 손상으로서 주변에 우수유입에 의한 추가적인 손상이 없으므로 주의관찰하여 유지관리한다.

<표 Ⅱ.2.17> 바닥판 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	29.00	m	29
	균열부백태	4.20	m	6
	백태	0.78	㎡	7
	물끊기홈 설치불량	0.10	m	1
	파손 및 철근노출	1.60	㎡	2

<S2(좌측캔틸레버)> 균열부 백태



폭	Cw=0.2m
길이	L=0.6m 2EA

<S3(우측캔틸레버)> 백태



폭	B=0.2m
길이	L=0.4m

<S5(바닥판 하면)> 균열부 백태		<S6(바닥판 단부)> 파손 및 철근노출	
			
폭	Cw=0.2	폭	B=0.2m
길이	L=1.5m	길이	L=0.3m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 캔틸레버에 백태가 추가 조사되어 전반적으로 손상 물량은 다소 증가하였다.

<표 Ⅱ.2.18> 바닥판 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	m	29.00	29	29.00	29	-	-
	균열부백태	m	4.20	6	4.20	6	-	-
	백태	㎡	0.62	5	0.78	7	▲ 0.16	물량증가
	물끊기홈 설치불량	m	0.10	1	0.10	1	-	
	파손 및 철근노출	㎡	1.60	2	1.60	2	-	-



<그림 Ⅱ.2.15> 바닥판하면 손상추이 분석

바. 거더(PSCI Beam 및 STB Girder) 및 가로보(Cross Beam)

1) 현황

㉮ 거더는 바닥판으로부터 전달되는 하중을 지지하고 교량받침을 통하여 하부구조로 하중을 전달해주는 역할을 한다.

㉯ 거더는 PSCI BEAM(S1~S5,9열) 및 STEEL BOX GIRDER(S6,3열)로 구성되어 있으며 콘크리트 가로보(S1~S5)는 4.85m 간격, 강재 가로보(S6)은 5.0m 간격으로 설치되어 있다.

콘크리트 거더 전경	강재 거더 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

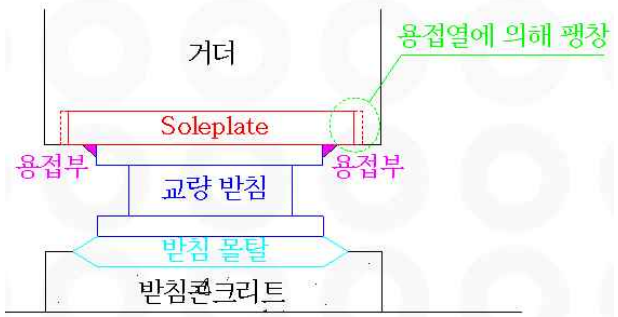
㉮ PSCI Beam

① 거더와 거더간 연속화 부위에서 콘크리트 채움이 불량한 개소가 확인되었으며 2차적인 손상은 확인되지 않아서 지속적인 주의관찰하여 유지관리한다.

② 교량받침 인접부에 층분리 및 박리가 확인되었으며 받침본체와 Soleplate 용접시 발생한 용접열(5,000~6,000℃)에 의한 Soleplate 팽창에 의해 발생한 손상으로 판단되며 구조적인 손상은 아니므로 보강없이 비건전부 제거후 단면보수를 실시함이 바람직할 것으로 판단된다.



받침 설치 현황



층분리 원인 분석

㈏ STB Girder

① 거더외측은 전반적으로 양호하며 전회차에서 조사된 G3 Splice 볼트 중 4개소의 볼트누락에 대해서 보수가 실시되었으나 현재 와셔가 누락되어 있는 상태이며 재설치가 필요한 것으로 판단된다.

② 거더내측은 도장박리, 부식 및 메공누락 등이 확인되었다.

③ 도장박리는 상도에 국한하여 발생하였으며 중도 도장 후 상도 도장시 중도표면의 습기가 원인으로 판단되며 향후 강재부식을 방지하기 위해 재도장이 필요하다.

④ 부식은 주로 거더 단부 하면 스캘럽부에서 확인되었으며 신축이음 누수에 의한 우수유입이 원인으로 판단되며 재도장 및 스캘럽부 우수유입방지가 필요하다.

⑤ 메공누락은 우수유입을 방지하기 위해 실링처리가 필요하다.

㈐ 가로보

콘크리트 가로보에 국부적인 층분리가 확인되었으나 전반적으로 양호하며 강재가로보는 보수공사(재도장)를 실시하여 손상이 없는 양호한 상태이다.

<표 Ⅱ.2.19> 거더 및 가로보 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
PSC BEAM	층분리	2.45	㎡	36
	파손	0.08	㎡	1
	연속화시공불량	2	EA	2
콘크리트 가로보	층분리	0.08	㎡	1
STB(외부)	와셔 누락	4	EA	4
STB(내부)	도장박리	2.48	㎡	41
	부식	0.70	㎡	9
	메공누락	14	EA	14

<S1-G2 거더> 층분리



폭	B=0.1m
길이	L=0.6m

<S2~S3-G3 거더> 연속화시공불량



개소	1 EA

<S6-G2 거더> 부식



폭	B=0.2m
길이	L=0.5m

<S5-G3 거더> 도장박리



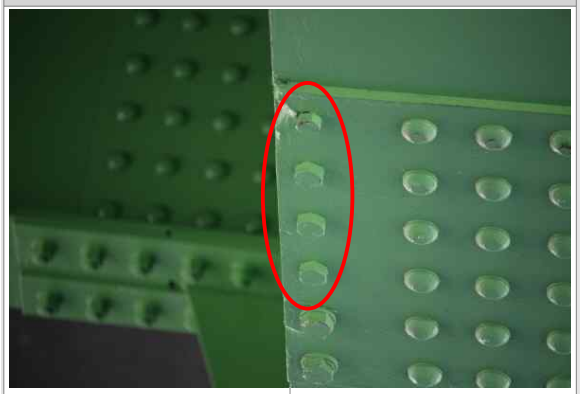
폭	B=0.5m
길이	L=0.5m

<S6-G3 거더> 도장박리



폭	B=0.1m
길이	L=0.3m

<S6-G2-LF 거더> 와샤 누락



개소	4 EA

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 볼트 누락에 대해서 보수가 실시되었으며 추가손상 및 신규손상이 확인되어 전반적으로 손상물량이 증가하였다.

<표 Ⅱ.2.20> 거더 및 가로보 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
PSC BEAM	층분리	㎡	2.45	36	2.45	36	-	-
	파손	㎡	0.08	1	0.08	1	-	-
	연속화시공불량	EA	1	1	2	2	▲ 1	물량증가
콘크리트 가로보	층분리	㎡	0.08	1	0.08	1	-	-
STB(외부)	와셔 누락	EA	-	-	4	4	▲ 4	신규손상
	볼트 누락	EA	4	4	-	-	▼ 4	보수
STB(내부)	도장박리	㎡	2.45	40	2.48	41	▲ 0.03	물량증가
	부식	㎡	0.70	9	0.70	9	-	-
	메공누락	EA	10	10	14	14	▲ 4	물량증가



<그림 Ⅱ.2.16> PSC BEAM 및 가로보 손상추이 분석

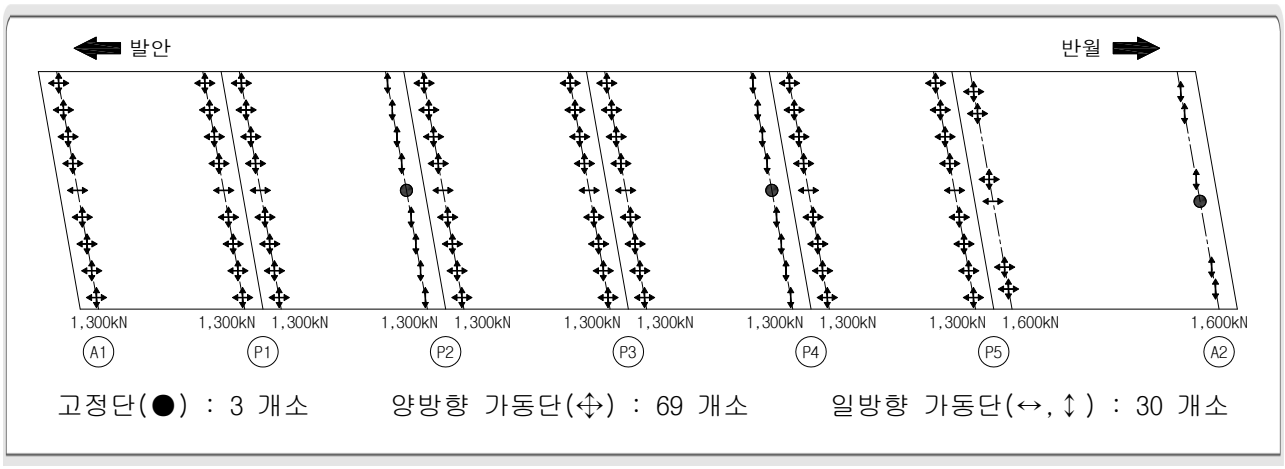


<그림 II.2.17> STB(외부) 및 STB(내부) 손상추이 분석

사. 교량받침

1) 현황

㉮ 교량받침은 교량의 구조요소중 기계적인 성격이 강하며 상·하부구조의 연결부에 위치하여 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달함과 동시에 완충의 역할을 할 뿐만 아니라 상부구조의 이동을 자유롭게 허용함으로써 교량 전체의 안전성에 크게 기여한다. 발안교의 교량받침은 포트받침으로 PSCI 구간인 A1 및 P1~P5(시점)은 각 지점별 9~18개소, STB 구간인 P5(종점) 및 A2는 각 6개소로 총 102개소가 설치되어 있다. 받침용량은 PSCI 구간 1,300kN, STB 구간 1,600kN이며, 고정단은 P2, P4, A2에 위치한다.



< 그림 3.2.3 > 교량받침 배치도

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 받침장치 부식은 주로 신축이음장치가 설치된 교대(A2) 및 교각(P5)에서 조사되었으며 신축이음 누수에 의한 우수유입이 원인으로 판단되며 추가적인 부식방지를 위해서 재도장이 필요하다.

㉯ 받침몰탈 균열 및 망상균열은 두 재료(무수축 몰탈, 하부 플레이트)간 열팽창계수의 차이에 의해 발생된 손상으로 모서리 인접부에 발생한 균열의 경우 층분리가 우려되어 점검망치 타격을 통한 층분리 여부를 체크하였으나 층분리 등의 손상은 조사되지 않았다.

<표 Ⅱ.2.21> 교량받침 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교량받침	본체 부식	21	EA	21
	받침몰탈 균열(0.3㎜이상)	0.60	m	1
	받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	8.40	m	71
	받침몰탈 망상균열	1.37	㎡	23
	받침몰탈 파손	0.16	㎡	2

<P1-Sh9(시점부측)> 받침몰탈 망상균열



폭	B=0.1m
길이	L=0.6m

<A2-Sh2> 받침본체 부식



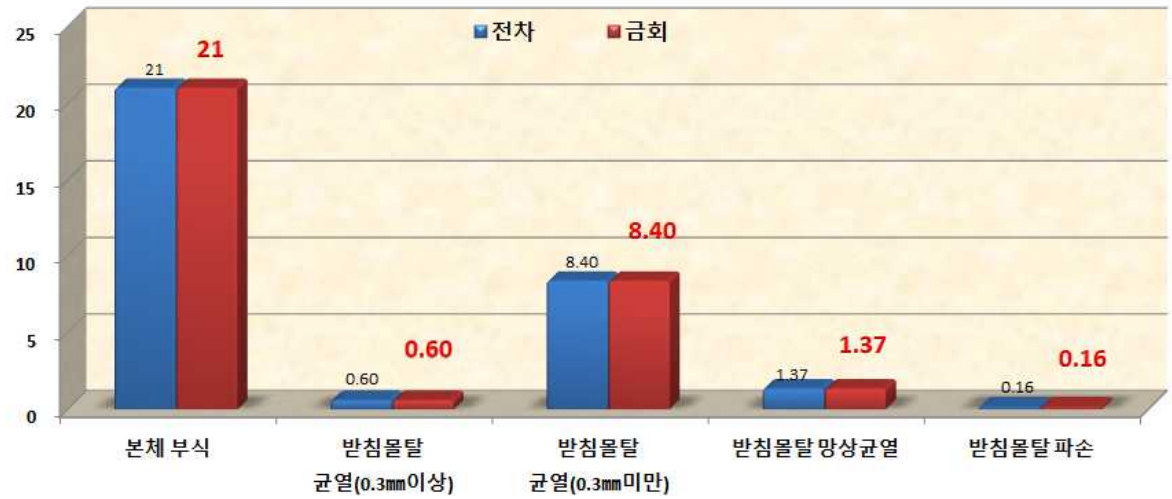
개소	1EA

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수 및 손상물량 변동없이 동일하다.

<표 Ⅱ.2.22> 교량받침 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	본체 부식	EA	21	21	21	21	-	-
	받침몰탈 균열(0.3㎜이상)	m	0.60	1	0.60	1	-	-
	받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	8.40	71	8.40	71	-	-
	받침몰탈 망상균열	㎡	1.37	23	1.37	23	-	-
	받침몰탈 파손	㎡	0.16	2	0.16	2	-	-



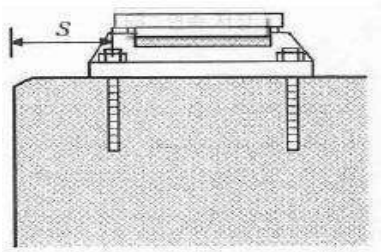
<그림 Ⅱ.2.18> 교량받침 손상추이 분석

4) 연단거리 검토

㉮ 받침면은 받침을 통해서 상부구조로부터 하중 등의 집중하중을 받는 곳으로 받침의 끝에서 받침면 끝단까지의 거리가 작으면 고정단에서는 전단면에 의해서 교량받침가 파손되는 경우가 있어 설계기준에서는 일정한 값 이상의 연단거리를 확보하도록 규정하고 있다.

<표 Ⅱ.2.23> 연단거리 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>연단거리 검토</th></tr>
<tr><td>연단거리</td><td>·하부구조 정부에 있어서 교축방향의 받침연단과 하부구조 정부 연단사이의 거리, S(㎜)는 다음의 값 이상으로 한다.(도로교 설계기준, 2010년)
1) 거더의 경간길이 100m 이하 : S = 200 + 5L
여기서, L = 지간길이(m)
·연단거리 산출
- 거더 길이(L = 30.0m) : S = 200 + 5 × 30.0m = 35.0cm
- 거더 길이(L = 45.0m) : S = 200 + 5 × 30.0m = 42.5cm

[연단거리 측정]
  
교량 받침의 연단거리 측정</td></tr>
<tr><td>검토결과</td><td>○ 연단거리 검토 결과는 다음과 같다.
- 거더의 경간길이 100m 이하 : 최소 연단거리 : 350㎜</td></tr>
</table>

<표 Ⅱ.2.24> 연단거리 검토 결과

위치		경간 (m)	설계 기준 (mm)	실측연단거리(mm)									평가
				SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	SH8	SH9	
A1		30.0	350	530	510	530	530	530	500	490	510	530	O.K
P1	A1측	30.0	350	350	350	370	400	410	410	420	430	430	O.K
	A2측	30.0	350	620	600	550	560	520	540	530	530	500	O.K
P2	A1측	30.0	350	**340**	**340**	350	385	390	395	400	430	420	**N.G**
	A2측	30.0	350	640	640	640	610	600	605	600	590	570	O.K
P3	A1측	30.0	350	**310**	**330**	350	**310**	**300**	**330**	**340**	350	350	**N.G**
	A2측	30.0	350	440	430	450	430	420	430	410	400	440	O.K
P4	A1측	30.0	350	410	410	410	420	440	450	460	490	490	O.K
	A2측	30.0	350	500	580	580	550	520	520	500	500	500	O.K
P5	A1측	30.0	350	500	510	500	510	500	510	510	490	490	O.K
	A2측	45.0	425	470	480	470	480	480	480				O.K
A2		45.0	425	480	495	450	460	470	470				O.K

받침 연단거리 검토 결과 P2(A1), P3(A1)에서 일부 받침의 연단거리가 미소하게 부족한 것으로 조사되었으며, 현재 연단거리 부족에 따른 손상은 발생 되지 않아 지속적인 관찰이 요구되며 향후 받침 교체시 연단거리를 고려하여 재설치 하는 것이 바람직하다.

5) 가동받침의 여유량 검토

㉮ 대상 교량 교량받침의 대기온도에 따른 상부거더의 신축 변화량을 산정하고 가동받침의 이동량을 실측하여 각 지점에서 측정된 신축량을 비교·검토 하였다.

<표 Ⅱ.2.25> 가동받침 이동량 계산

구분	계산방법	비고
이동량 산정	· 온도변화에 의한 이동량(Δlt) ▸ Δlt = ΔT · α · L 여기서, ΔT : 건조수축에 해당하는 온도변화 α : 선팽창계수 강재 1.2×10-5, 콘크리트 1.0×10-5 L : 신축거더 길이(㎜)	
산정 방법	·소요 가동량 산정 조사일 : 2019. 02.14 평균 기온 적용: -0.5℃ 검토온도: -15℃~+35℃(한랭지방, PSCI), -20℃~+40℃(한랭지방, STB) 여기서, △T(최대 신장시) : 35.0℃-(-0.5℃) = 35.5℃ △T(최대 수축시) : -15.0℃-(-0.5℃) = 13.5℃ △T(최대 신장시) : 40.0℃-(-0.5℃) = 40.5℃ △T(최대 수축시) : -20.0℃-(-0.5℃) = 20.5℃ - L :30.0m(P1, P3, P5(A1측)), 45m(P5(A2측)), 60m(A1) - A1 Δl_t(최대신장시) = △T×α×L = $35.5\times1.0\times10^{-5}\times60.0\times1{,}000$ = 21.3㎜ Δl_t(최대수축시) = △T×α×L = $13.5\times1.0\times10^{-5}\times60.0\times1{,}000$ = 8.1㎜ - P1, P3, P5(A1측) Δl_t(최대신장시) = △T×α×L = $35.5\times1.0\times10^{-5}\times30.0\times1{,}000$ = 10.7㎜ Δl_t(최대수축시) = △T×α×L = $13.5\times1.0\times10^{-5}\times30.0\times1{,}000$ = 4.1㎜ - P5(A2측) Δl_t(최대신장시) = △T×α×L = $40.5\times1.2\times10^{-5}\times45.0\times1{,}000$ = 21.9㎜ Δl_t(최대수축시) = △T×α×L = $20.5\times1.2\times10^{-5}\times45.0\times1{,}000$ = 11.1㎜	

6) 설계기준 온도에 따른 여유량 검토

㉮ 본 교량은 준공 후 17년이 경과한 교량이므로 건조수축, 크리프 등의 영향은 무시하고, 온도 변화에 의한 영향을 고려하여 가동받침의 수축 및 신장에 대한 계산이동량과 실측여유량 비교, 분석 결과 현재 여유 있는 구조로 판정되었다.

<표 Ⅱ.2.26> 가동받침 이동량 계산

위치		신축 거더 길이(m)	측정값		실측여유량(㎜)		계산이동량(㎜)		받침이동 허용량 (㎜)	검토 결과
			방향	이동량	수축	신장	수축	신장		
A1	SH1	60.0	A2	15	35	65	8.1	21.3	±50	O.K
	SH2		A2	8	42	58			±50	O.K
	SH3		A2	5	45	55			±50	O.K
	SH4		A2	5	45	55			±50	O.K
	SH5		A2	5	45	55			±50	O.K
	SH6		A2	3	47	53			±50	O.K
	SH7		A2	5	45	55			±50	O.K
	SH8		A2	5	45	55			±50	O.K
	SH9		A2	5	45	55			±50	O.K
P1 (A1측)	SH1	30.0	A2	18	32	68	4.1	10.7	±50	O.K
	SH2		A2	12	38	62			±50	O.K
	SH3		A2	30	20	80			±50	O.K
	SH4		A2	15	35	65			±50	O.K
	SH5		A2	5	45	55			±50	O.K
	SH6		A1	5	55	45			±50	O.K
	SH7		A2	5	45	55			±50	O.K
	SH8		-	0	50	50			±50	O.K
	SH9		A1	5	55	45			±50	O.K
P1 (A2측)	SH1	30.0	A2	5	45	55	4.1	10.7	±50	O.K
	SH2		A2	5	45	55			±50	O.K
	SH3		A2	7	43	57			±50	O.K
	SH4		A2	20	30	70			±50	O.K
	SH5		A2	5	45	55			±50	O.K
	SH6		-	0	50	50			±50	O.K
	SH7		-	0	50	50			±50	O.K
	SH8		A2	5	45	55			±50	O.K
	SH9		A1	5	55	45			±50	O.K
P2		고 정 단								

<표 Ⅱ.2.26> 가동받침 이동량 계산_계속

위치		신축 거더 길이(m)	측정값		실측여유량(mm)		계산이동량(mm)		받침이동 허용량 (mm)	검토 결과
			방향	이동량	수축	신장	수축	신장		
P3 (A1측)	SH1	30.0	A2	20	70	30	4.1	10.7	±50	O.K
	SH2		A2	17	67	33			±50	O.K
	SH3		A2	20	70	30			±50	O.K
	SH4		A2	5	55	45			±50	O.K
	SH5		A1	10	40	60			±50	O.K
	SH6		A2	5	55	45			±50	O.K
	SH7		A2	10	60	40			±50	O.K
	SH8		A2	10	60	40			±50	O.K
	SH9		A2	5	55	45			±50	O.K
P3 (A2측)	SH1	30.0	A1	30	80	20	4.1	10.7	±50	O.K
	SH2		A1	35	85	15			±50	O.K
	SH3		A1	35	85	15			±50	O.K
	SH4		A1	35	85	15			±50	O.K
	SH5		A1	35	85	15			±50	O.K
	SH6		A1	35	85	15			±50	O.K
	SH7		A1	35	85	15			±50	O.K
	SH8		A1	35	85	15			±50	O.K
	SH9		A1	35	85	15			±50	O.K
P4		고 정 단								
P5 (A1측)	SH1	30.0	A1	15	65	35	4.1	10.7	±50	O.K
	SH2		A1	15	65	35			±50	O.K
	SH3		A1	17	67	33			±50	O.K
	SH4		A1	17	67	33			±50	O.K
	SH5		A1	15	65	35			±50	O.K
	SH6		A1	20	70	30			±50	O.K
	SH7		A1	20	70	30			±50	O.K
	SH8		A1	15	65	35			±50	O.K
	SH9		A1	15	65	35			±50	O.K
P5 (A2측)	SH1	45.0	A1	32	82	18	11.1	21.9	±50	O.K
	SH2		A1	20	70	30			±50	O.K
	SH3		A1	26	76	24			±50	O.K
	SH4		A1	20	70	30			±50	O.K
	SH5		A1	30	80	20			±50	O.K
	SH6		A1	20	70	30			±50	O.K
	SH7		A1	30	80	20			±50	O.K
	SH8		A1	35	85	15			±50	O.K
	SH9		A1	30	80	20			±50	O.K
A2		고 정 단								

아. 하부구조 (교대 및 교각)

1) 현황

하부구조는 상부구조 하중을 지반으로 전달하여, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 부재이다. 교대는 역T형 2개소, 교각은 다주식 5개소로 구성되어 있으며, 구조적 결함 및 내구성 저하가 우려되는 손상발생 여부에 대하여 주안점을 두고 점검을 실시하였다.

교대 전경(A2)	라멘식 교각 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 교대

① 흉벽부 및 전면벽체의 누수흔적 및 백태는 신축이음 누수에 의한 손상으로서 백태는 표면처리, 열화는 단면보수가 필요하다.

② 흉벽부에 발생한 재료분리는 시공시 다짐불량에 의해 발생된 것으로 내구성 확보를 위하여 단면보수가 필요하다.

③ 균열 및 망상균열은 균열폭이 0.3㎜미만으로서 건조수축 및 온도변화에 의해 발생한 비구조적인 균열로 판단되며 균열을 통한 열화 방지를 위해서 표면처리가 필요하다.

<표 Ⅱ.2.27> 교대 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교대	균열(0.3㎜이상)	0.70	m	1
	균열(0.3㎜미만)	25.10	m	17
	망상균열	3.62	㎡	3
	재료분리	0.68	㎡	4
	철선노출	36	EA	36
	백태	0.91	㎡	5
	누수흔적	128.40	㎡	4
	열화	2.25	㎡	1

<A1> 측면벽체 열화



폭	B=1.5m
길이	L=1.5m

<A1> 흉벽 누수흔적



폭	B=0.2m
길이	L=2.0m

<A2> 측면벽체 망상균열



폭	B=1.0m
길이	L=2.0m

<A1> 흉벽 철선노출



개소	8 EA

<A2> 흉벽 재료분리	
	
폭	B=0.3m
길이	L=0.5m

<A2> 흉벽 백태	
	
폭	B=0.2m
길이	L=1.0m

㈏ 교각

① 균열 및 망상균열은 균열폭이 0.3㎜미만으로서 건조수축 및 온도변화에 의해 발생한 비구조적인 균열로 판단되며 균열을 통한 열화 방지를 위해서 표면처리가 필요하다.

② 재료분리는 시공시 다짐불량에 의해 발생된 것으로 내구성 확보를 위하여 단면보수가 필요하다.

③ 파손, 박락, 긁힘 등은 시공시 외부충격에 의해 발생, 박리는 우수유입에 의한 콘크리트 열화, 철근노출은 피복두께 부족으로 발생된 것으로 손상정도는 경미하나 내구성 확보를 위하여 단면보수 또는 단면보수(철근방청)가 필요하다.

<표 Ⅱ.2.28>교각 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교각	균열(0.3㎜이상)	0.20	m	1
	균열(0.3㎜미만)	22.50	m	36
	망상균열	10.00	㎡	2
	박리	5.39	㎡	7
	재료분리	0.46	㎡	6
	철근노출	0.05	㎡	2
	파손, 박락	0.51	㎡	7
	누수흔적	63.90	㎡	4
	폐콘크리트 적치	9.65	㎡	1
	긁힘	0.03	㎡	1

<P1> 코핑전면 보수부 재박리



폭	B=0.3m
길이	L=0.5m

<P1> 기둥 파손



폭	B=0.3m
길이	L=0.3m

<P2> 코핑전면 균열



폭	Cw=0.2㎜
길이	L=0.3m

<P3> 코핑측면 재료분리



폭	B=0.3m
길이	L=0.6m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 균열이 다소 증가하였으며 전반적으로 손상물량은 동일하다.

<표 Ⅱ.2.29> 교대 및 교각 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3㎜이상)	m	-	-	0.70	1	▲ 0.70	물량증가
	균열(0.3㎜미만)	m	24.80	16	25.10	17	▲ 0.30	물량증가
	망상균열	㎡	3.62	3	3.62	3	-	-
	재료분리	㎡	0.68	4	0.68	4	-	-
	철선노출	EA	36	36	36	36	-	-
	백태	㎡	0.91	5	0.91	5	-	-
	누수흔적	㎡	128.40	4	128.40	4	-	-
	열화	㎡	2.25	1	2.25	1	-	-
교각	균열(0.3㎜이상)	m	-	-	0.20	1	▲ 0.20	물량증가
	균열(0.3㎜미만)	m	21.70	36	22.50	36	▲ 0.80	물량증가
	망상균열	㎡	10.00	2	10.00	2	-	-
	박리	㎡	5.15	3	5.15	3	-	-
	재료분리	㎡	0.22	2	0.22	2	-	-
	철근노출	㎡	0.05	2	0.05	2	-	-
	파손, 박락	㎡	0.51	7	0.51	7	-	-
	누수흔적	㎡	63.90	4	63.90	4	-	-
	폐콘크리트 적치	㎡	9.65	1	9.65	1	-	-
	긁힘	㎡	0.03	1	0.03	1	-	-



<그림 Ⅱ.2.19> 교대 손상추이 분석



<그림 Ⅱ.2.20> 교각 손상추이 분석

2.3.3 외관조사 총괄표

<표 Ⅱ.2.30> 외관조사 총괄표

구분		손상내용	단위	2018년 점검		2019년(금회)	
				물량	개소	물량	개소
교면포장		포장균열	m	7.00	3	7.00	3
		포장 망상균열	㎡	472.50	4	472.50	4
		마모,포트홀,패임	㎡	80.04	15	-	-
방호벽		균열(cw=0.3㎜미만)	m	5.20	5	5.20	5
		망상균열	㎡	330.00	10	330.00	9
		박락	㎡	0.10	2	0.14	3
		가드레일 변형	m	5.00	3	5.50	4
배수시설		배수구 막힘	EA	14	14	17	17
		그레이팅 망실	EA	5	5	10	10
		배수관 연결고리 탈락	EA	18	18	18	18
신축이음 장치		본체 부식	m	1.20	1	1.20	1
		유간 토사퇴적	m	40.00	7	79.00	10
		지수고무파손	EA	1	1	1	1
		후타재 균열(0.3㎜미만)	m	36.20	76	36.20	76
		후타재 박리/박락	㎡	17.71	2	17.71	2
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	29.00	29	29.00	29
		균열부백태	m	4.20	6	4.20	6
		백태	㎡	0.62	5	0.78	7
		물끊기홈 설치불량	m	0.10	1	0.10	1
		파손 및 철근노출	㎡	1.60	2	1.60	2
거더	PSC BEAM	층분리	㎡	2.45	36	2.45	36
		파손	㎡	0.08	1	0.08	1
		연속화시공불량	EA	1	1	2	2
	콘크리트 가로보	층분리	㎡	0.08	1	0.08	1
	STB(외부)	와셔 누락	EA	-	-	4	4
		볼트 누락	EA	4	4	-	-
	STB(내부)	도장박리	㎡	2.45	40	2.48	41
		부식	㎡	0.70	9	0.70	9
		메공누락	EA	10	10	14	14
교량받침		본체 부식	EA	21	21	21	21
		받침몰탈 균열(0.3㎜이상)	m	0.60	1	0.60	1
		받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	8.40	71	8.40	71
		받침몰탈 망상균열	㎡	1.37	23	1.37	23
		받침몰탈 파손	㎡	0.16	2	0.16	2

<표 Ⅱ.2.30> 외관조사 총괄표_계속

구분	손상내용	단위	2018년 점검		2019년(금회)	
			물량	개소	물량	개소
교대	균열(0.3㎜이상)	m	-	-	0.70	1
	균열(0.3㎜미만)	m	24.80	16	25.10	17
	망상균열	㎡	3.62	3	3.62	3
	재료분리	㎡	0.68	4	0.68	4
	철선노출	EA	36	36	36	36
	백태	㎡	0.91	5	0.91	5
	누수흔적	㎡	128.40	4	128.40	4
	열화	㎡	2.25	1	2.25	1
교각	균열(0.3㎜이상)	m	-	-	0.20	1
	균열(0.3㎜미만)	m	21.70	36	22.50	36
	망상균열	㎡	10.00	2	10.00	2
	박리	㎡	5.15	3	5.15	3
	재료분리	㎡	0.22	2	0.22	2
	철근노출	㎡	0.05	2	0.05	2
	파손, 박락	㎡	0.51	7	0.51	7
	누수흔적	㎡	63.90	4	63.90	4
	폐콘크리트 적치	㎡	9.65	1	9.65	1
	긁힘	㎡	0.03	1	0.03	1

2.3.4 내구성 시험

가. 개요

교량 구조물의 내구성 저하의 대표적인 현상은 콘크리트 탄산화, 철근부식, 균열, 강도저하, 표면 노후화, 부재의 큰 변형, 동결융해, 누수 등의 현상으로 분류된다. 철근의 부식과 콘크리트의 균열은 독립된 원인에 의해 나타나는 것이 아니고, 그 밖의 열화 현상을 일으키는 원인과도 복합적으로 관계되고 있다.

재료시험은 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강의 판정을 하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물의 재료시험에 의해서 향후 열화 경향을 예측 및 예방하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

재료시험의 범위는 다음과 같다.

- 재료시험을 대상으로 하는 구조물은 콘크리트 구조물에 한한다.
- 재료시험은 구조체를 중심으로 수행한다.
- 재료시험은 조사 시점의 열화상태 뿐만 아니라 구조물의 이력, 주요환경, 열화원인을 조사하여 향후 열화손상 진행정도를 예측하고, 내용년수와 관련하여 종합적인 안전진단을 수행한다.
- 본 구조물의 재료시험 내용은 안전성평가를 위한 내구성 저하 유무를 확인하기 위한 조사 및 시험을 실시하였다.
- 향후 유지관리시 금회 재료시험 위치에서의 결과치를 활용하여 비교·분석할 수 있도록 재료시험 위치도를 수록하였다.

본 장에서는 콘크리트의 재료시험을 실시하여 외관조사 내용과 함께 구조물의 내구성과 사용성을 검토하고 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였으며, 재료시험의 주요 시험내용은 <표 Ⅱ.2.31>에 정리하였다.

1) 재료시험 측정일자 및 조사자

<표 Ⅱ.2.31> 재료시험 측정일자 및 조사자

구 분	일 자	조 사 자	사용장비
재료시험 및 측정	2019, 02.14 ~ 2019.02.15	책임기술자외 4인	교량점검차, 사다리, 도보조사

2) 비파괴 시험별 적용 기준 및 근거

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 교량편)(국토교통부, 한국시설안전공단 2019. 01)』 및 발주처 제공 내역서에 근거하여 조사 위치 및 수량을 결정하였다.

<표 Ⅱ.2.32> 재료시험 기준 및 실시수량

구분		위치	세부지침 기준	기준수량	실시수량	비고
콘크리트	반발경도	상부	1개소/50m	4개소	8개소	
		하부	1개소/50m	4개소	8개소	
	철근탐사		책임기술자 판단에 따라 수량 결정	-	7개소	
	탄산화깊이		◦ 5경간이내 : 2~3개소 ◦ 5경간이상 : 3~6개소	3~6개소	7개소	
	염화물 침투량 시험		책임기술자 판단에 따라 수량 결정	-	4개소	
강재	도장두께		강 부재 : 2~3개소/대상경간	2~3개소	5개소	



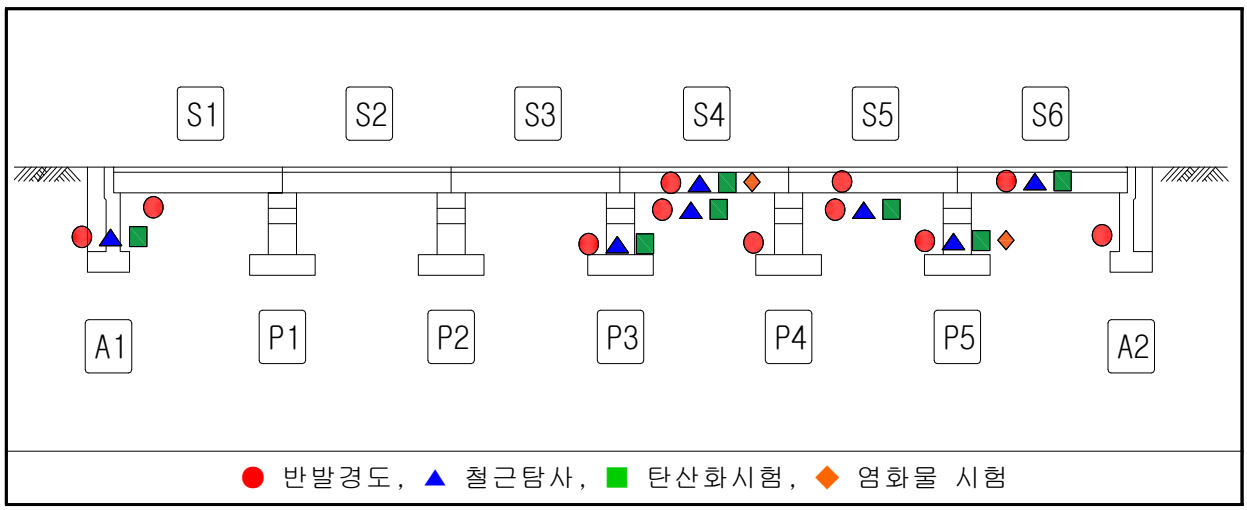
반발경도시험



탄산화 깊이 측정



철근탐사 시험



<그림 Ⅱ.2.21> 재료시험 위치도

나. 콘크리트 재료시험

1) 콘크리트 강도시험

㉮ 시험 결과

<표 Ⅱ.2.33> 비파괴 강도시험 결과(상부, 바닥판)

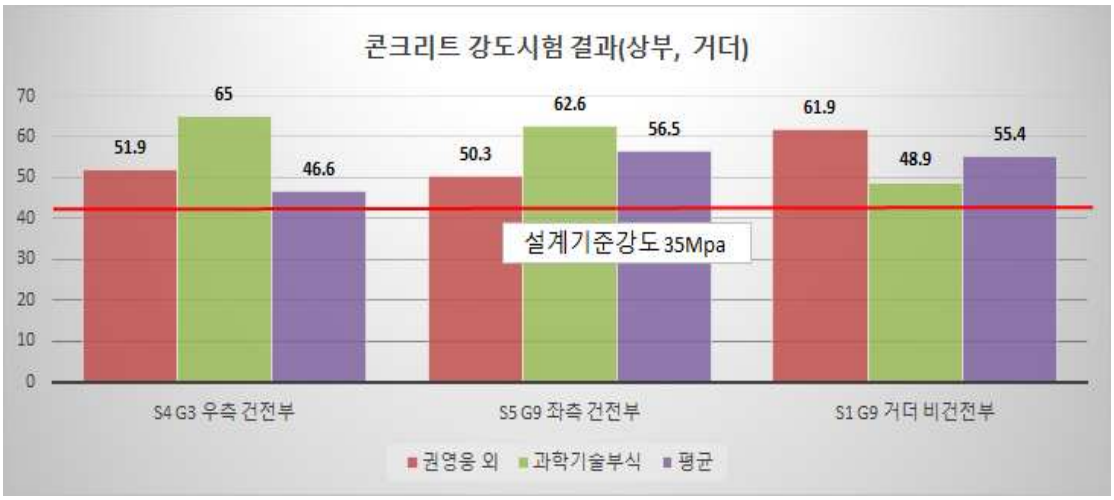
시험위치		반발경도(RO)	반발경도(MPa)			설계기준강도(MPa)	대비(%)
			일본재료학회	일본건축학회	평균		
1	S4 바닥판하면 건전부	60.6	35.3	32.4	33.9	27.0	125.6
2	S6 캔틸레버 우측 건전부	57.7	32.8	31.0	31.9	27.0	118.1
3	S5 바닥판하면 비건전부	55.9	33.4	31.4	32.4	27.0	120.0
4	S5 캔틸레버 비건전부	55.5	33.1	31.2	32.2	27.0	119.3
5	S6 캔틸레버 비건전부	55.9	33.4	31.4	32.4	27.0	120.0
평균값			33.6	31.5	32.6	-	
최대값			35.3	32.4	33.9	-	
최소값			32.8	31.0	31.9	-	



<그림 Ⅱ.2.22> 비파괴시험 결과(상부구조, 바닥판)

<표 Ⅱ.2.34> 비파괴 강도시험 결과(상부, 거더)

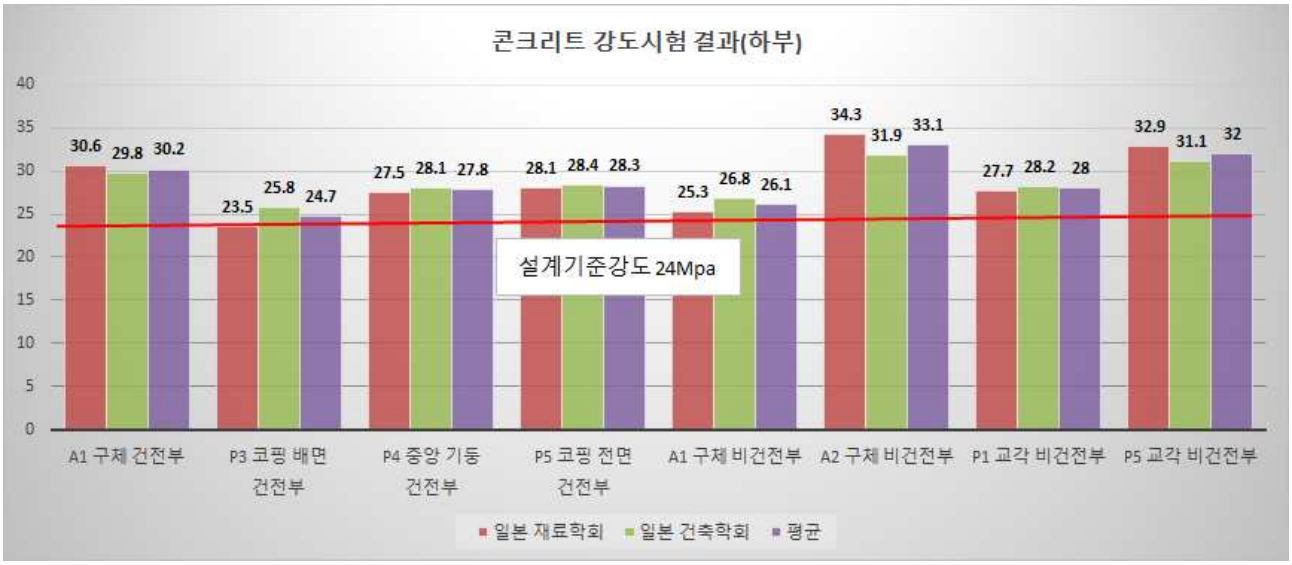
시험위치		반발경도(RO)	반발경도(MPa)			설계기준강도(MPa)	대비(%)
			권영웅 외	과학기술부식	평균		
1	S4 G3 우측 건전부	61.6	51.9	65.0	46.6	40.0	116.5
2	S5 G9 좌측 건전부	60.0	50.3	62.6	56.5	40.0	141.3
3	S1 G9 거더 비건전부	59.5	61.9	48.9	55.4	40.0	138.5
평균값			54.7	58.8	52.8	-	
최대값			61.9	65.0	56.5	-	
최소값			50.3	48.9	46.6	-	



<그림 Ⅱ.2.23> 비파괴시험 결과(상부구조, 거더)

<표 Ⅱ.2.35> 비파괴 강도시험 결과(하부)

시험위치		반발경도(RO)	반발경도(MPa)			설계기준강도(MPa)	대비(%)
			일본재료학회	일본건축학회	평균		
1	A1 구체 건전부	52.4	30.6	29.8	30.2	24.0	125.8
2	P3 코핑 배면 건전부	43.5	23.5	25.8	24.7	24.0	102.9
3	P4 중앙 기둥 건전부	48.6	27.5	28.1	27.8	24.0	115.8
4	P5 코핑 전면 건전부	49.3	28.1	28.4	28.3	24.0	117.9
5	A1 구체 비건전부	45.8	25.3	26.8	26.1	24.0	108.8
6	A2 구체 비건전부	57.0	34.3	31.9	33.1	24.0	137.9
7	P1 교각 비건전부	48.8	27.7	28.2	28.0	24.0	116.7
8	P5 교각 비건전부	55.3	32.9	31.1	32.0	24.0	133.3
평균값			28.7	28.8	28.8	-	
최대값			34.3	31.9	33.1	-	
최소값			23.5	25.8	24.7	-	



<그림 Ⅱ.2.24> 비파괴시험 결과(하부구조)

㉯ 시험 분석결과

반발경도법에 의한 콘크리트 표면(피복) 강도 조사결과 측정위치에서 모두 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 건전부 및 비건전부에 대하여 비교 시 큰 차이가 없는 것으로 조사되어 현재 강도부족으로 인한 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

단위 : MPa

시험위치		반발경도(A)	설계기준 강도(B)	평가결과 (A/B)X100 (%)	비고
상부 구조	바닥판	31.9 ~ 33.9	27.0	118 ~ 126	양호
	거더	46.6 ~ 56.5	40.0	117 ~ 141	양호
하부구조		24.7~ 33.1	24.0	118 ~ 158	양호

㉰ 전회차 정밀점검 결과와 비교

<표 Ⅱ.2.36> 비파괴 강도시험 비교

구분	시험위치		반발경도	설계기준 강도	평가결과 (A/B)X100 (%)
16년 정밀점검	상부 구조	바닥판	25.6 ~ 31.2	27.0	95 ~ 116
		거더	45.6 ~ 46.8	35.0	130 ~ 134
	하부구조		25.2 ~ 27.6	21.0	120 ~ 131
18년 정밀점검 및 금회 성능평가	상부 구조	바닥판	31.9 ~ 33.9	27.0	118 ~ 126
		거더	46.6 ~ 56.5	40.0	117 ~ 141
	하부구조		24.7~ 33.1	24.0	118 ~ 158

2016년 정밀점검과의 비교, 분석 결과 측정 위치 및 장비 등의 차이로 인하여 측정값이 미소하게 높게 측정되었으며 전차와 동일하게 설계기준강도를 상회하는 것으로 평가되었다.

2) 철근탐사 시험

㉮ 시험 결과

<표 Ⅱ.2.37> 철근탐사 결과

측정위치		철근종류	배근간격(㎜)		순피복두께(㎜)		비고
			설계치	측정치	설계치	측정치	
1	S4 바닥판하면	주철근	125	125	40	41	
		배력철근	150	160	40	60	
2	S6 캔틸레버 우측	주철근	250	250	40	40	
		배력철근	300	290	40	50	
3	S4 G3 우측	주철근	200	210	50	50	
		배력철근	193.5	190	50	80	
4	S5 G9 좌측	주철근	200	210	50	48	
		배력철근	193.5	190	50	55	
5	A1 구체	주철근	200	200	100	105	
		배력철근	300	290	100	110	
6	P3 코핑 배면	주철근	150	145	100	100	
		배력철근	400	400	100	110	
7	P5 코핑 전면	주철근	150	145	100	101	
		배력철근	400	400	100	100	

㉯ 철근탐사 결과 분석

철근탐사시험은 콘크리트 내에 배근되어 있는 실제 철근의 배근상태 및 피복두께를 비교·검토하기 위하여 실시하였으며, 본 시험에서는 RC-Radar를 사용하여 바닥판 및 캔틸레버, 거더, 교대 및 교각에 대하여 시험을 수행하였다. 그 결과 철근의 배근간격 및 피복두께는 전반적으로 준공도면과 유사하게 측정된 것으로 분석되었다. 준공도면과의 오차는 시공당시 철근배근작업, 피복두께 유지재의 이동, 철근탐사의 측정오차 등으로 인한 경미한 차이로 철근배근 및 피복두께는 적정한 것으로 판단된다.

3) 탄산화 깊이 측정

㉮ 시험 결과

<표 Ⅱ.2.38> 탄산화 시험 결과

시험위치		탄산화깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존수명 예측(년)	상태 등급	비고
상부 구조	S4 바닥판하면	1.2	41.0	39.8	0.30	∞	a	
	S6 캔틸레버 우측	4.3	40.0	35.7	1.08	∞	a	
	S4 G3 우측	0.7	50.0	49.3	0.18	∞	a	
	S5 G9 좌측	0.5	48.0	47.5	0.13	∞	a	
하부 구조	A1 구체	5.8	105.0	99.2	1.45	∞	a	
	P3 코핑 배면	8.1	100.0	91.9	2.03	∞	a	
	P5 코핑 전면	5.5	101.0	95.5	1.38	∞	a	



<그림 Ⅱ.2.25> 탄산화 시험 결과

㉯ 탄산화 시험 결과 분석

탄산화 시험결과 철근탐사를 통해 실측한 최소 피복두께를 고려한 잔여 피복두께를 분석한 결과 30㎜이상인 “a” 등급으로 현재 탄산화에 의한 철근부식 및 내구성 저하 우려는 없을 것으로 판단된다.

㉰ 전회차 정밀점검 결과와 비교

구분	시험위치	탄산화깊이	피복두께	탄산화 잔여깊이	평가
16년 정밀점검	상부구조	0.5 ~ 6.3	31.0 ~ 54.0	30.5 ~ 49.3	a
	하부구조	2.5 ~ 9.8	47.0 ~ 93.0	42.0 ~ 82.0	a
금회 점검	상부구조	0.5 ~ 4.3	40.0 ~ 50.0	35.7 ~ 49.3	a
	하부구조	5.5 ~ 8.1	100.0 ~ 105.0	91.9 ~ 99.2	a

4) 염화물함유량 시험

㉮ 시험 결과

구분				전연화물 함유량(%)	환산염화물 함유량(kg/m3)	상태평가 기준	비고
상부 구조	1	S4 바닥판	표면	0.0030	0.068	a	-
			내면	0.0012	0.027	a	-
하부 구조	1	P5 코핑	표면	0.0382	0.864	b	-
			내면	0.0128	0.290	a	-



<그림 Ⅱ.2.26> 염화물 시험 결과

㉯ 염화물함유량 결과 분석

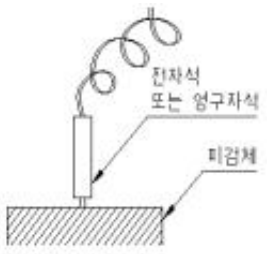
발안교의 누수오염 구간 및 제설제등 염화물함유량이 의심되는 구간을 선정하여 염화물함유량 시험을 실시한 결과 상부구조는 0.068~0.027kg/㎥, 하부구조는 0.864 ~0.290kg/㎥로 콘크리트 표면 1개소에서 "b“ 등급으로 판정되었으나 콘크리트 내면 측정값은 ”a" 등급으로 판정되어 철근부식 가능성이 없는 것으로 분석되었다.

다. 도막두께 시험

도막두께는 도막두께 측정기를 사용하여 일전한 두께를 가진 표준판에 교정한 후 강재에 기도장된 도막의 두께를 측정하는 것이다. 측정결과 기존에 적용한 두께를 기준하여 정상적으로 도장작업이 수행되었는지의 여부 및 감소 여부를 판단한다.

1) 측정방법

도막두께 측정은 전자석 또는 영구자석을 이용하여 피검체(자성체)에 도포된 도막의 두께를 측정하는 검사방법으로 페인트 도막 및 기타 코팅에 적용된다. 도막이 도포되지 않은 피검체(자성체)에 전자석 또는 영구자석을 접촉시켜 지시계의 눈금을 영점(Zero) 조정한다. 영점 조정 후 확인하고자 하는 두께와 유사한 표준도막을 이용하여 각 도막의 두께에 따른 자력차를 이용하여 검사하는 방법이다.



<그림 Ⅱ.2.27> Gauge 영점조정



<그림 Ⅱ.2.28> Gauge 초기화(Calibration)

<표 Ⅱ.2.39> 도장 도막두께 기준

도장형식	표준도장막두께(㎛)	하한 합격판정값(㎛)	측정 최소값(㎛)	비고
GC-2	270	200	160	
GCC-2	270	200	160	
GE-2	270	200	160	

※ 도로교 표준시방서(1992) 참조

2) 도막 두께측정 시험 결과 및 분석

도막두께 측정은 도막두께 측정기를 사용하여 일정한 두께를 가진 표준시편에 교정한 후 강재에 도장된 도막의 두께를 측정하였다. 도막두께 측정결과 기준치(270㎛) 이상으로 조사되었다.

<표 Ⅱ.2.40> 도막두께 측정결과

위 치		측정값 도막두께 (㎛)					평균 도막두께(㎛)	기준값(㎛)	평가
		1	2	3	4	5			
S6	G1 RW	255	292	270	350	279	289	270	양호
	CB1	244	254	272	313	290	275	270	양호
	G2 RW	286	250	296	285	251	274	270	양호
	CB2	331	282	233	275	273	279	270	양호
	G3 LW	285	323	320	268	267	293	270	양호

다. 내구성 평가 결과

1) 콘크리트 품질조사 및 시험 결과

㉮ 반발경도에 의한 강도추정

반발경도법에 의한 콘크리트 표면(피복) 강도 조사결과 측정위치에서 모두 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 건전부 및 비건전부에 대하여 비교 시 큰 차이가 없는 것으로 조사되어 현재 강도부족으로 인한 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

㉯ 철근탐사 측정 결과

철근의 배근간격은 전반적으로 준공도면과 유사하게 측정되었다.

㉰ 탄산화시험

탄산화 시험결과 철근탐사를 통해 실측한 최소 피복두께를 고려한 잔여 피복두께를 분석한 결과 30㎜이상인 “a”등급으로 현재 탄산화에 의한 철근부식 및 내구성 저하 우려는 없을 것으로 판단된다.

㉱ 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험결과 상부구조는 0.068~0.027kg/㎥, 하부구조는 0.864~0.290kg/㎥로 콘크리트 표면 1개소에서 "b“ 등급으로 판정되었으나 콘크리트 내면 측정값은 ”a" 등급으로 판정되어 철근부식 가능성이 없는 것으로 분석되었다.

2) 강재 품질조사 및 시험 결과

㉮ 도막두께 측정

도막두께 측정결과 최소 및 최대값은 274㎛~293㎛ 범위로 기준치(270㎛)이상을 확보하고 있은 것으로 조사되었다.

3) 전회차 시험결과와의 비교 분석

본 용역은 2018년 정밀점검 내용을 포함한 제2종 성능평가 용역으로서 2016년 정밀점검 용역과 비교시 측정 항목 및 위치 등이 일부 상이함으로 공통된 시험에 대하여 비교평가 시 미소한 차이는 있으나 전반적으로 유사한 값으로 조사되어 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

2.4 안전성능 평가 결과

2.4.1 상태안전성능 평가 결과

가. 부재별 상태안전성능 평가 결과

1) PSCI BEAM구간

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재			지점 번호	신축 이음	받침	하부구조	
경간 번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석		신축 이음	교량 받침	하부	기초
S1	PSCI	b	b	b	c	c	b	A1	b	b	b	q
S2	PSCI	b	a	c	c	b	b	P1	-	b	b	q
S3	PSCI	b	a	c	c	b	b	P2	-	c	b	q
S4	PSCI	a	a	c	c	b	b	P3	b	b	b	q
S5	PSCI	b	a	b	c	b	b	P4	-	b	b	q
평균		0.180	0.120	0.320	0.400	0.240	0.200	-	0.200	0.240	0.200	-
가중치		15	25	4	4	3	2	-	7	15	25	-
(평균X가중치)/ 가중치합		0.027	0.030	0.013	0.016	0.007	0.004	-	0.014	0.036	0.050	-
1. 환산결함도 점수 =												0.197
2. 상태평가 결과 =												B

2) STEEL BOX GIRDER 구간

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재			지점 번호	신축 이음	받침	하부구조	
경간 번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석		신축 이음	교량 받침	하부	기초
S6	STB	b	b	a	c	c	b	P5	c	b	b	q
	STB	-	-	-	-	-	b	A2	b	b	b	q
평균		0.200	0.200	0.100	0.400	0.400	0.200	-	0.300	0.200	0.200	-
가중치		15	25	4	4	3	2	-	7	15	25	-
(평균X가중치)/ 가중치합		0.030	0.050	0.004	0.016	0.012	0.004	-	0.021	0.030	0.050	-
1. 환산결함도 점수 =												0.217
2. 상태평가 결과 =												B

3) 전체 교량 상태평가 결과

구분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 X 연장비
발안교	PSCI	0.197	B	150	0.769	0.151
	STB	0.217	B	45	0.231	0.050
합계(∑)				195	1.000	0.206
1. 환산결함도점수 =						0.206
2. 상태평가결과 =						B
결과분석	부재별 상태안전성능 평가는 부재별 중요도를 감안하여 가중치를 차등 적용하여 구조별 연장비를 적용하여 전체 상태안전성능을 평가 하였으며 외관조사를 통한 상태안전성능 평가 결과 환산결함도 점수 0.206의 『B등급』으로 산정되었다.					

나. 상태안전성능 평가 결과

<표 Ⅱ.2.41> 상태안전성능 결과표

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
상태평가 결과		0.206				

현장조사 결과를 반영한 발안교 상태안전성능 평가결과, 결함도 지수는 “0.206“, 평가 결과는 ”B“로 평가되었다.

2.4.2 구조안전성능 평가 결과

대상 교량에 대한 구조안전성능 평가는 준공도면 및 현장조사 자료를 이용하여 평가를 진행하였으며, 제반조건 등 검토 자료는 부록에 수록하였다.

가. 내하력 평가 결과

1) PSC I형거더 안전성 검토결과

㉮ 강도설계법에 의한 부재검토

① 바닥판 검토결과

<표 Ⅱ.2.42> 바닥판 검토결과

구 분	고정하중단면력 (Md)	활하중단면력 (Mℓ)	계수단면력 (Mu)	공칭단면력 (ØMn)	안전율 (S.F)	비고
캔틸레버측	3.807	15.833	25.533	105.961	4.150	만족
중간바닥판	1.919	22.256	50.345	105.961	2.105	만족

② 거더 검토결과

<표 Ⅱ.2.43> 거더 검토결과

부 재 명	고정하중단면력 (Md)	활하중단면력 (Mℓ)	계수단면력 (Mu)	공칭단면력 (ØMn)	안전율 (S.F)	비 고
외측거더 (G1,G9)	4,824.00	2,018.73	10,611.470	14,594.53	1.375	만족
내측거더 (G2~G8)	4,251.89	2,141.08	10,130.779	14,637.58	1.445	만족

㈏ 허용응력법에 의한 부재검토

① 응력 집계표

<표 Ⅱ.2.44> 응력 집계표

부 재 명		합성전(MPa)	합성후(MPa)	활하중(MPa)	합 계	비 고
외측거더 (G1,G6)	상연	14.14	0.24	1.56	15.94	
	하연	-12.89	-0.59	-3.86	-17.34	
내측거더 (G2~G5)	상연	12.01	0.31	1.56	13.88	
	하연	-11.01	-0.81	-4.06	-15.88	

② 응력 검토결과(MPa)

<표 Ⅱ.2.45> 응력 검토결과

부 재 명		작용응력(MPa)	프리스트레스	허용응력(MPa)	안전율	비고
외측거더 (G1,G6)	상연	15.94	-5.31	14.00	1.317	OK
	하연	-17.34	17.74	14.00	35.00	
내측거더 (G2~G5)	상연	13.88	-5.25	14.00	1.622	OK
	하연	-15.88	17.55	14.00	8.383	

2) 강박스 거더 안전성 검토결과

㉮ 강도설계법에 의한 부재검토

① 바닥판 검토결과

<표 Ⅱ.2.46> 바닥판 검토결과

구 분	고정하중단면력 (Md)	활하중단면력 (Mℓ)	계수단면력 (Mu)	공칭단면력 (ØMn)	안전율 (S.F)	비고
캔틸레버측	10.708	19.200	55.200	100.559	1.822	만족
중간바닥판	4.280	30.160	70.410	100.559	1.428	만족

㈏ 허용응력법에 의한 부재검토

① 응력 집계표

<표 Ⅱ.2.47> 응력 집계표

부 재 명			합성전(MPa)	합성후(MPa)	활하중(MPa)	합 계	비 고
G1	정모멘트부 (외측)	상연	32.458	5.410	3.970	41.838	
		하연	-27.441	-16.411	-12.045	-55.896	
G2	정모멘트부 (내측)	상연	35.399	4.592	2.576	42.567	
		하연	-29.927	-14.165	-7.945	-52.037	

② 응력 검토결과(MPa)

<표 Ⅱ.2.48> 응력 검토결과

부 재 명			작용응력(MPa)	허용응력(MPa)	안전율	비고
G1	정모멘트부(외측)	상연	41.838	190.000	4.541	OK
		하연	55.896	190.000	3.399	
G2	정모멘트부(내측)	상연	42.567	190.000	4.464	OK
		하연	52.037	190.000	3.651	

㈐ 평가 결과

안전율 개념을 적용한 구조안전성능 평가 결과, 안전율이 SF>1.0을 만족하고 있으므로 재하시험에 의한 공용내하력은 적용하지 않았다.

나. 세굴을 포함한 기초 안전성 검토결과

1) 세굴심 평가

㉮ 관련자료 수집

대상 시설물의 세굴심 검토를 위한 자료를 “발안 ~ 반월간 도로확장 및 포장공사, 구조 및 수리계산서, 1994.12”에서 수집하였으며, ‘부록 12 기타 참고자료’에 수록하였다.

㉯ 세굴심 평가

수집된 자료를 적용하여 “하천설계기준 37.3.3, 2002, 한국수자원학회”에 따라 세굴심 평가를 수행하였으며, 자료 수집이 어려운 Froehlich 공식은 제외하고 3가지 방법에 의한 평균 세굴심을 평가하였다.

① CSU 공식

$$\text{세굴심}(y_s) = (2.0\ K_1\ K_2\ K_3\ K_4\ (\frac{a}{y_1})^{0.65}(Fr_1)^{0.43}) \ /\ y_1$$

$= (2.0\times 1.0\times 1.0\times 1.1\times 1.0\times (2.0/0.2)^{0.65}\times (0.03)^{0.43}\ )/0.2 = 10.88$m

여기서, y_1 = 구조물의 직상류부 수심(0.2m), K_1 = 교각형상에 대한 보정계수(1.0)

K_2 = 흐름입사각에 대한 보정계수(1.0), K_3 = 하상조건에 대한 보정계수(1.1)

K_4 = 하상재료의 크기에 대한 보정계수(1.0), a = 교각의 폭(2.0m)

Fr_1=구조물 설치 직상류부의 Froud수($\frac{v}{\sqrt{gh}} = \frac{0.15}{\sqrt{(9.81\times 2.0)}} = 0.03$)

② Laursen 공식

$$\frac{b}{y} = 5.5(\frac{y_s}{y})[(\frac{y_s}{11.5y}+1)^{1.7}-1], \quad \therefore \text{ ys} = 0.67\text{m}$$

여기서, y = 구조물의 직상류부 수심(0.2m)

y_s = 세굴심도(m) b = 교각의 폭(2.0m)

③ Neill 공식

$$\text{세굴심도}(y_s) = (1.5(\frac{b}{y})^{0.3}\ ) \ /\ b, \quad \therefore \text{ ys} = 1.50\text{m}$$

여기서, y = 구조물의 직상류부 수심(0.2m)

b = 교각의 폭(2.0m)

㉰ 세굴심 산정

상기 각 공식별 최대 세굴심 산정결과 많은 차이를 보이고 있으므로 크게 차이나는 1번 값을 제외한 두 개 공식의 평균 값(1.09m)을 본 교량의 세굴심으로

적용한다.

㉱ 세굴심 평가 결과

현 수심을 기준으로 하상에 위치한 교각에 대한 세굴심 평가 결과, 세굴심이 기초 상단보다 높게 위치하고 있는 것으로 검토되어 “a” 등급으로 평가되었다.

2) 기초 안전성 평가

세굴심 검토결과, 계산된 세굴심이 기초 상단에 위치하고 있으며 교각하단 주변에 사석보호공이 시공되어 있어 기초 안전성 검토는 생략한다.

다. 구조안전성능 평가 결과

구조해석 결과를 반영한 발안교 구조안전성능 평가 결과, 결함도 지수 1.00이상으로 평가 결과는 ”A“로 평가되었다.

<표 Ⅱ.2.49> 구조안전성능 평가 결과 산정표

구분		결함도 지수	평가기준	평가 결과	비고
안전율	PSC 거더부	S.F= 1.317	S.F > 1	A	
	강박스 거더부	S.F= 1.428			
기초 안전성		-	-	A	
평가 결과		MIN(내하력, 기초안전성)		A	

2.4.3 안전성능 결과 산정

발안교에 대한 안전성능 평가 결과, 상태안전성능 “B”, 구조안전성능 “A”로 평가되어 안전성능등급은 아래 표와 같이 “B”로 산정되었다.

<표 Ⅱ.2.50> 안전성능 평가 결과표

구분	결함도 지수	평가 결과	비고
상태안전성능	0.206	B	
구조안전성능	1.317	A	
평가 결과	MIN(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)	B	

2.5 내구성능 평가 결과

2.5.1 강재 내구성능 평가 결과

가. 대상 시설물 현황

1) 시설물 제원

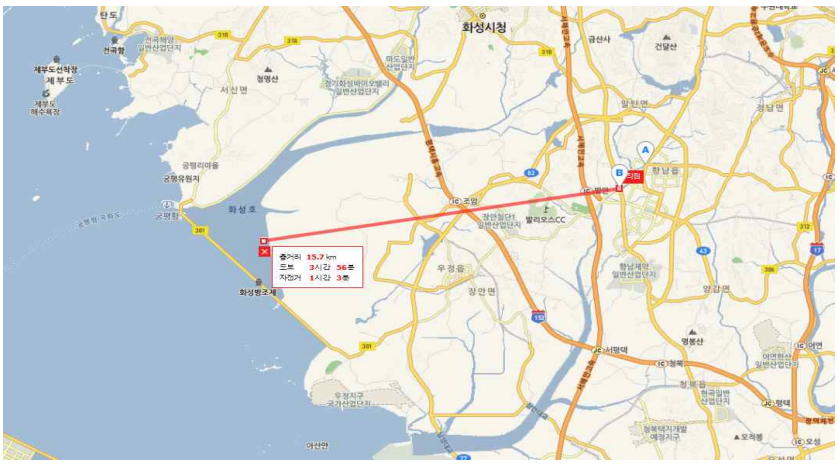
<표 Ⅱ.2.51> 강재 내구성능 시설물 제원

교량 형식		PSC I형 + STB 거더교(PSCI+STB)(도로교)
경간장 및 경간수		3@30.0 + 2@30.0 + 45.0 = 150.0m
교폭		19.5m
거더	거더 갯수	2
	강박스 폭/높이	2.6m/2.5m
2차부재		L=4.6m, 교축방향 5m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
도장 공용연수(신규 또는 재도장 이후)		17년
환경조건	해안 이격거리	서해안으로부터 15.7 km
	연간 젖음 시간(일)	76일
	이산화황 농도	0.004
	제설제(강설횟수)	13.3일

2) 자료수집 현황

㉮ 관련 도면 - 제2편 제1장 대상시설물 현황, 주요도면 참조

㉯ 해안 이격거리 - 인터넷 포털(네이버) 사이트 지도 이용



㉰ 연간 젖음 일수

기상청(http://www.kma.go.kr/)에서 제공하는 '기상연보'를 통한 해당지역의 10년 동안 평균 젖음시간(τ, 0℃ 이상의 온도에서 상대 습도가 80% 이상인 경우) 관측일을 산정하여 자료 활용

<표 Ⅱ.2.52> 수분접촉 일수표(2009년2월1일 ~ 2019년2월1일)

지점명	주소	지점 번호	연간 젖음 시간(일)
수원	경기도 수원시 권선구 서둔동	119	76일

㉱ 이산화황 농도

에어코리아(http://www.airkorea.or.kr/) 제공 자료 활용(부록 6. 참조)

<표 Ⅱ.2.53> 이산화황 농도



㉲ 강설횟수 - 기상자료개방포털(http://sts.kma.go.kr) 자료 활용(부록 6. 참조)



나. 발청 및 도장열화 평가

1) 강재거더

㉮ 거더 발청 조사

<표 Ⅱ.2.54> 거더 발청 조사표

조사경간	발청 발생 부분	발청 면적(㎠)	발청 면적율(%)	유사경간 개수	등급
6경간	내부 플랜지 밑면	3,000	0.256	-	b
6경간	내부 플랜지 상면	4,000	0.341	-	b
평균 면적율(%)			0.30		
등 급			b		
평 점			10		

㉯ 거더 박리 조사

<표 Ⅱ.2.55> 거더 박리 조사표

조사경간	박리 발생 부분	박리 면적(㎠)	박리 면적율(%)	유사경간 개수
6경간	내부 플랜지 및 웹	24,800	0.540	-
평균 면적율(%)			0.540	
등 급			c	
평 점			8	

㉰ 거더 균열 조사

<표 Ⅱ.2.56> 거더 균열 조사표

조사경간	균열 발생 부분	균열 면적(㎠)	균열 면적율(%)	유사경간 개수
-	-	-	-	
평균 면적율(%)			-	
등 급			a	
평 점			0	

㉱ 거더 부품 조사

<표 Ⅱ.2.57> 거더 부품 조사표

조사경간	부품 발생 부분	부품 면적(㎠)	부품 면적율(%)	유사경간 개수
-	-	-	-	
평균 면적율(%)			-	
등 급			a	
평 점			0	

㉲ 거더 변색 및 백아화 조사

<표 Ⅱ.2.58> 거더 변색 / 백아화 조사표

조사경간	변색 / 백아화 발생 부분	변색 / 백아화 면적(㎠)	변색/ 백아화 면적율(%)	유사경간 개수
-	-	-	-	
평균 면적율(%)			-	
등 급			a	
평 점			0	

㉳ 거더 발청 및 도장열화 등급산정 결과

<표 Ⅱ.2.59> 거더 발청 및 도장열화 등급산정 결과표

거더						
평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화	평가점수
등급	b	c	a	a	a	18
점수	10	8	0	0	0	
발청/도장열화 등급						b

2) 2차부재(가로보)

㉮ 가로보 발청 조사

<표 Ⅱ.2.60> 가로보 발청 조사표

조사경간	발청 발생 부분	발청 면적(㎠)	발청 면적율(%)	유사경간 개수
S6경간	CB1-2 밑면	4,200	0.415	
평균 면적율(%)			0.415	
등 급			b	
평 점			10	

㈏ 가로보 박리 조사

<표 Ⅱ.2.61> 가로보 박리 조사표

조사경간	박리 발생 부분	박리 면적(㎠)	박리 면적율(%)	유사경간 개수
-	-	-	-	-
평균 면적율(%)			0	
등 급			a	
평 점			0	

㈐ 가로보 균열 조사

<표 Ⅱ.2.62> 가로보 균열 조사표

조사경간	균열 발생 부분	균열 면적(㎠)	균열 면적율(%)	유사경간 개수
-	-	-	-	
평균 면적율(%)			-	
등 급			a	
평 점			0	

㈑ 가로보 부품 조사

<표 Ⅱ.2.63> 가로보 부품 조사표

조사경간	부품 발생 부분	부품 면적(㎠)	부품 면적율(%)	유사경간 개수
-	-	-	-	
평균 면적율(%)			-	
등 급			a	
평 점			0	

㈒ 가로보 변색 및 백아화 조사

<표 Ⅱ.2.64> 가로보 변색 / 백아화 조사표

조사경간	변색 / 백아화 발생 부분	변색 / 백아화 면적(㎠)	변색/ 백아화 면적율(%)	유사경간 개수
-	-	-	-	
평균 면적율(%)			-	
등 급			a	
평 점			0	

㉮ 가로보 발청 및 도장열화 등급산정 결과

<표 Ⅱ.2.65> 가로보 발청 및 도장열화 등급산정 결과표

가로보 및 세로보						
평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화	평가점수
등급	b	a	a	a	a	10
점수	10	0	0	0	0	
발청/도장열화 등급						a

다. 도장두께 평가

1) 강재거더

<표 Ⅱ.2.66> 거더 도장두께 평가표

거더			
조사경간	조사거더번호	5개소 평균에 대한 기준 불만족 여부	판정
S6	G1	만족	만족
	G2	만족	만족
	G3	만족	만족
거더 도장두께 불만족 비율 = (불만족 거더 개수)/(조사 대상 거더 개수)×100 = 0/3×100 = 0% (a 등급)			

2) 가로보

<표 Ⅱ.2.67> 가로보 도장두께 평가표

2차부재(가로보)			
조사경간	조사부재번호	5개소 평균에 대한 기준 불만족 여부	판정
S6	CB1	만족	만족
	CB2	만족	만족
2차부재 도장두께 불만족 비율 = (불만족 2차부재 개수)/(조사 대상 2차부재 개수)×100 = 0/2×100 = 0% (a 등급)			

라. 환경요인 평가

<표 Ⅱ.2.68> 환경요인 평가표

평가지표		측정 값	등 급
대기환경	해안이격거리	서해안으로부터 15.7 ㎞	a
	연간젖음시간(일)	76일	
	이산화황 농도	0.004	
제설제(강설횟수)		13.3일	b

마. 강재 내구성능 최종평가

<표 Ⅱ.2.69> 평가항목별 가중치에 따른 거더의 내구성능 평가표

평가지표	등급	점수	가중치	평점/100
발청 및 도장열화	b	0.2	60	0.12
도장두께	a	0.1	20	0.02
대기환경	a	0.1	10	0.01
강설횟수	b	0.2	10	0.02
평 점				0.17

<표 Ⅱ.2.70> 평가항목별 가중치에 따른 2차부재의 내구성능 평가표

평가지표	등급	점수	가중치	평점/100
발청 및 도장열화	a	0.1	60	0.06
도장두께	a	0.1	20	0.02
대기환경	a	0.1	10	0.01
강설횟수	b	0.2	10	0.02
평 점				0.11

<표 Ⅱ.2.71> 부재별 가중치에 따른 내구성능 평가표

결함도 평가부재		부재별 평점	가중치	평점/100
상부	바닥판	-	-	
	거더	0.17	77	0.131
	2차 부재	0.11	23	0.025
하부	교각	-	-	
합 계				0.156
발안교 강재 내구성능 등급				B

2.5.2 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 대상 시설물 현황

<표 Ⅱ.2.72> 콘크리트 내구성능 시설물 제원

교량 형식		PSC I형 + STB 거더교(PSCI+STB)(도로교)
경간장 및 경간수		3@30.0 + 2@30.0 + 45.0 = 150.0m
교폭		19.5m
바닥판의 높이		5.0m
거더갯수		9
2차부재		L=1.3m, 교축방향 5m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
피복두께(바닥판 상면/교대 전면)		40mm~60mm/100mm
공용연수		17년
환경조건	지역	경기도 화성시
	해안 이격거리	서해안으로부터 43.6 km

나. 열화환경 평가

1) 대상교량은 해상교량이 아니라, 해안내륙에 위치한 교량이므로 해안거리에 따른 염해환경을 평가한다.
2) 대상교량은 서해안에 위치하기 때문에 해안거리에 따른 서해안의 비래염분 염해환경은 A등급으로 평가된다.
3) 인접한 경기도 수원지역의 10년간 평균 강설 일수는 13.3일로 제설제 염해환경은 b등급으로 평가된다.
4) 또한, 해당지역의 동결융해 반복지수 X는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우, 10.45회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 56.36회로서 동결융해 환경은 C등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우도 동결융해 싸이클이 연평균 56.36회로서 동결융해의 피해를 입을 수 있음을 확인된다.

다. 열화진전 평가

염화물 침투량 시험은 책임기술자 판단에 따라 실시하도록 규정하고 있으며, 본 구조물에서는 바닥판 상면 1개소, 교각 1개소에서 분말 시료를 채취하여 시험을 실시하였다.

대상 교량의 피복두께는 바닥판 41㎜, 교각 101㎜이며, 시료 채취표면부와 내면부로 구분하여 깊이별 측정결과를 확보하였다.

1) 염화물 침투량 평가

<표 Ⅱ.2.73> 염화물 침투량 평가 결과

열화진전 평가항목	세부 부재명	깊이별 염화물 침투량 (㎏/㎥)		평가 결과
		표면부	내면부	
염화물 침투량	바닥판	0.068	0.027	a
	거더	-	-	-
	2차부재	-	-	-
	교대/교각	0.864	0.290	a

2) 염화물 확산계수 산출

<표 Ⅱ.2.74> 염화물 확산계수 산출

열화진전 평가항목	세부 부재명	깊이별 염화물 확산계수 (㎠/year)	
		표면부	내면부
염화물 침투량	바닥판	-	0.084
	거더	-	
	2차부재	-	
	교대/교각	-	0.278

3) 철근부 전염화물 침투량이 2.5(㎏/㎥)가 되는 시점 평가

<표 Ⅱ.2.75> 철근부 전염화물 침투량이 2.5(㎏/㎥)가 되는 시점 평가 결과

열화진전 평가항목	세부 부재명	계산 결과 (year)	평가결과
철근부 전염화물 침투량 Cr이 2.5(㎏/㎥)가 되는 시점	바닥판	30년 초과	a
	거더	-	-
	2차부재	-	-
	교대/교각	30년 초과	a

4) 염화물량 등급 평가

<표 Ⅱ.2.76> 철근부 염화물량 등급 평가

세부 부재명	염화물 침투량 평가 등급
바닥판	a
거더	-
2차부재	-
교대/교각	a

라. 탄산화 깊이 평가

1) 대상 교량은 5경간 이상으로 측정 개소는 상부/하부에서 총 5개소를 측정하였다.

2) 각 부재별로 탄산화 깊이를 평가하며, 1개 세부부재 내에서는 개별 평가등급 중 최저등급을 대상부재의 탄산화 깊이에 대한 평가등급으로 한다.

<표 Ⅱ.2.77> 탄산화 깊이 평가

열화진전 평가항목	시험위치	탄산화 깊이(㎜)			탄산화 속도계수			잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간(T)			개별등급			평가
		No1	No2	No3	No1	No2	No3	No1	No2	No3	No1	No2	No3	
탄산화 깊이	바닥판	1.2	4.3	-	0.30	1.08	-	30년 초과			a	a	a	a
	거더	0.7	0.5	-	0.18	0.13	-	30년 초과			-	-	-	-
	2차부재	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	교대/교각	5.8	8.1	5.5	1.45	2.03	1.38	30년 초과			a	a	a	a

마. 피복(표면부) 콘크리트의 품질 평가

피복(표면부) 콘크리트의 품질은 대상 교량의 상·하부 구조에서 건전부 및 비건부에 대해서 반발경도법에 의한 강도 조사를 실시하였다.

<표 Ⅱ.2.78> 피복(표면부) 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	부재 그룹명	세부 부재명		설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/건전부 비율(%)	개별 평가등급		평가 결과
피복 콘크리트의 품질	상부	바닥판		121	98	a	a	a
		거더		132	107	a	a	a
		2차부재		-	-	-	-	-
	하부	교대/교각	A1	117	86	a	b	a
			P1	117	-	a	-	
			P2	-	-	-	-	
			P3	103	-	a	-	
			P4	116	-	a	-	
			P5	118	113	a	a	
			A2	138	-	a	-	

바. 콘크리트 내구성능 평가 결과

<표 Ⅱ.2.79> 콘크리트 내구성능 평가 결과

부재 그룹	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재등급	결함도 지수
상부	바닥판(35)	a	a	a	a	0.1
	거더(38)	-	a	a	a	0.1
	2차부재	-	-	-	-	-
하부	교대/교각(27)	a	a	a	a	0.1
		결함도지수	(0.1 * 35 + 0.1 * 38 + 0.1 * 27) / 100 = 0.100			
		등 급	A			

<표 Ⅱ.2.80> 열화환경지표 평가 결과

열화환경지표		평가등급
제설제 염해환경		B
비래염분 염해환경	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	A
동해환경		C

2.5.3 종합내구성능 평가 결과

<표 Ⅱ.2.81> 종합내구성능 평가 결과

결함도 평가부재	내구성능 등급	결함도 지수	가중치	평점
강재	B	0.2	0.4	0.08
콘크리트	A	0.1	0.6	0.06
합 계				0.14
발안교 종합내구성능 등급				B

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
종합내구성능 평가 결과	0.14					

대상 시설물에 대한 강재 및 콘크리트 내구성능평가 결과, 결함도 지수는 “0.14”, 평가 결과는 “B”로 평가되었다.

2.6 사용성능 평가 결과

2.6.1 성능지표별 평가 결과

가. 사용성 평가

1) 포장상태 평가

대상 교량의 포장상태 평가 지수인 NHPCI는 아래 식을 이용하여 산정한다.

$$NHPCI = \frac{1}{(0.33 + 0.003 \times X_{CR} + 0.004 \times X_{RD} + 0.0183 \times X_{IRI})^2}$$

여기서 , X_{CR} : 균열률(%)

X_{RD} : 소성변형(mm)

X_{IRI} : 종단평탄성(m/km)

<표 Ⅱ.2.82> NHPCI 분석 결과표

시설물명	호선	조사연장 (km)	평 균			NHPCI	평가 등급
			균열율 (%)	종단평탄성 (IRI)	소성변형 (RD)		
발안교	39	2.624	26.39	2.15	10.6	4.15	c

※ 대상 교량에 대한 NHPCI평가를 위한 지수자료는 「세부지침-성능평가-교량편」에 따라 “2016 도로포장관리시스템(한국건설기술연구원,2017.04)”의 대상 교량 인근자료를 활용하였음.

2) 교량 조명

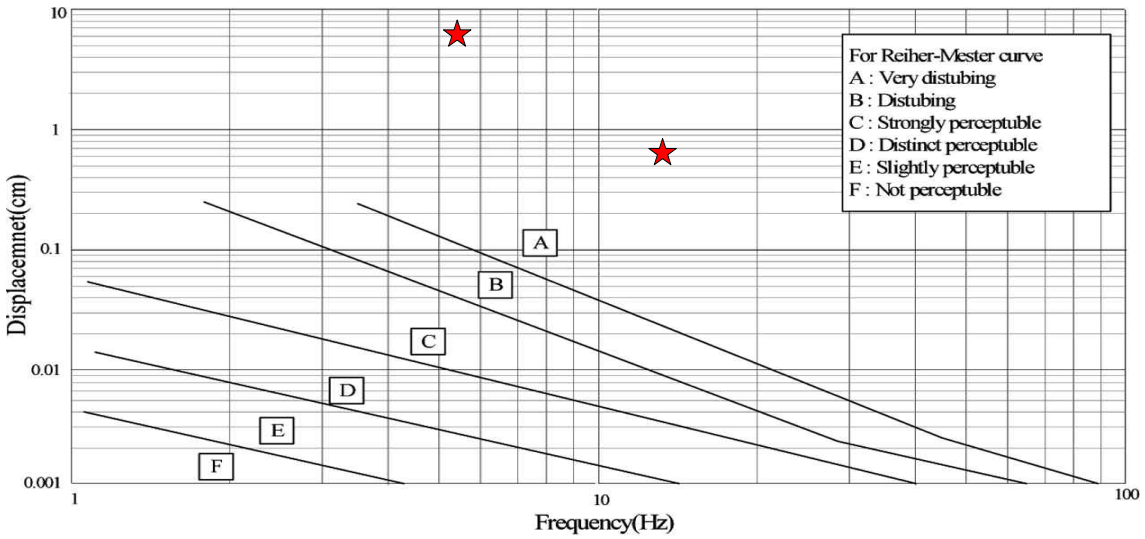
교량 조명시설이 설치되어 있지 않으므로 교량 조명의 성능평가는 미 실시함.

3) 진동사용성

재하시험을 통한 진동사용성 평가 결과, 아래와 같이 최대 처짐값 1.548, 최대 고유진동수 10.436에 해당하는 구간은 A구간으로 나타났으며, e등급(매우 불안감이 조성되는 상태)으로 평가되었다.

<표 Ⅱ.2.83> 처짐 및 고유진동수 측정 결과표

구분		처짐	고유진동수	평가등급
발안교	PSCI	0.765	10.436	e
	STB	1.548	5.69	e



<그림 Ⅱ.2.29> Reiher-Meister(1931)의 허용곡선

나. 유지관리성 평가

1) 점검시설

<표 Ⅱ.2.84> 점검시설 평가 결과표

시설 물명	교각 개소수	설치유무		설치상태				평가 등급
		설치 개소수	점검시설 설치율(%)	수리필요 개소수	수리 필요율(%)	교체필요 개소수	교체 필요율(%)	
발안교	5	2	40.0	0	0	0	0	d

다. 수요 및 용량 평가

1) 교통량

<표 Ⅱ.2.85> 교통량 평가 결과표

시설물명	수요예측(대)	수요실제(대)	비율(%)	평가등급
발안교	39,514	37,710	100이상	a

※ 발안교 수요예측 교통량은 “아산댐-안중간 도로확장 및 포장공사 실시설계보고서”를 참조하였으며, 관련자료를 부록에 수록하였다.

2.6.2 사용성능 평가 결과

대상 교량에 대한 최종 사용성능평가 결과, 아래 표와 같이 D등급으로 산출되었다.

<표 Ⅱ.2.86> 사용성능 평가 결과표

성능 구분	특징	세부지표 종류	가중치	평가결과	등급점수	결함지수
사용 성능	사용성	포장상태	0.247	c	0.4	0.099
		교량조명	0.150	-	-	0.000
		진동사용성	0.202	e	1.0	0.202
기능성	유지관리성	점검시설유무	0.206	d	0.7	0.144
	수요및용량	교통량	0.195	a	0.1	0.020
				결함도지수		0.465
				등급		c

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
상태평가 결과				0.465		

대상 시설물에 대한 사용성능평가 결과, 결함도 지수는 “0.465”, 평가 결과는 “C”로 평가되었다.

2.7 종합성능평가 결과

2.7.1 항목별 평가 결과

가. 안전성능 평가 결과

<표 Ⅱ.2.87> 안전성능 평가 결과표

구분	결함도 지수	평가 결과	비고
상태안전성능	0.206	B	
구조안전성능	1.317	A	
평가 결과	MIN(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)	B	

나. 내구성능 평가 결과

<표 Ⅱ.2.88> 내구성능 평가 결과표

결함도 평가부재	내구성능 등급	결함도 지수	가중치	평점
강재	B	0.2	0.4	0.08
콘크리트	A	0.1	0.6	0.06
합 계				0.140
발안교 종합내구성능 등급				B

다. 사용성능 평가 결과

<표 Ⅱ.2.89> 사용성능 평가 결과표

성능 구분	특징	세부지표 종류	가중치	평가결과	등급점수	결함지수
사용 성능	사용성	포장상태	0.247	c	0.4	0.099
		교량조명	0.150	-	-	-
		진동사용성	0.202	e	1.0	0.202
기능성	유지관리성	점점시설유무	0.206	d	0.7	0.144
	수요및용량	교통량	0.195	a	0.1	0.020
				결함도지수		0.465
				등급		C

2.7.2 종합성능등급 산정 결과

<표 Ⅱ.2.90> 종합성능등급 산정 결과표

시설물 종합성능등급 결과 산정표			
시설물명	발안교		
평가항목	성능별 결함도 점수	평가등급	성능간 가중치
안전성능 평가	0.206	B	0.68
내구성능 평가	0.140	B	0.21
사용성능 평가	0.465	C	0.11
종합성능등급 산정 결과	= 0.206 × 0.68 + 0.140 × 0.21 + 0.465 × 0.11 = 0.220 ∴ B등급		

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
종합성능 평가결과		0.220				

대상 시설물에 대한 항목별 평가 결과 및 각 성능간 가중치를 적용한 종합성능등급 산정 결과, 결함도 지수는 “0.220” 종합성능 평가 결과는 “B”로 산정되었다.

제3장 유산2교

3.1 시설물 현황

3.2 자료수집 및 분석 결과

3.3 현장조사 및 시험 결과

3.4 안전성능 평가 결과

3.5 내구성능 평가 결과

3.6 사용성능 평가 결과

3.7 종합성능등급 산정 결과

제 3 장 유산2교

3.1 시설물의 현황

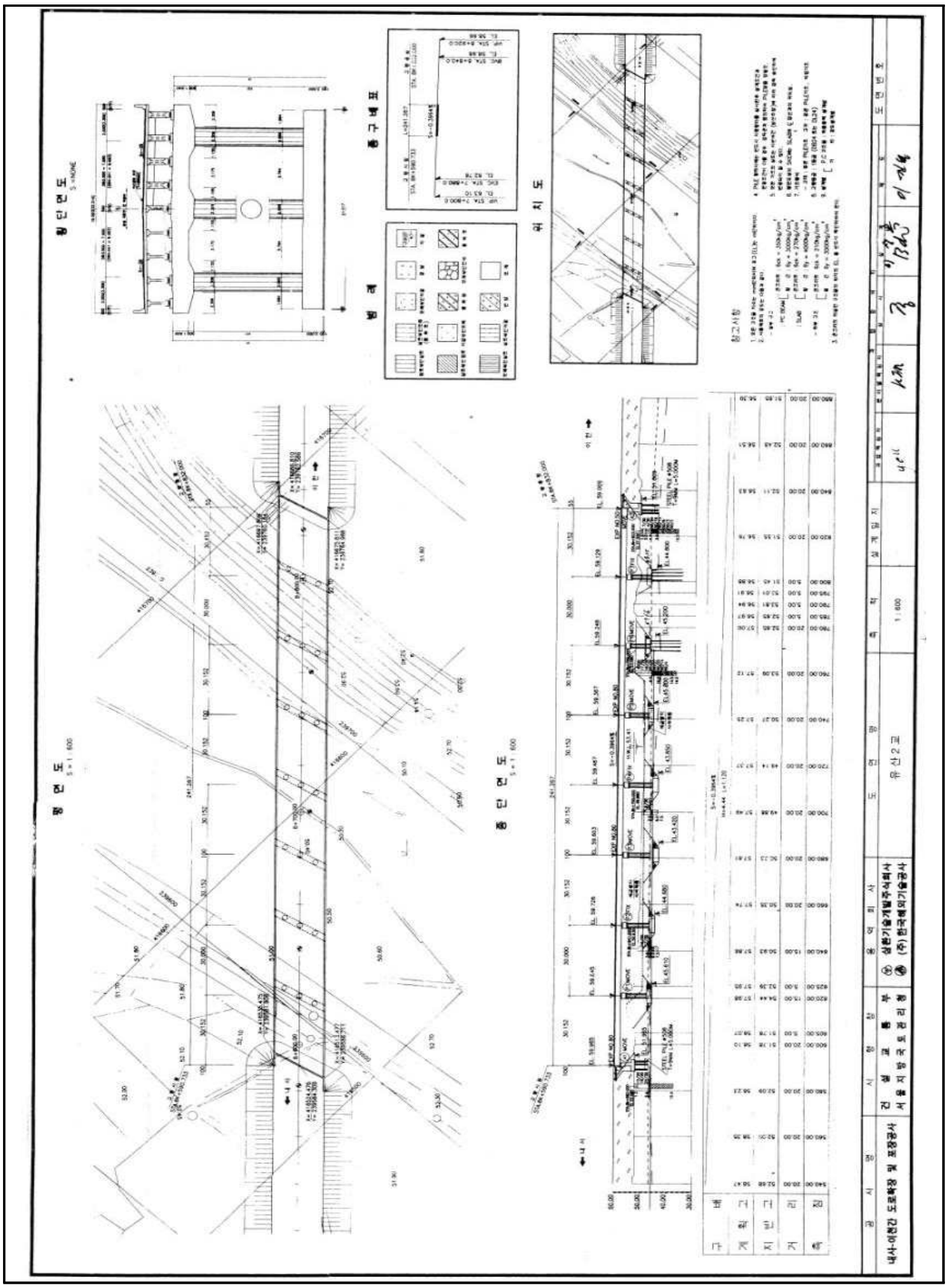
3.1.1 시설물의 현황

가. 대상 시설물 개요

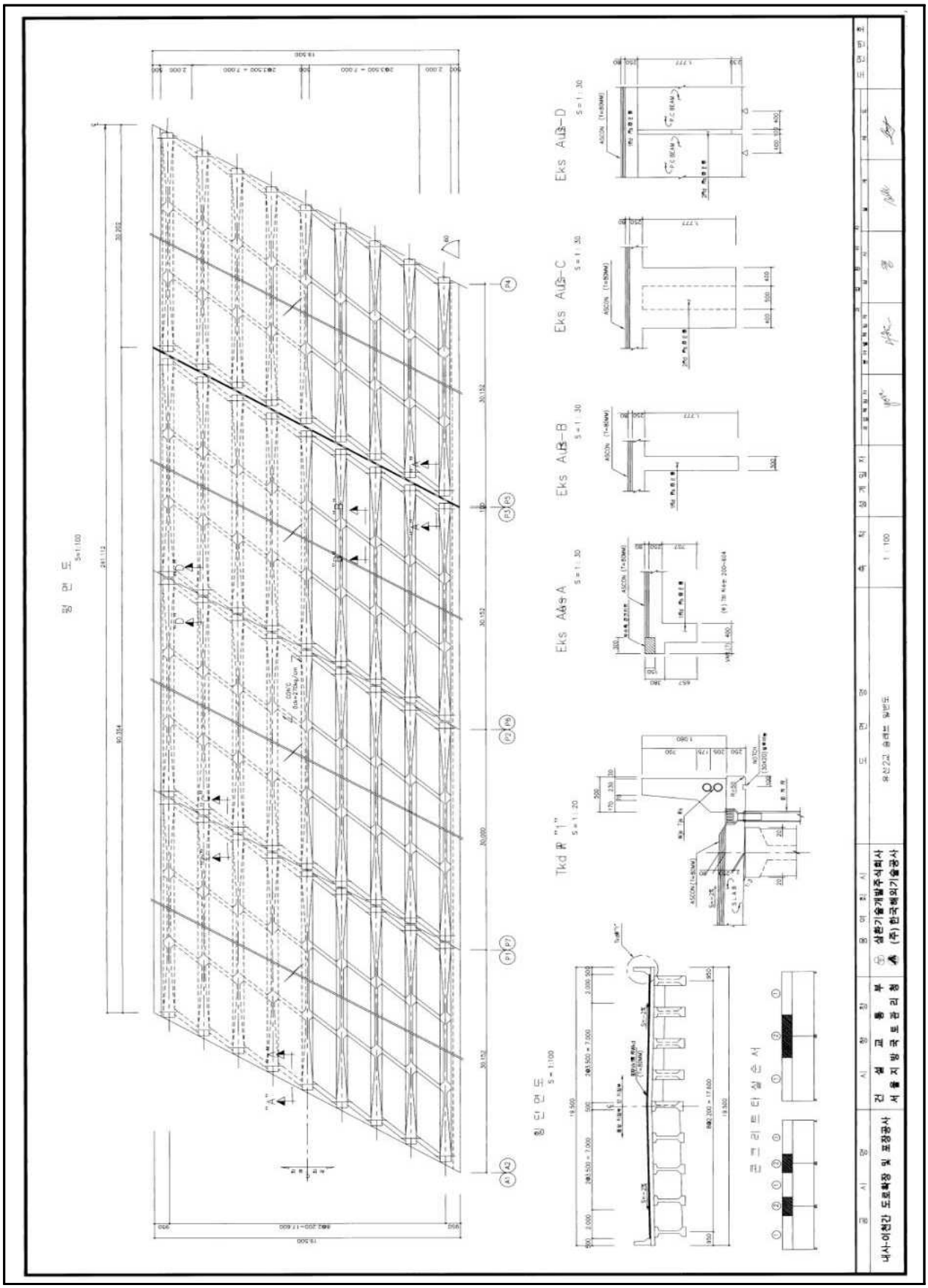
작성일 : 2019년 03월 17일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		유산2교	시설물번호		BR2005-0000368
준공년도		2004년 12월 21일	관리번호		-
위 치		경기도 이천시 호법면 유산리			
설계하중		DB-24, DL-24	노선명(이정)		국도 42호선
제원	연장	L= 240.0m (3@30 + 2@30 + 3@30 = 240.0m)			
	폭(유효폭)	B= 19.5m(상행 2차선, 하행 2차선)			
구조 형식	상부	PSCI BEAM	기초 형식	교대	강관말뚝기초 (Φ508, T=9mm)
	하부	교대 : 역T형 교각 : 다주식		교각	P1~P5 : 직접기초 P6,P7 : 강관말뚝기초 (Φ508, T=9mm)
받침장치		탄성받침	신축이음장치		Rail Joint (A1, P3, P5, A2)
교차시설물 (하천, 교량)		복하천	교차하천 최고수심		-
부착시설내용		-			
기타		-			

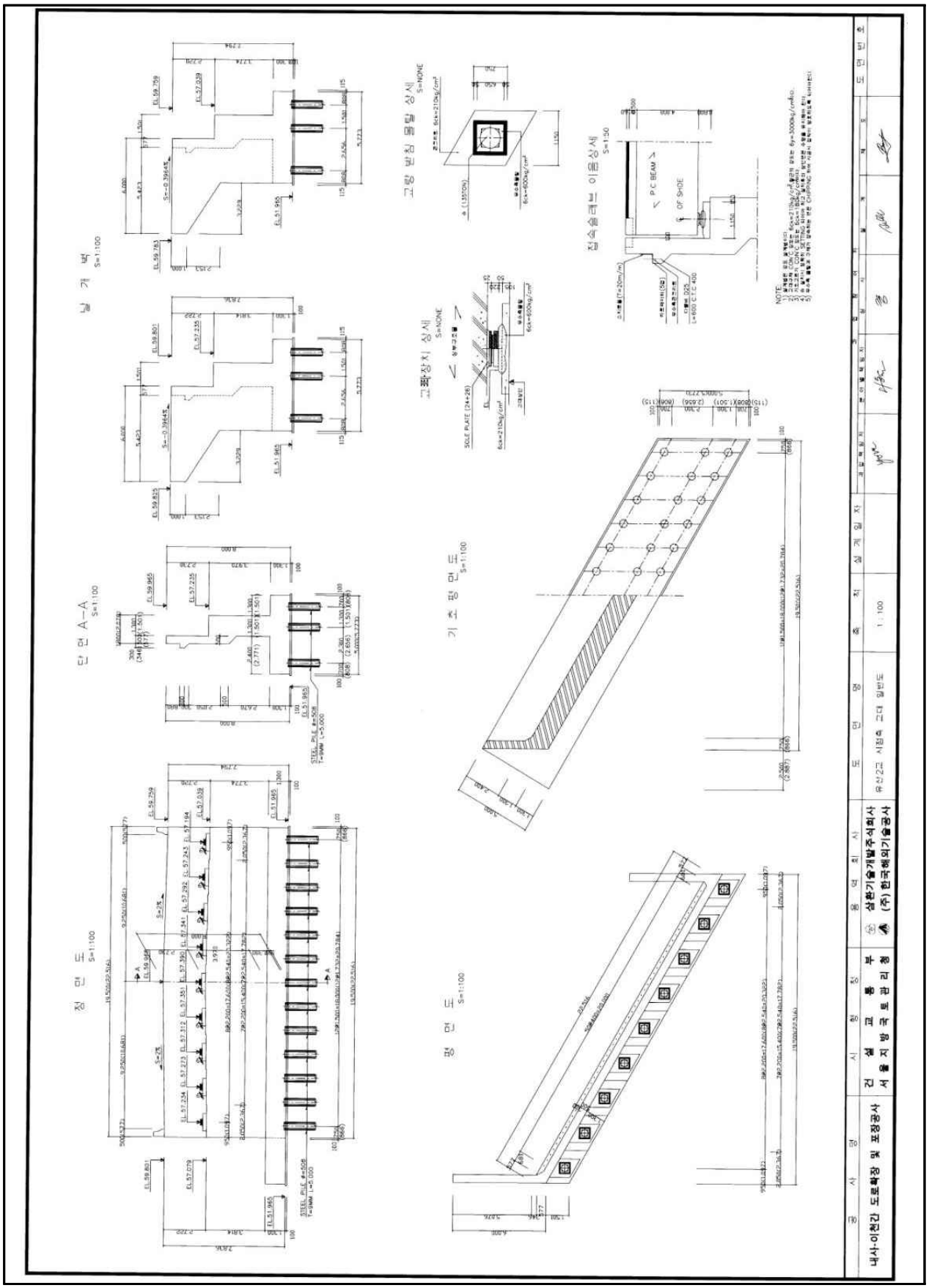
나. 주요도면



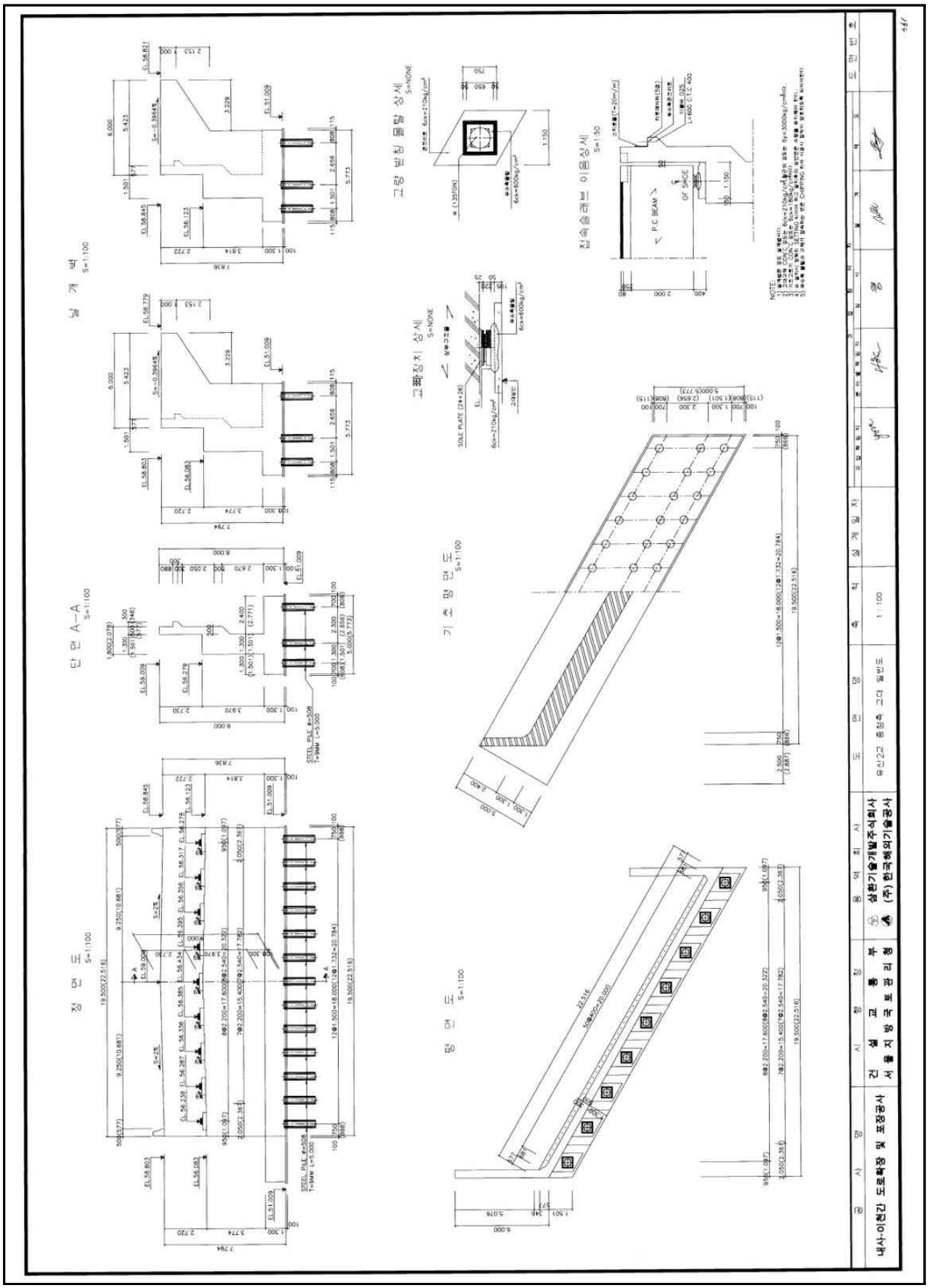
<그림 Ⅱ.3.1> 유산2교 종·평면도



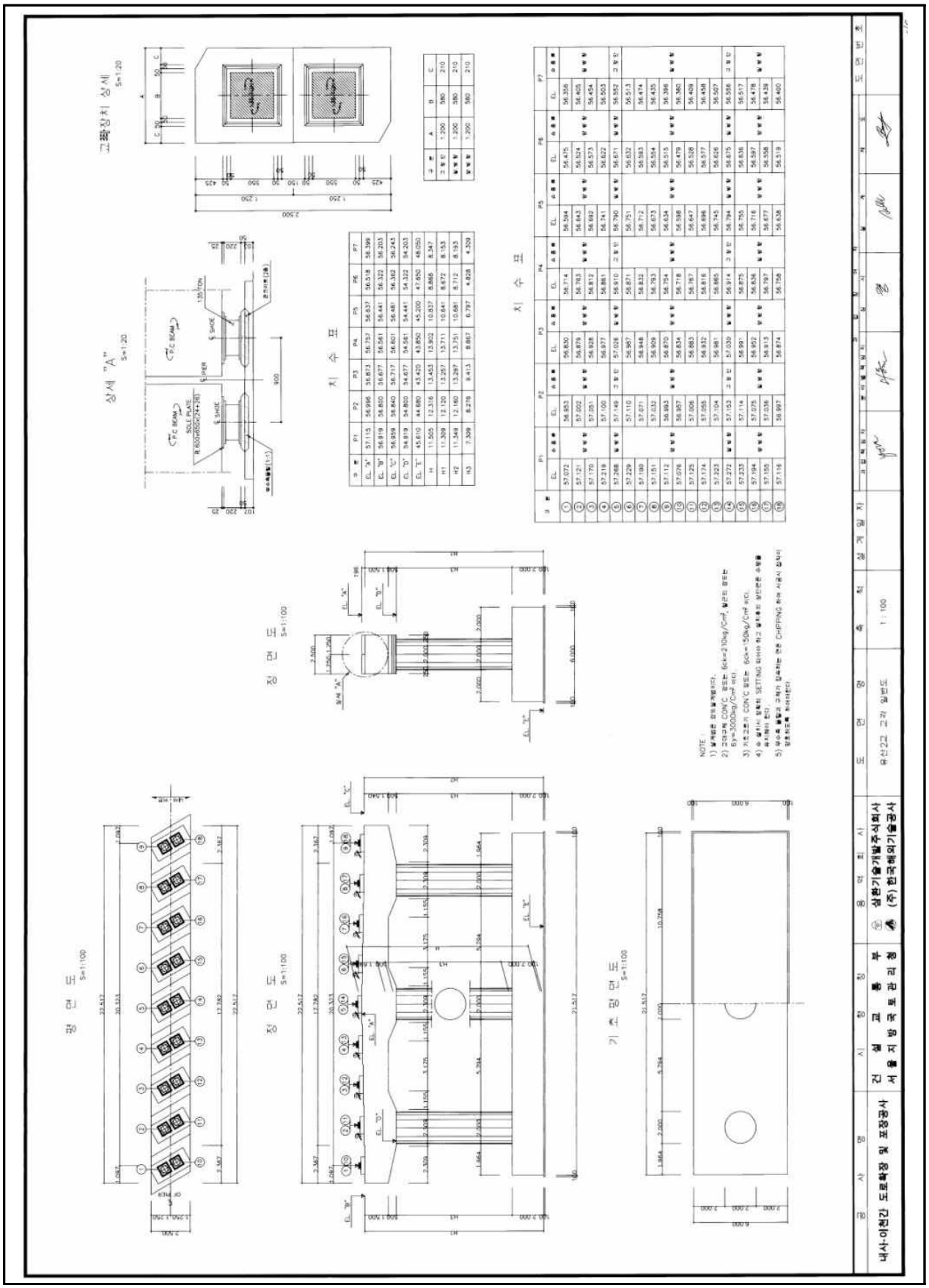
<그림 Ⅱ.3.2> 유산2교 바닥판 일반도



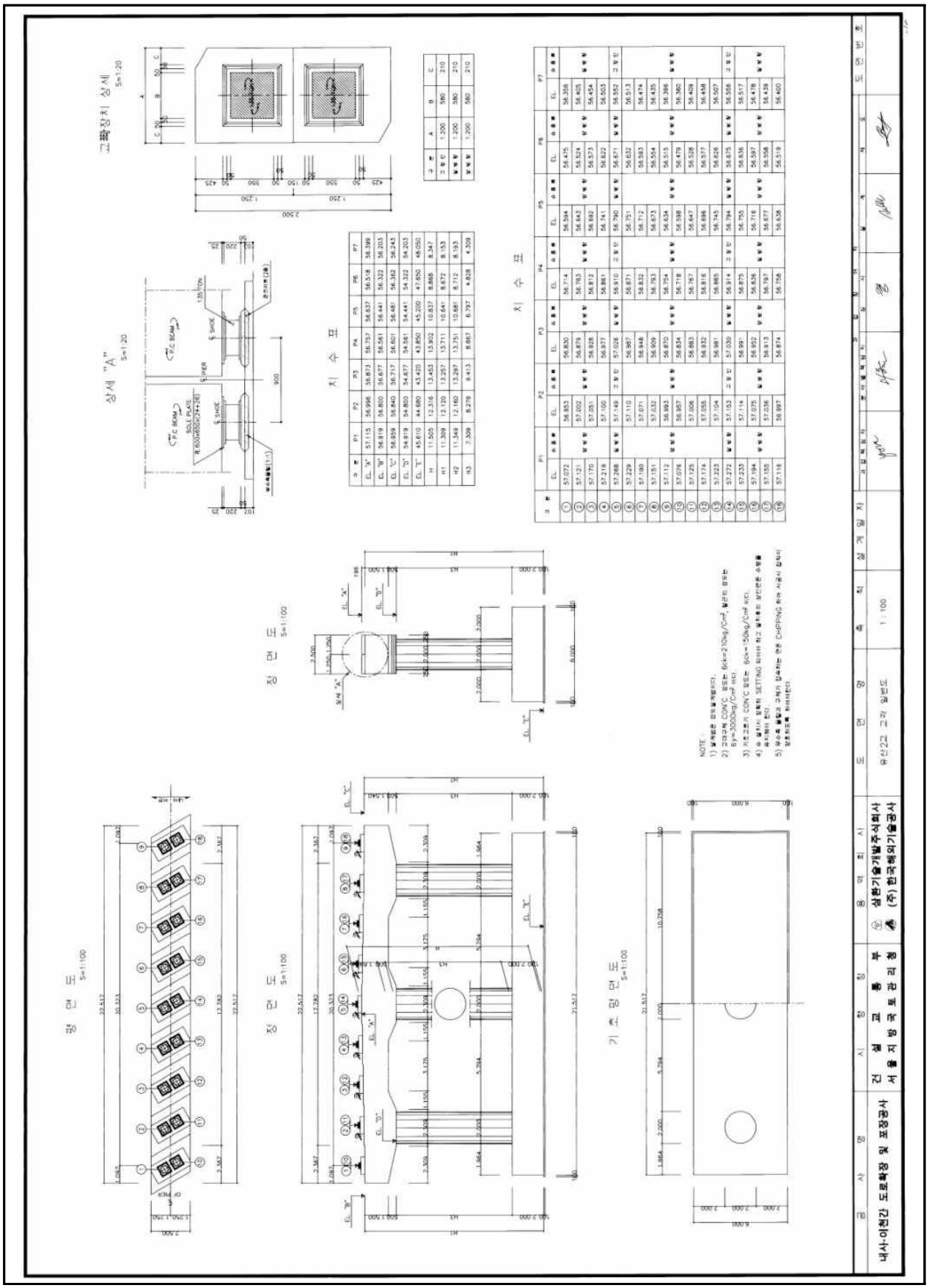
<그림 Ⅱ.3.3> 유산2교 교대 일반도(A1)



<그림 Ⅱ.3.4> 유산2교 교대 일반도(A2)



<그림 Ⅱ.3.5> 유산2교 교각 일반도(P1~P5)



<그림 II.3.6> 유산2교 교각 일반도(P6, P7)

3.1.2 시설물 이력

가. 성능평가 이력사항

대상 교량인 유산2에 대한 성능평가용역은 시설물에 대한 성능평가 과업이 최초로 도입된 2018년 1월 18일 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법” 시행 이후 최초로 실시되는 성능평가 용역이므로 이전에 실시된 이력은 없는 것으로 확인되었다.

나. 점검 및 진단 이력사항

유산2교는 2004년 12월 준공 이후부터 2018년 하반기 정기점검까지 주기적인 정기안전점검, 정밀안전점검을 실시하였으며, 주요 내용은 다음과 같다.

점검기간	점검종류 및 점검기관	상태등급	점검 · 진단결과
2005.06.13	정기점검 자체수행	양호	·양호
2005.11.07	정기점검 자체수행	양호	·양호
2006.04.10~2006.06.08	정밀점검 (주)세기건설 안전엔지니어링	B등급	·방호벽 일부구간에서 균열의 발생이 조사, 배수구가 일부구간에서 막힌 부위가 조사됨. ·부재별 손상의 발생정도에 따른 보수를 실시하고 주기적인 점검 및 지속적인 유지관리가 이루어져야함.
2006.06.22	정기점검 자체수행	양호	·양호
2006.11.18	정기점검 자체수행	양호	·양호
2007.05.23~2007.06.07	정기점검 자체수행	양호	·이상없음
2007.11.19~2007.12.14	정기점검 자체수행	양호	·양호 ·주의관찰 후 보수
2008.04.14.~2008.06.12	정밀점검 (주)다음기술단	B등급	·정밀점검 결과 교량 대표등급은 B등급으로 판정됨 ·청소, 단면복구, 재포장, 표면보수 등 필요
2008.07.03	정기점검 자체수행	양호	·주의관찰 후 보수
2008.10.30	정기점검 자체수행	양호	·주의관찰 후 보수 ·주의관찰(백태 및 균열), 08년 공사시행(포장부)
2009.06.11	정기점검 자체수행	양호	·이상없음

점검기간	점검종류 및 점검기관	상태 등급	점검 · 진단결과
2009.11.15	정기점검 자체수행	양호	·이상없음
2010.06.14	정기점검 자체수행	양호	·교좌장치 플레이트 녹 발생
2010.04.08~2010.06.25	정밀점검 (주)유원이엔씨	B등급	·주요결함은 교면포장부에 발생한 포트홀 및 균열, 난간연석 보수재 박리, 받침장치 Plate 부식, 교각 코핑부 균열 등의 결함이 조사됨. ·포장보수(패칭보수), 포장균열보수(씰링보수), 배수구 그레이팅 설치, 배수관 재설치, 균열보수, 표면처리, 설명판 재설치, 표지병 재설치, 교대전면 블록 보수, 받침Plate 재도장 필요
2010.12.13	정기점검 자체수행	양호	·교량받침플레이트 부식, 난간연석보수재박리, 포장불량
2011.06.13	정기점검 자체수행	양호	·교량받침 플레이트 부식, 난간연석보수재박리, 포장불량 ·주의관찰 필요
2011.12.22	정기점검 자체수행	양호	·양호
2012.03.20~2012.06.17	정밀점검 엔이티 엔지니어링(주)	B등급	·각 부재별 점검결과 기점검에서 도출되었던 받침부식 결함에 대해서는 재도장이 이루어진 것으로 조사되었으며, 보수상태도 양호한 것으로 확인. 다만 교량받침 1개소에 대해서 재도장 누락이 있는 것으로 재도장 필요. 기타 경미한 손상부위에 대해서는 적절한 보수가 시행되면 사용성 및 안전성에는 문제점이 없을 것으로 판단. 정밀 외관조사 및 내구성 평가에 의한 상태평가 결과 보조부재에는 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없는 상태인 “B” 등급으로 평가. ·난간 보수재 표면처리, 단면복구, 바닥판하면 균열, 백태 표면처리, 신축이음 차수판 재설치, 배수관 및 배수구 그레이팅 재설치 등 필요
2012.05.01~2012.06.30	정기점검 자체수행	양호	·난간연석(균열,보수재박리,철근노출),신축이음(차수판 파손 및 변형), 바닥판(균열, 균열부백태) 교대교각(균열,망상균열) ·지속관찰 및 12년 후반기 조치예정
2012.11.01~2012.12.31	정기점검 자체수행	양호	·양호
2013.05.01~2013.06.30	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호
2013.11.01~2013.12.31	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호

점검기간	점검종류 및 점검기관	상태 등급	점검 · 진단결과
2014.01.01~2014.06.30	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호
2014.05.12~2014.08.09	정밀점검 (주)신영씨엔에스	B등급	·바닥판:균열 및 균열부백태,박락,백태 ·거더:인양홀주변파손,연속화시공이음부이격 ·교대및교각:균열,법면보호블럭함몰,망상균열 ·포장:파손,보수불량,체수 ·배수관:망실및탈락 ·방호벽:균열,균열부백태,중분대표면박락 ·바닥판,교대및교각균열보수,망상균열보수,배수관재설치,방호벽균열보수,중분대단면보수 필요
2014.07.01~2014.12.31	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호
2015.04.01~2015.06.30	정기점검 자체수행	양호	·지속관찰 ·포장마모(1차로, 이천방향), 포트홀 3개소(용인방향 1.0㎡)
2015.10.01~2015.12.31	정기점검 자체수행	양호	·양호
2016.04.01~2016.06.30	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호 ·2016년 하자보수 요청
2016.06.01~2016.10.28	정밀점검 (주)신우기술	B등급	<손상현황> ·바닥판하면:균열,박리및박락,백태,물끊기홈마감불량 ·거더:파손,박리 ·교대:균열,망상균열,백태,박리및박락,재료분리,철근노출 ·받침:무수축몰탈균열및파손,받침콘크리트균열,부식,이동제한장치밀착 ·신축이음:본체부식,유간토사퇴적,후타재균열,덮개유실및파손 ·교면포장:아스콘포장마모,파손 ·배수시설:배수구막힘,그레이팅파손,배수관탈락 ·난간및연석:균열,파손 <보수방안> ·주입보수:균열(cw=0.3㎜이상),박리 ·표면처리:균열(cw=0.3㎜미만),후타재균열(cw=0.3㎜미만),백태,인양홀주변파손,재료분리등 ·단면보수:파손,박락,철근노출 ·재도장:본체부식 ·배수관설치:관탈락 ·물끊기홈정비:물끊기홈마감불량
2016.10.01~2016.12.31	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호 ·지속관찰

점검기간	점검종류 및 점검기관	상태 등급	점검 · 진단결과
2017.04.01~2017.06.30	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호 ·지속관찰
2017.10.01~2017.12.31	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호 ·지속관찰
2018.04.01~2018.06.30	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호 ·지속관찰
2018.06.28~2018.09.25	정밀점검 (주)한세이엔씨	B등급	<손상현황> ·바닥판하면 : 균열(cw=0.3mm 미만), 박리 및 박락, 백태, 물끊기홈 마감불량 ·거더 : 연속화시공부 이격, 박리, 박락, 파손, 인양홀주변 파손 ·가로보 : 상태양호 ·교대 : 균열(cw=0.1～0.3mm), 망상균열, 균열부백태, 백태, 박락, 사면보호블럭유실 등 ·교각 : 균열(cw=0.1～0.3mm), 망상균열, 재료분리, 파손, 박리, 박락, 들뜸, 열상, 침식, 교량점검시설 파손, 사면토사유실 등 ·교량받침 : 받침몰탈 및 받침콘크리트균열(cw=0.3mm 미만), 받침부식, 이동제한키 밀착 ·신축이음장치 : 본체부식, 유간토사퇴적, 후타재균열(cw=0.3mm 미만) 및 망상균열, 차수판망실 및 파손 ·교면포장 : 망상균열, 박리 ·배수시설 : 배수구 막힘, 배수관 망실, 그레이팅 파손, 연결배수관 파손 ·난간 및 연석 : 균열(cw=0.1～0.3mm), 박락, 파손, 긁힘, 토사퇴적 <보수방안> ·표면처리, 단면보수, 재도장, 청소, 사면보수, 배수관 재설치
2018.10.01~2018.12.31	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호 ·지속관찰

다. 보수·보강 이력사항

시설물관리대장 검토 및 현장조사 결과 확인된 유지보수 이력은 다음과 같다.

<표 Ⅱ.3.1> 유산2교 보수/보강 이력

번호	공사명	공사기간	구분	부위	공사금액/내역	시공	비고
1	국도42호선 오천교 외 7개소 중앙분리대 설치공사	2009.11.19 ~ 2009.12.24	보수	-	-	공간산업(주)	
2	국도38호선 행죽교외 44개교 교면포장 보수공사	2011.08.16 ~ 2011.11.13	보수	-	268,660천원 소파보수	(주)동일이앤씨	
3	국도77호선 남양대교외 1개교 교면포장공사	2012.03.26 ~ 2012.06.04	보수	-	-	학산건양(주) 해강건설(주)	
4	관내 도로시설물 정비공사	2013.06.24 ~ 2013.10.21	보수	-	983,998천원	일원건설(주)	
5	국도42호선 유산2교 교면포장공사	2014.06.09 ~ 2014.09.04	보수	교면포장	268,686천원 차염성LMC 1,190㎡	동진건설(주)	
6	국도37호선 영릉2교(상) 외 4개소 보수공사	2014.12.03 ~ 2014.12.24	보수		78,586천원 ·단면보수 : 264.0㎡ ·균열주입보수 : 99.0m	(주)에스티오	
7	국도42호선 이천시 동부지구 도로정비공사	2015.06.17 ~ 2015.12.04	보수	교면포장	517,259천원 ·용인방향 : 2,168.0㎡	(주)다원건설	
* 시설물정보관리종합시스템(FMS)상에 부재, 부위별 보수·보강 이력사항이 상세히 기록되지 않은 상태인바, 이에 대한 보완이 필요한 상태이다.							

3.2 자료수집 및 분석 결과

3.2.1 자료수집현황

과업대상 교량인 유산2교는 2012년 12월 21일에 준공된 일반국도 42호선상의 도로교량이며, 교량 상부 구조 형식은 PSCI Beam, 설계하중 DB-24, 총 연장 240.0m, 최대 경간장 30.0m, 교폭 19.5m, 2종 시설물로 검토되었다.

유산2교는 1997년 12월 01일 이후 준공되어 관리주체의 설계도서 보전 및 설계도서 사본 공단제출 대상 시설물로 확인되었다.

<표 Ⅱ.3.2> 자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계도서	o 공통 - 준공내역서, 공사시방서, 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서, 기타 특이사항 보고서	- 보유	대상 제출
	o 설계도면 - 교량 및 복개구조물 - 위치도, 평면도, 단면도(종.횡), 상·하부 구조물도, 빔상세도, 신축이음, 교량받침 상세도	- 보유	대상 제출
시설물 관리대장	o 기본현황 o 상세제원 o 유지관리 이력	- 기록 관리됨.	FMS
시공관련 자료	o 시공관련자료 o 품질관리 관련자료 - 재료증명서, 품질시험기록, 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 o 사고기록	- 미확인	대상 미제출
안전점검 및 정밀안전진단 자료		- 기록 관리됨.	FMS
보수·보강 자료		- 기록 관리됨.	FMS

3.2.2 기존 점검 및 진단 실시결과

유산2교는 2004년 12월 준공된 2종 시설물로서 「시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 의거 주기적인 점검, 진단을 실시하고 있으며, 기존 정기안전점검, 정밀안전점검 실시결과 이력은 본 보고서 “제2편 제1장 대상시설물 현황, 1.2 시설물 이력사항”에 수록하였다.

유산2교는 최초로 실시되는 성능평가 용역으로 기존 실시이력이 없으므로 보고서 작성 기준 최근 2018년 09월 실시된 ‘국도39호선 발안교 등 3개교 정밀안전점검 용역’ 중 시행되었으며, 주요 내용은 다음과 같다.

가. 전차 성능평가 결과 요약

최초로 실시되는 성능평가 용역으로 이전자료가 없음.

나. 전차 정밀안전점검 결과 요약

<표 Ⅱ.3.3> 전차 정밀안전점검 부재별 외관조사 결과

부재	외관조사 결과	비고
바닥판	·균열(cw=0.3㎜ 미만) ·박리 및 박락 ·백태, 물끊기홈 마감불량	
PSCI	·연속화시공부 이격 ·박리, 박락, 파손, 인양홀주변 파손	
가로보	·상태양호	
교대 및 교각	·균열(0.1~0.3㎜), 망상균열 ·균열부 백태, 백태 ·박락, 박락, 재료분리, 파손, 층분리, 열상, 침식 ·사면보호블럭 유실, 사면 토사유실 등	
교량받침	·받침몰탈 및 받침콘크리트균열(cw=0.3㎜ 미만), ·받침부식, 이동제한키 밀착	

부재	외관조사 결과	비고
신축이음	·본체부식 ·유간토사퇴적 ·후타재균열(cw=0.3㎜ 미만) 및 망상균열 ·차수판망실 및 파손	
교면포장	·망상균열 ·박리	
배수시설	·배수구 막힘, 그레이팅 파손 ·배수관 망실, 연결배수관 파손	
방호시설 (난간 및 방호벽)	·균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상) ·균열부 백태(0.3㎜미만), 균열부 백태(0.3㎜이상) ·박락, 차량긁힘, 파손	

<표 Ⅱ.3.4> 전차 정밀안전점검 재료시험 결과

구분	재료시험 결과			
콘크리트 강도 (MPa)	시험부재	측정강도	설계강도	비고
	바닥판	29.8~31.9	27.0	양호
	거더	51.5~58.9	35.0	양호
	교대, 교각	27.1~33.9	21.0	양호
탄산화 시험	시험부재	측정치(㎜)	잔여피복(㎜)	평가기준
	바닥판	1.2	40.0	a
	거더	2.6~2.8	48.0~51.0	a
	교대,교각	4.2~5.2	42.0~86.0	a

<표 Ⅱ.3.5> 전차 정밀안전점검 종합평가 및 안전등급 산정 결과

구 분	상태평가 결과	안전성평가 결과			종합평가 결과	안전 등급
		안전율	공용내하력	안전성평가 결과		
유산2교	B(0.220)	-	-	-	B	B

3.2.3 성능평가를 위한 자료수집 현황

가. 안전성능 평가를 위한 자료수집 현황

1) 상태안전성능 평가

금차 상태안전성능 평가를 위한 기초자료는 최근 실시된 ‘국도43호선 능원교 등 4개교 정밀안전점검 용역’의 현장조사 결과자료를 기초로 하여 실시한 현장조사 결과를 이용하여 평가하였다.

2) 구조안전성능 평가

금차 구조안전성능 평가를 위한 기초자료는 FMS에 등재된 설계자료(구조계산서 등)을 이용하여 평가하였다.

나. 내구성능 평가를 위한 자료수집 현황

1) 콘크리트 내구성능 자료수집 현황

㉮ 피복콘크리트 시험 자료 수집현황

최근 실시된 ‘국도39호선 발안교 등 3개교 정밀안전점검용역’의 반발경도 시험 자료 및 금회 실시한 시험자료를 종합하였다.

㉯ 콘크리트 탄산화 시험자료 수집현황

최근 실시된 ‘국도39호선 발안교 등 3개교 정밀안전점검용역’의 반발경도 시험 자료 및 금회 실시한 시험자료를 종합하였다.

㉰ 콘크리트 염화물 시험자료 수집현황

최근 실시된 ‘국도39호선 발안교 등 3개교 정밀안전점검용역’은 염화물 시험이 미실시되어 금회 실시한 시험자료를 활용하였다.

㉱ 염해환경 관련 자료 수집현황

① 해안까지의 거리 : 인터넷 포털사이트(네이버) 지도 이용

② 강설횟수 : 기상청 자료 이용(기후자료개방포털)

㉲ 동해환경 관련 자료 수집현황

① 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량 : 기상청 자료수집 이용(기후자료개방포털)

다. 사용성능 평가를 위한 자료수집 현황

1) 포장상태 자료 수집현황 : 2016년 시행한 PES 자료 활용

2) 교량조명 자료 수집현황 : 금회 측정 자료 활용

3) 진동사용성 자료 수집현황 : 금회 측정 자료 활용

4) 교통량 자료 수집현황

㉮ 수요예측 : 시설물정보관리 종합시스템(실시설계보고서, 교통량) 자료 활용

㉯ 수요실제 : 교통량정보제공 시스템 자료 활용

3.2.4 용도변경 및 내진설계 여부

유산2교는 일반국도42호선상의 도로교량이며, 시설물의 용도변경 없이 공용되고 있는 것으로 확인되었다.

유산2교는 FMS 자료 확인결과, 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

3.2.5 자료분석 결과 요약

유산2교는 기존 점검 자료에 대한 검토 결과, 시설물의 안전을 저해하는 중대결함이 없는 것으로 검토되었다.

유산2교는 공용기간 중 주기적인 점검을 통하여 조사, 확인된 부재 결함(손상)에 대한 보수·보강을 시행하는 등 유지관리가 적정하게 시행된 것으로 판단되며, 최근 정밀안전점검 결과 **안전등급 B등급**을 유지하고 있는 것으로 검토되었다.

3.3 현장조사 및 시험 결과

3.3.1 개요

유산2교 성능평가에 대한 현장조사 및 시험은 본 용역 착수 후 현장답사를 통해 시설물의 현황 및 현장조건을 파악하고 과업수행계획서와 사전검토보고서를 작성하여 세부수행 계획을 수립하였다.

교량의 소재지는 경기도 이천시 호법면 유산리 일원이며 복하천을 횡단하고 있다.

본교 상부구조는 PSCI Beam으로 시공되어져 있으며 하부구조는 역T형 교대 및 다주식 교각으로 구성되어 있다.

외관조사는 사전에 기존 점검 용역 보고서의 중점점검사항, 접근방법, 관련기관 협조요청, 외관조사망도 등을 충분히 숙지한 후 손상내용 확인 및 보수부 확인, 새로운 결함 발생 여부에 중점을 두고 조사하였다. 특히, 교량의 안전성에 영향을 미치는 구조적인 결함의 유무를 중점적으로 확인하였으며, 점검대상 부위는 정밀조사를 실시하기 위하여 고소작업차, 사다리 등의 접근장비 및 도구를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 균열폭 측정 및 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인하였다.

현장조사 및 재료시험은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 교량편)(국토교통부, 한국시설안전공단 2019. 01)』 및 발주기관에서 제공된 과업내용서에 의거하여 수행하였으며 교량의 성능평가 및 유지관리 전략을 제안하는 기초자료로 사용하였다.

가. 현장조사 수행현황

1) 현장조사 일자 및 내용

<표 Ⅱ.3.6> 현장조사 일자 및 내용

조사일자	조사내용	조사방법	조사자
2018. 12.19	현장답사, 외관조사 계획수립	도보	사업책임기술자 외 4인 및 현지보조인부 3인
2019. 1.9 ~ 2018.1.10	1차 외관조사 (교면포장, 신축이음 및 하부구조 등)	도보 및 사다리	
2019. 2.13 ~ 2019. 2.14	2차 외관조사 (바닥판하면, 거더 외부 및 교량받침 등)	고소작업차, 도보조사	

2) 현장조사 방법

외관조사는 구조물의 각 형식별, 부재별로 조사를 시행하였으며, 조사결과를 성능평가의 기초자료로 활용하였다.

㉮ 복하천에 위치한 상부 및 하부구조 조사는 조사자 안전교육 시행 후 고소작업차 및 사다리 등을 이용하여 외관조사 및 내구성조사를 수행하였다. 육상구간은 고소작업차, 사다리 및 도보에 의한 조사를 수행하였다.

㉯ 교각 점검로 설치된 구간은 도보로 조사를 수행하였다.

㉰ 사용성능 평가를 위해 통행량이 많은 시간 때를 고려하여 교량의 처짐 및 고유진동수를 측정하였다.

㉱ 외관조사시 발견된 손상이나 결함은 구조물 외관 및 외관조사망도에 위치, 크기, 종류, 형태 등을 측정하여 상세히 기록하였으며, 결함 및 손상에 대해서는 현장에서 진행여부를 판단할 수 있도록 시·종점 및 폭을 분필을 이용하여 점검년도 및 손상내용을 표시하여 보수·보강 및 점검 등 유지관리에 활용토록 하였다.

3) 현장조사 사진

타격 조사



도보 조사



교량점검차를 이용한 조사



신축이음 유간 측정



교량 처짐 및 고유진동수 측정



가속도계 설치



4) 부재별 주요조사 항목

금번 성능평가시 현장답사, 기존자료 등을 토대로 외관조사 방법을 결정하였으며, 부위별 점검항목별로 외관조사를 실시하였다.

구분	조사항목	비고
현장답사	·현장접근에 필요한 고소차 등의 접근방법, 일정계획을 수립 ☞ 능원천 교량구간 조사방법 결정(고소작업차, 사다리) ·예비조사를 통해 교량에 발생된 주요 결함을 형태별로 분류 ·결함 및 손상의 발생 원인을 추정하고 조사방향 결정 ·점검로 설치구간 확인 및 출입여부	
기존자료 검토	·주요 점검사항, 보수, 보강 시행여부 ·중점점검 유지관리 사항 ·설계도서 및 도면, 구조계산서, 시공자료, 기존 안전점검 및 정밀안전진단 자료, 보수보강 이력 ·내진설계 여부 확인 및 관련자료 검토 ·기타 시설물관리대장 작성에 필요한 자료 등	
포장부	·포장부 균열, 파손, 신축이음부 주변 파손, 체수 등 ·배수관 주변 포장 들뜸 및 배수구 막힘 확인 ·포장면에 대한 PES조사(2016년 실시한 인근 조사 자료를 활용)	
난간 및 연석	·보수부 재균열 및 신규 균열 발생 여부 ·중앙분리대와 난간의 처짐	
바닥판	·바닥판 하면 백태, 균열(선형, 망상), 단면손상 ·바닥판 측면 균열 및 백태	
거더	·강선배치 주변 콘크리트 균열 ·철근노출 등 단면손상 ·균열(선형, 망상), 백태	
신축이음부	·후타재 균열, 파손, 마모, 핑거 파손 및 균열, 본체 누수 및 단차	
받침	·편기, 가동상태, 균열, 파손, 몰탈파손 및 들뜸	
교대 및 교각	·유간밀착, 균열, 단면손상, 상면 체수, 기초부 침식 등	

3.3.2 현장조사

가. 교면포장

1) 현황

유산2교의 교면포장은 준공시에는 아스팔트포장이었으나, 2014년 정밀점검이후 보수공사가 시행되어 현재는 상·하행 모두 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장층 두께는 80㎜(준공도서 참조)로 조사되었다.

교면포장(이천 방향) 전경	교면포장(내사 방향) 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 포장 망상균열

공용년수 증가 및 지속적인 차륜하중 반복에 의해서 발생한 것으로 판단되며 망상균열이 전구간에 발생하였으며 전반적으로 교면포장 상태가 불량하나 바닥판 하면의 상태는 양호하므로 손상진행 상황에 따라 재포장을 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

㉯ 포장 박리

박리는 동절기 제설제 영향, 동결융해 반복 등으로 인하여 발생되었으며, 손상정도는 경미하므로 주기적인 관찰이 필요하다.

<표 Ⅱ.3.7> 포장부 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교면포장	망상균열	2,844.00	㎡	21
	박리	6.00	㎡	1

<S1(이천방향)> 망상균열



균열폭	Cw=0.1~0.5㎜
면적	A=3.5m×30.0m

<S6(내사방향)> 박리



폭	B=2.0m
면적	L=3.0m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수 및 추가손상 없이 전반적으로 손상물량은 동일하다.

<표 Ⅱ.3.8> 포장 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	망상균열	㎡	2,844.00	21	2,844.00	21	-	-
	박리	㎡	6.00	1	6.00	1	-	-



<그림 Ⅱ.3.7> 교면포장 손상추이 분석

나. 방호벽 및 중앙분리대

1) 현황

㉮ 외측 방호시설물 실측 결과제원은 높이 1.1m의 콘크리트 방호울타리로 시공되어 있다.

㉯ 중앙분리대는 기초콘크리트용 연석 상단에 가드레일 형식의 분리대가 설치되어 있다.

㉰ 도로교 설계기준에서 연석의 높이 0.25m이상, 연석을 포함한 난간의 높이는 1.1m이상으로 설치토록 규정되어 있으며, 실측결과 1.1m로 설계기준을 만족하는 것으로 조사되었다.

방호벽 전경	중앙분리대 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 균열(0.2~0.3㎜)은 전경간에 분포하고 있으며 건조수축 및 폼타이 주변 응력집중 등에 의한 비구조적인 균열로 판단되며 내구성 확보를 위해서 표면처리 또는 주입보수가 필요하다.

㉯ 방호벽의 파손 및 박락은 외부충격에 의해 발생한 손상, 중앙분리대의 연석에 발생한 박락은 모재와 단면보수재의 부착력 저하에 의해 발생한 것으로 판단되며 내구성 확보를 위해서 단면보수가 필요하다.

㉰ S8구간의 좌측방호벽에 신규손상으로 조사된 층분리는 철근부식이 원인으로 판단되며 단면보수(방청)를 실시하여 추가적인 철근부식을 방지하는 것이 바람직하다.

㉱ S5구간의 차량긁힘은 단면손상이 없는 상태이므로 주의관찰하여 유지관리한다.

㉲ 신축이음장치가 설치되어 있는 방호벽의 덮개가 파손 및 망실되어 재설치가 필요하다.

<표 Ⅱ.3.9> 방호벽 및 중앙분리대

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
방호벽 중앙분리대	균열(cw=0.3㎜이상)	13.20	m	8
	균열(cw=0.3㎜미만)	50.40	m	43
	박락	33.02	㎡	10
	파손	0.06	㎡	1
	층분리	0.18	㎡	1
	차량긁힘	2.20	㎡	1
	가드레일 변형	2.00	m	1
	토사퇴적	1.00	㎡	1

<S2(이천방향)> 방호벽 망상균열



폭	Cw=0.3㎜
길이	L=1.8m

<S5(내사방향)> 방호벽 차량긁힘



폭	B=1.1m
길이	L=2.0m

<S8(내사방향)> 방호벽 층분리



폭	B=0.3m
길이	L=0.8m

<S8> 중앙분리대 표면박락



폭	B=0.9m
길이	L=30.0m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수는 실시되지 않았으며 균열 및 박락이 다소 증가하였고 방호벽 층분리가 신규손상으로 조사되었다.

<표 Ⅱ.3.10> 방호벽, 중앙분리대 및 연석 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽	균열(cw=0.3㎜이상)	m	11.20	6	13.20	8	▲ 2.00	물량증가
	균열(cw=0.3㎜미만)	m	50.40	42	50.40	43	-	-
	박락	㎡	32.75	6	33.02	10	▲ 0.27	물량증가
	파손	㎡	0.06	1	0.06	1	-	-
	층분리	㎡	-	-	0.18	1	▲ 0.18	신규손상
	차량긁힘	㎡	2.20	1	2.20	1	-	-
	가드레일 변형	m	2.00	1	2.00	1	-	-
	토사퇴적	㎡	1.00	1	1.00	1	-	-



<그림 Ⅱ.3.8> 방호벽 및 중분대 손상추이 분석

다. 배수시설

1) 현황

교면포장의 배수를 위해서 갓길측에 배수구가 24개소(내사방향-12개소, 이천방향-12개소) 설치되어 있으며, 배수형식은 육교형(S1,S6,S7) 및 하천형(S1~S7)으로 되어 있다.

배수관 전경	배수구 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 갓길 배수구 막힘 및 스틸그레이팅 파손이 조사되었으며, 배수구 막힘은 청소하여 노면수가 원활히 배수되도록 하고 스틸그레이팅 파손은 재설치하여 원상복구해주는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

㉯ 배수관에 대한 조사 결과, 배수관 길이부족이 조사되었으며 원활한 배수를 위해서 배수관 길이 연장이 필요하다.

<표 Ⅱ.3.11> 배수시설 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
배수시설	배수구 막힘	19	EA	19
	배수관 길이부족	10	EA	10
	그레이팅 파손	6	EA	6
	연결배수관 파손	1	EA	1

<S1(내사방향)> 배수관 길이부족



개소	1EA

<S6(이천방향)> 배수구 막힘/그레이팅 파손



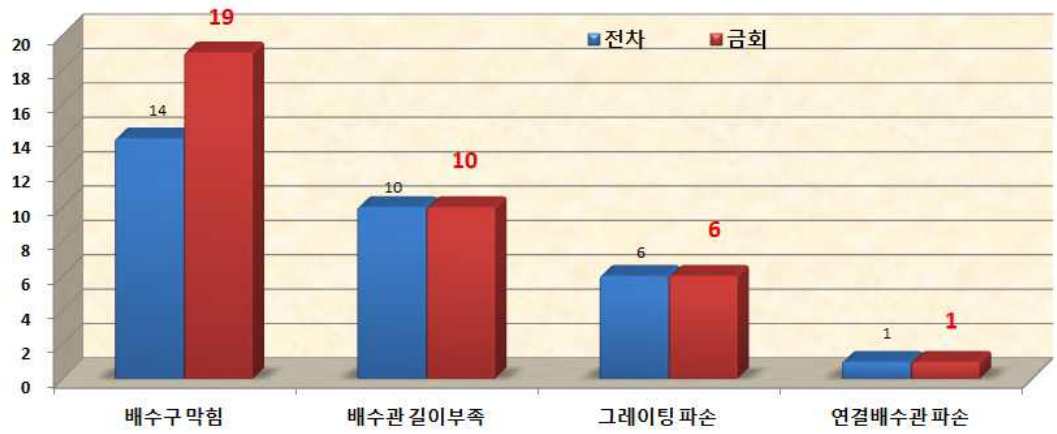
개소	1EA

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 배수구 막힘이 추가로 조사되어 보수없이 전반적으로 손상물량은 증가하였다.

<표 Ⅱ.3.12> 배수시설 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	배수구 막힘	EA	14	14	19	19	▲ 5	물량증가
	배수관 길이부족	EA	10	10	10	10	-	-
	그레이팅 파손	EA	6	6	6	6	-	-
	연결배수관 파손	EA	1	1	1	1	-	-



<그림 Ⅱ.3.9> 배수시설 손상추이 분석

라. 신축이음장치

1) 현황

㉮ 신축이음장치는 상부구조의 온도변화로 인한 신축, 콘크리트의 재령에 따른 크리프와 건조수축 및 활하중에 의한 처짐 등으로 인한 변형을 원활하게 수용하고 차량 주행에 지장이 없도록 설치한 장치이며, 교면수 및 오물의 교량하부 유입방지 기능도 한다.

㉯ 본 교량의 신축이음장치는 RAIL(A1,P3,P5,A2) 형식으로 4개소가 설치되어 있다.

A1 신축이음장치 전경	P3 신축이음장치 전경
	

P5 신축이음장치 전경	A2 신축이음장치 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 후타재 균열 및 망상균열은 전반적으로 조사되었으며 공용년수 증가에 따른 차륜하중의 반복이 원인으로 신축이음 교체를 실시하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단된다.

㉯ 유간토사퇴적은 전개소에서 조사되었으며 청소를 실시하여 신축이음장치의 원활한 신축거동을 유도함이 바람직하다.

㉰ 본체 부식은 갓길측에서 조사되었으며 배수구 막힘으로 인해 노면수가 체수되어 발생한 것으로 판단된다.

㉱ 신축이음장치에 인접한 하부구조에 전반적으로 백태, 층분리, 받침부식 등 신축이음장치 누수에 의한 손상이 확인되어 신축이음교체가 필요할 것으로 판단된다.

<표 Ⅱ.3.13> 신축이음 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
신축이음장치	본체 부식	19.00	m	11
	유간 토사퇴적	72.00	m	8
	후타재균열(0.3㎜미만)	33.60	m	97
	후타재 망상균열	5.60	㎡	2
	차수판 망실 및 파손	3	EA	3

<P3> 후타재 균열



폭	Cw=0.1㎜
길이	L=0.3m

<P3> 본체 부식



길이	L=1.5m
개소	1 EA

<P5> 유간토사퇴적



길이	L=9.0m
개소	1 EA

<A2> 후타재 망상균열



폭	B=0.4m
길이	L=7.0m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수 및 추가 손상 없이 전반적으로 물량이 동일하다.

<표 Ⅱ.3.14> 신축이음 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음 장치	본체 부식	m	19.00	11	19.00	11	-	-
	유간 토사퇴적	m	72.00	8	72.00	8	-	-
	후타재균열(0.3㎜미만)	m	33.60	97	33.60	97	-	-
	후타재 망상균열	㎡	5.60	2	5.60	2	-	-
	차수판 망실 및 파손	EA	3	3	3	3	-	-



<그림 Ⅱ.3.10> 신축이음장치 본체 및 기타 손상추이 분석

4) 신축량 계산

<표 Ⅱ.3.15> 신축량 계산

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>· 온도변화에 의한 이동량
▸ Δl_t = ΔT · α · L
여기서, Δl_t : 온도변화에 의한 이동량
ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10-5, α(콘크리트): 1.0×10-5
L : 신축들보의 길이(㎜)

· 활하중에 의한 보의 처짐에 의한 가동량(신축장 100m 미만은 미 고려)
▸ $\Delta l_r = \sum(h_i \times \theta_i)$
여기서, h_i : 받침의 회전중심에서 보의 중립축까지의 높이(2h/3)
θ_i : 보의 회전각(콘크리트 1/300, 강교 1/150)</td><td></td></tr>
<tr><td>소요
신축량 산정</td><td>·소요 가동량 산정
조사일 : 2019. 01.9 평균기온 적용: -4.7℃
여기서, △T(최대 신장시) : 35.0℃-(-4.7)℃ = 39.7℃
△T(최대 수축시) : -15.0℃-(-4.7℃) = 11.3℃
- L = 30m(A2), 60m(A1,P3), 90m(P5)

- A1, P3
Δl_t(최대신장시) = △T× α ×L = $39.7 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 60.0 \times 1{,}000$ = 23.8㎜
Δl_t(최대수축시) = △T× α ×L = $11.3 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 60.0 \times 1{,}000$ = 6.8㎜

- P5
Δl_t(최대신장시) = △T× α ×L = $39.7 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 90.0 \times 1{,}000$ = 35.7㎜
Δl_t(최대수축시) = △T× α ×L = $11.3 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 90.0 \times 1{,}000$ = 10.2㎜

- A2
Δl_t(최대신장시) = △T× α ×L = $39.7 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 30.0 \times 1{,}000$ = 11.9㎜
Δl_t(최대수축시) = △T× α ×L = $11.3 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 30 \times 1{,}000$ = 3.4㎜

·형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α(/℃)</th></tr>
<tr><td colspan="2">PSC교, RC교</td><td>-5～+35</td><td>-15～+35</td><td>1.0×10-5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">강
교</td><td>상로교</td><td>-10～+40</td><td>-20～+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>-10～+50</td><td>-20～+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

5) 신축이음 유간검토

㉮ 신축이음 유간검토는 하절기 측정 당시 평기 기온(기상청 참조: -4.7℃)을 고려하였을 때 동절기 수축 여유량을 확보하고 있으며 하절기 신장 계산량과 현재 여유량을 검토하였다.

㉯ 신축유간 계산결과 현재여유량이 온도변화를 고려한 계산량보다 크므로 신축유간은 건전한 것으로 평가 되었으며 상부구조 온도거동 상태도 양호한 것으로 계산되었다.

<표 Ⅱ.3.16> 신축이음 유간 검토결과

위치	형식	신축보 길이(m)	현장실측 유간(㎜)	신장량(㎜)		신장량 검토
				계산 신장량	현재여유량	
A1	레일조인트	60.0	75.0	23.8	51.2	O.K
P3	레일조인트	60.0	90.0	23.8	66.2	O.K
P5	레일조인트	90.0	90.0	35.7	35.7	O.K
A2	레일조인트	30.0	48.0	11.9	36.1	O.K

마. 바닥판

1) 현황

㉮ 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어 있으며, 3경간 연속(2개소) 및 2경간 연속(1개소) 구조로 총 8경간으로 구성되어 있다.

바닥판 하면 전경	캔틸레버 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 균열은 균열폭 0.3㎜미만으로서 횡방향 균열 형태를 보이며 건조수축 및 온도 변화에 의한 비구조적인 균열로 판단되고 손상정도가 경미하여 주의관찰하여 유지관리한다.

㉯ 백태는 방호벽 차수판 파손 및 신축이음 누수 등에 따른 우수유입이 원인으로서 표면처리하여 추가적인 열화를 방지하는 것이 바람직하다.

㉰ 박리 및 박락은 시공중 거푸집 탈형과정에서 충격에 의해 발생된 것으로 판단되며 내구성 확보를 위하여 보수가 필요하다.

㉱ 물끊기홈 마감발량은 시공초기 설치불량에 의한 것으로 우수유입을 방지하기 위해 재설치가 필요하다.

<표 Ⅱ.3.17> 바닥판 손상물량

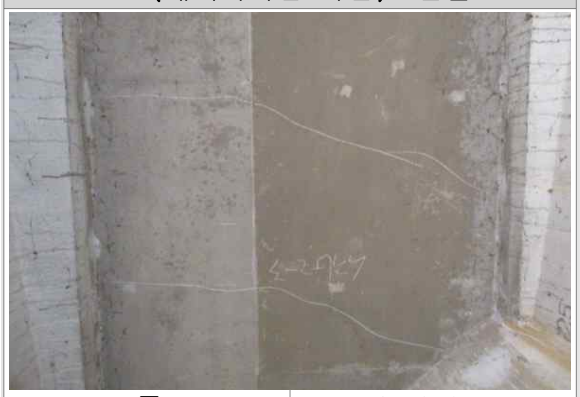
구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	35.20	m	25
	박리	0.30	㎡	1
	박락	0.69	㎡	5
	백태	2.38	㎡	4
	물끊기홈 설치불량	10.20	m	2

<S2(우측캔틸레버)> 균열



폭	Cw=0.2㎜
길이	L=0.6m

<S3(내측바닥판 하면)> 균열



폭	Cw=0.1㎜
길이	L=1.6m

<S3(우측캔틸레버)> 물끊기홈 마감불량



길이	L=10.0m
개소	1 EA

<S4(우측캔틸레버)> 박리, 백태



폭	B=0.5m
길이	L=0.6m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수 없이 균열 및 백태가 추가로 조사되어 전반적으로 손상물량이 다소 증가하였다.

<표 Ⅱ.3.18> 바닥판 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	m	34.00	22	35.20	25	▲ 1.20	물량증가
	박리	㎡	0.30	1	0.30	1	-	-
	박락	㎡	0.69	5	0.69	5	-	-
	백태	㎡	2.18	4	2.38	4	▲ 0.20	물량증가
	물끊기홈 설치불량	m	10.20	2	10.20	2	-	-



<그림 Ⅱ.3.11> 바닥판하면 손상추이 분석

바. 거더(PCI BEAM) 및 가로보(Cross Beam)

1) 현황

본 구조물은 PSCI형식의 거더로서 거더간 2.2m 간격으로 9열이 설치되어 있으며 가로보는 1경간당 6개소가 설치되어 있다.

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 인양시 응력집중에 의해 발생한 인양홀 주변 콘크리트 파손은 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요하다.

㉯ 연속화시공부 이격은 거더와 이격부의 신구접합이 미흡하여 발생되었으며 거동에는 문제가 없으므로 주기적인 점검을 실시한다.

㉰ 박리, 박락 및 파손은 시공중 거더거치시 충격 등에 의해 발생한 것으로 판단되며 내구성 확보를 위해서 단면보수가 필요하다.

㉱ 가로보는 손상없이 전반적으로 양호하다.

<표 Ⅱ.3.19> 거더 및 가로보 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
거더	연속화시공부 이격	36.00	m	18
	박락	0.06	㎡	1
	인양홀주변 파손	0.24	㎡	6
	파손	0.18	㎡	4
	박리	0.14	㎡	1

<S1-G2 거더> 인양홀 주변 파손



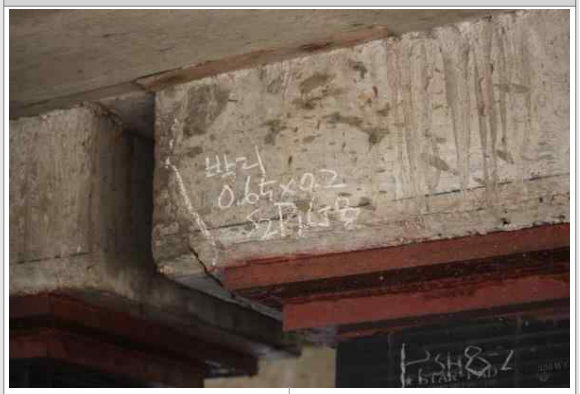
폭	B=0.3m
길이	L=0.3m

<S1-G1 거더> 파손



폭	B=0.3m
길이	L=0.3m

<S2-G8 거더> 박리



폭	B=0.2m
길이	L=0.7m

<S2~S3 거더> 연속화 시공부 이격



길이	L=2.0m
개소	2 EA

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수는 실시되지 않았으며 인양홀주변 파손이 추가로 조사되었다.

<표 Ⅱ.3.20> 거더 및 가로보 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더	연속화시공부 이격	m	36.00	18	36.00	18	-	-
	박락	㎡	0.06	1	0.06	1	-	-
	인양홀주변 파손	㎡	0.20	5	0.24	6	▲ 0.04	물량증가
	파손	㎡	0.18	4	0.18	4	-	-
	박리	㎡	0.14	1	0.14	1	-	-



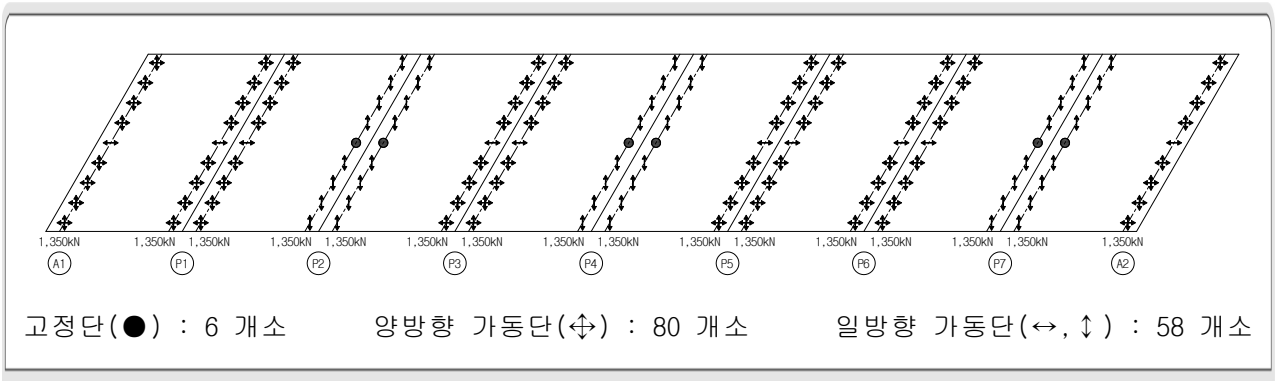
<그림 Ⅱ.3.12> 거더 및 가로보 손상추이 분석

사. 교량받침

1) 현황

㉮ 교량받침은 교량의 구조요소중 기계적인 성격이 강하며 상·하부구조의 연결부에 위치하여 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달함과 동시에 완충의 역할을 할 뿐만 아니라 상부구조의 이동을 자유롭게 허용함으로써 교량 전체의 안전성에 크게 기여한다.

㉯ 본 교량의 받침장치는 탄성받침으로 각 지점별 9~18개소로 총 144개소가 설치되어 있다. 받침용량은 1,350kN이며, 고정단은 P2, P4, P7에 위치한다. 받침배치 현황은 아래 그림과 같다.



< 그림 3.2.3 > 교량받침 배치도

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 받침장치 부식은 주로 신축이음장치가 설치된 교대(A1, A2) 및 교각(P3, P5)에 집중되어 있으며 신축이음 누수에 의한 우수유입이 원인으로 판단되며 추가적인 부식 방지를 위해서 재도장이 필요하다.

㉯ 받침몰탈 균열은 두 재료(무수축 몰탈, 하부 플레이트)간 열팽창계수의 차이에 의해 발생된 손상으로 모서리 인접부에 발생한 균열의 경우 층분리가 우려되어 점검망치 타격을 통한 층분리 여부를 체크하였으나 층분리 등의 손상은 조사되지 않았다.

㉰ 이동제한키 밀착은 P1-SH5-1을 제외하고 전반적으로 고정단이 있는 P2, P4, P7의 교축직방향 가동단 받침에서 조사되었다. 밀착에 의한 2차 손상은 없으며 시공시 설치오류에 의한 것으로 주기적으로 2차 손상(받침몰탈 파손 등) 발생 유무를 확인할 필요가 있다.

<표 Ⅱ.3.21> 교량받침 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교량받침	받침 부식	144	EA	144
	이동제한키 밀착	18	EA	18
	받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	11.70	m	60
	받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)	3.00	m	11

<A2-Sh9> 받침부식



폭	B=0.6m
길이	L=0.7m

<P1-Sh5(시점측)> 이동제한키 밀착



개소	1EA

<P3-Sh1(종점측)> 받침몰탈 균열



폭	Cw=0.2㎜
길이	L=0.2m

<P7~Sh1(시점측)> 받침콘크리트 균열



폭	Cw=0.1㎜
길이	L=0.3m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수는 실시되지 않았으며 받침몰탈 균열이 추가 조사되었다.

<표 Ⅱ.3.22> 교량받침 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	받침 부식	EA	144	144	144	144	-	-
	이동제한키 밀착	EA	18	18	18	18	-	-
	받침몰탈 균열 (0.3㎜미만)	m	11.50	59	11.70	60	▲ 0.20	물량증가
	받침콘크리트 균열 (0.3㎜미만)	m	3.00	11	3.00	11	-	-

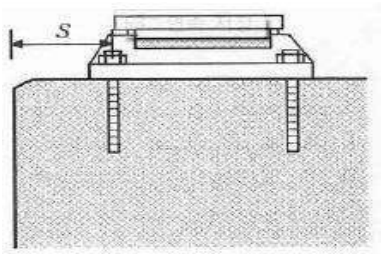


<그림 Ⅱ.3.13> 교량받침 손상추이 분석

4) 연단거리 검토

㉮ 받침면은 받침을 통해서 상부구조로부터 하중 등의 집중하중을 받는 곳으로 받침의 끝에서 받침면 끝단까지의 거리가 작으면 고정단에서는 전단면에 의해서 교량받침가 파손되는 경우가 있어 설계기준에서는 일정한 값 이상의 연단거리를 확보하도록 규정하고 있다.

<표 Ⅱ.3.23> 연단거리 검토

구분	연단거리 검토
연단거리	·하부구조 정부에 있어서 교축방향의 받침연단과 하부구조 정부 연단사이의 거리, S(㎜)는 다음의 값 이상으로 한다.(도로교 설계기준, 2010년) 1) 거더의 경간길이 100m 이하 : S = 200 + 5L 여기서, L = 지간길이(m) ·연단거리 산출 - 거더 길이(L = 30.0m) : S = 200 + 5 × 30.0m = 35.0cm [연단거리 측정]   교량 받침의 연단거리 측정
검토결과	○ 연단거리 검토 결과는 다음과 같다. - 거더의 경간길이 100m 이하 : 최소 연단거리 : 350㎜

<표 Ⅱ.3.24> 연단거리 검토 결과

위치		경간 (m)	설계 기준 (mm)	실측연단거리(mm)									평가
				SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	SH8	SH9	
A1		30.0	350	340	340	360	360	345	380	390	375	380	N.G
P1	A1측	30.0	350	495	580	580	570	580	580	570	580	580	O.K
	A2측	30.0	350	570	580	590	580	580	575	580	585	580	O.K
P2	A1측	30.0	350	430	450	460	460	470	470	460	470	470	O.K
	A2측	30.0	350	500	490	490	485	495	490	490	480	500	O.K
P3	A1측	30.0	350	375	390	390	390	355	390	390	390	380	O.K
	A2측	30.0	350	290	300	300	305	265	290	285	290	285	N.G
P4	A1측	30.0	350	460	470	475	475	485	475	470	480	475	O.K
	A2측	30.0	350	470	470	465	470	480	460	470	470	460	O.K
P5	A1측	30.0	350	370	375	380	360	355	365	385	390	390	O.K
	A2측	30.0	350	310	310	310	300	260	290	280	290	280	N.G
P6	A1측	30.0	350	495	510	500	490	460	497	500	505	520	O.K
	A2측	30.0	350	500	500	495	504	480	510	520	520	490	O.K
P7	A1측	30.0	350	450	450	460	455	460	460	460	460	465	O.K
	A2측	30.0	350	490	490	480	490	500	480	480	480	470	O.K
A2		30.0	350	500	390	403	410	380	400	390	370	355	O.K

받침 연단거리 검토 결과 A1, P3(A2), P5(A2)에서 일부 받침의 연단거리가 미소하게 부족한 것으로 조사되었으며, 현재 연단거리 부족에 따른 손상은 발생 되지 않아 지속적인 관찰이 요구되며 향후 받침 교체시 연단거리를 고려하여 재설치 하는 것이 바람직하다.

5) 가동받침의 여유량 검토

㉮ 대상 교량 교량받침의 대기온도에 따른 상부거더의 신축 변화량을 산정하고 가동받침의 이동량을 실측하여 각 지점에서 측정된 신축량을 비교·검토 하였다.

<표 Ⅱ.3.25> 가동받침 이동량 계산

구분	계산방법	비고
이동량 산정	· 온도변화에 의한 이동량(Δlt) ▸ Δlt = ΔT · α · L 여기서, ΔT : 건조수축에 해당하는 온도변화 α : 선팽창계수 강재 1.2×10-5, 콘크리트 1.0×10-5 L : 신축거더 길이(㎜)	
산정 방법	·소요 가동량 산정 조사일 : 2019. 02.15 평균 기온 적용: -1.7℃ 검토온도: -15℃~+35℃(한랭지방) 여기서, △T(최대 신장시) : 35.0℃-(-1.7℃) = 36.7℃ △T(최대 수축시) : -15.0℃-(-1.7℃) = 13.3℃ - L : 30.0m(P1,P3,P5(A1측),P6,A2), 60m(A1,P5(A2측)) - P1,P3,P5(A1측),P6,A2 Δl_t(최대신장시) = △T×α×L = $36.7\times1.0\times10^{-5}\times30.0\times1{,}000$ = 11.0㎜ Δl_t(최대수축시) = △T×α×L = $13.3\times1.0\times10^{-5}\times30.0\times1{,}000$ = 4.0㎜ - A1, P5(A2) Δl_t(최대신장시) = △T×α×L = $36.7\times1.0\times10^{-5}\times60.0\times1{,}000$ = 22.0㎜ Δl_t(최대수축시) = △T×α×L = $13.3\times1.0\times10^{-5}\times60.0\times1{,}000$ = 8.0㎜	

6) 설계기준 온도에 따른 여유량 검토

㉮ 본 교량은 준공 후 15년이 경과한 교량이므로 건조수축, 크리프 등의 영향은 무시하고, 온도 변화에 의한 영향을 고려하여 가동받침의 수축 및 신장에 대한 계산이동량과 실측여유량 비교, 분석 결과 현재 여유 있는 구조로 판정되었다.

<표 Ⅱ.3.26> 가동받침 이동량 계산

위치		신축 거더 길이(m)	측정값		실측여유량(㎜)		계산이동량(㎜)		받침이동 허용량 (㎜)	검토 결과
			방향	이동량	수축	신장	수축	신장		
A1	SH1	60.0	A2	15	35	65	8.0	22.0	±50	O.K
	SH2		A2	15	35	65			±50	O.K
	SH3		A2	15	35	65			±50	O.K
	SH4		A2	15	35	65			±50	O.K
	SH5		A2	15	35	65			±50	O.K
	SH6		A2	15	35	65			±50	O.K
	SH7		A2	15	35	65			±50	O.K
	SH8		A2	15	35	65			±50	O.K
	SH9		A2	15	35	65			±50	O.K
P1 (A1측)	SH1	30.0	A2	5	45	55	4.0	11.0	±50	O.K
	SH2		A2	7	43	57			±50	O.K
	SH3		A2	5	45	55			±50	O.K
	SH4		A2	5	45	55			±50	O.K
	SH5		A2	12	38	62			±50	O.K
	SH6		A2	14	36	64			±50	O.K
	SH7		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH8		A2	7	43	57			±50	O.K
	SH9		A2	5	45	55			±50	O.K
P1 (A2측)	SH1	30.0	A2	7	43	57	4.0	11.0	±50	O.K
	SH2		A2	7	43	57			±50	O.K
	SH3		A2	9	41	59			±50	O.K
	SH4		A2	7	43	57			±50	O.K
	SH5		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH6		A2	8	42	58			±50	O.K
	SH7		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH8		A2	12	38	62			±50	O.K
	SH9		A2	6	44	56			±50	O.K
P2		고 정 단								

<표 Ⅱ.3.26> 가동받침 이동량 계산_계속

위치		신축 거더 길이(m)	측정값		실측여유량(mm)		계산이동량(mm)		받침이동 허용량 (mm)	검토 결과
			방향	이동량	수축	신장	수축	신장		
P3 (A1측)	SH1	30.0	A1	16	43	57	4.0	11.0	±50	O.K
	SH2		A1	10	40	60			±50	O.K
	SH3		A1	12	38	62			±50	O.K
	SH4		A1	11	39	61			±50	O.K
	SH5		A1	13	37	63			±50	O.K
	SH6		A1	14	36	64			±50	O.K
	SH7		A1	12	38	62			±50	O.K
	SH8		A1	11	39	61			±50	O.K
	SH9		A1	8	42	58			±50	O.K
P3 (A2측)	SH1	30.0	A2	9	41	59	4.0	11.0	±50	O.K
	SH2		A2	7	43	57			±50	O.K
	SH3		A2	11	39	61			±50	O.K
	SH4		A2	13	37	63			±50	O.K
	SH5		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH6		A2	14	36	64			±50	O.K
	SH7		A2	13	37	63			±50	O.K
	SH8		A2	16	34	66			±50	O.K
	SH9		A2	20	30	70			±50	O.K
P4		고 정 단								
P5 (A1측)	SH1	30.0	A1	24	26	74	4.0	11.0	±50	O.K
	SH2		A1	25	25	75			±50	O.K
	SH3		A1	19	31	69			±50	O.K
	SH4		A1	19	31	69			±50	O.K
	SH5		A1	18	32	68			±50	O.K
	SH6		A1	15	35	65			±50	O.K
	SH7		A1	18	32	68			±50	O.K
	SH8		A1	14	36	64			±50	O.K
	SH9		A1	13	37	63			±50	O.K
P5 (A2측)	SH1	30.0	A2	23	27	73	8.0	22.0	±50	O.K
	SH2		A2	25	25	75			±50	O.K
	SH3		A2	25	25	75			±50	O.K
	SH4		A2	28	22	78			±50	O.K
	SH5		A2	32	18	82			±50	O.K
	SH6		A2	27	23	77			±50	O.K
	SH7		A2	30	20	80			±50	O.K
	SH8		A2	35	15	85			±50	O.K
	SH9		A2	35	15	85			±50	O.K

<표 Ⅱ.3.26> 가동받침 이동량 계산_계속

위치		신축 거더 길이(m)	측정값		실측여유량(㎜)		계산이동량(㎜)		받침이동 허용량 (㎜)	검토 결과
			방향	이동량	수축	신장	수축	신장		
P6 (A1측)	SH1	30.0	A2	8	42	58	4.0	11.0	±50	O.K
	SH2		A2	6	44	56			±50	O.K
	SH3		A2	5	45	55			±50	O.K
	SH4		A2	6	44	56			±50	O.K
	SH5		A2	6	44	56			±50	O.K
	SH6		A2	5	45	55			±50	O.K
	SH7		A2	6	44	56			±50	O.K
	SH8		A2	8	42	58			±50	O.K
	SH9		A2	10	40	60			±50	O.K
P6 (A2측)	SH1	30.0	A2	8	42	58	4.0	11.0	±50	O.K
	SH2		A2	5	45	55			±50	O.K
	SH3		A2	5	45	55			±50	O.K
	SH4		A2	11	39	61			±50	O.K
	SH5		A2	12	38	62			±50	O.K
	SH6		A2	14	36	64			±50	O.K
	SH7		A2	13	37	63			±50	O.K
	SH8		A2	12	38	62			±50	O.K
	SH9		A2	12	38	62			±50	O.K
P7		고 정 단								
A2	SH1	30.0	A1	10	40	60	4.0	11.0	±50	O.K
	SH2		A1	10	40	60			±50	O.K
	SH3		A1	10	40	60			±50	O.K
	SH4		A1	10	40	60			±50	O.K
	SH5		A1	10	40	60			±50	O.K
	SH6		A1	10	40	60			±50	O.K
	SH7		A1	10	40	60			±50	O.K
	SH8		A1	10	40	60			±50	O.K
	SH9		A1	10	40	60			±50	O.K

아. 하부구조 (교대 및 교각)

1) 현황

하부구조는 상부구조 하중을 지반으로 전달하여, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 부재이다. 교대는 역T형 2개소, 교각은 다주식 7개소로 구성되어 있으며, 구조적 결함 및 내구성 저하가 우려되는 손상발생 여부에 대하여 주안점을 두고 점검을 실시하였다.

교대 전경(A1)	다주식 교각 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 교대

① 교대에 발생한 균열 및 망상균열은 균열폭이 0.1~0.3㎜으로서 건조수축 및 온도변화에 의하여 발생한 비구조적균열로 판단되며 내구성 확보를 위하여 표면처리 또는 주입보수가 필요하다.

② 균열부백태 및 백태는 신축이음부 누수로 인해 발생한 손상으로 내구성 확보를 위하여 표면처리가 필요하다.

③ 박락, 층분리, 표면박락 등 단면손상은 신축이음누수에 의한 열화현상으로 판단되며 내구성 확보를 위해서 단면보수가 필요하다.

③ 사면보호블럭 유실, 이격, 함몰은 신축이음부로 누수된 노면수가 교대 구체를 통하여 유입되어 국부적인 침하가 발생된 것으로 판단되며 손상정도는 경미하므로 주의관찰하여 유지관리한다.

<표 Ⅱ.3.27> 교대 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교대	균열(0.3㎜이상)	2.00	m	1
	균열(0.3㎜미만)	25.60	m	23
	망상균열	0.90	㎡	1
	균열부 백태	1.00	m	1
	백태	0.24	㎡	1
	표면박락	2.16	㎡	3
	층분리	1.88	㎡	2
	사면보호블럭 유실,이격,함몰	8	EA	8

<A1> 흉벽 균열



폭	Cw=0.3㎜
길이	L=2.0m

<A1> 전면벽체 표면박락



폭	B=0.8m
길이	L=2.0m

<A1> 사면보호블럭 유실



개소	4 EA

<A2> 흉벽 층분리



폭	B=0.7m
길이	L=2.0m

㈏ 교각

① 교각에 발생한 균열 및 망상균열은 균열폭이 0.1~0.3㎜으로서 건조수축 및 온도변화에 의하여 발생한 비구조적균열로 판단되며 내구성 확보를 위하여 표면처리 또는 주입보수가 필요하다.

② P7 기둥부에 발생한 열상은 지역 주민이 쓰레기 등을 소각하여 발생된 것으로서 고열에 장시간 노출되지 않은 것으로 판단되며 내구성 확보를 위하여 표면처리가 필요하다.

③ 파손, 긁힘은 주로 기둥부 하단에 위치하고 있으며 유수에 의한 부유물과의 충돌 등이 원인으로 판단되며 긁힘은 손상이 경미하여 주의관찰하고 파손은 내구성 확보를 위하여 단면보수가 필요하다.

④ 층분리는 코핑부 상면에 주로 조사되었으며 모재와 단면보수재의 부착불량이 원인으로 판단되어 단면보수를 재실시함이 바람직하다.

⑤ 교각 P3과 P4에서 조사된 침식은 우기시 유속 증가에 의한 영향에 의해 발생한 것으로 판단된다. 손상상태는 심하지 않으나 지속적인 유수의 영향을 받는 위치이므로 단면보수가 필요하며, 침식 반복 및 하상세굴 방지를 위하여 장기적으로는 세굴방지공 설치도 적정한 것으로 판단된다.

⑥ 사면토사유실 및 보호블럭 파손은 S1경간 배수관이 탈락되어 노면수가 사면측으로 낙수가 원인으로 판단되며 배수시설 설치 및 사면보수가 필요하다.

<표 Ⅱ.3.28> 교각 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교각	균열(0.3㎜이상)	1.90	m	3
	균열(0.3㎜이하)	198.70	m	235
	망상균열	76.60	㎡	15
	열상	1.00	㎡	1
	재료분리	0.41	㎡	3
	파손	0.43	㎡	5
	박리, 박락, 층분리	166.98	㎡	120
	긁힘	0.08	㎡	3
	침식	22.62	㎡	12
	점검시설 파손	8.00	m	1
	사면토사유실, 파손	2	EA	2

<P1> 코핑전면 표면박리(t=10㎜)



폭	B=0.6m
길이	L=1.8m

<P1> 코핑상면 층분리



폭	B=0.6m
길이	L=1.3m

<P2> 기둥 긁힘



폭	B=0.1m
길이	L=0.2m

<P3> 기둥 침식



폭	B=0.6m
길이	L=3.2m

<P5> 코핑후면 망상균열		<P1> 사면보호블럭 파손	
			
폭	B=1.0m	폭	B=4.0m
길이	L=3.0m	길이	L=4.0m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수는 실시되지 않았으며 교대 코핑상면 및 흉벽에 층분리가 신규로 조사되었다.

<표 Ⅱ.3.29> 교대 및 교각 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3㎜이상)	m	2.00	1	2.00	1	-	-
	균열(0.3㎜미만)	m	25.60	23	25.60	23	-	-
	망상균열	㎡	0.90	1	0.90	1	-	-
	균열부 백태	m	1.00	1	1.00	1	-	-
	백태	㎡	0.24	1	0.24	1	-	-
	표면박락	㎡	2.16	3	2.16	3	-	-
	층분리	㎡	-	-	1.88	2	▲ 1.88	신규손상
	사면보호블럭 유실,이격,함몰	EA	8	8	8	8	-	-
교각	균열(0.3㎜이상)	m	1.90	3	1.90	3	-	-
	균열(0.3㎜이하)	m	198.70	235	198.70	235	-	-
	망상균열	㎡	76.60	15	76.60	15	-	-
	열상	㎡	1.00	1	1.00	1	-	-
	재료분리	㎡	0.41	3	0.41	3	-	-
	파손	㎡	0.43	5	0.43	5	-	-
	박리, 박락, 층분리	㎡	166.98	120	166.98	120	-	-
	긁힘	㎡	0.08	3	0.08	3	-	-
	침식	㎡	22.62	12	22.62	12	-	-
	점검시설 파손	m	8.00	1	8.00	1	-	-
	사면토사유실, 파손	EA	2	2	2	2	-	-



<그림 II.3.14> 교대 손상추이 분석



<그림 II.3.15> 교각 손상추이 분석

3.3.3 외관조사 총괄표

<표 Ⅱ.3.30> 외관조사 총괄표

구분	손상내용	단위	2018년 점검		2019년(금회)	
			물량	개소	물량	개소
교면포장	망상균열	㎡	2,844.00	21	2,844.00	21
	박리	㎡	6.00	1	6.00	1
방호벽	균열(cw=0.3㎜이상)	m	11.20	6	13.20	8
	균열(cw=0.3㎜미만)	m	50.40	42	50.40	43
	박락	㎡	32.75	6	33.02	10
	파손	㎡	0.06	1	0.06	1
	층분리	㎡	-	-	0.18	1
	차량긁힘	㎡	2.20	1	2.20	1
	가드레일 변형	m	2.00	1	2.00	1
	토사퇴적	㎡	1.00	1	1.00	1
배수시설	배수구 막힘	EA	14	14	19	19
	배수관 길이부족	EA	10	10	10	10
	그레이팅 파손	EA	6	6	6	6
	연결배수관 파손	EA	1	1	1	1
신축이음	본체 부식	m	19.00	11	19.00	11
	유간 토사퇴적	m	72.00	8	72.00	8
	후타재균열(0.3㎜미만)	m	33.60	97	33.60	97
	후타재 망상균열	㎡	5.60	2	5.60	2
	차수판 망실 및 파손	EA	3	3	3	3
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	m	34.00	22	35.20	25
	박리	㎡	0.30	1	0.30	1
	박락	㎡	0.69	5	0.69	5
	백태	㎡	2.18	4	2.38	4
	물끊기홈 설치불량	m	10.20	2	10.20	2

<표 Ⅱ.3.30> 외관조사 총괄표_계속

구분	손상내용	단위	2018년 점검		2019년(금회)	
			물량	개소	물량	개소
거더	연속화시공부 이격	m	36.00	18	36.00	18
	박락	㎡	0.06	1	0.06	1
	인양홀주변 파손	㎡	0.20	5	0.24	6
	파손	㎡	0.18	4	0.18	4
	박리	㎡	0.14	1	0.14	1
교량받침	받침 부식	EA	144	144	144	144
	이동제한키 밀착	EA	18	18	18	18
	받침몰탈 균열 (0.3㎜미만)	m	11.50	59	11.70	60
	받침콘크리트 균열 (0.3㎜미만)	m	3.00	11	3.00	11
교대	균열(0.3㎜이상)	m	2.00	1	2.00	1
	균열(0.3㎜미만)	m	25.60	23	25.60	23
	망상균열	㎡	0.90	1	0.90	1
	균열부 백태	m	1.00	1	1.00	1
	백태	㎡	0.24	1	0.24	1
	표면박락	㎡	2.16	3	2.16	3
	층분리	㎡	-	-	1.88	2
	사면보호블럭 유실,이격,함몰	EA	8	8	8	8
교각	균열(0.3㎜이상)	m	1.90	3	1.90	3
	균열(0.3㎜이하)	m	198.70	235	198.70	235
	망상균열	㎡	76.60	15	76.60	15
	열상	㎡	1.00	1	1.00	1
	재료분리	㎡	0.41	3	0.41	3
	파손	㎡	0.43	5	0.43	5
	박리, 박락, 층분리	㎡	166.98	120	166.98	120
	긁힘	㎡	0.08	3	0.08	3
	침식	㎡	22.62	12	22.62	12
	점검시설 파손	m	8.00	1	8.00	1
	사면토사유실, 파손	EA	2	2	2	2

3.3.4 내구성 시험

가. 개요

교량 구조물의 내구성 저하의 대표적인 현상은 콘크리트 탄산화, 철근부식, 균열, 강도저하, 표면 노후화, 부재의 큰 변형, 동결융해, 누수 등의 현상으로 분류된다. 철근의 부식과 콘크리트의 균열은 독립된 원인에 의해 나타나는 것이 아니고, 그 밖의 열화 현상을 일으키는 원인과도 복합적으로 관계되고 있다.

재료시험은 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강의 판정을 하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물의 재료시험에 의해서 향후 열화 경향을 예측 및 예방하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

재료시험의 범위는 다음과 같다.

- 재료시험을 대상으로 하는 구조물은 콘크리트 구조물에 한한다.
- 재료시험은 구조체를 중심으로 수행한다.
- 재료시험은 조사 시점의 열화상태 뿐만 아니라 구조물의 이력, 주요환경, 열화원인을 조사하여 향후 열화손상 진행정도를 예측하고, 내용년수와 관련하여 종합적인 안전진단을 수행한다.
- 본 구조물의 재료시험 내용은 안전성평가를 위한 내구성 저하 유무를 확인하기 위한 조사 및 시험을 실시하였다.
- 향후 유지관리시 금회 재료시험 위치에서의 결과치를 활용하여 비교·분석할 수 있도록 재료시험 위치도를 수록하였다.

본 장에서는 콘크리트의 재료시험을 실시하여 외관조사 내용과 함께 구조물의 내구성과 사용성을 검토하고 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였으며, 재료시험의 주요 시험내용은 <표 Ⅱ.3.31>에 정리하였다.

1) 재료시험 측일자 및 조사자

<표 Ⅱ.3.31> 재료시험 측정일자 및 조사자

구 분	일 자	조 사 자	사용장비
재료시험 및 측정	2019, 02.14 ~ 2019.02.15	책임기술자외 4인	교량점검차, 사다리, 도보조사

2) 비파괴 시험별 적용 기준 및 근거

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 교량편)(국토교통부, 한국시설안전공단 2019. 01)』 및 발주처 제공 내역서에 근거하여 조사 위치 및 수량을 결정하였다.

<표 Ⅱ.3.32> 재료시험 기준 및 실시수량

구분		위치	세부지침 기준	기준수량	실시수량	비고
콘크리트	반발경도	상부	1개소/50m	5개소	11개소	
		하부	1개소/50m	5개소	10개소	
	철근탐사		책임기술자 판단에 따라 수량 결정	-	6개소	
	탄산화깊이		◦ 5경간이내 : 2~3개소 ◦ 5경간이상 : 3~6개소	3~6개소	6개소	
	염화물 침투량 시험		책임기술자 판단에 따라 수량 결정	-	3개소	



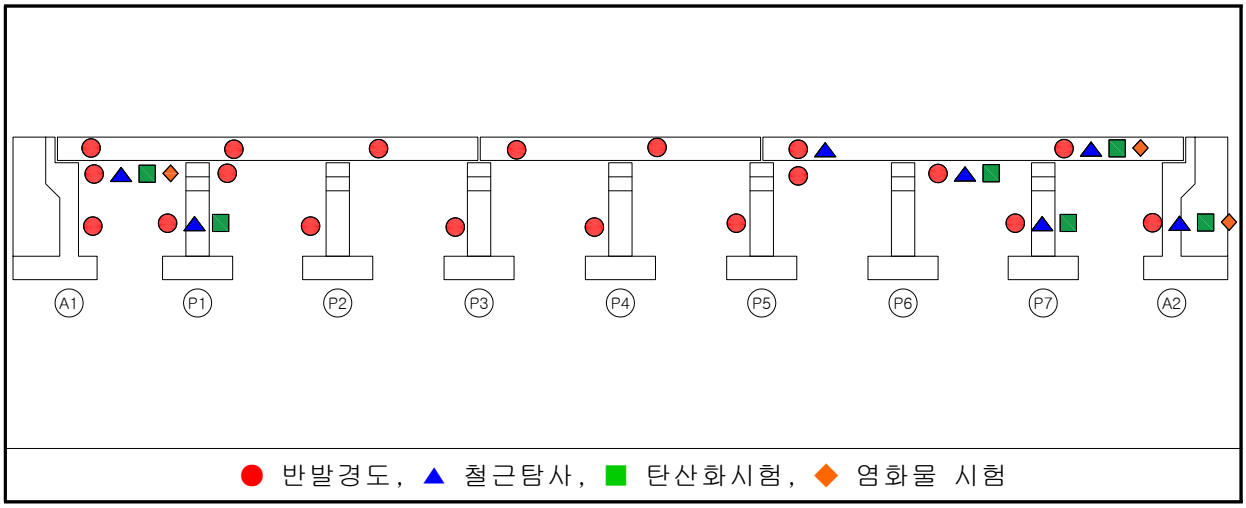
반발경도시험



탄산화 깊이 측정



염화물시료 채취



<그림 Ⅱ.3.16> 재료시험 위치도

나. 콘크리트 재료시험

1) 콘크리트 강도시험

㉮ 시험 결과

<표 Ⅱ.3.33> 비파괴 강도시험 결과(상부, 바닥판)

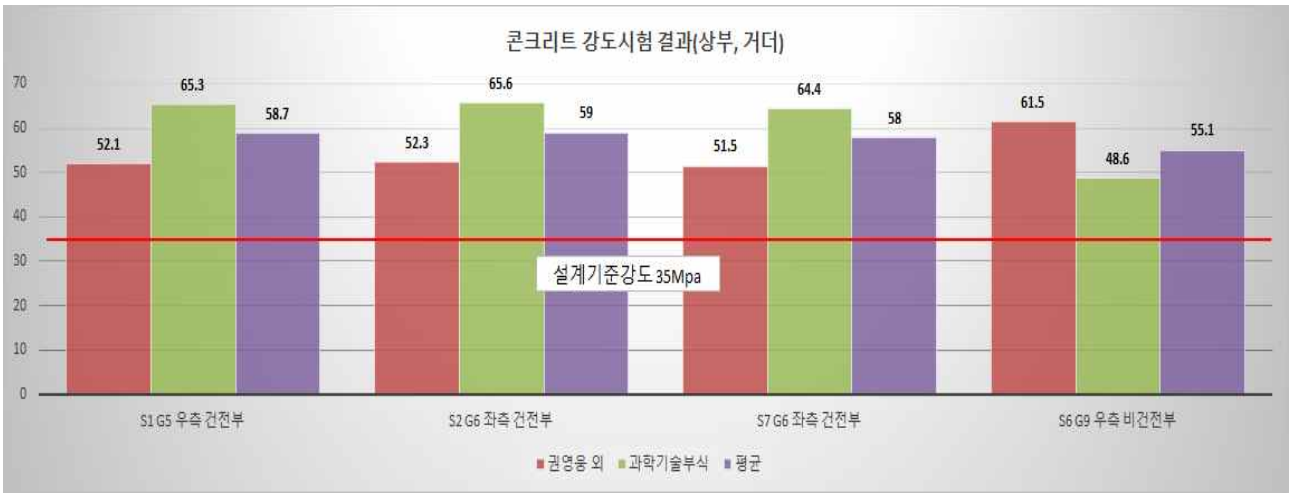
시험위치		반발경도(RO)	반발경도(MPa)			설계기준강도(MPa)	대비(%)
			일본재료학회	일본건축학회	평균		
1	S1 바닥판하면 건전부	54.5	30.0	29.5	29.8	27.0	110.4
2	S8 바닥판하면 건전부	57.7	32.8	31.0	31.9	27.0	118.1
3	S2 바닥판 하면 비건전부	53.2	31.2	30.2	30.7	27.0	113.7
4	S3 바닥판 하면 비건전부	51.0	29.5	29.2	29.4	27.0	108.9
5	S4 바닥판 하면 비건전부	48.3	27.3	27.9	27.6	27.0	102.2
6	S5 바닥판 하면 비건전부	53.7	31.6	30.4	31.0	27.0	114.8
7	S6 캔틸레버 비건전부	49.7	28.4	28.6	28.5	27.0	105.6
평균값			30.1	29.5	29.8	-	
최대값			32.8	31.0	31.9	-	
최소값			27.3	27.9	27.6	-	



<그림 Ⅱ.3.17> 비파괴시험 결과(상부구조, 바닥판)

<표 Ⅱ.3.34> 비파괴 강도시험 결과(상부, 거더)

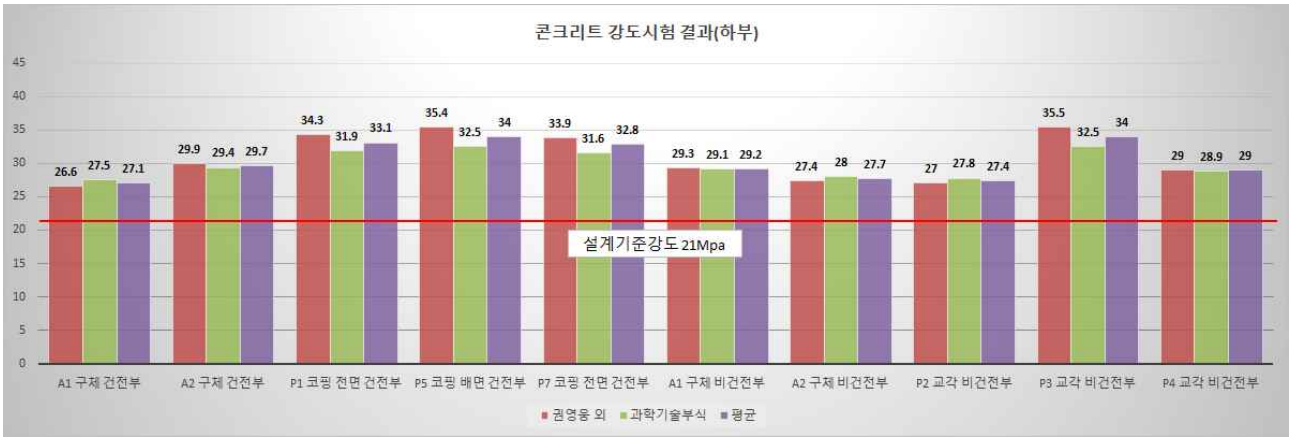
시험위치		반발경도(RO)	반발경도(MPa)			설계기준강도(MPa)	대비(%)
			권영웅 외	과학기술부식	평균		
1	S1 G5 우측 건전부	61.8	52.1	65.3	58.7	35.0	167.7
2	S2 G6 좌측 건전부	62.0	52.3	65.6	59.0	35.0	168.6
3	S7 G6 좌측 건전부	61.2	51.5	64.4	58.0	35.0	165.7
4	S6 G9 우측 비건전부	59.2	61.5	48.6	55.1	35.0	157.4
평균값			54.4	61.0	57.7	-	
최대값			61.5	65.6	59.0	-	
최소값			51.5	48.6	55.1	-	



<그림 Ⅱ.3.18> 비파괴시험 결과(상부구조, 거더)

<표 Ⅱ.3.35> 비파괴 강도시험 결과(하부)

시험위치		반발경도(RO)	반발경도(MPa)			설계기준강도(MPa)	대비(%)
			일본재료학회	일본건축학회	평균		
1	A1 구체 건전부	47.4	26.6	27.5	27.1	21.0	129.0
2	A2 구체 건전부	51.5	29.9	29.4	29.7	21.0	141.4
3	P1 코핑 전면 건전부	57.1	34.3	31.9	33.1	21.0	157.6
4	P5 코핑 배면 건전부	58.4	35.4	32.5	34.0	21.0	161.9
5	P7 코핑 전면 건전부	56.5	33.9	31.6	32.8	21.0	156.2
6	A1 구체 비건전부	50.8	29.3	29.1	29.2	21.0	139.0
7	A2 구체 비건전부	48.4	27.4	28.0	27.7	21.0	131.9
8	P2 교각 비건전부	47.9	27.0	27.8	27.4	21.0	130.5
9	P3 교각 비건전부	58.5	35.5	32.5	34.0	21.0	161.9
10	P4 교각 비건전부	50.4	29.0	28.9	29.0	21.0	138.1
평균값			30.8	29.9	30.4	-	
최대값			35.5	32.5	34.0	-	
최소값			26.6	27.5	27.1	-	



<그림 Ⅱ.3.19> 비파괴시험 결과(하부구조)

㉯ 시험 분석결과

반발경도법에 의한 콘크리트 표면(피복) 강도 조사결과 측정위치에서 모두 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 건전부 및 비건전부에 대하여 비교 시 큰 차이가 없는 것으로 조사되어 현재 강도부족으로 인한 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

단위 : MPa

시험위치		반발경도(A)	설계기준 강도(B)	평가결과 (A/B)X100 (%)	비고
상부 구조	바닥판	27.6 ~ 31.9	27.0	102 ~ 118	양호
	거더	55.1 ~ 59.0	35.0	157 ~ 169	양호
하부구조		27.1 ~ 30.4	21.0	129 ~ 145	양호

㉰ 전회차 정밀점검 결과와 비교

<표 Ⅱ.3.36> 비파괴 강도시험 비교

구분	시험위치		반발경도	설계기준 강도	평가결과 (A/B)X100 (%)
16년 정밀점검	상부 구조	바닥판	27.1 ~ 29.3	27.0	100 ~ 109
		거더	56.8 ~ 58.8	35.0	162 ~ 168
	하부구조		29.2 ~ 30.9	21.0	139 ~ 147
18년 정밀점검 및 금회 성능평가	상부 구조	바닥판	27.6 ~ 31.9	27.0	102 ~ 118
		거더	55.1 ~ 59.0	35.0	157 ~ 169
	하부구조		27.1 ~ 30.4	21.0	129 ~ 145

2016년 정밀점검과의 비교, 분석 결과 측정 위치 및 장비 등의 차이로 인하여 다소 측정차이는 있으나 전차와 동일하게 설계기준강도를 상회하는 것으로 평가되었다.

2) 철근탐사 시험

㉮ 시험 결과

<표 Ⅱ.3.37> 철근탐사 결과

측정위치		철근종류	배근간격(㎜)		순피복두께(㎜)		비고
			설계치	측정치	설계치	측정치	
1	S8 바닥판하면	주철근	125	125	40	40	
		배력철근	150	160	40	55	
2	S1 G5 우측	주철근	200	195	50	48	
		배력철근	193.5	180	50	55	
3	S7 G6 좌측	주철근	200	195	50	51	
		배력철근	193.5	185	50	55	
4	A2 구체	주철근	250	250	100	101	
		배력철근	150	150	100	120	
5	P1 코핑 전면	주철근	150	160	100	103	
		배력철근	250	240	100	115	
6	P7 코핑 전면	주철근	150	160	100	99	
		배력철근	250	240	100	105	

㉯ 철근탐사 결과 분석

철근탐사시험은 콘크리트 내에 배근되어 있는 실제 철근의 배근상태 및 피복두께를 비교·검토하기 위하여 실시하였으며, 본 시험에서는 RC-Radar를 사용하여 바닥판 및 캔틸레버, 거더, 교대 및 교각에 대하여 시험을 수행하였다. 그 결과 철근의 배근간격 및 피복두께는 전반적으로 준공도면과 유사하게 측정된 것으로 분석되었다. 준공도면과의 오차는 시공당시 철근배근작업, 피복두께 유지재의 이동, 철근탐사의 측정오차 등으로 인한 경미한 차이로 철근배근 및 피복두께는 적정한 것으로 판단된다.

3) 탄산화 깊이 측정

㉮ 시험 결과

<표 Ⅱ.3.38> 탄산화 시험 결과

시험위치		탄산화깊이(㎜)	피복두께(㎜)	잔여깊이(㎜)	탄산화 속도계수(A)	잔존수명 예측(년)	상태 등급	비고
상부 구조	S8 바닥판하면	1.2	40.0	38.8	0.32	∞	a	
	S1 G5 우측	2.8	48.0	45.2	0.75	∞	a	
	S7 G6 좌측	2.6	51.0	48.4	0.70	∞	a	
하부 구조	A2 구체	4.2	101.0	96.8	1.12	∞	a	
	P1 코핑 전면	4.4	103.0	98.6	1.18	∞	a	
	P7 코핑 전면	5.2	99.0	93.8	1.39	∞	a	



<그림 Ⅱ.3.20> 탄산화 시험 결과

㉯ 탄산화 시험 결과 분석

탄산화 시험결과 철근탐사를 통해 실측한 최소 피복두께를 고려한 잔여 피복두께를 분석한 결과 30㎜이상인 “a” 등급으로 현재 탄산화에 의한 철근부식 및 내구성 저하 우려는 없을 것으로 판단된다.

㉰ 전회차 정밀점검 결과와 비교

구분	시험위치	탄산화깊이	피복두께	탄산화 잔여깊이	평가
16년 정밀점검	상부구조	1.5 ~ 2.0	40.0 ~ 50.0	37.6 ~ 48.0	a
	하부구조	1.0 ~ 3.2	100	96.8 ~ 99.0	a
금회 점검	상부구조	1.2 ~ 2.8	40.0 ~51.0	38.8 ~ 48.4	a
	하부구조	4.2 ~ 5.2	99.0 ~ 103.0	93.8 ~ 98.6	a

4) 염화물함유량 시험

㉮ 시험 결과

구분				전연화물 함유량(%)	환산염화물 함유량(kg/m3)	상태평가 기준	비고
상부 구조	1	S8 바닥판하면	표면	0.0061	0.138	a	-
			내면	0.0050	0.113	a	-
	2	S1 G5 우측	표면	0.0036	0.081	a	-
			내면	0.0015	0.034	a	-
하부 구조	1	A2 구체	표면	0.0177	0.401	b	-
			내면	0.0107	0.242	a	-



<그림 Ⅱ.3.21> 염화물 시험 결과

㉯ 염화물함유량 결과 분석

유산2교의 누수오염 및 제설제등 염화물함유량이 의심되는 구간을 선정하여 염화물함유량 시험을 실시한 결과 상부구조는 0.034~0.138kg/㎥, 하부구조는 0.242 ~0.401kg/㎥로 콘크리트 표면 1개소에서 "b“ 등급으로 판정되었으나 콘크리트 내면 측정값은 ”a" 등급으로 판정되어 철근부식 가능성이 없는 것으로 분석되었다.

다. 내구성 평가 결과

1) 콘크리트 품질조사 및 시험 결과

㉮ 반발경도에 의한 강도추정

반발경도법에 의한 콘크리트 표면(피복) 강도 조사결과 측정위치에서 모두 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 건전부 및 비건전부에 대하여 비교 시 큰 차이가 없는 것으로 조사되어 현재 강도부족으로 인한 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

㉯ 철근탐사 측정 결과

철근의 배근간격은 전반적으로 준공도면과 유사하게 측정되었다.

㉰ 탄산화시험

탄산화 시험결과 철근탐사를 통해 실측한 최소 피복두께를 고려한 잔여 피복두께를 분석한 결과 30㎜이상인 “a”등급으로 현재 탄산화에 의한 철근부식 및 내구성 저하 우려는 없을 것으로 판단된다.

㉱ 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험결과 상부구조는 0.034~0.138kg/㎥, 하부구조는 0.242~0.401kg/㎥로 콘크리트 표면 1개소에서 "b“ 등급으로 판정되었으나 콘크리트 내면 측정값은 ”a" 등급으로 판정되어 철근부식 가능성이 없는 것으로 분석되었다.

2) 전회차 시험결과와의 비교 분석

본 용역은 2018년 정밀점검 내용을 포함한 제2종 성능평가 용역으로서 2016년 정밀점검 용역과 비교시 측정 항목 및 위치 등이 일부 상이함으로 공통된 시험에 대하여 비교평가 시 미소한 차이는 있으나 전반적으로 유사한 값으로 조사되어 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

3.4 안전성능 평가 결과

3.4.1 상태안전성능 평가 결과

가. 부재별 상태안전성능 평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재			지점 번호	신축 이음	받침	하부구조	
경간 번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석		신축 이음	교량 받침	하부	기초
S1	PSCI	a	b	a	c	c	c	A1	c	b	b	q
S2	PSCI	b	b	a	c	c	c	P1	-	b	b	q
S3	PSCI	b	b	a	c	c	b	P2	-	b	b	q
S4	PSCI	b	a	a	c	c	c	P3	c	b	b	q
S5	PSCI	b	a	a	c	c	b	P4	-	b	b	q
S6	PSCI	b	b	a	c	c	c	P5	c	b	b	q
S7	PSCI	a	b	a	c	c	b	P6	-	b	b	q
S8	PSCI	b	b	a	c	c	d	P7	-	b	b	q
								A2	c	b	b	q
평균		0.175	0.175	0.100	0.400	0.400	0.363	-	0.400	0.200	0.200	-
가중치		15	25	4	4	3	2	-	7	15	25	-
(평균X가중치)/ 가중치합		0.026	0.044	0.004	0.016	0.012	0.007	-	0.028	0.030	0.050	-
1. 환산결함도 점수 =												0.217
2. 상태평가 결과 =												B
결과분석	부재별 상태안전성능 평가는 부재별 중요도를 감안하여 가중치를 차등 적용하여 전체 상태안전성능을 평가 하였으며 외관조사를 통한 상태안전성능평가 결과 환산결함도 점수 0.217의 『B등급』으로 산정되었다.											

나. 상태안전성능 평가 결과

<표 Ⅱ.3.39> 상태안전성능 결과표

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
상태평가 결과		0.217				

현장조사 결과를 반영한 유산2교 상태안전성능 평가결과, 결함도 지수는 “0.217 “, 평가 결과는 ” B “로 평가되었다.

3.4.2 구조안전성능 평가 결과

대상 교량에 대한 구조안전성능 평가는 준공도면 및 현장조사 자료를 이용하여 평가를 진행하였으며, 제반조건 등 검토 자료는 부록에 수록하였다.

가. 내하력 평가 결과

1) 안전성 검토결과

㉮ 강도설계법에 의한 부재검토

① 바닥판 검토결과

<표 Ⅱ.3.40> 바닥판 검토결과

구 분	고정하중단면력 (Md)	활하중단면력 (Mℓ)	계수단면력 (Mu)	공칭단면력 (ØMn)	안전율 (S.F)	비고
캔틸레버측	5.904	15.833	28.258	105.961	3.750	만족
중간바닥판	2.338	23.920	54.467	105.961	1.945	만족

② 거더 검토결과

<표 Ⅱ.3.41> 거더 검토결과

부 재 명	고정하중단면력 (Md)	활하중단면력 (Mℓ)	계수단면력 (Mu)	공칭단면력 (ØMn)	안전율 (S.F)	비 고
외측거더 (G1,G9)	4,109.16	1,605.81	8,794.40	14,594.53	1.660	만족
내측거더 (G2~G8)	4,249.21	343.64	6,262.799	14,637.58	2.337	만족

㈏ 허용응력법에 의한 부재검토

① 응력 집계표

<표 Ⅱ.3.42> 응력 집계표

부 재 명		합성전(MPa)	합성후(MPa)	활하중(MPa)	합 계	비 고
외측거더 (G1,G9)	상연	11.93	0.24	1.24	13.41	
	하연	-10.94	-0.59	-3.07	-14.60	
내측거더 (G2~G8)	상연	12.00	0.31	0.25	12.56	
	하연	-11.00	-0.81	-0.65	-12.46	

② 응력 검토결과(MPa)

<표 Ⅱ.3.43> 응력 검토결과

부 재 명		작용응력(MPa)	프리스트레스	허용응력(MPa)	안전율	비고
외측거더 (G1,G9)	상연	13.41	-5.08	14.00	1.681	OK
	하연	-14.60	16.92	14.00	6.034	
내측거더 (G2~G8)	상연	12.56	-5.08	14.00	1.872	OK
	하연	-12.46	16.95	14.00	3.118	

㈐ 평가 결과

안전율 개념을 적용한 구조안전성능 평가 결과, 안전율이 SF>1.0을 만족하고 있으므로 재하시험에 의한 공용내하력은 적용하지 않았다.

나. 세굴을 포함한 기초 안전성 검토결과

1) 세굴심 평가

㉮ 관련자료 수집

대상 시설물의 세굴심 검토를 위한 자료를 “내사 ~ 이천간 도로확장 및 포장공사, 구조 및 수리계산서, 2004.12”에서 수집하였으며, ‘부록 12 기타 참고자료’에 수록하였다.

㉯ 세굴심 평가

수집된 자료를 적용하여 “하천설계기준 37.3.3, 2002, 한국수자원학회”에 따라 세굴심 평가를 수행하였으며, 자료 수집이 어려운 Froehlich 공식은 제외하고 3가지 방법에 의한 평균 세굴심을 평가하였다.

① CSU 공식

$$\text{세굴심}(y_s) = (2.0\ K_1\ K_2\ K_3\ K_4\ (\frac{a}{y_1})^{0.65}(Fr_1)^{0.43})\ /\ y_1$$

$= (2.0\times1.0\times1.0\times1.1\times1.0\times(2.0/0.2)^{0.65}\times(0.03)^{0.43}\ )/0.2 = 10.88$m

여기서, y_1 = 구조물의 직상류부 수심(0.2m), K_1 = 교각형상에 대한 보정계수(1.0)

K_2 = 흐름입사각에 대한 보정계수(1.0), K_3 = 하상조건에 대한 보정계수(1.1)

K_4 = 하상재료의 크기에 대한 보정계수(1.0), a = 교각의 폭(2.0m)

Fr_1=구조물 설치 직상류부의 Froud수($\frac{v}{\sqrt{gh}} = \frac{0.15}{\sqrt{(9.81\times2.0)}} = 0.03$)

② Laursen 공식

$$\frac{b}{y} = 5.5(\frac{y_s}{y})[(\frac{y_s}{11.5y}+1)^{1.7}-1], \quad \therefore \text{ ys} = 0.67\text{m}$$

여기서, y = 구조물의 직상류부 수심(0.2m)

y_s = 세굴심도(m) b = 교각의 폭(2.0m)

③ Neill 공식

$$\text{세굴심도}(y_s) = (1.5(\frac{b}{y})^{0.3}\ )\ /\ b, \quad \therefore \text{ ys} = 1.50\text{m}$$

여기서, y = 구조물의 직상류부 수심(0.2m)

b = 교각의 폭(2.0m)

㉰ 세굴심 산정

상기 각 공식별 최대 세굴심 산정결과 많은 차이를 보이고 있으므로 크게 차이나는 1번 값을 제외한 두 개 공식의 평균 값(1.09m)을 본 교량의 세굴심으로

적용한다.

㉱ 세굴심 평가 결과

현 수심을 기준으로 하상에 위치한 교각에 대한 세굴심 평가 결과, 세굴심이 기초 상단보다 높게 위치하고 있는 것으로 검토되어 “a” 등급으로 평가되었다.

2) 기초 안전성 평가

세굴심 검토결과, 계산된 세굴심이 기초 상단에 위치하고 있으며 교각하단 주변에 사석보호공이 시공되어 있어 기초 안전성 검토는 생략한다.

다. 구조안전성능 평가 결과

구조해석 결과를 반영한 유산2교 구조안전성능 평가 결과, 결함도 지수 1.00이상으로 평가 결과는 ”A“로 평가되었다.

<표 Ⅱ.3.44> 구조안전성능 평가 결과 산정표

구분	결함도 지수	평가기준	평가 결과	비고
안전율	S.F= 1.660	S.F > 1	A	
기초 안전성	-	-	A	
평가 결과	MIN(내하력, 기초안전성)		A	

3.4.3 안전성능 결과 산정

유산2교에 대한 안전성능 평가 결과, 상태안전성능 “B”, 구조안전성능 “A”로 평가되어 안전성능등급은 아래 표와 같이 “B”로 산정되었다.

<표 Ⅱ.3.45> 안전성능 평가 결과표

구분	결함도 지수	평가 결과	비고
상태안전성능	0.217	B	
구조안전성능	1.660	A	
평가 결과	MIN(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)	B	

3.5 내구성능 평가 결과

3.5.1 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 대상 시설물 현황

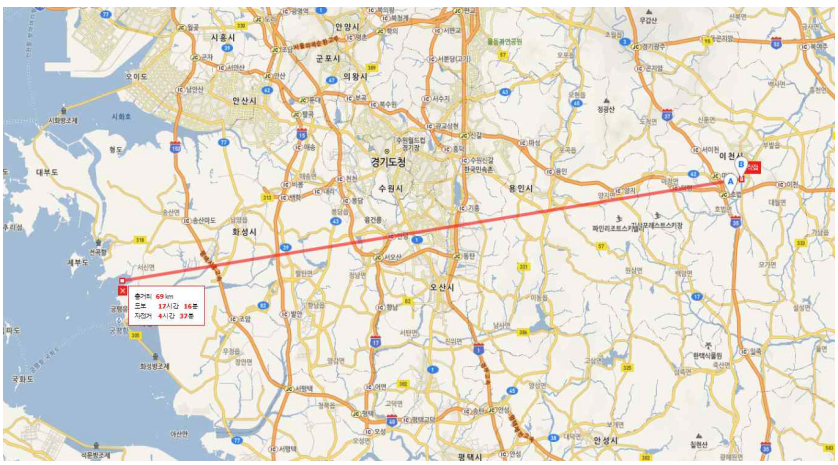
<표 Ⅱ.3.46> 콘크리트 내구성능 시설물 제원

교량 형식		PSC 거더교(PSCI)(도로교)
경간장 및 경간수		3@30 + 2@30 + 3@30 = 240.0m
교폭		19.5m
바닥판의 높이		10.0m
거더갯수		9
2차부재		L=1.3m, 교축방향 10m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
피복두께(바닥판 상면/교대,교각 전면)		40mm~60mm/100mm
공용연수		15년
환경조건	지역	경기도 이천시
	해안 이격거리	서해안으로부터 69 km
	연간 젖음 시간(일)	75.73일
	제설제(강설횟수)	12.0일

나. 열화환경 평가

1) 대상교량은 해상교량이 아니라, 해안내륙에 위치한 교량이므로 해안거리에 따른 염해환경을 평가한다.

2) 대상교량은 서해안에 위치하기 때문에 해안거리(69.0 km)에 따른 서해안의 비래염분 염해환경은 A등급으로 평가된다.



3) 인접한 경기도 수원지역의 10년간 평균 강설 일수는 12.0일로 제설제 염해환경은 b 등급으로 평가된다.



4) 또한, 해당지역의 동결융해 반복지수 X는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우, 13.36회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 75.73회로서 동결융해 환경은 C등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우도 동결융해 싸이클이 연평균 13.36회로서 동결융해의 피해를 입을 수 있음을 확인된다.

<표 Ⅱ.3.47> 수분접촉 일수표

지점명	주소	지점 번호	동결융해 싸이클수 (회/연평균)	
			일반부재 (수분미접촉)	취약부재 (수분접촉)
이천	경기도 이천시 신하리	203	13.36	75.73

다. 열화진전 평가

염화물 침투량 시험은 책임기술자 판단에 따라 실시하도록 규정하고 있으며, 본 구조물에서는 바닥판 상면 1개소, 거더 1개소, 교대 1개소에서 분말 시료를 채취하여 시험을 실시하였다.

대상 교량의 피복두께는 바닥판 40㎜, 거더 48㎜, 교대 101㎜이며, 시료 채취표면부와 내면부로 구분하여 깊이별 측정결과를 확보하였다.

1) 염화물 침투량 평가

<표 Ⅱ.3.48> 염화물 침투량 평가 결과

열화진전 평가항목	세부 부재명	깊이별 염화물 침투량 (㎏/㎥)		평가 결과
		표면부	내면부	
염화물 침투량	바닥판	0.138	0.113	a
	거더	0.081	0.034	a
	2차부재	-	-	-
	교대/교각	0.401	0.242	a

2) 염화물 확산계수 산출

<표 Ⅱ.3.49> 염화물 확산계수 산출

열화진전 평가항목	세부 부재명	깊이별 염화물 확산계수 (㎠/year)	
		표면부	내면부
염화물 침투량	바닥판	-	0.168
	거더	-	0.102
	2차부재	-	
	교대/교각	-	0.139

3) 철근부 전염화물 침투량이 2.5(㎏/㎥)가 되는 시점 평가

<표 Ⅱ.3.50> 철근부 전염화물 침투량이 2.5(㎏/㎥)가 되는 시점 평가 결과

열화진전 평가항목	세부 부재명	계산 결과 (year)	평가결과
철근부 전염화물 침투량 Cr이 2.5(㎏/㎥)가 되는 시점	바닥판	30년 초과	a
	거더	30년 초과	a
	2차부재	-	-
	교대/교각	30년 초과	a

4) 염화물량 등급 평가

<표 Ⅱ.3.51> 철근부 염화물량 등급 평가

세부 부재명	염화물 침투량 평가 등급
바닥판	a
거더	a
2차부재	-
교대/교각	a

라. 탄산화 깊이 평가

1) 대상 교량은 5경간 이상으로 측정 개소는 상부/하부에서 총 5개소를 측정하였다.

2) 각 부재별로 탄산화 깊이를 평가하며, 1개 세부부재 내에서는 개별 평가등급 중 최저등급을 대상부재의 탄산화 깊이에 대한 평가등급으로 한다.

<표 Ⅱ.3.52> 탄산화 깊이 평가

열화진전 평가항목	시험위치	탄산화 깊이(㎜)			탄산화 속도계수			잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간(T)			개별등급			평가
		No1	No2	No3	No1	No2	No3	No1	No2	No3	No1	No2	No3	
탄산화 깊이	바닥판	1.2	-	-	0.32	-	-	30년 초과	-	-	a	-	-	a
	거더	2.8	2.6	-	0.75	0.70	-	30년 초과		-	a	a	-	a
	2차부재	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	교대/교각	4.2	4.4	5.2	1.12	1.18	1.39	30년 초과			a	a	a	a

마. 피복(표면부) 콘크리트의 품질 평가

피복(표면부) 콘크리트의 품질은 대상 교량의 상·하부 구조에서 건전부 및 비건부에 대해서 반발경도법에 의한 강도 조사를 실시하였다.

<표 Ⅱ.3.53> 피복(표면부) 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	부재 그룹명	세부 부재명		설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/건전부 비율(%)	개별 평가등급		평가 결과
피복 콘크리트의 품질	상부	바닥판		111	96	a	a	a
		거더		165	94	a	b	b
		2차부재		-	-	-	-	-
	하부	교대/교각	A1	134	108	a	a	a
			P1	158	-	a	-	
			P2	130	-	a	-	
			P3	136	-	a	-	
			P4	131	-	a	-	
			P5	162	-	a	-	
			P6	-	-	-	-	
			P7	156	-	a	-	
			A2	137	93	a	b	

바. 콘크리트 내구성능 평가 결과

<표 Ⅱ.3.54> 콘크리트 내구성능 평가 결과

부재 그룹	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재등급	결함도 지수
상부	바닥판(35)	a	a	a	a	0.10
	거더(38)	b	a	a	a	0.13
	2차부재	-	-	-	-	-
하부	교대/교각(27)	a	a	a	a	0.10
		결함도지수	(0.1 * 35 + 0.13 * 38 + 0.1 * 27) / 100 = 0.11			
		등 급	A			

<표 Ⅱ.3.55> 열화환경지표 평가 결과

열화환경지표		평가등급
제설제 염해환경		B
비래염분 염해환경	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	A
동해환경		C

3.5.2 종합내구성능 평가 결과

<표 Ⅱ.3.56> 종합내구성능 평가 결과

결함도 평가부재	내구성능 등급	결함도 지수	가중치	평점
콘크리트	A	0.11	1.0	0.11
합 계				0.11
능원교 종합내구성능 등급				A

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
종합내구성능 평가 결과	0.11					

대상 시설물에 대한 콘크리트 내구성능평가 결과, 결함도 지수는 “0.11”, 평가 결과는 “A”로 평가되었다.

3.6 사용성능 평가 결과

3.6.1 성능지표별 평가 결과

가. 사용성 평가

1) 포장상태 평가

대상 교량의 포장상태 평가 지수인 NHPCI는 아래 식을 이용하여 산정한다.

$$NHPCI = \frac{1}{(0.33 + 0.003 \times X_{CR} + 0.004 \times X_{RD} + 0.0183 \times X_{IRI})^2}$$

여기서 , X_{CR} : 균열률(%)

X_{RD} : 소성변형(mm)

X_{IRI} : 종단평탄성(m/km)

<표 Ⅱ.3.57> NHPCI 분석 결과표

시설물명	호선	조사연장 (km)	평 균			NHPCI	평가 등급
			균열율 (%)	종단평탄성 (IRI)	소성변형 (RD)		
유산2교	42	5.36	12.00	2.33	9.64	3.29	d

※ 대상 교량에 대한 NHPCI평가를 위한 지수자료는 「세부지침-성능평가-교량편」에 따라 “2016 도로포장관리시스템(한국건설기술연구원,2017.04)”의 대상 교량 인근자료를 활용하였음.

2) 교량 조명

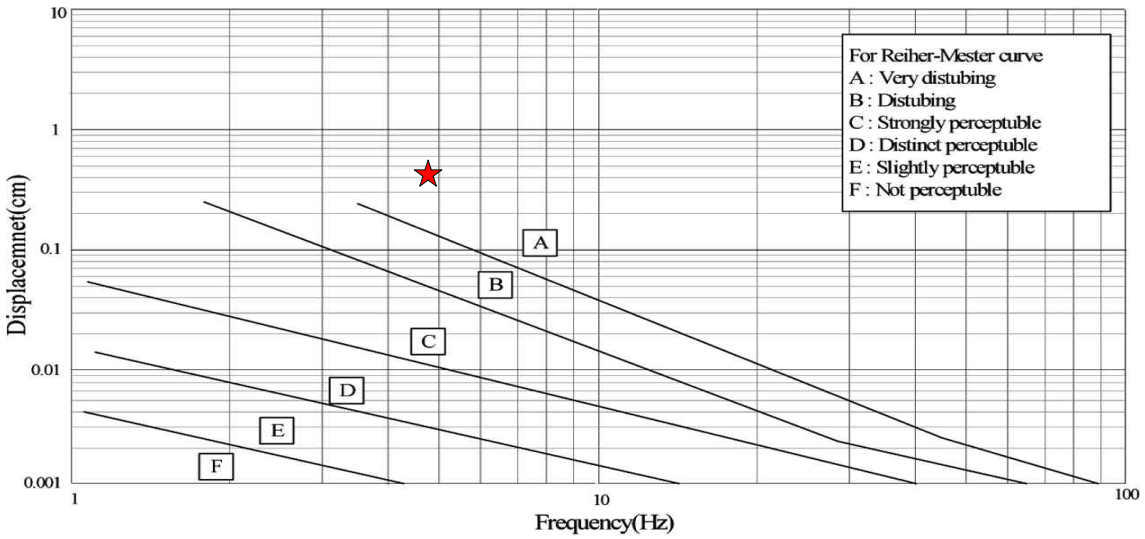
교량 조명시설이 설치되어 있지 않으므로 교량 조명의 성능평가는 미 실시함.

3) 진동사용성

재하시험을 통한 진동사용성 평가 결과, 아래와 같이 최대 처짐값 0.404, 고유진동수 4.959에 해당하는 구간은 A구간으로 나타났으며, e등급(매우 불안감이 조성되는 상태)으로 평가되었다.

<표 Ⅱ.3.58> 처짐 및 고유진동수 측정 결과표

구분	처짐	고유진동수	평가등급
	DT1		
유산2교	0.404	4.959	e



<그림 Ⅱ.3.22> Reiher-Meister(1931)의 허용곡선

나. 유지관리성 평가

1) 점검시설

<표 Ⅱ.3.59> 점검시설 평가 결과표

시설 물명	교각 개소수	설치유무		설치상태				평가 등급
		설치 개소수	점검시설 설치율(%)	수리필요 개소수	수리 필요율(%)	교체필요 개소수	교체 필요율(%)	
유산2교	7	5	71	1	20	0	0	c

다. 수요 및 용량 평가

1) 교통량

<표 Ⅱ.3.60> 교통량 평가 결과표

시설물명	수요예측(대)	수요실제(대)	비율(%)	평가등급
유산2교	48,551	30,166	100이상	a

※ 유산2교 수요예측 교통량은 “국도42호선 장록교차로(평면교차로 변경)공사실시설계 종합보고서”를 참조하였으며, 관련자료를 부록에 수록하였다.

3.6.2 사용성능 평가 결과

대상 교량에 대한 최종 사용성능평가 결과, 아래 표와 같이 D등급으로 산출되었다.

<표 Ⅱ.3.61> 사용성능 평가 결과표

성능 구분	특징	세부지표 종류	가중치	평가결과	등급점수	결함지수
사용 성능	사용성	포장상태	0.247	d	0.7	0.173
		교량조명	0.150	-	-	0.000
		진동사용성	0.202	e	1.0	0.202
기능성	유지관리성	점점시설유무	0.206	c	0.4	0.082
	수요및용량	교통량	0.195	a	0.1	0.020
				결함도지수		0.477
				등급		C

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
상태평가 결과				0.477		

대상 시설물에 대한 사용성능평가 결과, 결함도 지수는 “0.477”, 평가 결과는 “C”로 평가되었다.

3.7 종합성능평가 결과

3.7.1 항목별 평가 결과

가. 안전성능 평가 결과

<표 Ⅱ.3.62> 안전성능 평가 결과표

구분	결함도 지수	평가 결과	비고
상태안전성능	0.217	B	
구조안전성능	1.660	A	
평가 결과	MIN(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)	B	

나. 내구성능 평가 결과

<표 Ⅱ.3.63> 내구성능 평가 결과표

결함도 평가부재	내구성능 등급	결함도 지수	가중치	평점
콘크리트	A	0.11	1.0	0.11
합 계				0.11
유산2교 종합내구성능 등급				A

다. 사용성능 평가 결과

<표 Ⅱ.3.64>사용성능 평가 결과표

성능 구분	특징	세부지표 종류	가중치	평가결과	등급점수	결함지수
사용 성능	사용성	포장상태	0.247	d	0.7	0.173
		교량조명	0.150	-	-	0.000
		진동사용성	0.202	e	1.0	0.202
기능성	유지관리성	점점시설유무	0.206	c	0.4	0.082
	수요및용량	교통량	0.195	a	0.1	0.020
				결함도지수		0.477
				등급		C

3.7.2 종합성능등급 산정 결과

<표 Ⅱ.3.65> 종합성능등급 산정 결과표

시설물 종합성능등급 결과 산정표			
시설물명	유산2교		
평가항목	성능별 결함도 점수	평가등급	성능간 가중치
안전성능 평가	0.217	B	0.68
내구성능 평가	0.110	A	0.21
사용성능 평가	0.477	C	0.11
종합성능등급 산정 결과	= 0.217 × 0.68 + 0.11 × 0.21 + 0.477 × 0.11 = 0.223 ∴ B등급		

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
종합성능 평가결과	0.223					

대상 시설물에 대한 항목별 평가 결과 및 각 성능간 가중치를 적용한 종합성능등급 산정 결과, 결함도 지수는 “0.223” 종합성능 평가 결과는 “B”로 산정되었다.

제4장 이동교(상)

4.1 시설물 현황

4.2 자료수집 및 분석 결과

4.3 현장조사 및 시험 결과

4.4 안전성능 평가 결과

4.5 내구성능 평가 결과

4.6 사용성능 평가 결과

4.7 종합성능등급 산정 결과

제 4 장 이동교(상)

4.1 시설물의 현황

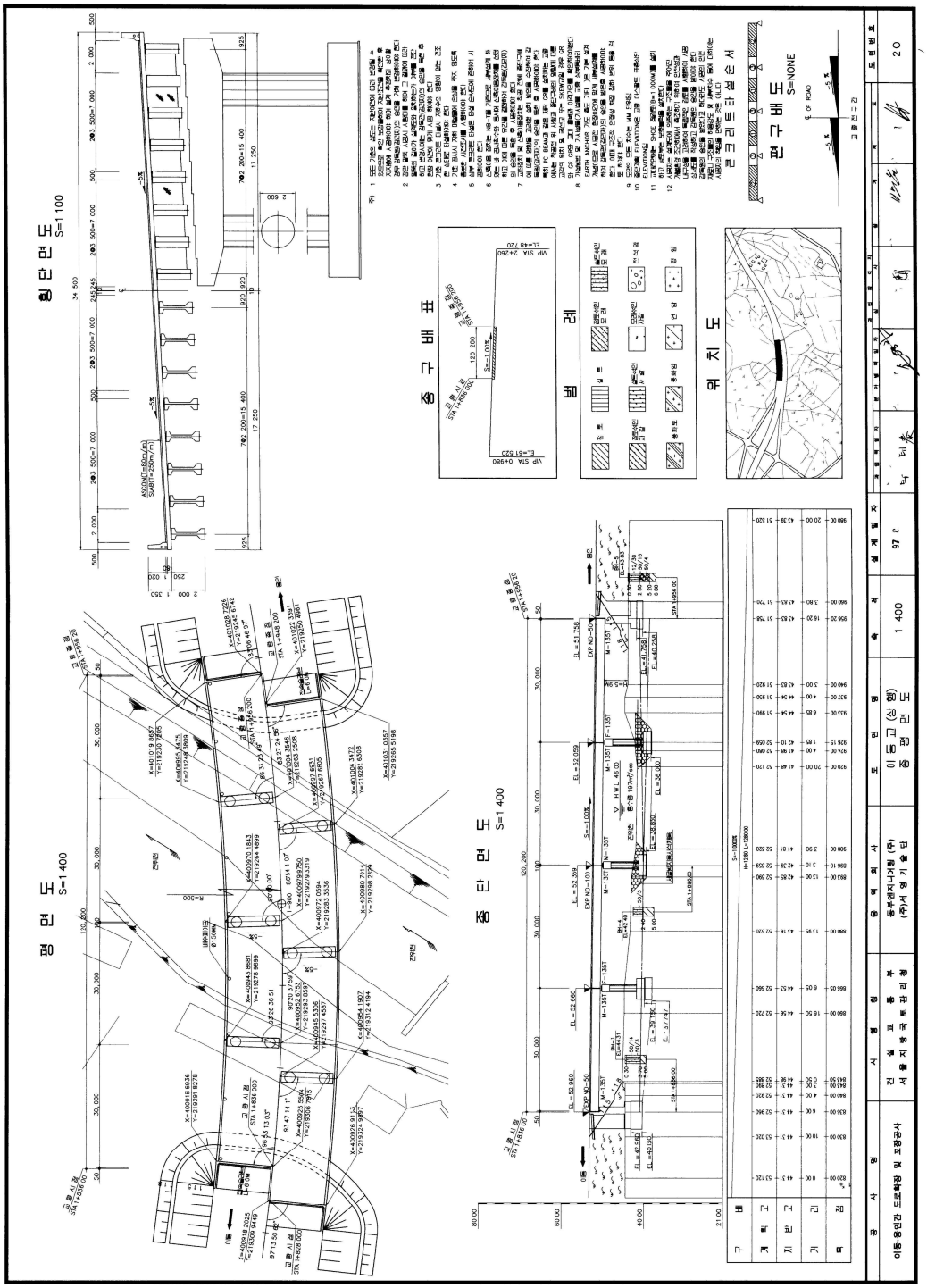
4.1.1 시설물의 현황

가. 대상 시설물 개요

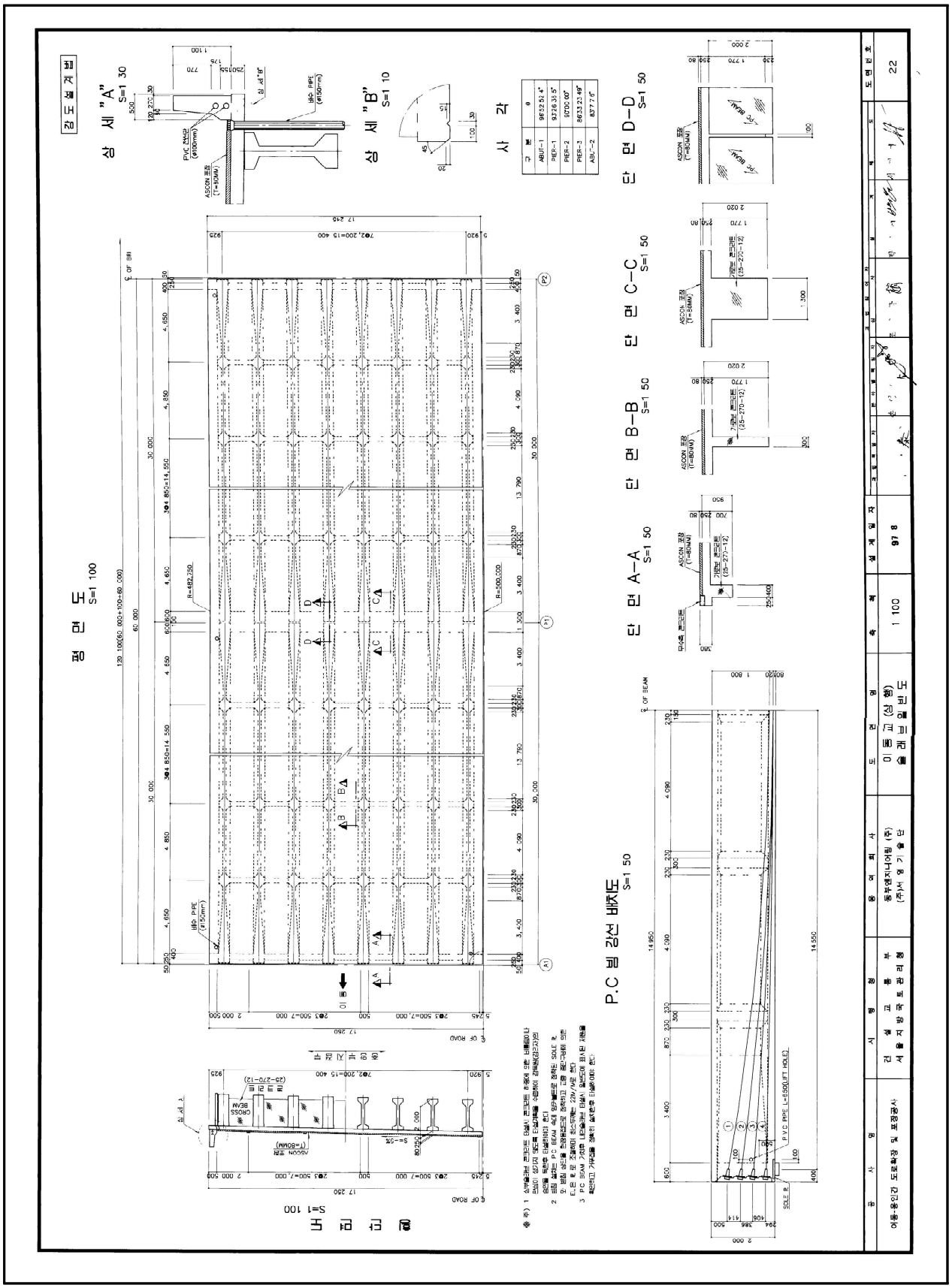
작성일 : 2019년 03월 17일

<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>이동교(상)</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2005-0000269</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년도</td><td>2004년 12월 30일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">위 치</td><td colspan="4">경기도 안성시 양성면 난실리 375-1</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24, DL-24</td><td>노선명(이정)</td><td colspan="2">국도 45호선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L= 120.0m (2@30.0 + 2@30.0 = 120.0m)</td></tr>
<tr><td>폭(유효폭)</td><td colspan="4">B= 17.3m(편도 4차선)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>PSCI BEAM</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td>확대기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대 : 역 T형
교각 : 라멘형</td><td>교각</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">받침장치</td><td>탄성받침</td><td colspan="2">신축이음장치</td><td>NB Joint(A1, A2)
Rail Joint(P2)</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(하천, 교량)</td><td>진위천, 도로(양성로)</td><td colspan="2">교차하천
최고수심</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타</td><td colspan="4">-</td></tr>
</table>

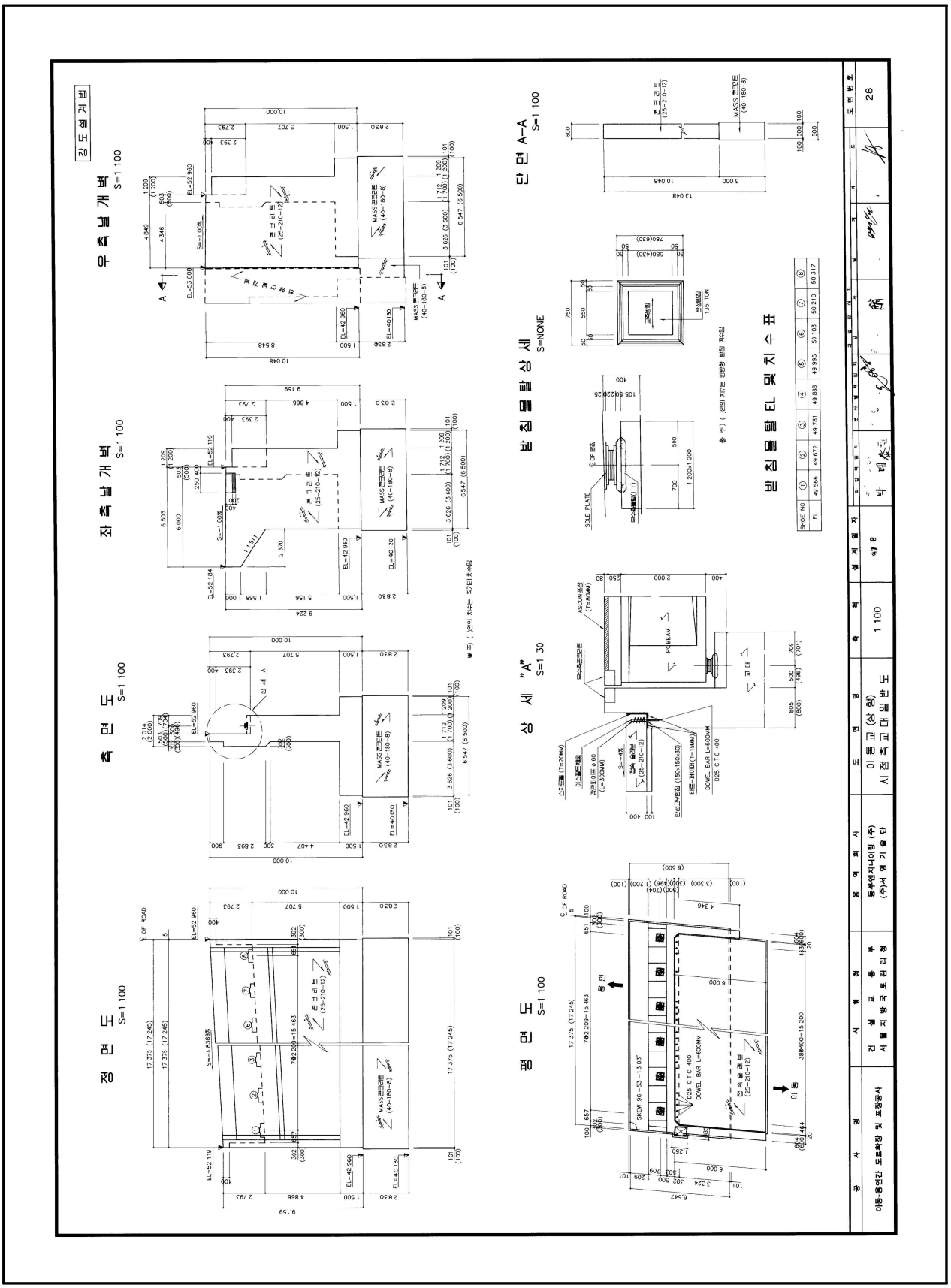
나. 주요도면



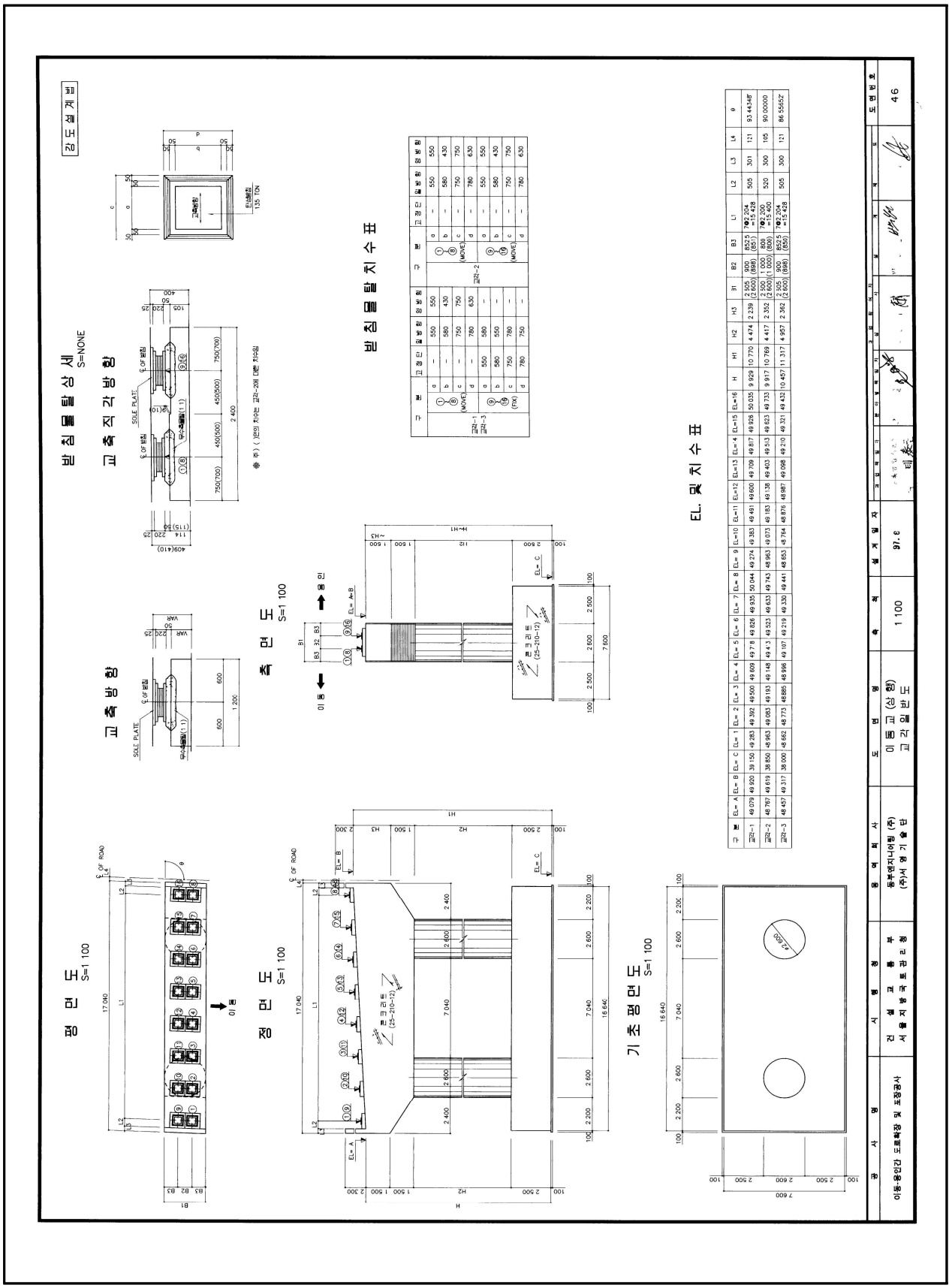
<그림 Ⅱ.4.1> 이동교(상) 종·평면도



<그림 Ⅱ.4.2> 이동교(상) 평면도



<그림 Ⅱ.4.3> 이동교(상) 교대 일반도



<그림 Ⅱ.4.4> 이동교(상) 교각 일반도

4.1.2 시설물 이력

가. 성능평가 이력사항

대상 교량인 이동교(상)에 대한 성능평가용역은 시설물에 대한 성능평가 과업이 최초로 도입된 2018년 1월 18일 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법” 시행 이후 최초로 실시되는 성능평가 용역이므로 이전에 실시된 이력은 없는 것으로 확인되었다.

나. 점검 및 진단 이력사항

이동교(상)는 2004년 12월 준공 이후부터 2018년 하반기 정기점검까지 주기적인 정기안전점검, 정밀안전점검을 실시하였으며, 주요 내용은 다음과 같다.

점검기간	점검종류 및 점검기관	상태등급	점검 · 진단결과
2005.07.13	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2005.10.31	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2006.03.21~2006.05.19	정밀점검 케이에스엠기술(주)	B등급	·교면포장면 마모, 바닥판 하면 균열, 신축이음 균열등
2006.06.23	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2006.11.22	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2007.05.23~2007.06.07	정기점검 자체수행	양호	·포장균열 및 재료분리
2007.12.06	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2008.06.05	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2008.06.09~2008.08.08	정밀점검 엔이티엔지니어링(주)	B등급	·포장면 균열 및 바닥판 하면 균열, 배수구막힘, 주형 및 가로보균열, 교대누수, 교각 균열 등의 손상이 발생
2008.11.04	정기점검 자체수행	양호	·바닥판 하면, 주형, 가로보 균열 발생
2009.06.02	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2009.11.15	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음

점검기간	점검종류 및 점검기관	상태 등급	점검 · 진단결과
2010.03.11~2010.06.08	정밀점검 (주)이지 엔지니어링	B등급	·전반적으로 양호한 상태이나, 중차량 및 통행량 증가에 의한 교면포장의 균열 및 집중호우 후 포장 취약부에 중차량 통행에 의한 포트홀이 발생된 상태로 포장손상의 경우 2차적으로 교면방수층 및 슬래브에 손상을 유발시킬 수 있으므로 보수를 실시하여 구조물의 내구성을 확보하는 것이 바람직하다.
2010.06.23	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2010.12.08	정기점검 자체수행	양호	·포장면 균열, 난간 방호벽 열화, 누수(신축이음 고무재 파손)
2011.06.21	정기점검 자체수행	양호	·포장면 균열, 난간 방호벽 열화, 누수(신축이음 고무재 파손)
2011.12.20	정기점검 자체수행	양호	·포장면 균열, 난간 방호벽 열화, 누수(신축이음 고무재 파손)
2012.03.20~2012.06.17	정밀점검 (주)평화 엔지니어링	B등급	·콘크리트 비파괴 조사를 통한 정밀점검 결과 시공중과 공용중에 발생되었을 것으로 추정되는 손상 및 결함이 조사되었으며 점검일 현재 안전에 문제될 만한 결함 발생은 없는 것으로 조사되었다. 따라서 결함이 발생된 부위에 대하여는 시설물의 안전성과 내구성에 미치는 영향을 종합적으로 판단하여 보수 · 보강 방법과 유지관리 방안을 제시하였다.
2012.05.01~2012.06.30	정기점검 자체수행	양호	·교면포장(균열, 망상균열, 포트홀), 연석난간(방호벽 열화), 신축이음(후타재 균열), 교대, 교각(균열, 체수, 망상균열)
2012.11.01~2012.12.31	정기점검 자체수행	양호	·교면포장(균열, 망상균열, 포트홀), 신축이음(후타재 균열), 교량받침(몰탈 균열)
2013.05.01~2013.06.30	정기점검 자체수행	양호	·13년 조치예정, 지속관찰
2013.11.01~2013.12.31	정기점검 자체수행	양호	·14년 조치예정, 지속관찰
2014.01.01~2014.06.30	정기점검 자체수행	양호	·14년 조치예정, 지속관찰
2014.05.12~2014.08.09	정밀점검 대진컨설턴트 주식회사	B등급	·전반적으로 구조물의 안전성에 영향을 미치는 손상은 없는 양호한 상태 ·교면포장 아스콘균열, 망상균열, 마모, 포트홀 ·배수시설 배수관망실, 배수관길이부족 ·난간및연석철근노출,점검로덮개변형 ·바닥판하면균열(0.3㎜미만,이상),파손 ·거더및가로보균열(0.3㎜미만),인양홀주변파손 ·신축이음유간부이물질퇴적,후타재균열 ·교량받침도장박리및부식,받침몰탈균열,받침콘크리트균열 ·하부구조균열(0.3㎜미만),누수흔적,망상균열,이물질적치및무단점유,침식
2014.07.01~2014.12.31	정기점검 자체수행	양호	·15년 조치예정, 지속관찰
2015.04.01~2015.06.30	정기점검 자체수행	양호	·15년 하반기 조치예정, 지속관찰

점검기간	점검종류 및 점검기관	상태 등급	점검 · 진단결과
2015.10.01~2015.12.31	정기점검 자체수행	양호	·16년 조치예정, 지속관찰
2016.04.01~2016.06.30	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상없음
2016.06.13~2016.11.19	정밀점검 영동이엔지(주)	B등급	·구조적으로 문제가 될 정도의 손상은 없는 것으로 조사되었으며, 주요 손상으로는 A1, A2신축이음 누수(노후화), 교면포장 일부구간 망상균열, 종방향 시공이음부 균열, 부분적인 포트홀, 패임, 파손, 보수부 변형 등, 방호벽 콘크리트 표면보수재 망상균열, 중분대 가드레일 국부 변형, 교면 배수구 막힘, 배수관 길이부족 1개소, 배수관 망실 1개소, 바닥판 하면 미보수 건조수축균열, 국부 균열부 백태, 상,하행 접속부 박리, 균열, 거더 복부 균열, 가로보 균열, 교량받침 콘크리트 및 몰탈 균열,받침 Plate 표면부식, 도장박리, 하부구조 균열(폭 0.2mm), 국부적 백태(균열부) 등의 손상이 조사되었다. 콘크리트 비파괴시험(콘크리트 강도, 탄산화 시험) 결과 내구성의 문제는 없는 것으로 조사되었다.
2016.10.01~2016.12.31	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상없음
2017.04.01~2017.06.30	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상없음
2017.10.01~2017.12.31	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상없음
2018.04.01~2018.06.30	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상없음
2018.06.28~2018.09.18	정밀점검 다윤이엔씨(주)	B등급	·교면포장 : 포장패임, 보수부소성변형, 시공이음불량, 포장망상균열 및 마모 ·난간 및 연석 : 가드레일 변형, 점검로 덮개변형, 보수부망상균열 ·바닥판하면 : 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 박락, 백태 ·거더 및 2차부재 : 재료분리, 망상균열, 백태, 균열(0.3mm미만) ·교대 및 교각 : 이격, 누수흔적, 망상균열, 박리, 파손, 재료분리 등 ·신축이음 : 유간이물질퇴적, 후타재파손, 본체부식 및 유간이물질퇴적 ·교량받침 : 맏침몰탈균열, 받침플레이트 부식, 솔 플레이트 도장박리 및 부식 등 ·배수시설 : 배수구막힘, 배수관 길이부속, 배수관부식
2018.10.01~2018.12.31	정기점검 자체수행	양호	·지속관찰

다. 보수·보강 이력사항

시설물관리대장 검토 및 현장조사 결과 확인된 유지보수 이력은 다음과 같다.

<표 Ⅱ.4.1> 이동교(상) 보수/보강 이력

번호	공사명	공사기간	구분	부위	공사금액/내역	시공	비고
1	국도38호선 행죽교외 44개소 교면포장 보수공사	2011.08.16 ~ 2011.11.13	보수	-	268,660천원	(주)동일이앤씨	
2	관내 도로시설물 정비공사	2013.06.24 ~ 2013.10.21	보수	-	소파보수 983,998천원	일원건설(주)	
* 시설물정보관리종합시스템(FMS)상에 부재, 부위별 보수·보강 이력사항이 상세히 기록되지 않은 상태인바, 이에 대한 보완이 필요한 상태이다.							

4.2 자료수집 및 분석 결과

4.2.1 자료수집현황

과업대상 교량인 이동교(상)는 2004년 12월 30일에 준공된 일반국도45호선상의 도로교량이며, 교량 상부 구조 형식은 PSCI Beam, 설계하중 DB-24, 총 연장 120.0m, 최대경간장 30.0m, 교폭 17.3m, 2종 시설물로 검토되었다.

이동교(상)는 1997년 12월 01일 이후 준공되어 관리주체의 설계도서 보전 및 설계도서 사본 공단제출 대상 시설물로 확인되었다.

<표 Ⅱ.4.2> 자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계도서	o 공통 - 준공내역서, 공사시방서, 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서, 기타 특이사항 보고서	- 보유	대상 제출
	o 설계도면 - 교량 및 복개구조물 - 위치도, 평면도, 단면도(종.횡), 상·하부 구조물도, 빔상세도, 신축이음, 교량받침 상세도	- 보유	대상 제출
시설물 관리대장	o 기본현황 o 상세제원 o 유지관리 이력	- 기록 관리됨.	FMS
시공관련 자료	o 시공관련자료 o 품질관리 관련자료 - 재료증명서, 품질시험기록, 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 o 사고기록	- 미확인	대상 미제출
안전점검 및 정밀안전진단 자료		- 기록 관리됨.	FMS
보수·보강 자료		- 기록 관리됨.	FMS

4.2.2 기존 점검 및 진단 실시결과

이동교(상)는 2004년 12월 준공된 2종 시설물로서 「시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 의거 주기적인 점검, 진단을 실시하고 있으며, 기존 정기안전점검, 정밀안전점검 실시결과 이력은 본 보고서 “제2편 제1장 대상시설물 현황, 1.2 시설물 이력사항”에 수록하였다.

이동교(상)는 최초로 실시되는 성능평가 용역으로 기존 실시이력이 없으므로 보고서 작성 기준 최근 2018년 09월 실시된 ‘국도43호선 능원교 등 4개교 정밀안전점검 용역’ 중 시행되었으며, 주요 내용은 다음과 같다.

가. 전차 성능평가 결과 요약

최초로 실시되는 성능평가 용역으로 이전자료가 없음.

나. 전차 정밀안전점검 결과 요약

<표 Ⅱ.4.3> 전차 정밀안전점검 부재별 외관조사 결과

부재	외관조사 결과	비고
바닥판	·균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상) ·박락 ·백태	
PSCI	·균열(0.3㎜미만) ·재료분리 ·누수흔적	
가로보	·균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상) ·누수흔적	
교대 및 교각	·균열(0.3㎜미만), 망상균열 ·박리, 파손, 재료분리 ·누수흔적 ·실런트 열화 ·보호블럭 탈락	
교량받침	·본체 부식 및 도장탈락 ·받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	

부재	외관조사 결과	비고
신축이음	·본체 부식 ·유간토사퇴적 ·후타재 균열, 후타재 파손	
교면포장	·시공이음균열, ·망상균열, 마모 ·패임 및 소성변형	
배수시설	·배수구 막힘 ·배수관 길이부족, 배수관 부식, 배수관 교체 필요	
방호시설	·망상균열 ·점검로 덮개 변형 ·가드레일 변형	

<표 Ⅱ.4.4> 전차 정밀안전점검 재료시험 결과

구분	재료시험 결과			
콘크리트 강도 (MPa)	시험부재	측정강도	설계강도	비고
	바닥판	26.4~28.4	27.0	양호
	교대, 교각	24.8~28.5	21.0	양호
탄산화 시험	시험부재	측정치(㎜)	잔여피복(㎜)	평가기준
	바닥판	3.8~4.5	37.2~44.7	a
	교대,교각	3.7~4.78	39.2~99.3	a

<표 Ⅱ.4.5> 전차 정밀안전점검 종합평가 및 안전등급 산정 결과

구 분	상태평가 결과	안전성평가 결과			종합평가 결과	안전 등급
		안전율	공용내하력	안전성평가 결과		
이동교(상)	B(0.204)	-	-	-	B	B

4.2.3 성능평가를 위한 자료수집 현황

가. 안전성능 평가를 위한 자료수집 현황

1) 상태안전성능 평가

금차 상태안전성능 평가를 위한 기초자료는 최근 실시된 ‘국도43호선 능원교 등 4개교 정밀안전점검 용역’의 현장조사 결과자료를 기초로 하여 실시한 현장조사 결과를 이용하여 평가하였다.

2) 구조안전성능 평가

금차 구조안전성능 평가를 위한 기초자료는 FMS에 등재된 설계자료(구조계산서 등)을 이용하여 평가하였다.

나. 내구성능 평가를 위한 자료수집 현황

1) 콘크리트 내구성능 자료수집 현황

㉮ 피복콘크리트 시험 자료 수집현황

최근 실시된 ‘국도43호선 능원교 등 4개교 정밀안전점검 용역’의 반발경도 시험 자료 및 금회 실시한 시험자료를 종합하였다.

㉯ 콘크리트 탄산화 시험자료 수집현황

최근 실시된 ‘국도43호선 능원교 등 4개교 정밀안전점검 용역’의 반발경도 시험 자료 및 금회 실시한 시험자료를 종합하였다.

㉰ 콘크리트 염화물 시험자료 수집현황

최근 실시된 ‘국도43호선 능원교 등 4개교 정밀안전점검 용역’은 염화물 시험이 미실시되어 금회 실시한 시험자료를 활용하였다.

㉱ 염해환경 관련 자료 수집현황

① 해안까지의 거리 : 인터넷 포털사이트(네이버) 지도 이용

② 강설횟수 : 기상청 자료 이용(기후자료개방포털)

㉲ 동해환경 관련 자료 수집현황

① 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량 : 기상청 자료수집 이용(기후자료개방포털)

다. 사용성능 평가를 위한 자료수집 현황

1) 포장상태 자료 수집현황 : 2016년 시행한 PES 자료 활용

2) 교량조명 자료 수집현황 : 금회 측정 자료 활용

3) 진동사용성 자료 수집현황 : 금회 측정 자료 활용

4) 교통량 자료 수집현황

㉮ 수요예측 : 시설물정보관리 종합시스템(실시설계보고서, 교통량) 자료 활용

㉯ 수요실제 : 교통량정보제공 시스템 자료 활용

4.2.4 용도변경 및 내진설계 여부

이동교(상)는 일반국도45호선상의 도로교량이며, 시설물의 용도변경 없이 공용되고 있는 것으로 확인되었다.

이동교(교)는 FMS 자료 확인결과, 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

4.2.5 자료분석 결과 요약

이동교(상)는 기존 점검 자료에 대한 검토 결과, 시설물의 안전을 저해하는 중대결함이 없는 것으로 검토되었다.

능원교는 공용기간 중 주기적인 점검을 통하여 조사, 확인된 부재 결함(손상)에 대한 보수·보강을 시행하는 등 유지관리가 적정하게 시행된 것으로 판단되며, 최근 정밀안전점검 결과 **안전등급 B등급**을 유지하고 있는 것으로 검토되었다.

4.3 현장조사 및 시험 결과

4.3.1 개요

이동교(상) 성능평가에 대한 현장조사 및 시험은 본 용역 착수 후 현장답사를 통해 시설물의 현황 및 현장조건을 파악하고 과업수행계획서와 사전검토보고서를 작성하여 세부수행 계획을 수립하였다.

교량의 소재지는 경기도 안성시 양성면 난실리 일원이며 진위천 및 양성로를 횡단하고 있다.

본교 상부구조는 PSCI Beam으로 시공되어져 있으며 하부구조는 역T형 교대 및 라멘식 교각으로 구성되어 있다.

외관조사는 사전에 기존 점검 용역 보고서의 중점점검사항, 접근방법, 관련기관 협조요청, 외관조사망도 등을 충분히 숙지한 후 손상내용 확인 및 보수부 확인, 새로운 결함 발생 여부에 중점을 두고 조사하였다. 특히, 교량의 안전성에 영향을 미치는 구조적인 결함의 유무를 중점적으로 확인하였으며, 점검대상 부위는 정밀조사를 실시하기 위하여 고소작업차, 사다리 등의 접근장비 및 도구를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 균열폭 측정 및 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인하였다.

현장조사 및 재료시험은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 교량편)(국토교통부, 한국시설안전공단 2019. 01)』 및 발주기관에서 제공된 과업내용서에 의거하여 수행하였으며 교량의 성능평가 및 유지관리 전략을 제안하는 기초자료로 사용하였다.

가. 현장조사 수행현황

1) 현장조사 일자 및 내용

<표 Ⅱ.4.6> 현장조사 일자 및 내용

조사일자	조사내용	조사방법	조사자
2018. 12.19	현장답사, 외관조사 계획수립	도보	사업책임기술자 외 4인 및 현지보조인부 3인
2019. 01.14 ~ 2019.01.15	1차 외관조사 (교면포장, 신축이음 및 하부구조 등)	도보 및 사다리	
2019. 2.18 ~ 2019. 2.19	2차 외관조사 (바닥판하면, 거더 외부 및 교량받침 등)	고소작업차, 도보조사	

2) 현장조사 방법

외관조사는 구조물의 각 형식별, 부재별로 조사를 시행하였으며, 조사결과를 성능평가의 기초자료로 활용하였다.

㉮ 능원천에 위치한 상부 및 하부구조 조사는 조사자 안전교육 시행 후 고소작업차 및 사다리 등을 이용하여 외관조사 및 내구성조사를 수행하였다. 육상구간은 고소작업차, 사다리 및 도보에 의한 조사를 수행하였다.

㉯ 교각 점검로 설치된 구간은 도보로 조사를 수행하였다.

㉰ 사용성능 평가를 위해 통행량이 많은 시간 때를 고려하여 교량의 처짐 및 고유진동수를 측정하였다.

㉱ 외관조사시 발견된 손상이나 결함은 구조물 외관 및 외관조사망도에 위치, 크기, 종류, 형태 등을 측정하여 상세히 기록하였으며, 결함 및 손상에 대해서는 현장에서 진행여부를 판단할 수 있도록 시·종점 및 폭을 분필을 이용하여 점검년도 및 손상내용을 표시하여 보수·보강 및 점검 등 유지관리에 활용토록 하였다.

3) 현장조사 사진

점검로 이용한 도보조사	고소작업차 이용한 조사
	
교량 처짐 및 고유진동수 측정	**신축이음 유간 측정**
	

4) 부재별 주요조사 항목

금번 성능평가시 현장답사, 기존자료 등을 토대로 외관조사 방법을 결정하였으며, 부위별 점검항목별로 외관조사를 실시하였다.

구분	조사항목	비고
현장답사	·현장접근에 필요한 고소차 등의 접근방법, 일정계획을 수립 ☞ 능원천 교량구간 조사방법 결정(고소작업차, 사다리) ·예비조사를 통해 교량에 발생된 주요 결함을 형태별로 분류 ·결함 및 손상의 발생 원인을 추정하고 조사방향 결정 ·점검로 설치구간 확인 및 출입여부	
기존자료 검토	·주요 점검사항, 보수, 보강 시행여부 ·중점점검 유지관리 사항 ·설계도서 및 도면, 구조계산서, 시공자료, 기존 안전점검 및 정밀안전진단 자료, 보수보강 이력 ·내진설계 여부 확인 및 관련자료 검토 ·기타 시설물관리대장 작성에 필요한 자료 등	
포장부	·포장부 균열, 파손, 신축이음부 주변 파손, 체수 등 ·배수관 주변 포장 들뜸 및 배수구 막힘 확인 ·포장면에 대한 PES조사(2016년 실시한 인근 조사 자료를 활용)	
난간 및 연석	·보수부 재균열 및 신규 균열 발생 여부 ·중앙분리대와 난간의 처짐	
바닥판	·바닥판 하면 백태, 균열(선형, 망상), 단면손상 ·바닥판 측면 균열 및 백태	
거더	·강선배치 주변 콘크리트 균열 ·철근노출 등 단면손상 ·균열(선형, 망상), 백태	
신축이음부	·후타재 균열, 파손, 마모, 핑거 파손 및 균열, 본체 누수 및 단차	
받침	·편기, 가동상태, 균열, 파손, 몰탈파손 및 들뜸	
교대 및 교각	·유간밀착, 균열, 단면손상, 상면 체수, 기초부 침식 등	

4.3.2 현장조사

가. 교면포장

1) 현황

본 교량의 폭은 17.3m로 양측 방호벽을 고려한 유효폭은 16.3m 이며 편도 4차로로 구성되어 있다.

교면포장 전경(1)	교면포장 전경(2)
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 시공이음부 균열은 포장시 분할시공에 의한 손상이며 망상균열, 패임 및 마모는 공용기간중 반복된 차륜하중이 원인으로 판단된다.

㉯ 보수부의 소성변형은 포장 시공시 다짐부족 및 차륜하중에 의해 변형되어 나타난 손상이며 포장상태는 전반적으로 불량하여 재포장하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단된다.

<표 Ⅱ.4.7> 포장부 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교면포장	시공이음부 균열	240.00	m	8
	망상균열 및 마모	1050.00	㎡	6
	포장패임	0.22	㎡	5
	패임 및 보수부 변형	0.18	㎡	1
	보수부 변형	2.00	㎡	1

<S1> 망상균열 및 마모



폭	B=8.0m
면적	L=30.0m

<S1> 포장패임



폭	B=0.3m
면적	L=0.4m

<S2> 패임 및 보수부 변형



폭	B=0.3m
길이	L=0.6m

<S3> 시공이음균열



길이	L=30.0m
개소	2 EA

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수는 실지되지 않았으며 망상균열이 추가 조사되어 전반적으로 물량이 다소 증가하였다.

<표 Ⅱ.4.8> 포장 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	시공이음부 균열	m	240.00	24	240.00	8	-	-
	망상균열 및 마모	㎡	960.00	4	1050.00	6	▲ 90.00	물량증가
	포장패임	㎡	0.22	5	0.22	5	-	-
	패임 및 보수부 변형	㎡	0.18	1	0.18	1	-	-
	보수부 변형	㎡	2.00	1	2.00	1	-	-



<그림 Ⅱ.4.5> 교면포장 손상추이 분석

나. 방호벽 및 중앙분리대

1) 현황

㉮ 본 교량의 좌측 상단에는 콘크리트 방호벽이 설치되어 있으며, 우측에는 중앙분리대가 콘크리트 연석 및 가드레일이 설치되어 있다.

㉯ 도로교 설계기준에서 연석의 높이 0.25m이상, 연석을 포함한 난간의 높이는 1.1m이상으로 설치토록 규정되어 있으며, 실측결과 1.1m로 설계기준을 만족하는 것으로 조사되었다.

방호벽 전경	중앙분리대 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ S3 및 S4 경간의 방호벽에 망상균열이 분포하고 있으며 건조수축 등에 의한 비구조적인 균열로 판단되며 내구성 확보를 위해서 표면처리가 필요하다.

㉯ 방호벽에 설치된 교각 P1 점검로 덮개가 차량충돌에 의해 변형되어 있으며 향후 탈락에 의한 사고예방을 방지하기 위해 덮개 교체가 바람직하다.

㉰ S1 및 S2 경간의 중앙분리대에 차량 충돌에 의한 가드레일 변형이 발생하였으며 가드레일 기능 복구를 위해서 교체함이 바람직하다.

<표 Ⅱ.4.9> 방호벽 및 중앙분리대

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
방호벽 중앙분리대	보수부 망상균열	90.00	㎡	2
	점검로 덮개 변형	1	EA	1
	가드레일 변형	8.00	m	2

<S1> 중분대 가드레일 변형



길이	L=2.0m
개소	1 EA

<S3> 방호벽 보수부 망상균열



폭	B=1.5m
길이	L=30.0m

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수는 실시되지 않았으며 추가손상없이 손상물량은 동일하였다.

<표 Ⅱ.4.10> 방호벽, 중앙분리대 및 연석 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽 중분대	보수부 망상균열	㎡	90.00	2	90.00	2	-	-
	점검로 덮개 변형	EA	1	1	1	1	-	-
	가드레일 변형	m	8.00	2	8.00	2	-	-



<그림 Ⅱ.4.6> 방호벽 및 중앙분리대 손상추이 분석

다. 배수시설

1) 현황

㉮ 본 교량의 배수시설(D150) 각 경간당 2개소씩 총 8개소가 설치되어 있다.

㉯ 곡선교에 따른 횡구배로 인해 배수구는 중앙분리대측에 설치되어 있다.

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 중앙분리대측의 배수구에 막힘이 발생하였으며 체수방지를 위해 청소를 실시하는 것이 바람직하다.

㉯ 배수관과 관련해서 배수관 길이부족 및 배수관 부식 등의 손상이 조사되었으며 집수정이 미설치되어 설치가 필요하다.

<표 Ⅱ.4.11> 배수시설 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
배수시설	배수구 막힘	4	EA	4
	배수관 길이부족	1	EA	1
	배수관 부식	3	EA	3
	집수정 미설치	1	EA	1

<S1> 배수관 부식



개소	1EA

<S1> 집수정 미설치



개소	1EA

<S2> 배수관 길이부족



개소	1EA

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 하천구간의 집수정 미설치 손상을 1개소 제외하여 전반적으로 손상물량은 다소 감소하였다.

<표 Ⅱ.4.12> 배수시설 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	배수구 막힘	EA	4	4	4	4	-	-
	배수관 길이부족	EA	1	1	1	1	-	-
	배수관 부식	EA	3	3	3	3	-	-
	집수정 미설치	EA	2	2	1	1	▼ 1	하천구간 제외

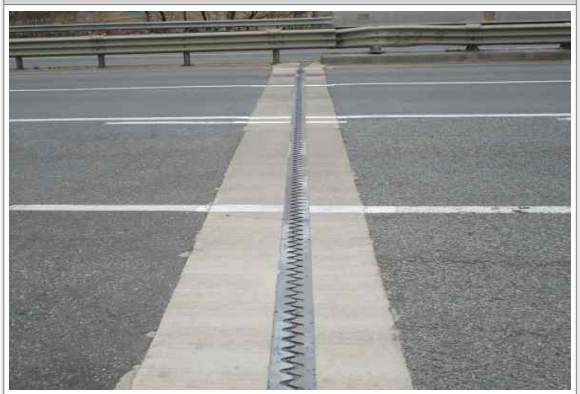


<그림 Ⅱ.4.7> 배수시설 손상추이 분석

라. 신축이음장치

1) 현황

본 교량의 신축이음장치는 A1, A2지점에 NB Jointm, P2지점에 Rail Joint 총 3개소가 설치되어있다.

A1 신축이음장치 전경	P2 신축이음장치 전경
	

A2 신축이음장치 전경



2) 손상 현황 및 대책

㉮ 후타재 파손 및 균열은 공용년수 증가에 따른 차륜하중의 반복이 원인으로 신축이음 교체를 실시하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단된다.

㉯ 유간토사퇴적은 전개소에서 조사되었으며 청소를 실시하여 신축이음장치의 원활한 신축거동을 유도함이 바람직하다.

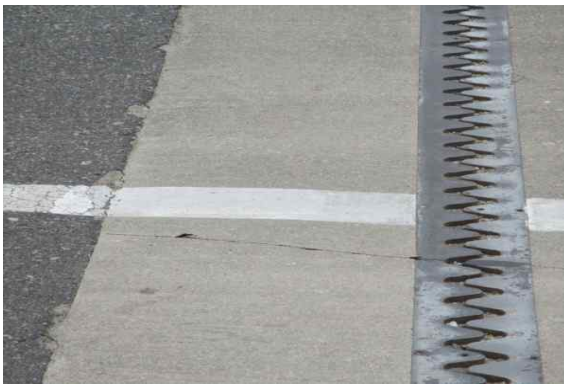
㉰ P2 중분대측 일부에서 신축이음 본체 부식(L=1.0m)가 확인되었으며 주변도로의 체수에 의해 발생한 것으로 판단된다.

㉱ 기존의 후타재 파손은 보수가 실시되어 양호한 상태이다.

<표 Ⅱ.4.13> 신축이음 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
신축이음장치	본체 부식	1.00	m	1
	유간 토사퇴적	45.00	m	4
	후타재 균열(0.3㎜미만)	0.81	m	15

<A1> 후타재 균열



균열폭	Cw=0.1㎜
길이	L=0.45m

<P2> 본체 부식



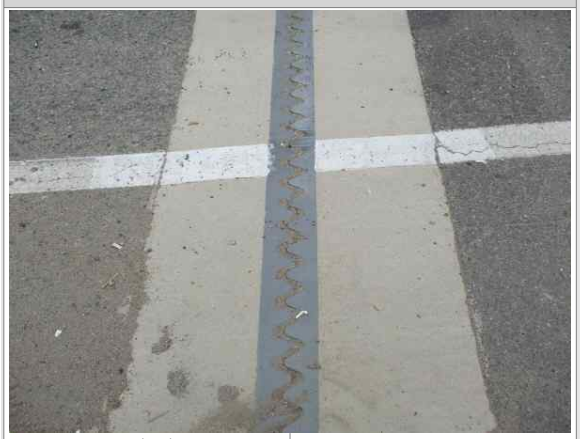
길이	L=1.0m
개소	1 EA

<P2> 유간 이물질퇴적



길이	L=10.0m
개소	1 EA

<A2> 유간 이물질퇴적



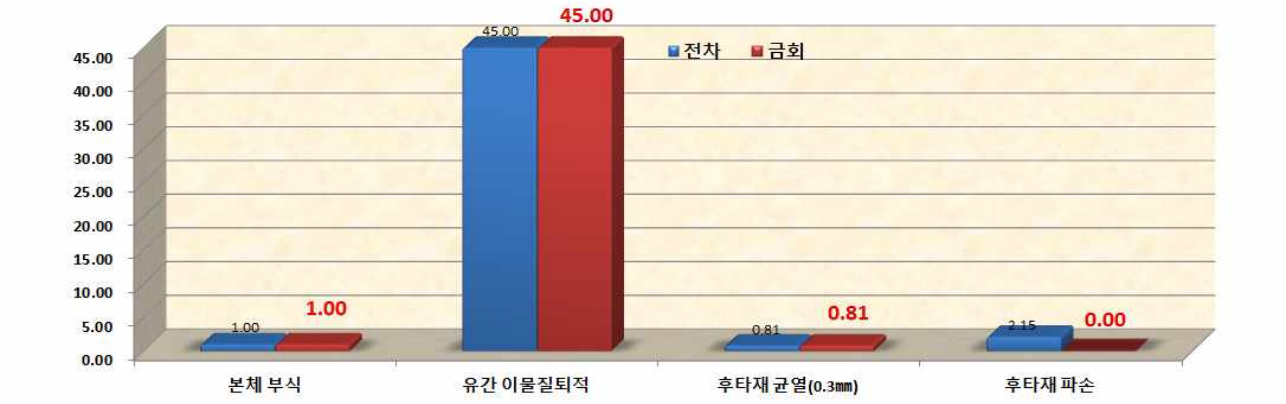
길이	L=17.0m
개소	1 EA

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 후타재 파손에 대해 보수가 실시되었으며 본체 부식 등 기타 손상은 손상물량 변동은 없다.

<표 Ⅱ.4.14> 신축이음 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음 장치	본체 부식	m	1.00	1	1.00	1	-	-
	유간 토사퇴적	m	45.00	4	45.00	4	-	-
	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	0.81	15	0.81	15	-	-
	후타재 파손	㎡	2.15	7	-	-	▼ 2.15	보수



<그림 Ⅱ.4.8> 신축이음장치 손상추이 분석

4) 신축량 계산

<표 Ⅱ.4.15> 신축량 계산

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>· 온도변화에 의한 이동량
▸ Δl_t = ΔT · α · L
여기서, Δl_t : 온도변화에 의한 이동량
ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10-5, α(콘크리트): 1.0×10-5
L : 신축들보의 길이(㎜)

· 활하중에 의한 보의 처짐에 의한 가동량(신축장 100m 미만은 미 고려)
▸ $\triangle l_r = \sum(h_i \times \theta_i)$
여기서, h_i : 받침의 회전중심에서 보의 중립축까지의 높이(2h/3)
θ_i : 보의 회전각(콘크리트 1/300, 강교 1/150)</td><td></td></tr>
<tr><td>소요
신축량 산정</td><td>·소요 가동량 산정
조사일 : 2019. 01.10 평균기온 적용: -0.6℃
여기서, △T(최대 신장시) : 35.0℃-(-0.6℃) = 35.6℃
△T(최대 수축시) : -15℃-(-0.6℃) = 14.4℃
- L = 30m(A1,A2), 60m(P2)

- A1,A2
Δl_t(최대신장시) = △T× α ×L = $35.6 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 30.0 \times 1{,}000$ = 10.7㎜
Δl_t(최대수축시) = △T× α ×L = $14.4 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 30.0 \times 1{,}000$ = 4.3㎜

- P2
Δl_t(최대신장시) = △T× α ×L = $35.6 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 60.0 \times 1{,}000$ = 21.4㎜
Δl_t(최대수축시) = △T× α ×L = $14.4 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 60.0 \times 1{,}000$ = 8.6㎜

·형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α(/℃)</th></tr>
<tr><td colspan="2">PSC교, RC교</td><td>-5～+35</td><td>-15～+35</td><td>1.0×10-5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">강
교</td><td>상로교</td><td>-10～+40</td><td>-20～+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>-10～+50</td><td>-20～+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
</table></td><td></td></tr>
</table>

5) 신축이음 유간검토

㉮ 신축이음 유간검토는 하절기 측정 당시 평기 기온(기상청 참조: -0.6℃)을 고려하였을 때 동절기 수축 여유량을 확보하고 있으며 하절기 신장 계산량과 현재 여유량을 검토하였다.

㉯ 신축유간 계산결과 현재여유량이 온도변화를 고려한 계산량보다 크므로 신축유간은 건전한 것으로 평가 되었으며 상부구조 온도거동 상태도 양호한 것으로 계산되었다.

<표 Ⅱ.4.16> 신축이음 유간 검토결과

위치	형식	신축보 길이(m)	현장실측 유간(㎜)	신장량(㎜)		신장량 검토
				계산 신장량	현재여유량	
A1	NB조인트	30.0	32.0	10.7	21.3	O.K
P2	레일조인트	60.0	55.0	21.4	33.6	O.K
A2	NB조인트	30.0	33.0	10.7	22.3	O.K

마. 바닥판

1) 현황

바닥판은 콘크리트 구조로써 거더와 거더 사이의 내측바닥판과 캔틸레버 구조인 외측바닥판으로 구분할 수 있다. 모든 바닥판은 콘크리트 면이 노출된 상태이다.

바닥판 하면 전경



캔틸레버 전경



2) 손상 현황 및 대책

㉮ 캔틸레버에 종방향균열(Cw=0.1~0.3㎜)이 확인되었으며 건조수축에 의해 발생한 비구조적인 균열로 판단되며 표면보수 및 주입보수를 실시하여 균열을 통한 열화방지를 하는 것이 바람직하다.

㉯ 박락 및 백태는 주로 신축이음장치에 인접한 바닥판 단부에서 확인되고 있으며 신축이음 누수에 의한 영향으로 발생한 것으로 판단되며 박락은 단면보수, 백태는 표면처리하여 유지관리함이 바람직하다.

<표 Ⅱ.4.17> 바닥판 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
바닥판 하면	균열(0.3㎜이상)	1.40	m	1
	균열(0.3㎜미만)	3.50	m	3
	백태	0.04	㎡	2
	박락	0.21	㎡	2

<S1(좌측캔틸레버)> 균열



균열폭	Cw=0.3㎜
길이	L=1.4m

<S1(바닥판 단부)> 박락



폭	B=0.3m
길이	L=0.4m

<S4(좌측캔틸레버)> 백태



폭	B=0.1m
길이	L=0.2m

<S4(우측캔틸레버)> 백태



폭	B=0.1m
길이	L=0.2m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수는 실시되지 않았으며 손상물량은 변동없다.

<표 Ⅱ.4.18> 바닥판 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	균열(0.3㎜이상)	m	1.40	1	1.40	1	-	-
	균열(0.3㎜미만)	m	3.50	3	3.50	3	-	-
	백태	㎡	0.04	2	0.04	2	-	-
	박락	㎡	0.21	2	0.21	2	-	-



<그림 Ⅱ.4.9> 바닥판하면 손상추이 분석

바. 거더(PCI BEAM) 및 가로보(Cross Beam)

1) 현황

본 구조물은 PSCI형식의 거더로서 경간당 8기씩 설치되어 있으며 본 교량은 거더와 거더 사이에 가로보가 설치되어 있다.

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 인양시 응력집중에 의한 인양홀 주변 콘크리트 파손, 다짐불량에 의한 재료분리에 대해서는 단면보수가 필요하다.

㉯ 백태는 발생위치가 신축이음장치 인접한 거더 단부에 발생하였으며 신축이음 누수에 의한 우수유입이 원인으로 표면처리하여 유지관리함이 바람직하다.

㉰ 가로보는 기존 균열에 대해서 보수가 실시되어 전반적으로 상태는 양호하다.

<표 Ⅱ.4.19> 거더 및 가로보 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
거더	인양홀 주변파손	0.04	㎡	1
	재료분리	0.06	㎡	1
	백태	0.08	㎡	1

<S3-G4 거더> 재료분리



폭	B=0.2m
길이	L=0.3m

<S3-G8 거더> 인양홀 주변 콘크리트 파손



폭	B=0.2m
길이	L=0.2m

<S4-G8 거더> 백태



폭	B=0.1m
길이	L=0.8m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수 및 손상물량 증감 없이 동일한 손상물량으로 조사되었다.

<표 Ⅱ.4.20> 거더 및 가로보 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더	인양홀 주변파손	㎡	-	-	0.04	1	▲ 0.04	신규손상
	재료분리	㎡	0.06	1	0.06	1	-	-
	백태	㎡	0.08	1	0.08	1	-	-
	망상균열	㎡	0.15	1	-	-	▼ 0.15	보수
가로보	균열(0.3㎜미만)	m	4.30	4	-	-	▼ 4.30	보수

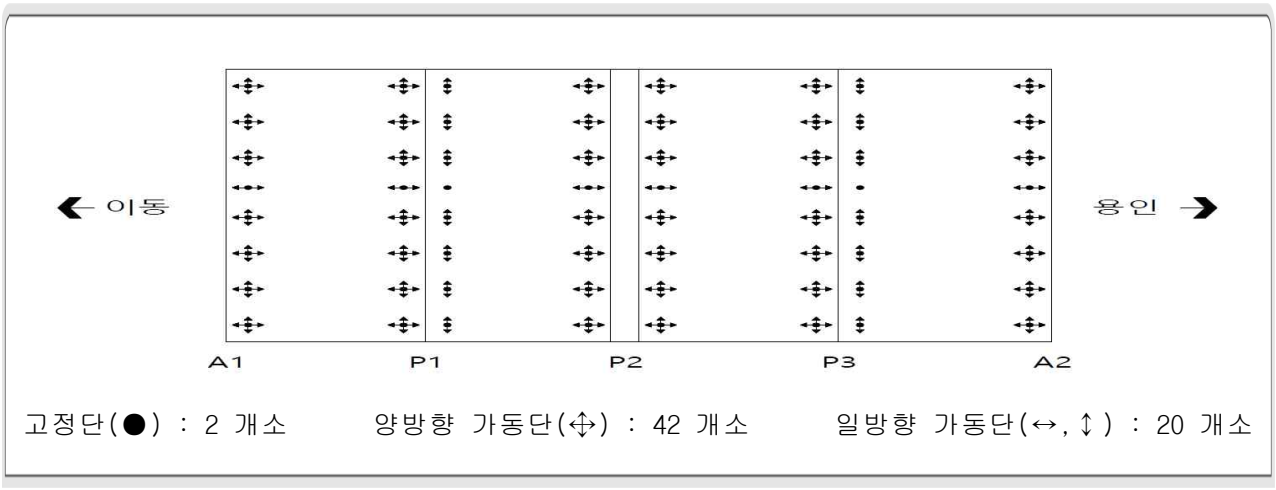


<그림 Ⅱ.4.10> 거더 및 가로보 손상추이 분석

사. 교량받침

1) 현황

㉮ 교량받침은 교량의 구조요소중 기계적인 성격이 강하며 상·하부구조의 연결부에 위치하여 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달함과 동시에 완충의 역할을 할 뿐만 아니라 상부구조의 이동을 자유롭게 허용함으로써 교량 전체의 안전성에 크게 기여한다.본 교량의 받침장치는 고력황동받침으로 교대(A1, A2)에 16개, 교각(P1~P3)에 48개가 설치되어 총 64개가 시공되어 있다.



< 그림 3.2.3 > 교량받침 배치도

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 받침장치 부식 및 도장박리는 주로 신축이음장치가 설치된 교대 및 교각에서 조사되었으며 신축이음 누수에 의한 우수유입이 원인으로 판단되며 추가적인 부식 방지를 위해서 재도장이 필요하다.

㉯ 받침몰탈 균열은 두 재료(무수축 몰탈, 하부 플레이트)간 열팽창계수의 차이에 의해 발생된 손상으로 모서리 인접부에 발생한 균열의 경우 층분리가 우려되어 점검망치 타격을 통한 층분리 여부를 체크하였으나 층분리 등의 손상은 조사되지 않았다.

<표 Ⅱ.4.21> 교량받침 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교량받침	받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	0.40	m	4
	받침플레이트 부식	1.76	㎡	16
	받침플레이트 도장박리	0.36	㎡	1
	받침플레이트 부식 및 도장박리	2.41	㎡	10
	솔플레이트 부식 및 도장탈락	1.08	㎡	3

<A1-Sh2> 솔플레이트 도장박리 및 부식



폭	B=0.2m
길이	L=1.8m

<A2-Sh2> 받침플레이트 부식 및 도장박리



폭	B=0.6m
길이	L=0.6m

<A1-Sh5> 받침몰탈 균열



균열폭	Cw=0.1㎜
길이	L=0.1m

<P2-Sh5(시점측)>
받침플레이트 부식 및 도장박리



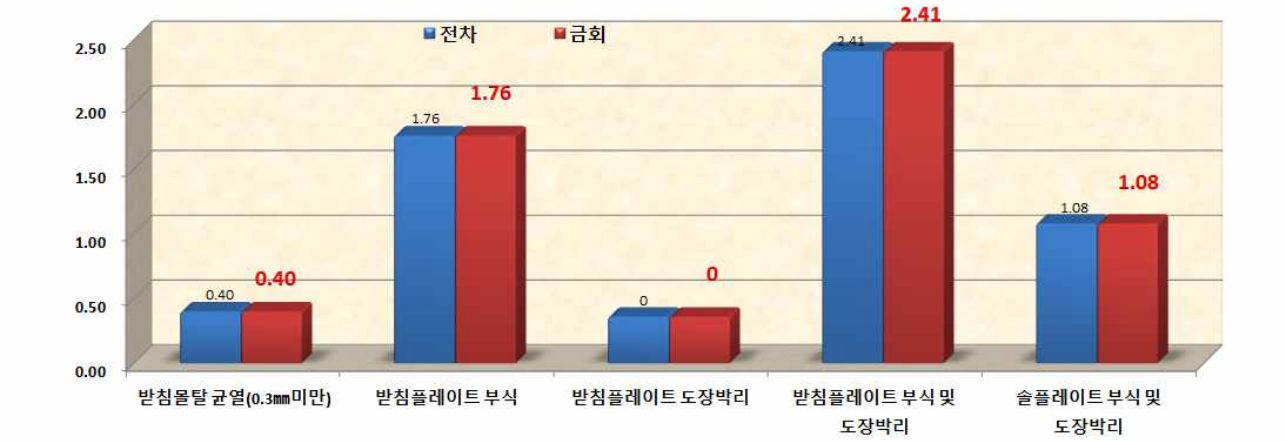
폭	B=0.6m
길이	L=0.6m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수는 실시되지 않았으며 손상물량 변동없이 동일하다.

<표 Ⅱ.4.22> 교량받침 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	받침몰탈 균열 (0.3㎜미만)	m	0.40	4	0.40	4	-	-
	받침플레이트 부식	㎡	1.76	16	1.76	16		
	받침플레이트 도장박리	㎡	0.36	1	0.36	1	-	-
	받침플레이트 부식 및 도장박리	㎡	2.41	10	2.41	10		
	솔플레이트 부식 및 도장탈락	㎡	1.08	3	1.08	3	-	-

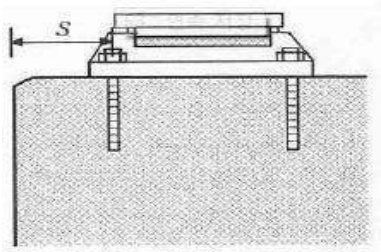


<그림 Ⅱ.4.11> 교량받침 손상추이 분석

4) 연단거리 검토

㉮ 받침면은 받침을 통해서 상부구조로부터 하중 등의 집중하중을 받는 곳으로 받침의 끝에서 받침면 끝단까지의 거리가 작으면 고정단에서는 전단면에 의해서 교량받침가 파손되는 경우가 있어 설계기준에서는 일정한 값 이상의 연단거리를 확보하도록 규정하고 있다.

<표 Ⅱ.4.23> 연단거리 검토

구분	연단거리 검토
연단거리	·하부구조 정부에 있어서 교축방향의 받침연단과 하부구조 정부 연단사이의 거리, S(㎜)는 다음의 값 이상으로 한다.(도로교 설계기준, 2010년) 1) 거더의 경간길이 100m 이하 : S = 200 + 5L 여기서, L = 지간길이(m) ·연단거리 산출 - 거더 길이(L = 30.0m) : S = 200 + 5 × 30.0m = 35.0cm [연단거리 측정]   교량 받침의 연단거리 측정
검토결과	○ 연단거리 검토 결과는 다음과 같다. - 거더의 경간길이 100m 이하 : 최소 연단거리 : 350㎜

<표 Ⅱ.4.24> 연단거리 검토 결과

위치		경간(m)	설계기준(mm)	실측연단거리(mm)								평가
				SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	SH8	
A1		30.0	350	500	500	500	500	500	500	500	500	O.K
P1	A1측	30.0	350	820	820	820	820	820	820	820	820	O.K
	A2측	30.0	350	830	830	830	830	830	830	830	830	O.K
P2	A1측	30.0	350	830	830	830	830	830	830	830	830	O.K
	A2측	30.0	350	840	840	840	840	840	840	840	840	O.K
P3	A1측	30.0	350	850	850	850	850	850	850	850	850	O.K
	A2측	30.0	350	840	840	840	840	840	840	840	840	O.K
A2		30.0	350	470	490	490	490	480	480	480	480	O.K

받침 연단거리 검토 결과 모든 교량받침 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 도로교 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토됨.

5) 가동받침의 여유량 검토

㉮ 대상 교량 교량받침의 대기온도에 따른 상부거더의 신축 변화량을 산정하고 가동받침의 이동량을 실측하여 각 지점에서 측정된 신축량을 비교·검토 하였다.

<표 Ⅱ.4.25> 가동받침 이동량 계산

구분	계산방법	비고
이동량 산정	· 온도변화에 의한 이동량(Δlt) ▸ Δlt = ΔT · α · L 여기서, ΔT : 건조수축에 해당하는 온도변화 α : 선팽창계수 강재 1.2×10-5, 콘크리트 1.0×10-5 L : 신축거더 길이(㎜)	
산정 방법	·소요 가동량 산정 조사일 : 2019. 02.15 평균 기온 적용: -1.7℃ 검토온도: -15℃~+35℃(한랭지방) 여기서, △T(최대 신장시) : 35.0℃-(-1.7℃) = 36.7℃ △T(최대 수축시) : -15.0℃-(-1.7℃) = 13.3℃ - L : 30.0m(A1,P2,A2) - A1,P2,A2 Δl_t(최대신장시) = △T×α×L = $36.7\times1.0\times10^{-5}\times30.0\times1,000$ = 11.0㎜ Δl_t(최대수축시) = △T×α×L = $13.3\times1.0\times10^{-5}\times30.0\times1,000$ = 4.0㎜	

6) 설계기준 온도에 따른 여유량 검토

㉮ 본 교량은 준공 후 15년이 경과한 교량이므로 건조수축, 크리프 등의 영향은 무시하고, 온도 변화에 의한 영향을 고려하여 가동받침의 수축 및 신장에 대한 계산이동량과 실측여유량 비교, 분석 결과 현재 여유 있는 구조로 판정되었다.

<표 Ⅱ.4.26> 가동받침 이동량 계산

위치		신축 거더 길이(m)	측정값		실측여유량(㎜)		계산이동량(㎜)		받침이동 허용량 (㎜)	검토 결과
			방향	이동량	수축	신장	수축	신장		
A1	SH1	30.0	A2	7	43	57	4.0	11.0	±50	O.K
	SH2		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH3		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH4		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH5		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH6		A2	8	42	58			±50	O.K
	SH7		A2	7	43	57			±50	O.K
	SH8		A2	12	38	62			±50	O.K
P1		고 정 단								
P2 (A1측)	SH1	30.0	A1	14	36	64	4.0	11.0	±50	O.K
	SH2		A1	10	40	60			±50	O.K
	SH3		A1	12	38	62			±50	O.K
	SH4		A1	10	40	60			±50	O.K
	SH5		A1	10	40	60			±50	O.K
	SH6		A1	10	40	60			±50	O.K
	SH7		A1	10	40	60			±50	O.K
	SH8		A1	10	40	60			±50	O.K
P2 (A2측)	SH1	30.0	A2	10	40	60	4.0	11.0	±50	O.K
	SH2		A2	12	38	62			±50	O.K
	SH3		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH4		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH5		A2	12	38	62			±50	O.K
	SH6		A2	15	35	65			±50	O.K
	SH7		A2	13	37	63			±50	O.K
	SH8		A2	13	37	63			±50	O.K
P3		고 정 단								

<표 Ⅱ.4.26> 가동받침 이동량 계산_계속

위치		신축 거더 길이(m)	측정값		실측여유량(㎜)		계산이동량(㎜)		받침이동 허용량 (㎜)	검토 결과
			방향	이동량	수축	신장	수축	신장		
A2	SH1	30.0	A1	11	39	61	4.0	11.0	±50	O.K
	SH2		A1	11	39	61			±50	O.K
	SH3		A1	9	41	59			±50	O.K
	SH4		A1	10	40	60			±50	O.K
	SH5		A1	9	41	59			±50	O.K
	SH6		A1	9	41	59			±50	O.K
	SH7		A1	9	41	59			±50	O.K
	SH8		A1	8	42	58			±50	O.K

아. 하부구조 (교대 및 교각)

1) 현황

하부구조는 상부구조 하중을 지반으로 전달하여, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 부재이다. 본 교량의 하부구조는 역T형 교대 2기와 라멘식 교각 3기로 시공되어 있으며, 진위천과 교차하고 있다.

교대 전경(A1)	라멘식 교각 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 교대

① A2 전면벽체에 발생한 균열의 건조수축 및 기초에 의한 구속효과에 의해 발생한 손상으로 판단되며 내구성 확보를 위해서 표면처리가 필요하다.

② 전면벽체의 재료분리는 콘크리트 다짐불량에 의한 손상으로 단면보수를 실시함이 바람직하고 누수흔적은 신축이음 누수에 의한 손상으로서 지속적으로 주의관찰하여 유지관리한다.

<표 Ⅱ.4.27> 교대 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교대	균열(0.3㎜미만)	3.60	m	4
	재료분리	2.24	㎡	4
	누수흔적	7.70	㎡	4
	이격	4.00	m	4

<A1> 전면벽체 재료분리		<A2> 전면벽체 균열	
			
폭	B=0.1m	폭	Cw=0.1㎜
길이	L=0.7m	길이	L=0.8m

㈏ 교각

① 교각 P2에 발생한 파손 및 박리는 유수의 흐름에 의한 손상으로 판단되며 단면보수하여 내구성을 확보하는 것이 바람직하다.

② 기둥 및 코핑부에 발생한 수직균열 및 망상균열은 균열폭이 0.3㎜미만으로서 건조수축에 의한 비구조적인 균열로 판단되며 표면처리하여 유지관리한다.

<표 Ⅱ.4.28> 교각 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교각	균열(0.3㎜미만)	15.60	m	15
	망상균열	1.45	㎡	2
	박리	0.04	㎡	1
	누수흔적	1.50	㎡	1
	파손	0.04	㎡	4

<P2> 기둥 파손



폭	B=0.1m
길이	L=0.1m, 3EA

<P2> 기둥 박리



폭	B=0.2m
길이	L=0.2m

<P2> 기둥 균열



균열폭	CW=0.1㎜
길이	L=2.0m

<P3> 코핑후면 균열



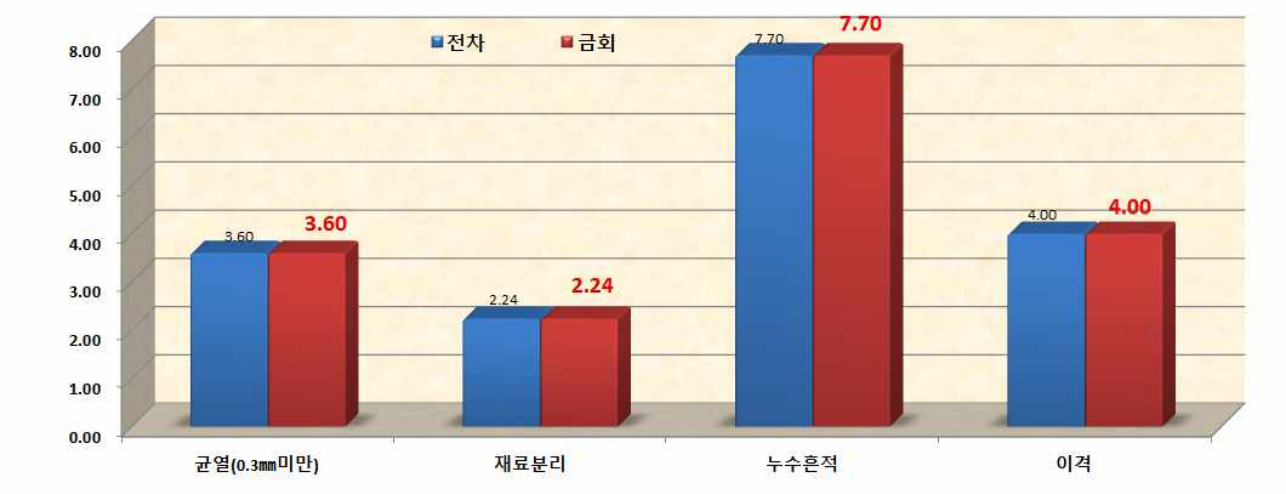
폭	B=0.2m
길이	L=0.3m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 교각의 코핑부의 일부 균열에 대해서 보수가 실시되었으며 전반적으로 손상물량은 동일하다.

<표 Ⅱ.4.29> 교대 및 교각 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3㎜미만)	m	3.60	4	3.60	4	-	-
	재료분리	㎡	2.24	4	2.24	4	-	-
	누수흔적	㎡	7.7	4	7.70	4	-	-
	이격	m	4.00	4	4.00	4	-	-
교각	균열(0.3㎜미만)	m	18.30	19	15.60	15	▼ 2.70	보수
	망상균열	㎡	1.45	2	1.45	2	-	-
	박리	㎡	0.04	1	0.04	1	-	-
	누수흔적	㎡	1.50	1	1.50	1	-	-
	파손	㎡	0.04	4	0.04	4	-	-



<그림 Ⅱ.4.12> 교대 손상추이 분석



<그림 Ⅱ.4.13> 교각 손상추이 분석

4.3.3 외관조사 총괄표

<표 Ⅱ.4.30> 외관조사 총괄표

구분	손상내용	단위	2018년 점검		2019년(금회)	
			물량	개소	물량	개소
교면포장	시공이음부 균열	m	240.00	24	240.00	8
	망상균열 및 마모	㎡	960.00	4	1050.00	6
	포장패임	㎡	0.22	5	0.22	5
	패임 및 보수부 변형	㎡	0.18	1	0.18	1
	보수부 변형	㎡	2.00	1	2.00	1
방호벽 중분대	보수부 망상균열	㎡	90.00	2	90.00	2
	점검로 덮개 변형	EA	1	1	1	1
	가드레일 변형	m	8.00	2	8.00	2
배수시설	배수관 길이부족	EA	1	1	1	1
	배수관 부식	EA	3	3	3	3
	집수정 미설치	EA	2	2	1	1
신축이음 장치	본체 부식	m	1.00	1	1.00	1
	유간 토사퇴적	m	45.00	4	45.00	4
	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	0.81	15	0.81	15
	후타재 파손	㎡	2.15	7	-	-
바닥판 하면	균열(0.3㎜이상)	m	1.40	1	1.40	1
	균열(0.3㎜미만)	m	3.50	3	3.50	3
	백태	㎡	0.04	2	0.04	2
	박락	㎡	0.21	2	0.21	2
거더	인양홀 주변파손	㎡	-	-	0.04	1
	재료분리	㎡	0.06	1	0.06	1
	백태	㎡	0.08	1	0.08	1
	망상균열	㎡	0.15	1	-	-
가로보	균열(0.3㎜미만)	m	4.30	4	-	-

<표 Ⅱ.4.30> 외관조사 총괄표_계속

구분	손상내용	단위	2018년 점검		2019년(금회)	
			물량	개소	물량	개소
교량받침	받침몰탈 균열 (0.3㎜미만)	m	0.40	4	0.40	4
	받침플레이트 부식	㎡	1.76	16	1.76	16
	받침플레이트 도장박리	㎡	0.36	1	0.36	1
	받침플레이트 부식 및 도장박리	㎡	2.41	10	2.41	10
	솔플레이트 부식 및 도장탈락	㎡	1.08	3	1.08	3
교대	균열(0.3㎜미만)	m	3.60	4	3.60	4
	재료분리	㎡	2.24	4	2.24	4
	누수흔적	㎡	7.7	4	7.70	4
	이격	m	4.00	4	4.00	4
교각	균열(0.3㎜미만)	m	18.30	19	15.60	15
	망상균열	㎡	1.45	2	1.45	2
	박리	㎡	0.04	1	0.04	1
	누수흔적	㎡	1.50	1	1.50	1
	파손	㎡	0.04	4	0.04	4

4.3.4 내구성 시험

가. 개요

교량 구조물의 내구성 저하의 대표적인 현상은 콘크리트 탄산화, 철근부식, 균열, 강도저하, 표면 노후화, 부재의 큰 변형, 동결융해, 누수 등의 현상으로 분류된다. 철근의 부식과 콘크리트의 균열은 독립된 원인에 의해 나타나는 것이 아니고, 그 밖의 열화 현상을 일으키는 원인과도 복합적으로 관계되고 있다.

재료시험은 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강의 판정을 하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물의 재료시험에 의해서 향후 열화 경향을 예측 및 예방하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

재료시험의 범위는 다음과 같다.

- 재료시험을 대상으로 하는 구조물은 콘크리트 구조물에 한한다.
- 재료시험은 구조체를 중심으로 수행한다.
- 재료시험은 조사 시점의 열화상태 뿐만 아니라 구조물의 이력, 주요환경, 열화원인을 조사하여 향후 열화손상 진행정도를 예측하고, 내용년수와 관련하여 종합적인 안전진단을 수행한다.
- 본 구조물의 재료시험 내용은 안전성평가를 위한 내구성 저하 유무를 확인하기 위한 조사 및 시험을 실시하였다.
- 향후 유지관리시 금회 재료시험 위치에서의 결과치를 활용하여 비교·분석할 수 있도록 재료시험 위치도를 수록하였다.

본 장에서는 콘크리트의 재료시험을 실시하여 외관조사 내용과 함께 구조물의 내구성과 사용성을 검토하고 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였으며, 재료시험의 주요 시험내용은 <표 Ⅱ.4.31>에 정리하였다.

1) 재료시험 측일자 및 조사자

<표 Ⅱ.4.31> 재료시험 측정일자 및 조사자

구 분	일 자	조 사 자	사용장비
재료시험 및 측정	2019, 02.14 ~ 2019.02.15	책임기술자외 4인	교량점검차, 사다리, 도보조사

2) 비파괴 시험별 적용 기준 및 근거

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 교량편)(국토교통부, 한국시설안전공단 2019. 01)』 및 발주처 제공 내역서에 근거하여 조사 위치 및 수량을 결정하였다.

<표 Ⅱ.4.32> 재료시험 기준 및 실시수량

구분		위치	세부지침 기준	기준수량	실시수량	비고
콘크리트	반발경도	상부	1개소/50m	3개소	7개소	
		하부	1개소/50m	3개소	7개소	
	철근탐사		책임기술자 판단에 따라 수량 결정	-	6개소	
	탄산화깊이		◦ 5경간이내 : 2~3개소 ◦ 5경간이상 : 3~6개소	2~3개소	6개소	
	염화물 침투량 시험		책임기술자 판단에 따라 수량 결정	-	3개소	



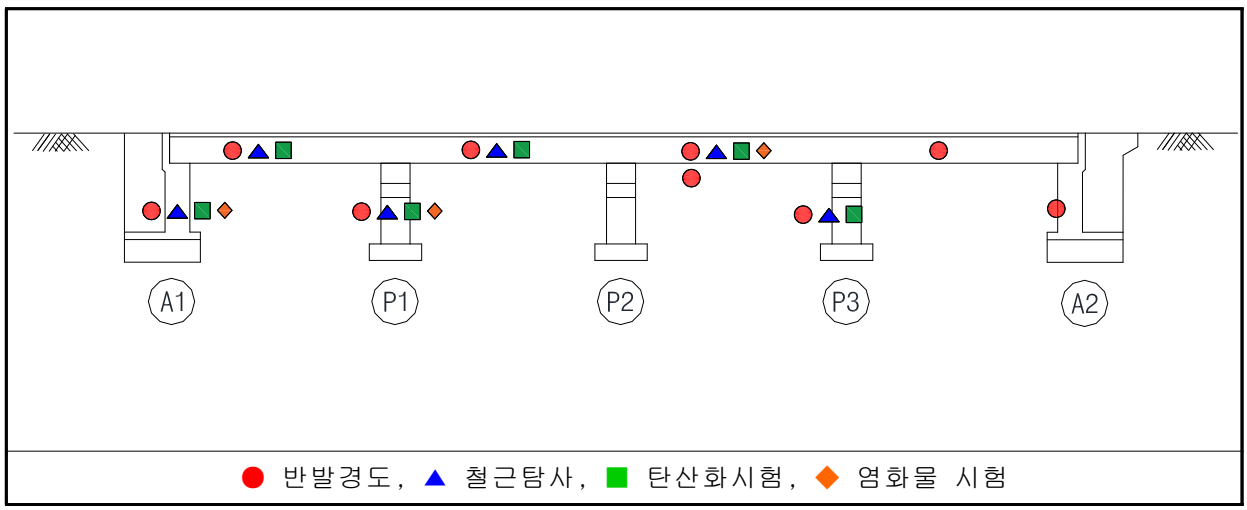
반발경도시험



탄산화 깊이 측정



염화물시료 채취



<그림 Ⅱ.4.14> 재료시험 위치도

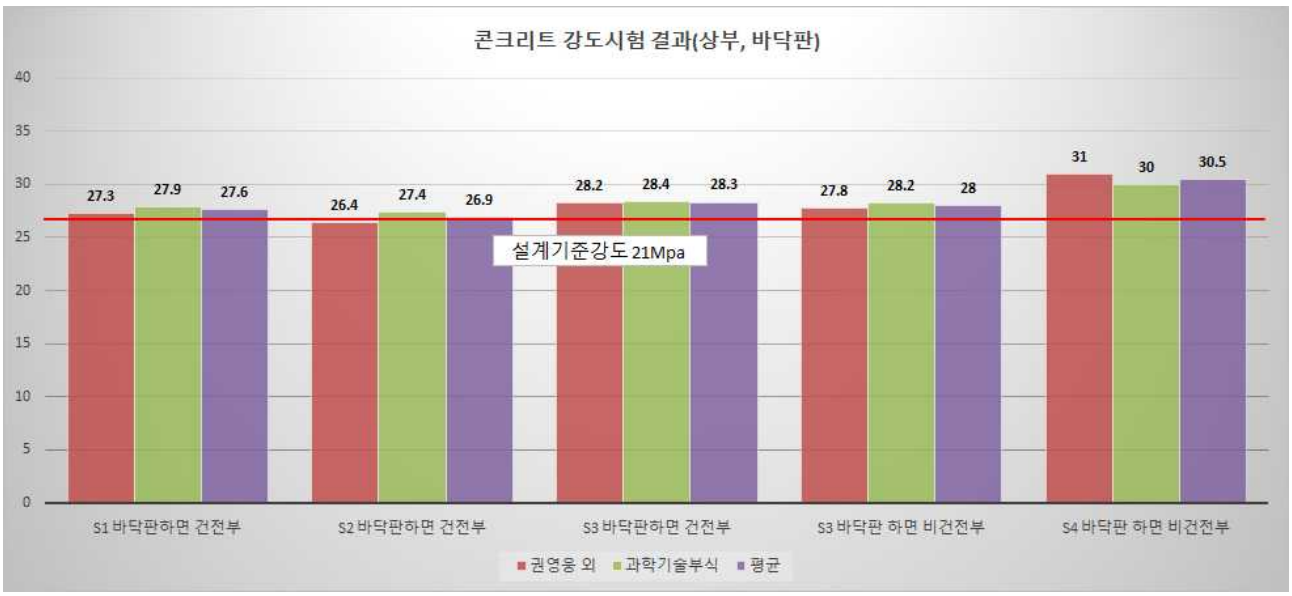
나. 콘크리트 재료시험

1) 콘크리트 강도시험

㉮ 시험 결과

<표 Ⅱ.4.33> 비파괴 강도시험 결과(상부, 바닥판)

시험위치		반발경도(RO)	반발경도(MPa)			설계기준강도(MPa)	대비(%)
			일본재료학회	일본건축학회	평균		
1	S1 바닥판하면 건전부	48.2	27.3	27.9	27.6	27.0	102.2
2	S2 바닥판하면 건전부	47.1	26.4	27.4	26.9	27.0	99.6
3	S3 바닥판하면 건전부	49.3	28.2	28.4	28.3	27.0	104.8
4	S3 바닥판 하면 비건전부	48.9	27.8	28.2	28.0	27.0	103.7
5	S4 바닥판 하면 비건전부	52.9	31.0	30.0	30.5	27.0	113.0
평균값			28.1	28.4	28.3	-	
최대값			31.0	30.0	30.5	-	
최소값			26.4	27.4	26.9	-	



<그림 Ⅱ.4.15> 비파괴시험 결과(상부구조, 바닥판)

<표 Ⅱ.4.34> 비파괴 강도시험 결과(상부, 거더)

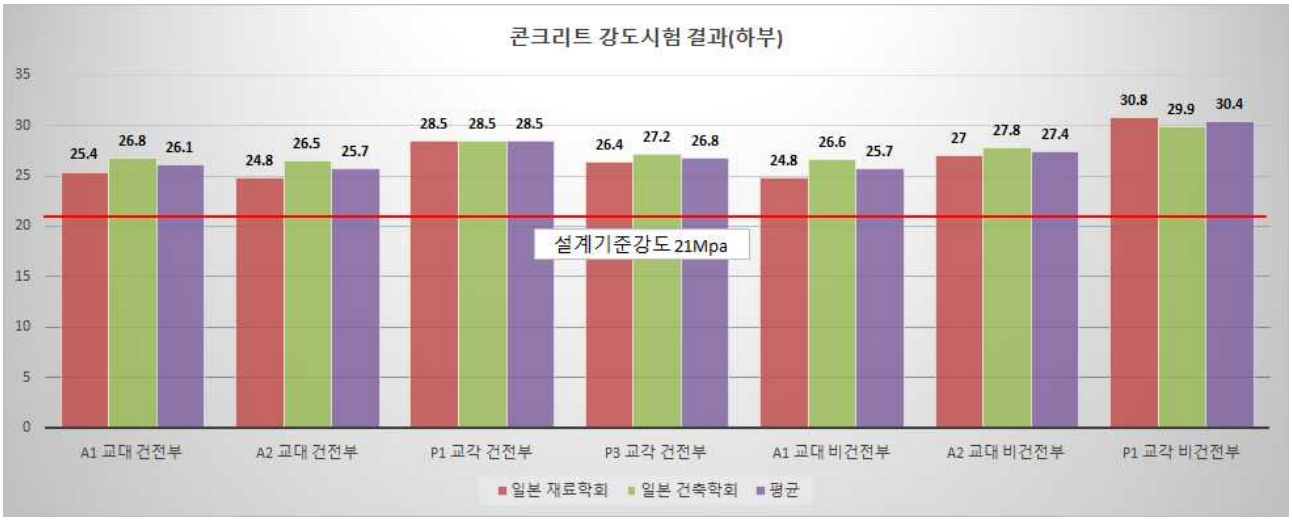
시험위치		반발경도(RO)	반발경도(MPa)			설계기준강도(MPa)	대비(%)
			권영웅 외	과학기술부식	평균		
1	S3 거더 비건전부	60.9	64.0	50.2	57.6	35.0	164.6
2	S3 거더 건전부	61.7	65.1	51.0	55.1	35.0	157.4
평균값			64.6	50.6	56.4	-	
최대값			65.1	51.0	57.6	-	
최소값			64.0	50.2	55.1	-	



<그림 Ⅱ.4.16> 비파괴시험 결과(상부구조, 거더)

<표 Ⅱ.4.35> 비파괴 강도시험 결과(하부)

시험위치		반발경도(RO)	반발경도(MPa)			설계기준강도(MPa)	대비(%)
			일본재료학회	일본건축학회	평균		
1	A1 교대 건전부	45.8	25.4	26.8	26.1	21.0	124.3
2	A2 교대 건전부	45.1	24.8	26.5	25.7	21.0	122.4
3	P1 교각 건전부	49.7	28.5	28.5	28.5	21.0	135.7
4	P3 교각 건전부	46.7	26.4	27.2	26.8	21.0	127.6
5	A1 교대 비건전부	45.2	24.8	26.6	25.7	21.0	122.4
6	A2 교대 비건전부	47.9	27.0	27.8	27.4	21.0	130.5
7	P1 교각 비건전부	52.6	30.8	29.9	30.4	21.0	144.8
평균값			26.8	27.6	27.2	-	
최대값			30.8	29.9	30.4	-	
최소값			24.8	26.5	25.7	-	



<그림 Ⅱ.4.17> 비파괴시험 결과(하부구조)

㉯ 시험 분석결과

반발경도법에 의한 콘크리트 표면(피복) 강도 조사결과 측정위치에서 모두 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 건전부 및 비건전부에 대하여 비교 시 큰 차이가 없는 것으로 조사되어 현재 강도부족으로 인한 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

단위 : MPa

시험위치		반발경도(A)	설계기준 강도(B)	평가결과 (A/B)X100 (%)	비고
상부 구조	바닥판	26.9 ~ 30.5	27.0	100 ~ 113	양호
	거더	55.1 ~ 57.6	35.0	157 ~ 165	양호
하부구조		25.7 ~ 30.4	21.0	122 ~ 145	양호

㉰ 전회차 정밀점검 결과와 비교

<표 Ⅱ.4.36> 비파괴 강도시험 비교

구분	시험위치		반발경도	설계기준 강도	평가결과 (A/B)X100 (%)
16년 정밀점검	상부 구조	바닥판	28.0	27.0	111
		거더	42.0 ~ 47.0	35.0	120 ~ 134
	하부구조		21.0~ 30.0	21.0	100 ~ 143
18년 정밀점검 및 금회 성능평가	상부 구조	바닥판	27.6 ~ 31.9	27.0	100 ~ 113
		거더	55.1 ~ 59.0	35.0	157 ~ 165
	하부구조		27.1 ~ 30.4	21.0	122 ~ 145

2016년 정밀점검과의 비교, 분석 결과 측정 위치 및 장비 등의 차이로 인하여 측정값이 미소하게 높게 측정되었으며 전차와 동일하게 설계기준강도를 상회하는 것으로 평가되었다.

2) 철근탐사 시험

㉮ 시험 결과

<표 Ⅱ.4.37> 철근탐사 결과(상부구조)

측정위치		철근종류	배근간격(㎜)		순피복두께(㎜)		비고
			설계치	측정치	설계치	측정치	
1	S1 바닥판하면	주철근	125	130	40	44	
		배력철근	150	150	40	62	
2	S2 바닥판하면	주철근	125	129	40	41	
		배력철근	150	147	40	65	
3	S3 바닥판하면	주철근	250	214	40	49	
		배력철근	170	190	40	65	
4	A1 교대	주철근	100	100	60	41	
		배력철근	200	200	60	44	
5	P1 교각	주철근	100	100	100	103	
		배력철근	150	150	100	79	
6	P3 교각	주철근	100	100	100	150	
		배력철근	100	93	100	84	

㉯ 철근탐사 결과 분석

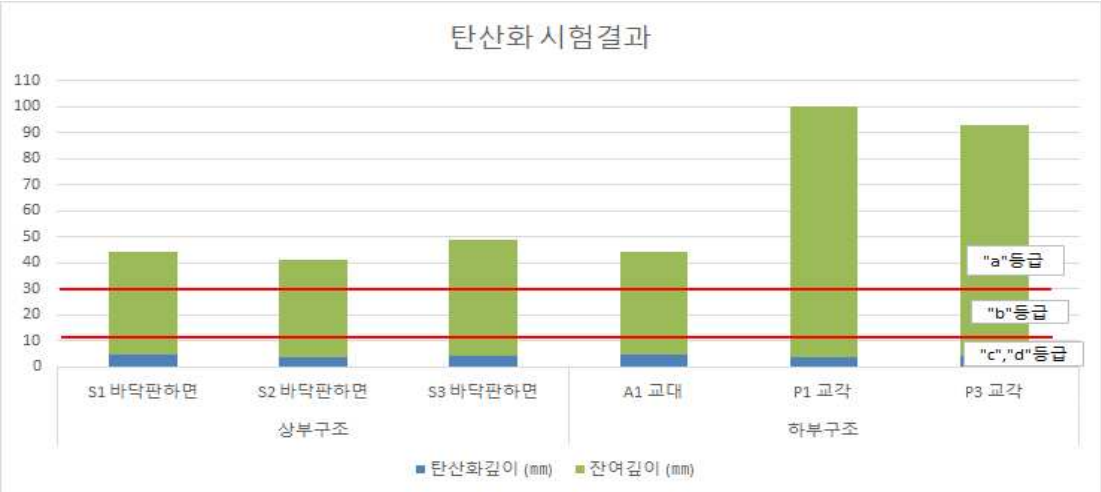
철근탐사시험은 콘크리트 내에 배근되어 있는 실제 철근의 배근상태 및 피복두께를 비교·검토하기 위하여 실시하였으며, 본 시험에서는 RC-Radar를 사용하여 바닥판 및 캔틸레버, 거더, 교대 및 교각에 대하여 시험을 수행하였다. 그 결과 철근의 배근간격 및 피복두께는 전반적으로 준공도면과 유사하게 측정된 것으로 분석되었다. 준공도면과의 오차는 시공당시 철근배근작업, 피복두께 유지재의 이동, 철근탐사의 측정오차 등으로 인한 경미한 차이로 철근배근 및 피복두께는 적정한 것으로 판단된다.

3) 탄산화 깊이 측정

㉮ 시험 결과

<표 Ⅱ.4.38> 탄산화 시험 결과

시험위치		탄산화깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존수명 예측(년)	상태 등급	비고
상부 구조	S1 바닥판하면	4.5	44	39.5	0.75	∞	a	
	S2 바닥판하면	3.8	41	37.2	0.63	∞	a	
	S3 바닥판하면	4.3	49	44.7	0.72	∞	a	
하부 구조	A1 교대	4.8	44	39.2	0.80	∞	a	
	P1 교각	3.7	103	96.3	0.62	∞	a	
	P3 교각	4.3	93	88.7	0.71	∞	a	



<그림 Ⅱ.4.18> 탄산화 시험 결과

㉯ 탄산화 시험 결과 분석

탄산화 시험결과 철근탐사를 통해 실측한 최소 피복두께를 고려한 잔여 피복두께를 분석한 결과 30㎜이상인 “a” 등급으로 현재 탄산화에 의한 철근부식 및 내구성 저하 우려는 없을 것으로 판단된다.

4) 염화물함유량 시험

㉮ 시험 결과

구분				전연화물 함유량(%)	환산염화물 함유량(kg/m3)	상태평가 기준	비고
상부 구조	1	S3 바닥판	표면	0.0116	0.263	a	-
			내면	0.0072	0.163	a	-
하부 구조	1	A1 교대	표면	0.0029	0.066	a	-
			내면	0.0015	0.034	a	-
	2	P1 교각	표면	0.0135	0.306	b	-
			내면	0.008	0.181	a	-



<그림 Ⅱ.4.19> 염화물 시험 결과

㉯ 염화물함유량 결과 분석

이동교(상)의 누수오염 및 제설제등 염화물함유량이 의심되는 구간을 선정하여 염화물함유량 시험을 실시한 결과 상부구조는 0.163~0.263kg/㎥, 하부구조는 0.0034 ~0.306kg/㎥로 콘크리트 표면 1개소에서 "b " 등급으로 판정되었으나 콘크리트 내면 측정값은 " a" 등급으로 판정되어 철근부식 가능성이 없는 것으로 분석되었다.

다. 내구성 평가 결과

1) 콘크리트 품질조사 및 시험 결과

㉮ 반발경도에 의한 강도추정

반발경도법에 의한 콘크리트 표면(피복) 강도 조사결과 측정위치에서 모두 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 건전부 및 비건전부에 대하여 비교 시 큰 차이가 없는 것으로 조사되어 현재 강도부족으로 인한 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

㉯ 철근탐사 측정 결과

철근의 배근간격은 전반적으로 준공도면과 유사하게 측정되었다.

㉰ 탄산화시험

탄산화 시험결과 철근탐사를 통해 실측한 최소 피복두께를 고려한 잔여 피복두께를 분석한 결과 30㎜이상인 “a”등급으로 현재 탄산화에 의한 철근부식 및 내구성 저하 우려는 없을 것으로 판단된다.

㉱ 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험결과 0.163~0.263kg/㎥, 하부구조는 0.0034 ~0.306kg/㎥로 콘크리트 표면 1개소에서 "b“ 등급으로 판정되었으나 콘크리트 내면 측정값은 ”a" 등급으로 판정되어 철근부식 가능성이 없는 것으로 분석되었다.

2) 전회차 시험결과와의 비교 분석

본 용역은 2018년 정밀점검 내용을 포함한 제2종 성능평가 용역으로서 2016년 정밀점검 용역과 비교시 측정 항목 및 위치 등이 일부 상이함으로 공통된 시험에 대하여 비교평가 시 미소한 차이는 있으나 전반적으로 유사한 값으로 조사되어 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

4.4 안전성능 평가 결과

4.4.1 상태안전성능 평가 결과

가. 부재별 상태안전성능 평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재			지점 번호	신축 이음	받침	하부구조	
경간 번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석		신축 이음	교량 받침	하부	기초
S1	PSCI	b	a	b	c	b	a	A1	c	b	b	q
S2	PSCI	b	a	a	c	c	a	P1	-	b	b	q
S3	PSCI	b	b	a	c	a	a	P2	b	b	b	q
S4	PSCI	b	b	b	c	c	a	P3	-	b	b	q
		x	x	x	x	x	x	A2	c	b	b	q
평균		0.200	0.150	0.150	0.400	0.275	0.100	-	0.333	0.200	0.200	-
가중치		15	25	4	4	3	2	-	7	15	25	-
(평균X가중치)/ 가중치합		0.030	0.038	0.006	0.016	0.008	0.002	-	0.023	0.030	0.050	-
1. 환산결함도 점수 =												0.203
2. 상태평가 결과 =												B
결과분석	부재별 상태안전성능 평가는 부재별 중요도를 감안하여 가중치를 차등 적용하여 전체 상태안전성능을 평가 하였으며 외관조사를 통한 상태안전성능평가 결과 환산결함도 점수 0.203의 『B등급』으로 산정되었다.											

나. 상태안전성능 평가 결과

<표 Ⅱ.4.39> 상태안전성능 결과표

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
상태평가 결과		0.203				

현장조사 결과를 반영한 이동교(상) 상태안전성능 평가결과, 결함도 지수는 “0.201 “, 평가 결과는 ” B “로 평가되었다.

4.4.2 구조안전성능 평가 결과

대상 교량에 대한 구조안전성능 평가는 준공도면 및 현장조사 자료를 이용하여 평가를 진행하였으며, 제반조건 등 검토 자료는 부록에 수록하였다.

가. 내하력 평가 결과

1) 안전성 검토결과

㉮ 강도설계법에 의한 부재검토

① 바닥판 검토결과

<표 Ⅱ.4.40> 바닥판 검토결과

구 분	고정하중단면력 (Md)	활하중단면력 (Mℓ)	계수단면력 (Mu)	공칭단면력 (ØMn)	안전율 (S.F)	비고
캔틸레버측	4.532	17.648	26.617	89.340	3.356	만족
중간바닥판	1.820	21.840	49.322	89.340	1.811	만족

② 거더 검토결과

<표 Ⅱ.4.41> 거더 검토결과

부 재 명	고정하중단면력 (Md)	활하중단면력 (Mℓ)	계수단면력 (Mu)	공칭단면력 (ØMn)	안전율 (S.F)	비 고
외측거더 (G1,G8)	5,266.88	2,018.73	11,187.214	14,595.653	1.305	만족
내측거더 (G2~G7)	4,195.92	2,141.08	10,175.018	14,639.063	1.439	만족

㈏ 허용응력법에 의한 부재검토

① 응력 집계표

<표 Ⅱ.4.42> 응력 집계표

부 재 명		합성전(MPa)	합성후(MPa)	활하중(MPa)	합 계	비 고
외측거더 (G1,G8)	상연	15.55	0.24	1.56	17.35	
	하연	-14.14	-0.58	-3.86	-18.58	
내측거더 (G2~G7)	상연	12.13	0.31	1.56	14.00	
	하연	-11.13	-0.81	-4.06	-16.00	

② 응력 검토결과(MPa)

<표 Ⅱ.4.43> 응력 검토결과

부 재 명		작용응력(MPa)	프리스트레스	허용응력(MPa)	안전율	비고
외측거더 (G1,G8)	상연	17.35	-5.05	14.00	1.138	OK
	하연	-18.58	16.84	-2.81	1.615	
내측거더 (G2~G7)	상연	14.00	-4.96	14.00	1.549	OK
	하연	-16.00	16.53	14.00	26.415	

㈐ 평가 결과

안전율 개념을 적용한 구조안전성능 평가 결과, 안전율이 SF>1.0을 만족하고 있으므로 재하시험에 의한 공용내하력은 적용하지 않았다.

나. 세굴을 포함한 기초 안전성 검토결과

1) 세굴심 평가

㈎ 관련자료 수집

대상 시설물의 세굴심 검토를 위한 자료를 “이동 ~ 용인간 도로확장 및 포장공사, 구조 및 수리계산서, 1997.08”에서 수집하였으며, ‘부록 12 기타 참고자료’에 수록하였다.

㉯ 세굴심 평가

수집된 자료를 적용하여 “하천설계기준 37.3.3, 2002, 한국수자원학회”에 따라 세굴심 평가를 수행하였으며, 자료 수집이 어려운 Froehlich 공식은 제외하고 3가지 방법에 의한 평균 세굴심을 평가하였다.

① CSU 공식

$$\text{세굴심}(y_s) = (2.0\ K_1\ K_2\ K_3\ K_4\ (\frac{a}{y_1})^{0.65}(Fr_1)^{0.43})\ /\ y_1$$

$= (2.0\times1.0\times1.0\times1.1\times1.0\times(2.6/0.5)^{0.65}\times(0.06)^{0.43}\ )/0.5 = 3.83$m

여기서, y_1 = 구조물의 직상류부 수심(0.5m), K_1 = 교각형상에 대한 보정계수(1.0)

K_2 = 흐름입사각에 대한 보정계수(1.0), K_3 = 하상조건에 대한 보정계수(1.1)

K_4 = 하상재료의 크기에 대한 보정계수(1.0), a = 교각의 폭(2.6m)

Fr_1=구조물 설치 직상류부의 Froud수($\frac{v}{\sqrt{gh}} = \frac{0.3}{\sqrt{(9.81\times2.6)}} = 0.06$)

② Laursen 공식

$$\frac{b}{y} = 5.5(\frac{y_s}{y})[(\frac{y_s}{11.5y}+1)^{1.7}-1],\quad \therefore\ ys = 1.22\text{m}$$

여기서, y = 구조물의 직상류부 수심(0.5m)

y_s = 세굴심도(m) b = 교각의 폭(2.6m)

③ Neill 공식

$$\text{세굴심도}(y_s) = (1.5(\frac{b}{y})^{0.3}\ )\ /\ b,\quad \therefore\ ys = 0.95\text{m}$$

여기서, y = 구조물의 직상류부 수심(0.5m)

b = 교각의 폭(2.6m)

㉰ 세굴심 산정

상기 각 공식별 최대 세굴심 산정결과 많은 차이를 보이고 있으므로 크게 차이나는 1번 값을 제외한 두 개 공식의 평균 값(1.09m)을 본 교량의 세굴심으로

적용한다.

㉱ 세굴심 평가 결과

현 수심을 기준으로 하상에 위치한 교각에 대한 세굴심 평가 결과, 세굴심이 기초 상단보다 높게 위치하고 있는 것으로 검토되어 “a” 등급으로 평가되었다.

2) 기초 안전성 평가

세굴심 검토결과, 계산된 세굴심이 기초 상단에 위치하고 있으며 교각하단 주변에 사석보호공이 시공되어 있어 기초 안전성 검토는 생략한다.

다. 구조안전성능 평가 결과

구조해석 결과를 반영한 이동교(상) 구조안전성능 평가 결과, 결함도 지수 1.0이상으로 평가 결과는 ”A“로 평가되었다.

<표 Ⅱ.4.44> 구조안전성능 평가 결과 산정표

구분	결함도 지수	평가기준	평가 결과	비고
내하력	SF= 1.138	SF > 1	A	
기초 안전성	-	-	A	
평가 결과	MIN(내하력, 기초안전성)		A	

4.4.3 안전성능 결과 산정

이동교(상)에 대한 안전성능 평가 결과, 상태안전성능 “B”, 구조안전성능 “A”로 평가되어 안전성능등급은 아래 표와 같이 “B”로 산정되었다.

<표 Ⅱ.4.45> 안전성능 평가 결과표

구분	결함도 지수	평가 결과	비고
상태안전성능	0.203	B	
구조안전성능	1.138	A	
평가 결과	MIN(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)	B	

4.5 내구성능 평가 결과

4.5.1 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 대상 시설물 현황

<표 Ⅱ.4.46> 콘크리트 내구성능 시설물 제원

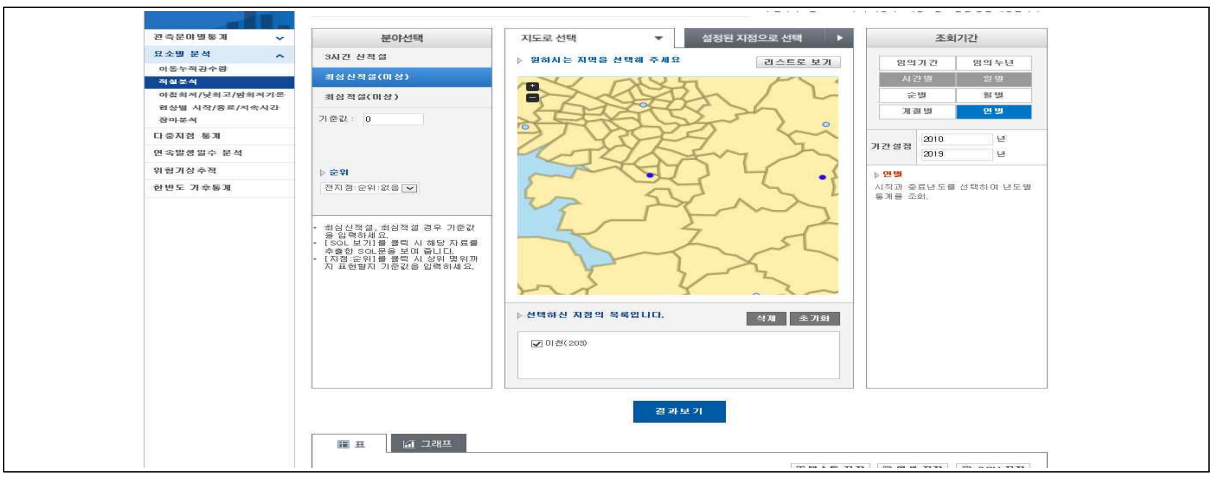
교량 형식		PSC I형 거더교(PSCI)(도로교)
경간장 및 경간수		4@30.0= 120.0m
교폭		17.3m
바닥판의 높이		5.0m
거더갯수		8
2차부재		L=1.3m, 교축방향 5m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
피복두께(바닥판 상면/교대 전면)		40mm~60mm/100mm
공용연수		15년
환경조건	지역	경기도 안성시
	해안 이격거리	서해안으로부터 43.6 km
	연간 젖음 시간(일)	56.36일
	제설제(강설횟수)	13.3일

나. 열화환경 평가

1) 대상교량은 해상교량이 아니라, 해안내륙에 위치한 교량이므로 해안거리에 따른 염해환경을 평가한다.
2) 대상교량은 서해안에 위치하기 때문에 해안거리(44.6 km)에 따른 서해안의 비래염분 염해환경은 A등급으로 평가된다.



3) 인접한 경기도 수원지역의 10년간 평균 강설 일수는 13.3일로 제설제 염해환경은 b 등급으로 평가된다.



4) 또한, 해당지역의 동결융해 반복지수 X는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우, 10.45회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 56.36회로서 동결융해 환경은 C등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우도 동결융해 싸이클이 연평균 10.45회로서 동결융해의 피해를 입을 수 있음을 확인된다.

<표 Ⅱ.4.47> 수분접촉 일수표(2009년2월1일 ~ 2019년2월1일)

지점명	주소	지점 번호	동결융해 싸이클수 (회/연평균)	
			일반부재 (수분미접촉)	취약부재 (수분접촉)
수원	경기도 수원시 권선구 서둔동	119	10.45	56.36

다. 열화진전 평가

염화물 침투량 시험은 책임기술자 판단에 따라 실시하도록 규정하고 있으며, 본 구조물에서는 바닥판 상면 1개소, 교대 1개소, 교각 1개소에서 분말 시료를 채취하여 시험을 실시하였다.

대상 교량의 피복두께는 바닥판 49㎜, 교대 44㎜, 교각 103㎜이며, 시료 채취표면부와 내면부로 구분하여 깊이별 측정결과를 확보하였다.

1) 염화물 침투량 평가

<표 Ⅱ.4.48> 염화물 침투량 평가 결과

열화진전 평가항목	세부 부재명	깊이별 염화물 침투량 (㎏/㎥)		평가 결과
		표면부	내면부	
염화물 침투량	바닥판	0.263	0.163	a
	거더	-	-	-
	2차부재	-	-	-
	교대/교각	0.066/0.306	0.034/0.181	a

2) 염화물 확산계수 산출

<표 Ⅱ.4.49> 염화물 확산계수 산출

열화진전 평가항목	세부 부재명	깊이별 염화물 확산계수 (㎠/year)	
		표면부	내면부
염화물 침투량	바닥판	-	0.207
	거더	-	
	2차부재	-	
	교대/교각	-	0.221

3) 철근부 전염화물 침투량이 2.5(㎏/㎥)가 되는 시점 평가

<표 Ⅱ.4.50> 철근부 전염화물 침투량이 2.5(㎏/㎥)가 되는 시점 평가 결과

열화진전 평가항목	세부 부재명	계산 결과 (year)	평가결과
철근부 전염화물 침투량 Cr이 2.5(㎏/㎥)가 되는 시점	바닥판	30년 초과	a
	거더	-	-
	2차부재	-	-
	교대/교각	30년 초과	a

4) 염화물량 등급 평가

<표 Ⅱ.4.51> 철근부 염화물량 등급 평가

세부 부재명	염화물 침투량 평가 등급
바닥판	a
거더	-
2차부재	-
교대/교각	a

라. 탄산화 깊이 평가

1) 대상 교량은 5경간 이상으로 측정 개소는 상부/하부에서 총 5개소를 측정하였다.

2) 각 부재별로 탄산화 깊이를 평가하며, 1개 세부부재 내에서는 개별 평가등급 중 최저등급을 대상부재의 탄산화 깊이에 대한 평가등급으로 한다.

<표 Ⅱ.4.52> 탄산화 깊이 평가

열화진전 평가항목	시험위치	탄산화 깊이(㎜)			탄산화 속도계수			잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간(T)			개별등급			평가
		No1	No2	No3	No1	No2	No3	No1	No2	No3	No1	No2	No3	
탄산화 깊이	바닥판	4.5	3.8	4.3	0.75	0.63	0.72	30년 초과			a	a	a	a
	거더	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2차부재	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	교대/교각	4.8	3.7	4.3	0.80	0.62	0.71	30년 초과			a	a	a	a

마. 피복(표면부) 콘크리트의 품질 평가

피복(표면부) 콘크리트의 품질은 대상 교량의 상·하부 구조에서 건전부 및 비건부에 대해서 반발경도법에 의한 강도 조사를 실시하였다.

<표 Ⅱ.4.53> 피복(표면부) 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	부재 그룹명	세부 부재명		설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/건전부 비율(%)	개별 평가등급		평가 결과
피복 콘크리트의 품질	상부	바닥판		105	106	a	a	a
		거더		161	105	a	a	a
		2차부재		-	-	-	-	-
	하부	교대/교각	A1	123	98	a	a	a
			P1	140	107	a	a	
			P2	-	-	-	-	
			P3	128	-	a	-	
			A2	126	107	a	a	

바. 콘크리트 내구성능 평가 결과

<표 Ⅱ.4.54> 콘크리트 내구성능 평가 결과

부재 그룹	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재등급	결함도 지수
상부	바닥판(35)	a	a	a	a	0.1
	거더(38)	-	-	a	a	0.1
	2차부재	-	-	-	-	-
하부	교대/교각(27)	a	a	a	a	0.1
		결함도지수	(0.1 * 35 + 0.1 * 38 + 0.1 * 27) / 100 = 0.100			
		등 급	A			

<표 Ⅱ.4.55> 열화환경지표 평가 결과

열화환경지표		평가등급
제설제 염해환경		B
비래염분 염해환경	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	A
동해환경		C

4.5.2 종합내구성능 평가 결과

<표 Ⅱ.4.56> 종합내구성능 평가 결과

결함도 평가부재	내구성능 등급	결함도 지수	가중치	평점
콘크리트	A	0.1	1.0	0.10
합 계				0.10
능원교 종합내구성능 등급				A

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
종합내구성능 평가 결과	0.10					

대상 시설물에 대한 콘크리트 내구성능평가 결과, 결함도 지수는 “0.10”, 평가 결과는 “A”로 평가되었다.

4.6 사용성능 평가 결과

4.6.1 성능지표별 평가 결과

가. 사용성 평가

1) 포장상태 평가

대상 교량의 포장상태 평가 지수인 NHPCI는 아래 식을 이용하여 산정한다.

$$NHPCI = \frac{1}{(0.33 + 0.003 \times X_{CR} + 0.004 \times X_{RD} + 0.0183 \times X_{IRI})^2}$$

여기서 , X_{CR} : 균열률(%)

X_{RD} : 소성변형(mm)

X_{IRI} : 종단평탄성(m/km)

<표 Ⅱ.4.57> NHPCI 분석 결과표

시설물명	호선	조사연장 (km)	평 균			NHPCI	평가 등급
			균열율 (%)	종단평탄성 (IRI)	소성변형 (RD)		
이동교(상)	45	3.002	18.23	1.71	8.31	3.38	d

※ 대상 교량에 대한 NHPCI평가를 위한 지수자료는 「세부지침-성능평가-교량편」에 따라 “2016 도로포장관리시스템(한국건설기술연구원,2017.04)”의 대상 교량 인근자료를 활용하였음.

2) 교량 조명

<표 Ⅱ.4.58> 점검시설 평가 결과표

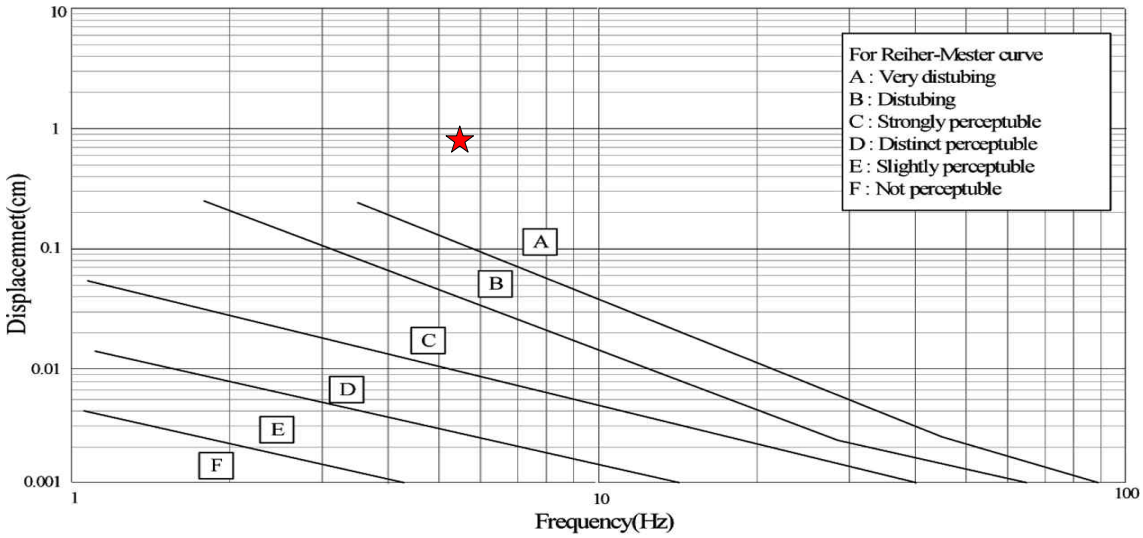
시설물명	도로의 종류	도로 조명 등급	평가내용		평가 등급
			작동유무	설치상태	
이동교(상)	국도	M2	e	c	e
조명의 작동유무 = (작동 개수)/(조사 대상 개수)×100 = 1/4×100 = 25% (b 등급) 조명의 설치상태 = (측정 평균 노면 휘도)/(최소허용치)×100 = 1.3/1.5×100 = 86% (c 등급)					

3) 진동사용성

재하시험을 통한 진동사용성 평가 결과, 아래와 같이 최대 처짐값 5.470, 고유진동수 0.946에 해당하는 구간은 A구간으로 나타났으며, e등급(매우 불안감이 조성되는 상태)으로 평가되었다.

<표 Ⅱ.4.59> 처짐 및 고유진동수 측정 결과표

구분	처짐	고유진동수	평가등급
	DT1		
이동교(상)	0.946	5.470	e



<그림 Ⅱ.4.20> Reiher-Meister(1931)의 허용곡선

나. 유지관리성 평가

1) 점검시설

<표 Ⅱ.4.60> 점검시설 평가 결과표

시설 물명	교각 개소수	설치유무		설치상태				평가 등급
		설치 개소수	점검시설 설치율(%)	수리필요 개소수	수리 필요율(%)	교체필요 개소수	교체 필요율(%)	
이동교 (상)	3	3	100	0	0	0	0	a

다. 수요 및 용량 평가

1) 교통량

<표 Ⅱ.4.61> 교통량 평가 결과표

시설물명	수요예측(대)	수요실제(대)	비율(%)	평가등급
이동교(상)	31,546	31,208	100이상	a

※ 이동교 수요예측 교통량은 “이동~용인간 도로확장 및 포장공사 종합보고서”를 참조하였으며, 관련 자료를 부록에 수록하였다.

4.6.2 사용성능 평가 결과

대상 교량에 대한 최종 사용성능평가 결과, 아래 표와 같이 D등급으로 산출되었다.

<표 Ⅱ.4.62> 사용성능 평가 결과표

성능 구분	특징	세부지표 종류	가중치	평가결과	등급점수	결함지수
사용 성능	사용성	포장상태	0.247	d	0.7	0.173
		교량조명	0.150	e	1.0	0.150
		진동사용성	0.202	e	1.0	0.202
기능성	유지관리성	점검시설유무	0.206	a	0.1	0.021
	수요및용량	교통량	0.195	a	0.1	0.020
				결함도지수		0.566
				등급		D

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
상태평가 결과					0.566	

대상 시설물에 대한 사용성능평가 결과, 결함도 지수는 “0.566”, 평가 결과는 “D”로 평가되었다.

4.7 종합성능평가 결과

4.7.1 항목별 평가 결과

가. 안전성능 평가 결과

<표 Ⅱ.4.63> 안전성능 평가 결과표

구분	결함도 지수	평가 결과	비고
상태안전성능	0.203	B	
구조안전성능	1.138	A	
평가 결과	MIN(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)	B	

나. 내구성능 평가 결과

<표 Ⅱ.4.64> 내구성능 평가 결과표

결함도 평가부재	내구성능 등급	결함도 지수	가중치	평점
콘크리트	A	0.1	1.0	0.1
합 계				0.10
이동교(상) 종합내구성능 등급				A

다. 사용성능 평가 결과

<표 Ⅱ.4.65> 사용성능 평가 결과표

성능 구분	특징	세부지표 종류	가중치	평가결과	등급점수	결함지수
사용성능	사용성	포장상태	0.247	d	0.7	0.173
		교량조명	0.150	e	1.0	0.150
		진동사용성	0.202	e	1.0	0.202
기능성	유지관리성	점점시설유무	0.206	a	0.1	0.021
	수요및용량	교통량	0.195	a	0.1	0.020
				결함도지수		0.566
				등급		D

4.7.2 종합성능등급 산정 결과

<표 Ⅱ.4.66> 종합성능등급 산정 결과표

시설물 종합성능등급 결과 산정표			
시설물명	이동교(상)		
평가항목	성능별 결함도 점수	평가등급	성능간 가중치
안전성능 평가	0.203	B	0.68
내구성능 평가	0.100	A	0.21
사용성능 평가	0.566	D	0.11
종합성능등급 산정 결과	= 0.203 × 0.68 + 0.10 × 0.21 + 0.566 × 0.11 = 0.221 ∴ B등급		

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A	B	C	D	E	
종합성능 평가결과	0.221					

대상 시설물에 대한 항목별 평가 결과 및 각 성능간 가중치를 적용한 종합성능등급 산정 결과, 결함도 지수는 “0.221” 종합성능 평가 결과는 “B”로 산정되었다.

제5장 이동교(하)

5.1 시설물 현황

5.2 자료수집 및 분석 결과

5.3 현장조사 및 시험 결과

5.4 안전성능 평가 결과

5.5 내구성능 평가 결과

5.6 사용성능 평가 결과

5.7 종합성능등급 산정 결과

제 5 장 이동교(하)

5.1 시설물의 현황

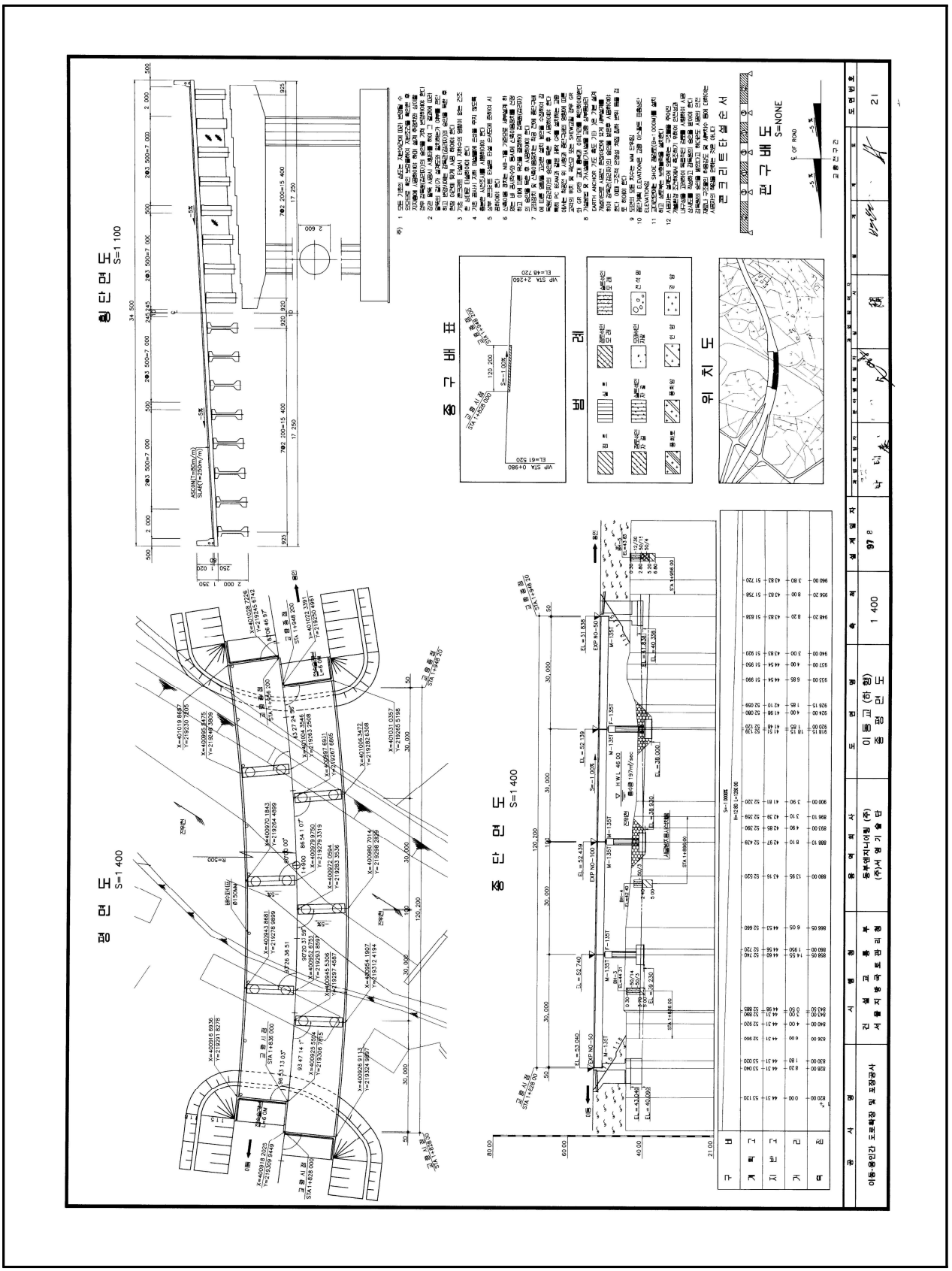
5.1.1 시설물의 현황

가. 대상 시설물 개요

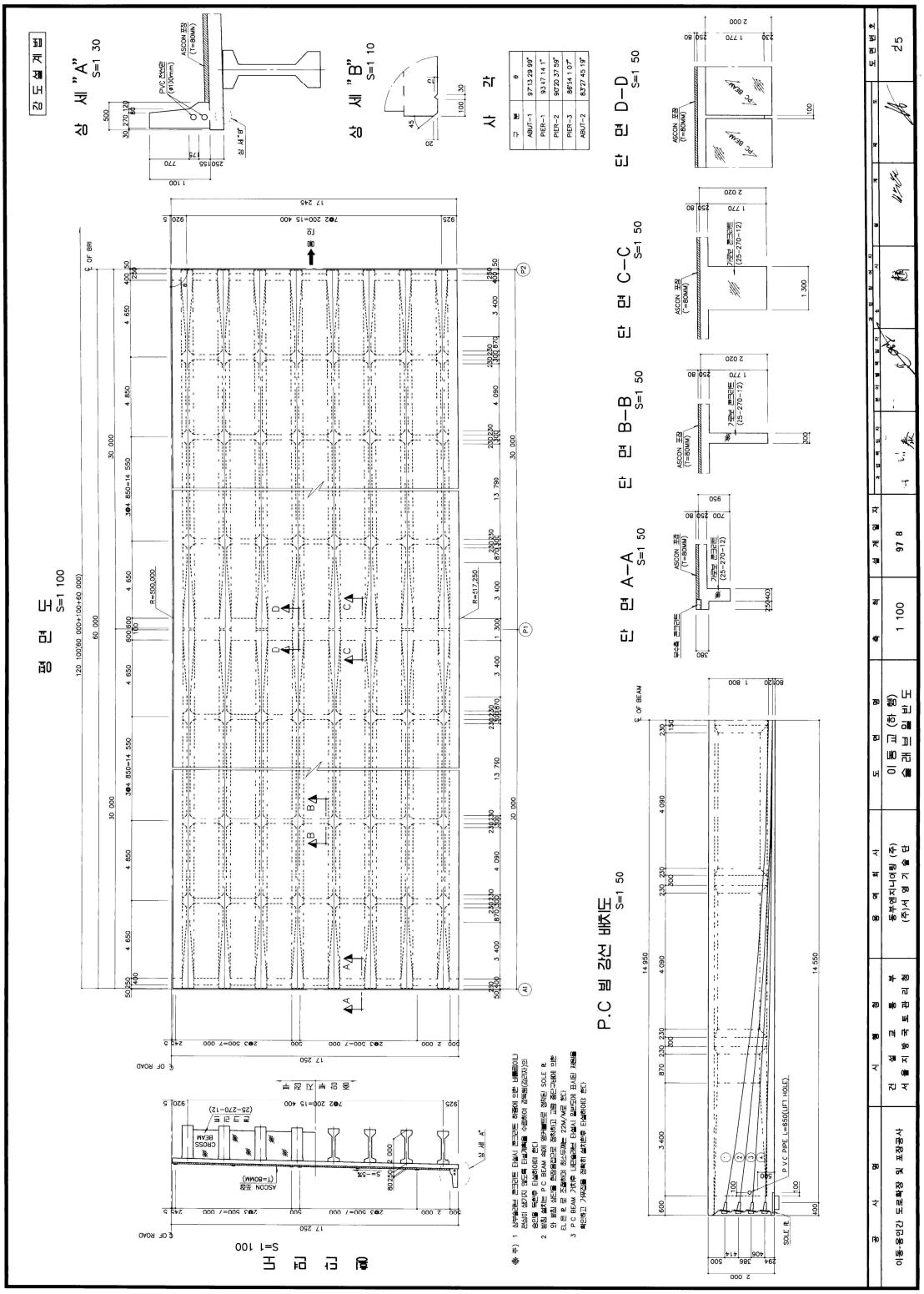
작성일 : 2019년 03월 17일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		이동교(하)	시설물번호		BR2005-0000270
준공년도		2004년 12월 30일	관리번호		-
위 치		경기도 안성시 양성면 난실리 375-1			
설계하중		DB-24, DL-24	노선명(이정)		국도 45호선
제원	연장	L= 120.0m (5@30.0 + 2@30.0 = 120.0m)			
	폭(유효폭)	B= 17.3m(편도 4차선)			
구조 형식	상부	PSCI BEAM	기초 형식	교대	-
	하부	교대 : 역 T형 교각 : 라멘형		교각	확대기초
받침장치		탄성받침	신축이음장치		NB Joint(A1, A2) Rail Joint(P2)
교차시설물 (하천, 교량)		진위천, 도로(양성로)	통과높이		-
부착시설내용		-			
기타		-			

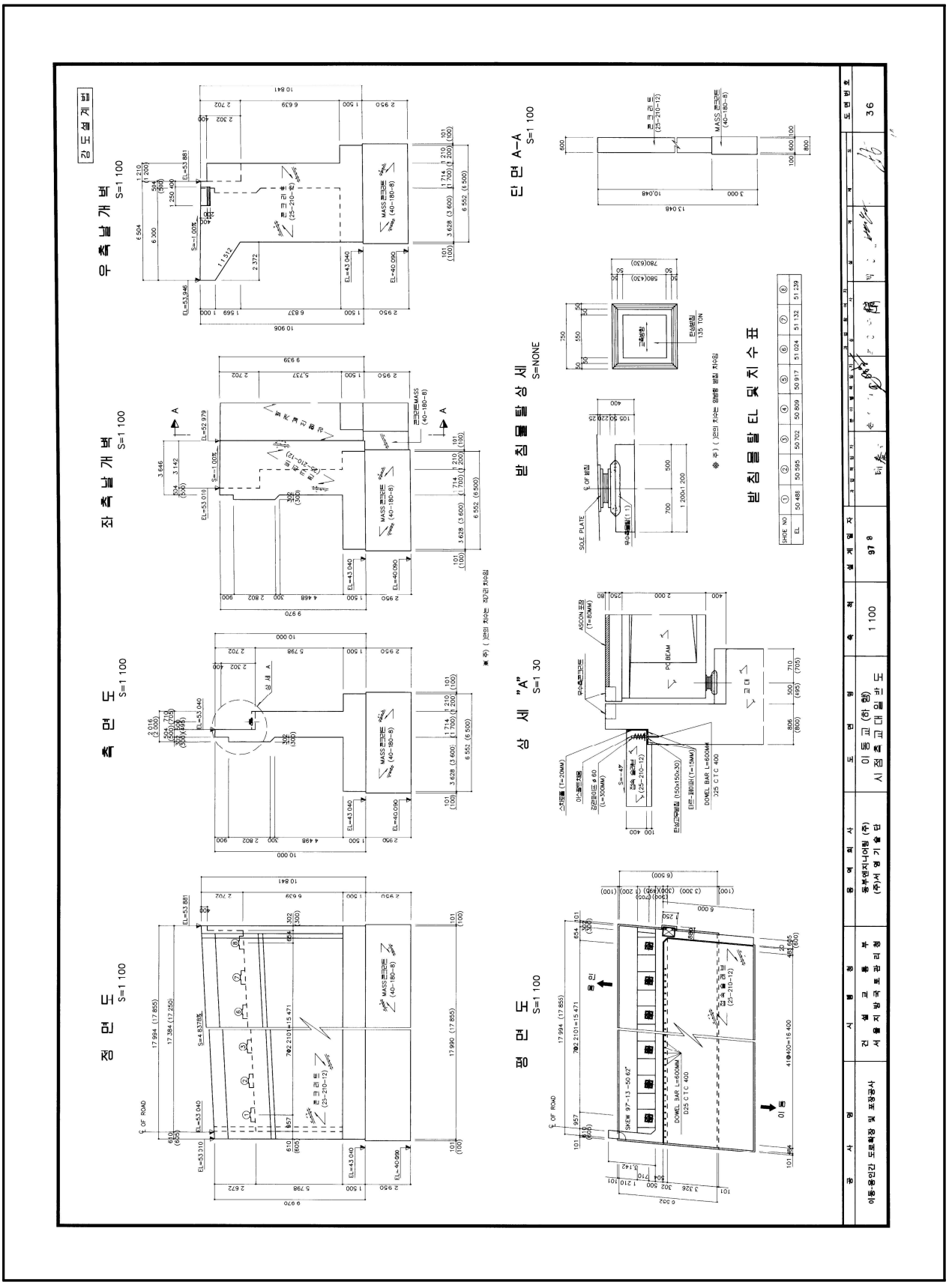
나. 주요도면



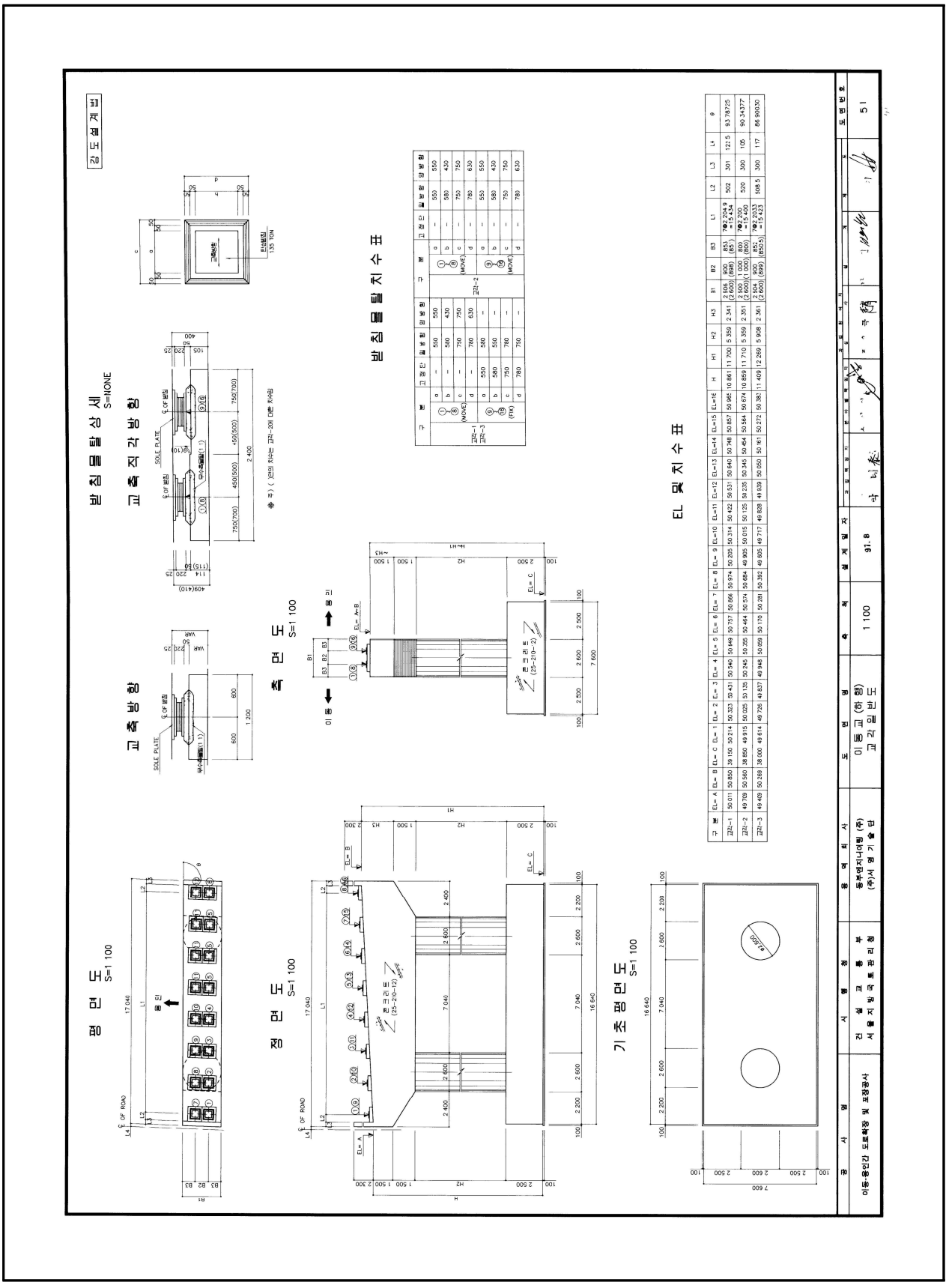
<그림 Ⅱ.5.1> 이동교(하) 종·평면도



<그림 Ⅱ.5.2> 이동교(하) 평면도



<그림 Ⅱ.5.3> 이동교(하) 교대 일반도



<그림 Ⅱ.5.4> 이동교(하) 교각 일반도

5.1.2 시설물 이력

가. 성능평가 이력사항

대상 교량인 이동교(하)에 대한 성능평가용역은 시설물에 대한 성능평가 과업이 최초로 도입된 2018년 1월 18일 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법” 시행 이후 최초로 실시되는 성능평가 용역이므로 이전에 실시된 이력은 없는 것으로 확인되었다.

나. 점검 및 진단 이력사항

이동교(하)는 2004년 12월 준공 이후부터 2018년 하반기 정기점검까지 주기적인 정기안전점검, 정밀안전점검을 실시하였으며, 주요 내용은 다음과 같다.

점검기간	점검종류 및 점검기관	상태 등급	점검 · 진단결과
2005.07.13	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2005.10.31	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2006.03.21~2006.05.19	정밀점검 케이에스엠기술(주)	B등급	·교면포장면 : 주의관찰 / 배수시설 : 청소 / 바닥판 하면 : 균열보수 / 신축이음 :주입보수
2006.06.23	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2006.11.22	정기점검 자체수행	양호	-
2007.05.23~2007.06.07	정기점검 자체수행	양호	·포장균열 및 재료분리
2007.12.06	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2008.06.05	정기점검 자체수행	양호	·정밀점검결과 후 보수부분 조치예정
2008.06.09~2008.08.08	정밀점검 엔이티엔지니어링(주)	B등급	·교면포장 균열 및 파손, 주형 균열, 가로보균열, 배수구 막힘, 교대누수흔적, 교각 균열 설명판 망실 등의 손상이 조사
2008.11.04	정기점검 자체수행	양호	·바닥판 하면, 주형, 가로보 균열 발생
2009.06.02	정기점검 자체수행	양호	·육안점검결과, 특별한 이상 없음
2009.11.15	정기점검 자체수행	양호	·교면포장 종방향균열 발생

점검기간	점검종류 및 점검기관	상태 등급	점검 · 진단결과
2010.03.11~2010.06.08	정밀점검 (주)이지 엔지니어링	B등급	·PSC BEAM 형식의 교량으로 전반적으로 양호한 상태이며, 교면포장에 발생된 소성변형 및 균열 등의 손상은 슬래브 및 교면방수층 보호, 주행차량의 안전 등을 위하여 보수를 실시하여 구조물의 내구성 및 공용기간을 확보하는 것이 바람직하다.
2010.06.14	정기점검 자체수행	양호	·내구성 및 공용기간 확보를 위하여 보수를 실시하는 것이 바람직함
2010.12.08	정기점검 자체수행	양호	·포장면균열, 교대콘크리트파손
2011.06.21	정기점검 자체수행	양호	·포장면균열, 교대콘크리트파손
2011.12.20	정기점검 자체수행	양호	·포장면균열, 교대콘크리트파손
2012.03.20~2012.06.17	정밀점검 (주)평화 엔지니어링	B등급	·콘크리트 비파괴조사를 통한 정밀점검 결과 시공중과 공용중에 발생되었을 것으로 추정되는 손상 및 결함이 조사되었으며 점검일 현재 안전에 문제될 만한 결함 발생은 없는 것으로 조사되었다. 따라서 결함이 발생된 부위에 대하여는 시설물의 안전성과 내구성에 미치는 영향을 종합적으로 판단하여 보수·보강 방법과 유지관리 방안을 제시하였다.
2012.05.01~2012.06.30	정기점검 자체수행	양호	·교면포장(균열,마모,망상균열), 바닥판(균열), 교대교각(균열)
2012.11.01~2012.12.31	정기점검 자체수행	양호	·교면포장(균열,마모,망상균열), 바닥판(균열)
2013.05.01~2013.06.30	정기점검 자체수행	양호	·교면포장(균열,마모,망상균열), 바닥판(균열)
2013.11.01~2013.12.31	정기점검 자체수행	양호	·교면포장(균열,마모,망상균열), 바닥판(균열)
2014.01.01~2014.06.30	정기점검 자체수행	양호	·A1교대 배수로 파손
2014.05.12~2014.08.09	정밀점검 대진컨설턴트 주식회사	B등급	·전반적으로 구조물의 안전성에 영향을 미치는 손상은 없는 양호한 상태 ·교면포장 아스콘 균열, 망상균열 및 마모, 라벨링, 씰링보수부 마모 및 파손 ·배수시설 배수구 막힘, 배수관 망실, 도수로 파손 ·난간 및 연석 방호벽 철근노출, 중앙분리대 파손, 철근노출 ·신축이음 유간 이물질 퇴적, 후타재 균열(0.3㎜미만), 차수판 덮개 망실 ·바닥판 하면 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 누수흔적, 물끊기홈 미제거 ·거더 및 가로보 균열(0.3㎜미만), 파손 ·교량받침 도장박리, 부식, 균열(0.3㎜미만, 이상), 파손 ·하부구조 균열(0.3㎜미만), 누수흔적, 화재흔적

점검기간	점검종류 및 점검기관	상태 등급	점검 · 진단결과
2014.07.01~2014.12.31	정기점검 자체수행	양호	·교면포장(균열,마모,망상균열), 바닥판(균열)
2015.04.01~2015.06.30	정기점검 자체수행	양호	·배수로 파손(A1, 1.0X1.0)
2015.10.01~2015.12.31	정기점검 자체수행	양호	·배수로 파손(A1, 1.0X1.0)
2016.04.01~2016.06.30	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호
2016.06.13~2016.11.19	정밀점검 영동이엔지(주)	B등급	·구조적으로 문제가 될 정도의 손상은 없는 것으로 조사되었으며, 주요 손상으로는 A1, A2신축이음 누수(노후화), 교면포장 일부구간 망상균열, 종방향 시공이음부 균열, 방호벽 콘크리트 단면보수재 망상균열, 중분대 연석부 박리, 박락, 교면 배수구 막힘, 바닥판 하면 미보수 건조수축균열, 상,하행 접속부 박리, 균열, 철근노출, 거더 복부 균열, 가로보 균열, 교량받침 콘크리트 및 몰탈 균열, 받침 Plate 표면부식, 도장박리, 하부구조 건조수축 균열, 기둥 하부 유수에 의한 경미한 표면침식 등의 손상이 조사되었다. ·콘크리트 비파괴시험(콘크리트 강도, 탄산화 시험) 결과 내구성의 문제는 없는 것으로 조사되었다.
2016.10.01~2016.12.31	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호
2017.04.01~2017.06.30	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호(상반기 보수 예정)
2017.10.01~2017.12.31	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호
2018.04.01~2018.06.30	정기점검 자체수행	양호	·대체로 양호
2018.06.28~2018.09.18	정밀점검 다윤이엔씨(주)	B등급	·교면포장 : 포장패임 ·난간 및 연석 : 표면들뜸, 들뜸, 박락, 균열(0.3mm이상), 난간변형 ·바닥판하면 : 균열(0.3mm미만), 누수흔적, 망상균열, 백태 ·거더 및 2차부재 : 인양홀 주변 파손, 파손, 망상균열, 균열(0.3mm미만) 등 ·교대 및 교각 : 긁힘, 누수오염, 망상균열, 박리, 백태, 이물질퇴적, 파손 등 ·신축이음 : 유간토사퇴적, 차수판 덮개망실, 후타재파손 등 ·교량받침 : 받침플레이트 부식, 솔플레이트 부식, 받침플레이트 도장박리 등 ·배수시설 : 배수구막힘, 배수관길이부족
2018.10.01~2018.12.31	정기점검 자체수행	양호	·양호

다. 보수·보강 이력사항

시설물관리대장 검토 및 현장조사 결과 확인된 유지보수 이력은 다음과 같다.

<표 Ⅱ.5.1> 이동교(상) 보수/보강 이력

번호	공사명	공사기간	구분	부위	공사금액/내역	시공	비고
1	관내 교량하부 불법점용물 진입차단시설 설치공사	2011.06.20 ~ 2011.09.08	개량	-	163,052천원	중원그린산업(주)	
* 시설물정보관리종합시스템(FMS)상에 부재, 부위별 보수·보강 이력사항이 상세히 기록되지 않은 상태인바, 이에 대한 보완이 필요한 상태이다.							

5.2 자료수집 및 분석 결과

5.2.1 자료수집현황

과업대상 교량인 이동교(하)는 2004년 12월 30일에 준공된 일반국도45호선상의 도로교량이며, 교량 상부 구조 형식은 PSCI Beam, 설계하중 DB-24, 총 연장 120.0m, 최대경간장 30.0m, 교폭 17.3m, 2종 시설물로 검토되었다.

이동교(하)는 1997년 12월 01일 이후 준공되어 관리주체의 설계도서 보전 및 설계도서 사본 공단제출 대상 시설물로 확인되었다.

<표 Ⅱ.5.2> 자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계도서	o 공통 - 준공내역서, 공사시방서, 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서, 기타 특이사항 보고서	- 보유	대상 제출
	o 설계도면 - 교량 및 복개구조물 - 위치도, 평면도, 단면도(종.횡), 상·하부 구조물도, 빔상세도, 신축이음, 교량받침 상세도	- 보유	대상 제출
시설물 관리대장	o 기본현황 o 상세제원 o 유지관리 이력	- 기록 관리됨.	FMS
시공관련 자료	o 시공관련자료 o 품질관리 관련자료 - 재료증명서, 품질시험기록, 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 o 사고기록	- 미확인	대상 미제출
안전점검 및 정밀안전진단 자료		- 기록 관리됨.	FMS
보수·보강 자료		- 기록 관리됨.	FMS

5.2.2 기존 점검 및 진단 실시결과

이동교(하)는 2004년 12월 준공된 2종 시설물로서 「시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 의거 주기적인 점검, 진단을 실시하고 있으며, 기존 정기안전점검, 정밀안전점검 실시결과 이력은 본 보고서 “제2편 제1장 대상시설물 현황, 1.2 시설물 이력사항”에 수록하였다.

이동교(하)는 최초로 실시되는 성능평가 용역으로 기존 실시이력이 없으므로 보고서 작성 기준 최근 2018년 09월 실시된 ‘국도43호선 능원교 등 4개교 정밀안전점검 용역’ 중 시행되었으며, 주요 내용은 다음과 같다.

가. 전차 성능평가 결과 요약

최초로 실시되는 성능평가 용역으로 이전자료가 없음.

나. 전차 정밀안전점검 결과 요약

<표 Ⅱ.5.3>전차 정밀안전점검 부재별 외관조사 결과

부재	외관조사 결과	비고
바닥판	·균열(0.3㎜미만), ·누수흔적, 백태 ·망상균열	
PSCI	·균열(0.3㎜미만), ·인양홀 주변 파손, 파손 ·망상균열	
가로보	·균열(0.3㎜미만), ·파손 및 철근노출	
교대 및 교각	·균열(0.3㎜미만), 망상균열 ·박리, 긁힘, 파손 ·누수흔적, 백태	
교량받침	·받침콘크리트 균열(0.3㎜미만) ·받침플레이트 도장박리 및 부식 ·솔플레이트 부식	

부재	외관조사 결과	비고
신축이음	·후타재 균열(0.3㎜미만) 및 파손 ·유간토사퇴적 ·차수판 덮개 망실	
교면포장	·포장 패임	
배수시설	·배수구 막힘 ·배수관 길이부족	
방호시설	·표면들뜸, 들뜸 ·박락 ·균열(0.3㎜미만) ·난간 변형	

<표 Ⅱ.5.4> 전차 정밀안전점검 재료시험 결과

구분	재료시험 결과			
콘크리트 강도 (MPa)	시험부재	측정강도	설계강도	비고
	바닥판	27.4~28.9	27.0	양호
	교대, 교각	24.7~34.1	21.0	양호
탄산화 시험	시험부재	측정치(㎜)	잔여피복(㎜)	평가기준
	바닥판	4.1~5.2	31.4~33.8	a
	교대,교각	5.74~10.09	58.1~94.3	a

<표 Ⅱ.5.5>전차 정밀안전점검 종합평가 및 안전등급 산정 결과

구 분	상태평가 결과	안전성평가 결과			종합평가 결과	안전 등급
		안전율	공용내하력	안전성평가 결과		
이동교(하)	B(0.199)	-	-	-	B	B

5.2.3 성능평가를 위한 자료수집 현황

가. 안전성능 평가를 위한 자료수집 현황

1) 상태안전성능 평가

금차 상태안전성능 평가를 위한 기초자료는 최근 실시된 ‘국도43호선 능원교 등 4개교 정밀안전점검 용역’의 현장조사 결과자료를 기초로 하여 실시한 현장조사 결과를 이용하여 평가하였다.

2) 구조안전성능 평가

금차 구조안전성능 평가를 위한 기초자료는 FMS에 등재된 설계자료(구조계산서 등)을 이용하여 평가하였다.

나. 내구성능 평가를 위한 자료수집 현황

1) 콘크리트 내구성능 자료수집 현황

㉮ 피복콘크리트 시험 자료 수집현황

최근 실시된 ‘국도43호선 능원교 등 4개교 정밀안전점검 용역’의 반발경도 시험 자료 및 금회 실시한 시험자료를 종합하였다.

㉯ 콘크리트 탄산화 시험자료 수집현황

최근 실시된 ‘국도43호선 능원교 등 4개교 정밀안전점검 용역’의 반발경도 시험 자료 및 금회 실시한 시험자료를 종합하였다.

㉰ 콘크리트 염화물 시험자료 수집현황

최근 실시된 ‘국도43호선 능원교 등 4개교 정밀안전점검 용역’은 염화물 시험이 미실시되어 금회 실시한 시험자료를 활용하였다.

㉱ 염해환경 관련 자료 수집현황

① 해안까지의 거리 : 인터넷 포털사이트(네이버) 지도 이용

② 강설횟수 : 기상청 자료 이용(기후자료개방포털)

㉲ 동해환경 관련 자료 수집현황

① 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량 : 기상청 자료수집 이용(기후자료개방포털)

다. 사용성능 평가를 위한 자료수집 현황

1) 포장상태 자료 수집현황 : 2016년 시행한 PES 자료 활용

2) 교량조명 자료 수집현황 : 금회 측정 자료 활용

3) 진동사용성 자료 수집현황 : 금회 측정 자료 활용

4) 교통량 자료 수집현황

㉮ 수요예측 : 시설물정보관리 종합시스템(실시설계보고서, 교통량) 자료 활용

㉯ 수요실제 : 교통량정보제공 시스템 자료 활용

5.2.4 용도변경 및 내진설계 여부

이동교(하)는 일반국도45호선상의 도로교량이며, 시설물의 용도변경 없이 공용되고 있는 것으로 확인되었다.

이동교(상)는 FMS 자료 확인결과, 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

5.2.5 자료분석 결과 요약

이동교(하)는 기존 점검 자료에 대한 검토 결과, 시설물의 안전을 저해하는 중대결함이 없는 것으로 검토되었다.

이동교(하)는 공용기간 중 주기적인 점검을 통하여 조사, 확인된 부재 결함(손상)에 대한 보수·보강을 시행하는 등 유지관리가 적정하게 시행된 것으로 판단되며, 최근 정밀안전점검 결과 **안전등급 B등급**을 유지하고 있는 것으로 검토되었다.

5.3 현장조사 및 시험 결과

5.3.1 개요

이동교(하) 성능평가에 대한 현장조사 및 시험은 본 용역 착수 후 현장답사를 통해 시설물의 현황 및 현장조건을 파악하고 과업수행계획서와 사전검토보고서를 작성하여 세부수행 계획을 수립하였다.

교량의 소재지는 경기도 안성시 양성면 난실리 일원이며 진위천 및 양성로를 횡단하고 있다.

본교 상부구조는 PSCI Beam으로 시공되어져 있으며 하부구조는 역T형 교대 및 라멘식 교각으로 구성되어 있다.

외관조사는 사전에 기존 점검 용역 보고서의 중점점검사항, 접근방법, 관련기관 협조요청, 외관조사망도 등을 충분히 숙지한 후 손상내용 확인 및 보수부 확인, 새로운 결함 발생 여부에 중점을 두고 조사하였다. 특히, 교량의 안전성에 영향을 미치는 구조적인 결함의 유무를 중점적으로 확인하였으며, 점검대상 부위는 정밀조사를 실시하기 위하여 고소작업차, 사다리 등의 접근장비 및 도구를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 균열폭 측정 및 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인하였다.

현장조사 및 재료시험은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 교량편)(국토교통부, 한국시설안전공단 2019. 01)』 및 발주기관에서 제공된 과업내용서에 의거하여 수행하였으며 교량의 성능평가 및 유지관리 전략을 제안하는 기초자료로 사용하였다.

가. 현장조사 수행현황

1) 현장조사 일자 및 내용

<표 Ⅱ.5.6> 현장조사 일자 및 내용

조사일자	조사내용	조사방법	조사자
2018. 12.19	현장답사, 외관조사 계획수립	도보	사업책임기술자 외 4인 및 현지보조인부 3인
2019. 01.16 ~ 2019.01.17	1차 외관조사 (교면포장, 신축이음 및 하부구조 등)	도보 및 사다리	
2019. 2.20 ~ 2019. 2.21	2차 외관조사 (바닥판하면, 거더 외부 및 교량받침 등)	고소작업차, 도보조사	

2) 현장조사 방법

외관조사는 구조물의 각 형식별, 부재별로 조사를 시행하였으며, 조사결과를 성능평가의 기초자료로 활용하였다.

㉮ 능원천에 위치한 상부 및 하부구조 조사는 조사자 안전교육 시행 후 고소작업차 및 사다리 등을 이용하여 외관조사 및 내구성조사를 수행하였다. 육상구간은 고소작업차, 사다리 및 도보에 의한 조사를 수행하였다.

㉯ 교각 점검로 설치된 구간은 도보로 조사를 수행하였다.

㉰ 사용성능 평가를 위해 통행량이 많은 시간 때를 고려하여 교량의 처짐 및 고유진동수를 측정하였다.

㉱ 외관조사시 발견된 손상이나 결함은 구조물 외관 및 외관조사망도에 위치, 크기, 종류, 형태 등을 측정하여 상세히 기록하였으며, 결함 및 손상에 대해서는 현장에서 진행여부를 판단할 수 있도록 시·종점 및 폭을 분필을 이용하여 점검년도 및 손상내용을 표시하여 보수·보강 및 점검 등 유지관리에 활용토록 하였다.

3) 현장조사 사진

점검로 이용한 도보조사	고소작업차 이용한 조사
	
교량 처짐 및 고유진동수 측정	신축이음 유간 측정
	

4) 부재별 주요조사 항목

금번 성능평가시 현장답사, 기존자료 등을 토대로 외관조사 방법을 결정하였으며, 부위별 점검항목별로 외관조사를 실시하였다.

구분	조사항목	비고
현장답사	·현장접근에 필요한 고소차 등의 접근방법, 일정계획을 수립 ☞ 능원천 교량구간 조사방법 결정(고소작업차, 사다리) ·예비조사를 통해 교량에 발생된 주요 결함을 형태별로 분류 ·결함 및 손상의 발생 원인을 추정하고 조사방향 결정 ·점검로 설치구간 확인 및 출입여부	
기존자료 검토	·주요 점검사항, 보수, 보강 시행여부 ·중점점검 유지관리 사항 ·설계도서 및 도면, 구조계산서, 시공자료, 기존 안전점검 및 정밀안전진단 자료, 보수보강 이력 ·내진설계 여부 확인 및 관련자료 검토 ·기타 시설물관리대장 작성에 필요한 자료 등	
포장부	·포장부 균열, 파손, 신축이음부 주변 파손, 체수 등 ·배수관 주변 포장 들뜸 및 배수구 막힘 확인 ·포장면에 대한 PES조사(2016년 실시한 인근 조사 자료를 활용)	
난간 및 연석	·보수부 재균열 및 신규 균열 발생 여부 ·중앙분리대와 난간의 처짐	
바닥판	·바닥판 하면 백태, 균열(선형, 망상), 단면손상 ·바닥판 측면 균열 및 백태	
거더	·강선배치 주변 콘크리트 균열 ·철근노출 등 단면손상 ·균열(선형, 망상), 백태	
신축이음부	·후타재 균열, 파손, 마모, 핑거 파손 및 균열, 본체 누수 및 단차	
받침	·편기, 가동상태, 균열, 파손, 몰탈파손 및 들뜸	
교대 및 교각	·유간밀착, 균열, 단면손상, 상면 체수, 기초부 침식 등	

5.3.2 현장조사

가. 교면포장

1) 현황

본 교량의 폭은 17.3m로 양측 방호벽을 고려한 유효폭은 16.3m 이며 편도 4차로로 구성되어 있다.

교면포장 전경(1)	교면포장 전경(2)
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ S2 경간에 포장패임이 발생하였으며 다짐불량 및 공용기간중 차량하중의 반복에 의해 발생한 것으로 판단되고 팻칭하여 보수함이 바람직하다.

㉯ 포장패임 외 손상은 없어 교면포장 상태는 전반적으로 양호하다.

<표 Ⅱ.5.7> 포장부 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교면포장	포장패임	0.12	㎡	2

<S1> 포장상태 양호	
	
폭	
면적	

<S2> 포장패임	
	
폭	B=0.1m
면적	L=0.6m

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수는 실지되지 않았으며 손상물량 변동없이 동일하다.

<표 Ⅱ.5.8> 포장 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	포장패임	㎡	0.12	2	0.12	2	-	-

나. 방호벽 및 중앙분리대

1) 현황

㉮ 본 교량의 좌측 상단에는 콘크리트 방호벽이 설치되어 있으며, 우측에는 중앙분리대가 콘크리트 연석 및 가드레일이 설치되어 있다.

㉯ 도로교 설계기준에서 연석의 높이 0.25m이상, 연석을 포함한 난간의 높이는 1.1m이상으로 설치토록 규정되어 있으며, 실측결과 1.1m로 설계기준을 만족하는 것으로 조사되었다.

방호벽 전경	중앙분리대 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ S2 경간 방호벽의 층분리는 철근 부식의 팽압에 의한 손상으로 판단되며 내구성 확보를 위해 단면보수(방청)이 필요하다.

㉯ S3 경간 방호벽의 차량긁힘이 신규로 조사되었으며 단면손상은 없어 주의관찰하여 유지관리한다.

㉰ 중앙분리대와 관련해서 연석 박락 및 균열(균열폭 0.3㎜), 가드레일 변형이 확인되었으며 연석의 박락은 모재와 보수재의 부착불량이 원인으로 판단되며 연석박락은 단면보수, 균열은 주입보수, 가드레일 변형은 교체하여 유지관리함이 바람직하다.

<표 Ⅱ.5.9> 방호벽 및 중앙분리대

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
방호벽 중앙분리대	표면층분리	0.01	㎡	1
	층분리	0.01	㎡	1
	박락	2.02	㎡	5
	균열(0.3㎜이상)	0.25	m	1
	가드레일 변형	2.00	m	2
	차량 긁힘	1.50	㎡	1

<S2> 방호벽 층분리



폭	B=0.1m
길이	L=0.1m

<S2> 중분대 연석 박락



폭	B=0.2m
길이	L=4.6m

<S2> 방호벽 차량긁힘



폭	B=0.5m
길이	L=3.0m

<S2> 중분대 가드레일 변형



길이	L=1.0m
개소	1 EA

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

기 점검과 비교 분석 결과, 보수는 실시되지 않았으며 방호벽 차량긁힘이 추가로 조사되었으며 전반적으로 손상물량은 동일하다.

<표 Ⅱ.5.10> 방호벽, 중앙분리대 및 연석 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽 중분대	표면층분리	㎡	0.01	1	0.01	1	-	-
	층분리	㎡	0.01	1	0.01	1		
	박락	㎡	2.02	5	2.02	5	-	-
	균열(0.3㎜이상)	m	0.25	1	0.25	1		
	가드레일 변형	m	2.00	2	2.00	2	-	-
	차량 긁힘	㎡	-	-	1.50	1	▲ 1.50	신규손상



<그림 Ⅱ.5.5> 방호벽 및 중앙분리대 손상추이 분석

다. 배수시설

1) 현황

본 교량의 배수시설(D150) 각 경간당 2개소씩 총 8개소가 설치되어 있다.

배수관 전경	배수구 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 갓길 배수구에 막힘이 발생하였으며 체수방지를 위해 청소를 실시하는 것이 바람직하다.

㉯ 기존손상인 집수정 미설치 및 배수관 길이부족은 보수가 필요한 손상이 아닌 것으로 판단하여 금회에서는 제외하였다.

<표 Ⅱ.5.11> 배수시설 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
배수시설	배수구 막힘	7	EA	7

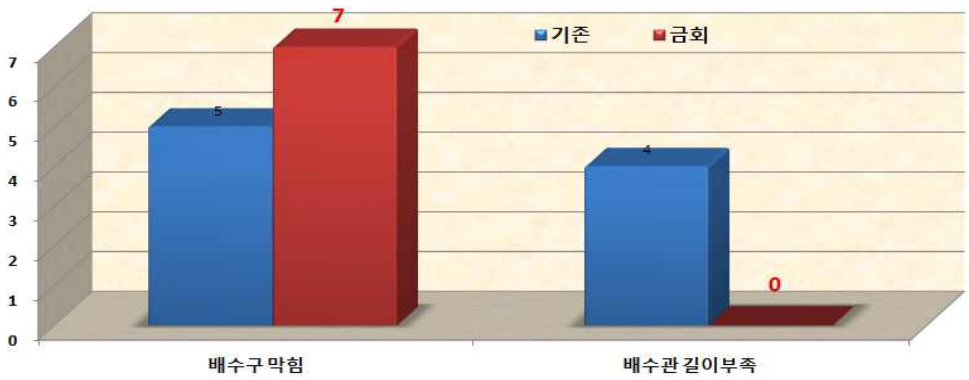
<S1> 배수구 막힘		<S4> 배수구 막힘	
			
개소	1EA	개소	1EA

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 배수구 막힘이 추가로 조사되었으며 배수관 길이부족은 구조물에 큰 영향이 없는 손상으로 제외하였다.

<표 Ⅱ.5.12> 배수시설 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	배수구 막힘	EA	5	5	7	7	▲ 2	물량증가
	배수관 길이부족	EA	4	4	-	-	▼ 4	제외



<그림 Ⅱ.5.6> 배수시설 손상추이 분석

라. 신축이음장치

1) 현황

본 교량의 신축이음장치는 A1, A2지점에 NB Jointm, P2지점에 Rail Joint 총 3개소가 설치되어있다.

A1 신축이음장치 전경	P2 신축이음장치 전경
	
A2 신축이음장치 전경	
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 신축이음 본체 부식은 공용년수 증가 및 체수에 의한 영향으로 발생한 것으로 판단되며 손상범위가 국부적이므로 지속적으로 주의관찰한다.

㉯ 핑거파손은 구조적인 문제점으로 인해서 발생한 손상으로 최근 도로설계기준(2016)에서는 핑거변형 및 파손을 방지하기 위해 핑커 캔틸레버 끝단은 15㎜이상의 곡률반경을 가지도록 하고 있으며 설계기준에 부합하는 신축이음으로 교체하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

㉰ 후타재 파손 및 균열은 공용년수 증가에 따른 차륜하중의 반복이 원인으로 신축이음 교체를 실시하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단된다.

㉱ 유간토사퇴적은 전개소에서 조사되었으며 청소를 실시하여 신축이음장치의 원활한 신축거동을 유도함이 바람직하다.

㉲ A1측 차수판 덮개 망실이 되어 우수의 유입 방지를 위해서 재설치하는 것이 바람직하다.

<표 Ⅱ.5.13> 신축이음 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
신축이음장치	본체 부식	1.00	m	1
	핑거 변형	5	EA	5
	후타재 균열(0.3㎜미만)	45.00	m	114
	유간 토사퇴적	4.80	m	3

<A1> 유간 토사퇴적



길이	L=1.5m
개소	1 EA

<A1> 핑거 변형



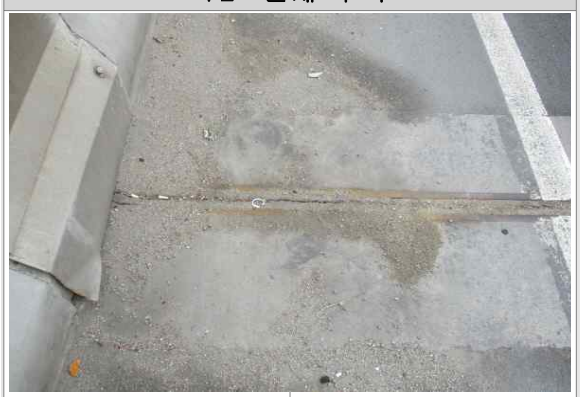
개소	3 EA

<A1> 차수판덮개 망실



개소	1 EA

<P2> 본체 부식



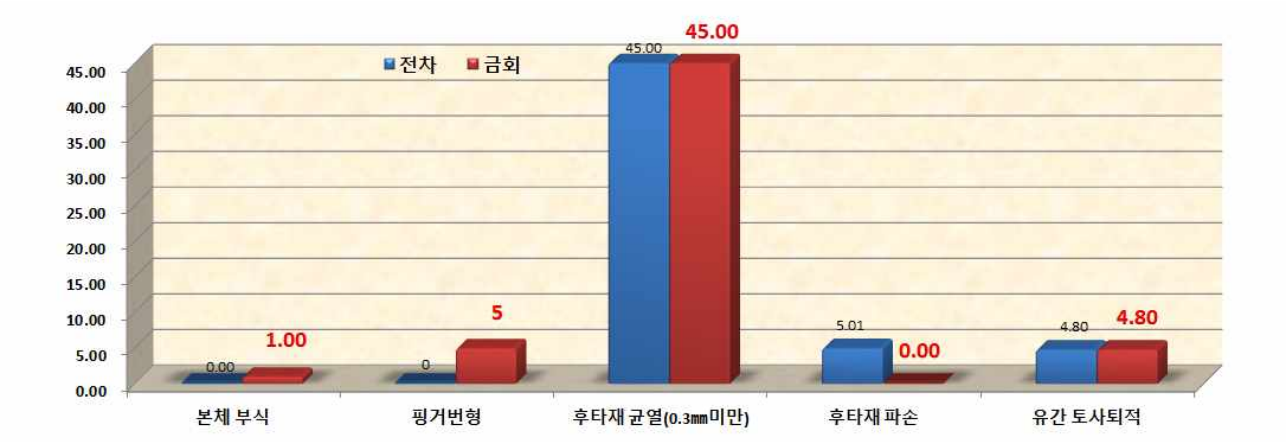
길이	L=1.0m
개소	1 EA

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 후타재 파손에 대해 보수가 실시되었으며 본체 부식 등 기타 손상은 손상물량 변동은 없다.

<표 Ⅱ.5.14> 신축이음 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음 장치	본체 부식	m	-	-	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
	핑거 변형	EA	-	-	5	5	▲ 5	신규손상
	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	45.00	114	45.00	114	-	-
	후타재 파손	㎡	5.01	10	-	-	▼ 5.01	보수
	유간 토사퇴적	m	4.80	3	4.80	3	-	-



<그림 Ⅱ.5.7> 신축이음장치 손상추이 분석

4) 신축량 계산

<표 Ⅱ.5.15> 신축량 계산

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>· 온도변화에 의한 이동량
▸ Δl_t = ΔT · α · L
여기서, Δl_t : 온도변화에 의한 이동량
ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10-5, α(콘크리트): 1.0×10-5
L : 신축들보의 길이(㎜)

· 활하중에 의한 보의 처짐에 의한 가동량(신축장 100m 미만은 미 고려)
▸ $\triangle l_r = \sum(h_i \times \theta_i)$
여기서, h_i : 받침의 회전중심에서 보의 중립축까지의 높이(2h/3)
θ_i : 보의 회전각(콘크리트 1/300, 강교 1/150)</td><td></td></tr>
<tr><td>소요
신축량 산정</td><td>·소요 가동량 산정
조사일 : 2019. 01.10 평균기온 적용: -0.6℃
여기서, △T(최대 신장시) : 35.0℃-(-0.6℃) = 35.6℃
△T(최대 수축시) : -15℃-(-0.6℃) = 14.4℃
- L = 30m(A1,A2), 60m(P2)

- A1,A2
Δl_t(최대신장시) = △T× α ×L = $35.6 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 30.0 \times 1{,}000$ = 10.7㎜
Δl_t(최대수축시) = △T× α ×L = $14.4 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 30.0 \times 1{,}000$ = 4.3㎜

- P2
Δl_t(최대신장시) = △T× α ×L = $35.6 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 60.0 \times 1{,}000$ = 21.4㎜
Δl_t(최대수축시) = △T× α ×L = $14.4 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 60.0 \times 1{,}000$ = 8.6㎜

·형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α(/℃)</th></tr>
<tr><td colspan="2">PSC교, RC교</td><td>-5～+35</td><td>-15～+35</td><td>1.0×10-5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">강
교</td><td>상로교</td><td>-10～+40</td><td>-20～+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>-10～+50</td><td>-20～+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
</table></td><td></td></tr>
</table>

5) 신축이음 유간검토

㉮ 신축이음 유간검토는 하절기 측정 당시 평기 기온(기상청 참조: -0.6℃)을 고려하였을 때 동절기 수축 여유량을 확보하고 있으며 하절기 신장 계산량과 현재 여유량을 검토하였다.

㉯ 신축유간 계산결과 현재여유량이 온도변화를 고려한 계산량보다 크므로 신축유간은 건전한 것으로 평가 되었으며 상부구조 온도거동 상태도 양호한 것으로 계산되었다.

<표 Ⅱ.5.16> 신축이음 유간 검토결과

위치	형식	신축보 길이(m)	현장실측 유간(㎜)	신장량(㎜)		신장량 검토
				계산 신장량	현재여유량	
A1	NB조인트	30.0	31.0	10.7	20.3	O.K
P2	레일조인트	60.0	60.0	21.4	38.6	O.K
A2	NB조인트	30.0	30.0	10.7	19.3	O.K

마. 바닥판

1) 현황

바닥판은 콘크리트 구조로써 거더와 거더 사이의 내측바닥판과 캔틸레버 구조인 외측바닥판으로 구분할 수 있다. 모든 바닥판은 콘크리트 면이 노출된 상태이다.

바닥판 하면 전경



캔틸레버 전경



2) 손상 현황 및 대책

㉮ 거더간 바닥판 하면의 횡방향균열(Cw=0.1~0.2㎜)이 건조수축 및 거더의 구속효과에 의한 영향으로 발생한 것으로 판단되며 균열을 통한 열화를 방지하기 위해 표면처리하여 유지관리함이 바람직하다.

㉯ 백태는 주로 신축이음장치에 인접한 바닥판 단부에서 확인되고 있으며 신축이음 누수에 의한 영향으로 발생한 것으로 판단되며 표면처리하여 유지관리함이 바람직하다.

㉰ 바닥판 단부의 파손 및 철근노출은 바닥판 유간의 불균일이 원인으로서 유간이 국부적으로 미확보되고 응력집중이 발생하면서 파손 및 철근노출이 발생한 것으로 판단되며 내구성확보를 위해서 단면보수(방청)이 필요하다.



<표 Ⅱ.5.17> 바닥판 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	3.00	m	3
	백태	0.29	㎡	2
	누수흔적	0.30	㎡	1
	파손	0.06	㎡	1
	파손 및 철근노출	5.10	㎡	1

<S1(바닥판 단부)> 파손 및 철근노출



폭	B=0.3m
길이	L=17.0m

<S2(바닥판)> 횡방향 균열



균열폭	Cw=0.1㎜
길이	L=0.8m

<S3(캔틸레버)> 파손



폭	B=0.2m
길이	L=0.3m

<S4(캔틸레버)> 백태



폭	B=0.5m
길이	L=0.5m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 망상균열에 대해서 보수가 실시되었으며 백태는 물량이 다소 증가하고 파손 및 철근노출은 신규손상으로 조사되었다.

<표 Ⅱ.5.18> 바닥판 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	m	3.00	3	3.00	3	-	-
	망상균열	㎡	1.10	2	-	-	▼ 1.10	보수
	백태	㎡	0.03	1	0.29	2	▲ 0.26	물량증가
	누수흔적	㎡	0.30	1	0.30	1	-	-
	파손	㎡	-	-	0.06	1	▲ 0.06	신규손상
	파손 및 철근노출	㎡	-	-	5.10	1	▲ 5.10	신규손상



<그림 Ⅱ.5.8> 바닥판하면 손상추이 분석

바. 거더(PCI BEAM) 및 가로보(Cross Beam)

1) 현황

본 구조물은 PSCI형식의 거더로서 경간당 8기씩 설치되어 있으며 본 교량은 거더와 거더 사이에 가로보가 설치되어 있다.

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 인양시 응력집중에 의한 인양홀 주변 콘크리트 파손, 시공초기 국부적인 충격에 의한 파손에 대해서는 단면보수가 필요하다.

㉯ 균열 및 망상균열은 균열폭이 0.1㎜로서 미세하여 건조수축 및 온도하중에 의한 비구조적인 균열로 판단되며 표면처리하여 유지관리함이 바람직하다.

㉰ 파손 및 철근노출은 피복두께 부족에 의한 철근부식의 팽압이 원인으로서 단면보수(방청)가 필요할 것으로 판단된다.

㉱ 가로보는 균열폭 0.3㎜미만의 균열만 조사되었으며 전반적으로 상태는 양호하다.

<표 Ⅱ.5.19> 거더 및 가로보 손상물량

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
거더	균열(0.3㎜미만)	1.30	m	2
	망상균열	0.50	㎡	1
	인양홀 주변파손	0.01	㎡	1
	파손	0.06	㎡	5
	파손 및 철근노출	0.03	㎡	1
가로보	균열(0.3㎜미만)	6.20	m	8

<S3-G1 거더> 망상균열



폭	B=0.5m
길이	L=1.0m

<S1-G8 거더> 파손



폭	B=0.1m
길이	L=0.1m

<S4-G4 거더> 파손 및 철근노출



폭	B=0.1m
길이	L=0.3m

<S1-G3~G4 가로보> 균열



균열폭	Cw=0.2㎜
길이	L=1.4m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 균열, 망상균열 및 파손에 대해서 일부 보수가 실시되었으며 전반적으로 손상물량은 감소하였다.

<표 Ⅱ.5.20> 거더 및 가로보 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더	균열(0.3㎜미만)	m	2.00	4	1.30	2	▼ 0.70	보수
	망상균열	㎡	0.95	2	0.50	1	▼ 0.45	보수
	인양홀 주변파손	㎡	0.01	1	0.01	1	-	-
	파손	㎡	0.09	6	0.06	5	▼ 0.03	손상변동
	파손 및 철근노출	㎡	-	-	0.03	1	▲	위치변동
가로보	균열(0.3㎜미만)	m	16.30	13	6.20	8	▼ 10.10	보수

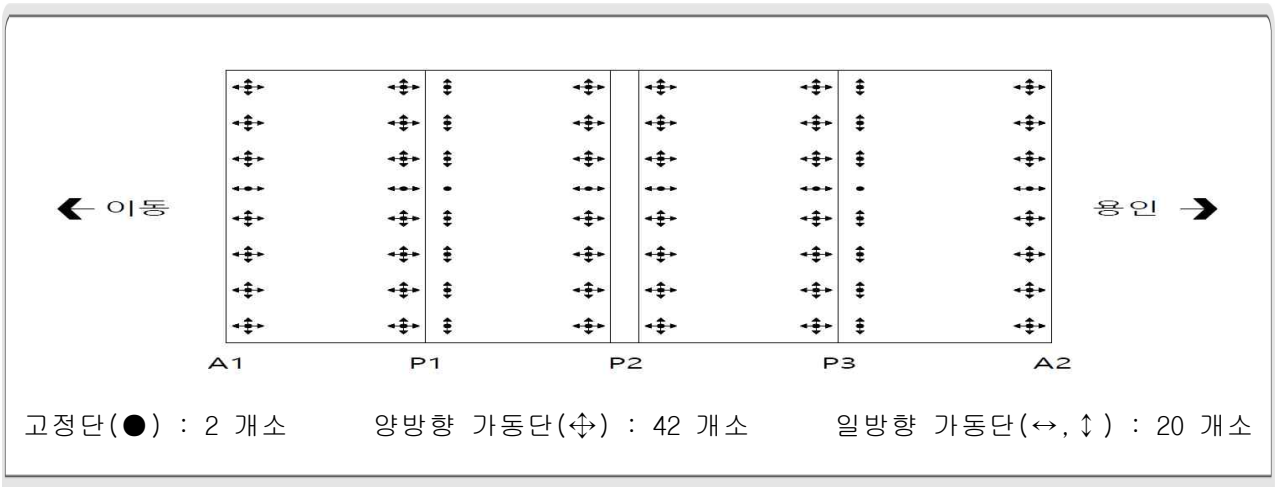


<그림 Ⅱ.5.9> 거더 및 가로보 손상추이 분석

사. 교량받침

1) 현황

㉮ 교량받침은 교량의 구조요소중 기계적인 성격이 강하며 상·하부구조의 연결부에 위치하여 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달함과 동시에 완충의 역할을 할 뿐만 아니라 상부구조의 이동을 자유롭게 허용함으로써 교량 전체의 안전성에 크게 기여한다.본 교량의 받침장치는 고력황동받침으로 교대(A1, A2)에 16개, 교각(P1~P3)에 48개가 설치되어 총 64개가 시공되어 있다.



< 그림 3.2.3 > 교량받침 배치도

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 받침장치 부식 및 도장박리는 주로 신축이음장치가 설치된 교대에서 조사되었으며 신축이음 누수에 의한 우수유입이 원인으로 판단되며 추가적인 부식 방지

를 위해서 재도장이 필요하다.

㉯ 받침몰탈 균열은 두 재료(무수축 몰탈, 하부 플레이트)간 열팽창계수의 차이에 의해 발생된 손상으로 모서리 인접부에 발생한 균열의 경우 층분리가 우려되어 점검망치 타격을 통한 층분리 여부를 체크하였으나 층분리 등의 손상은 조사되지 않았다.

㉰ 받침몰탈 파손은 손상범위가 국부적이고 받침이동 불량 등에 의한 외력이 작용해서 발생한 구조적인 손상은 아닌 것으로 판단되며 단면보수하여 유지관리함이 바람직하다.

<표 Ⅱ.5.21> 교량받침 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교량받침	받침콘크리트 균열(0.3㎜미만)	0.25	m	2
	받침콘크리트 균열부백태(0.3㎜미만)	0.60	m	1
	받침몰탈 균열(0.3㎜미만)	0.20	m	1
	받침몰탈 파손	0.01	㎡	1
	플레이트 부식 및 도장박리	1.37	㎡	8
	플레이트 도장박리	0.14	㎡	3
	플레이트 부식	6	EA	6
	솔플레이트 부식	0.27	㎡	4

<A2-Sh2> 받침콘크리트 균열부백태



균열폭	Cw=0.1m
길이	L=0.6m

<A2-Sh8> 받침플레이트 부식



개소	1 EA

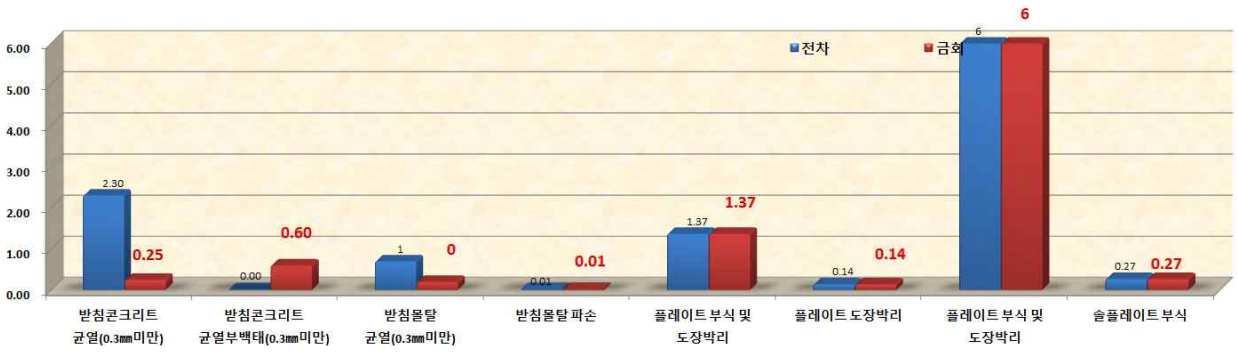
<P1-Sh3(시점측)> 받침콘크리트 균열		<P3-Sh3(시점측)> 받침몰탈 파손	
			
균열폭	Cw=0.1㎜	폭	B=0.1m
길이	L=0.2m	길이	L=0.1m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 받침콘크리트 및 받침몰탈 균열에 대해서 일부 보수가 실시되었으며 받침콘크리트 균열부백태(1개소)가 신규손상으로 조사되었다.

<표 Ⅱ.5.22> 교량받침 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량받침	받침콘크리트 균열 (0.3㎜미만)	m	2.30	13	0.25	2	▼ 2.05	보수
	받침콘크리트 균열부백태 (0.3㎜미만)	m	-	-	0.60	1	▲ 0.60	신규손상
	받침몰탈 균열 (0.3㎜미만)	m	0.70	4	0.20	1	▼ 0.50	보수
	받침몰탈 파손	㎡	0.01	1	0.01	1	-	-
	플레이트 부식 및 도장박리	㎡	1.37	8	1.37	8	-	-
	플레이트 도장박리	㎡	0.14	3	0.14	3	-	-
	플레이트 부식	EA	6	6	6	6	-	-
	솔플레이트 부식	㎡	0.27	4	0.27	4	-	-

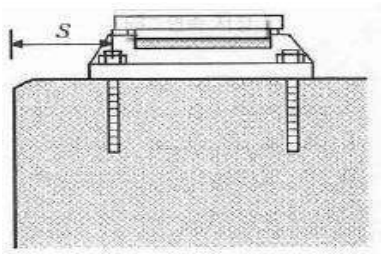


<그림 Ⅱ.5.10> 교량받침 손상추이 분석

4) 연단거리 검토

㉮ 받침면은 받침을 통해서 상부구조로부터 하중 등의 집중하중을 받는 곳으로 받침의 끝에서 받침면 끝단까지의 거리가 작으면 고정단에서는 전단면에 의해서 교량받침가 파손되는 경우가 있어 설계기준에서는 일정한 값 이상의 연단거리를 확보하도록 규정하고 있다.

<표 Ⅱ.5.23> 연단거리 검토

구분	연단거리 검토
연단거리	·하부구조 정부에 있어서 교축방향의 받침연단과 하부구조 정부 연단사이의 거리, S(㎜)는 다음의 값 이상으로 한다.(도로교 설계기준, 2010년) 1) 거더의 경간길이 100m 이하 : S = 200 + 5L 여기서, L = 지간길이(m) ·연단거리 산출 - 거더 길이(L = 30.0m) : S = 200 + 5 × 30.0m = 35.0cm [연단거리 측정]   교량 받침의 연단거리 측정
검토결과	○ 연단거리 검토 결과는 다음과 같다. - 거더의 경간길이 100m 이하 : 최소 연단거리 : 350㎜

<표 Ⅱ.5.24> 연단거리 검토 결과

위치		경간(m)	설계기준(mm)	실측연단거리(mm)								평가
				SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	SH8	
A1		30.0	350	450	450	450	450	450	450	450	450	O.K
P1	A1측	30.0	350	600	600	600	600	600	600	600	600	O.K
	A2측	30.0	350	580	590	580	590	580	590	580	580	O.K
P2	A1측	30.0	350	580	580	580	580	580	580	580	580	O.K
	A2측	30.0	350	570	580	580	570	570	570	570	840	O.K
P3	A1측	30.0	350	580	560	570	590	590	590	590	590	O.K
	A2측	30.0	350	600	610	610	590	590	590	590	590	O.K
A2		30.0	350	470	470	460	470	470	460	470	470	O.K

받침 연단거리 검토 결과 모든 교량받침 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 도로교 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토됨.

5) 가동받침의 여유량 검토

㉮ 대상 교량 교량받침의 대기온도에 따른 상부거더의 신축 변화량을 산정하고 가동받침의 이동량을 실측하여 각 지점에서 측정된 신축량을 비교·검토 하였다.

<표 Ⅱ.5.25> 가동받침 이동량 계산

구분	계산방법	비고
이동량 산정	· 온도변화에 의한 이동량(Δlt) ▸ Δlt = ΔT · α · L 여기서, ΔT : 건조수축에 해당하는 온도변화 α : 선팽창계수 강재 1.2×10-5, 콘크리트 1.0×10-5 L : 신축거더 길이(㎜)	
산정 방법	·소요 가동량 산정 조사일 : 2019. 02.15 평균 기온 적용: -1.7℃ 검토온도: -15℃~+35℃(한랭지방) 여기서, △T(최대 신장시) : 35.0℃-(-1.7℃) = 36.7℃ △T(최대 수축시) : -15.0℃-(-1.7℃) = 13.3℃ - L : 30.0m(A1,P2,A2) - A1,P2,A2 Δl_t(최대신장시) = △T×α×L = $36.7\times1.0\times10^{-5}\times30.0\times1,000$ = 11.0㎜ Δl_t(최대수축시) = △T×α×L = $13.3\times1.0\times10^{-5}\times30.0\times1,000$ = 4.0㎜	

6) 설계기준 온도에 따른 여유량 검토

㉮ 본 교량은 준공 후 15년이 경과한 교량이므로 건조수축, 크리프 등의 영향은 무시하고, 온도 변화에 의한 영향을 고려하여 가동받침의 수축 및 신장에 대한 계산이동량과 실측여유량 비교, 분석 결과 현재 여유 있는 구조로 판정되었다.

<표 Ⅱ.5.26> 가동받침 이동량 계산

위치		신축 거더 길이(m)	측정값		실측여유량(㎜)		계산이동량(㎜)		받침이동 허용량 (㎜)	검토 결과
			방향	이동량	수축	신장	수축	신장		
A1	SH1	30.0	A2	10	40	60	4.0	11.0	±50	O.K
	SH2		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH3		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH4		A2	13	37	63			±50	O.K
	SH5		A2	13	37	63			±50	O.K
	SH6		A2	13	37	63			±50	O.K
	SH7		A2	13	37	63			±50	O.K
	SH8		A2	12	38	62			±50	O.K
P1		고 정 단								
P2 (A1측)	SH1	30.0	A1	15	35	65	4.0	11.0	±50	O.K
	SH2		A1	17	33	67			±50	O.K
	SH3		A1	13	37	63			±50	O.K
	SH4		A1	15	35	65			±50	O.K
	SH5		A1	15	35	65			±50	O.K
	SH6		A1	15	35	65			±50	O.K
	SH7		A1	12	38	62			±50	O.K
	SH8		A1	10	40	60			±50	O.K
P2 (A2측)	SH1	30.0	A2	10	40	60	4.0	11.0	±50	O.K
	SH2		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH3		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH4		A2	13	37	63			±50	O.K
	SH5		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH6		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH7		A2	10	40	60			±50	O.K
	SH8		A2	10	40	60			±50	O.K
P3		고 정 단								

<표 Ⅱ.5.26> 가동받침 이동량 계산_계속

위치		신축 거더 길이(m)	측정값		실측여유량(㎜)		계산이동량(㎜)		받침이동 허용량 (㎜)	검토 결과
			방향	이동량	수축	신장	수축	신장		
A2	SH1	30.0	A1	10	40	60	4.0	11.0	±50	O.K
	SH2		A1	15	35	65			±50	O.K
	SH3		A1	15	35	65			±50	O.K
	SH4		A1	15	35	65			±50	O.K
	SH5		A1	15	35	65			±50	O.K
	SH6		A1	20	30	70			±50	O.K
	SH7		A1	18	32	68			±50	O.K
	SH8		A1	15	35	65			±50	O.K

아. 하부구조 (교대 및 교각)

1) 현황

하부구조는 상부구조 하중을 지반으로 전달하여, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 부재이다. 본 교량의 하부구조는 역T형 교대 2기와 라멘식 교각 3기로 시공되어 있으며, 진위천과 교차하고 있다.

교대 전경(A1)	라멘식 교각 전경
	

2) 손상 현황 및 대책

㉮ 교대

① 전면벽체 및 코핑부 상면에 발생한 균열은 균열폭 0.2㎜로서 미세하며 일정한 패턴을 보이지 않아 건조수축 및 기초에 의한 구속효과에 의해 발생한 손상으로 판단되며 내구성 확보를 위해서 표면처리가 필요하다.

② 흉벽의 백태 및 전면벽체의 누수흔적은 신축이음장치 누수가 원인으로 신축이음장치를 교체하여 우수유입을 방지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

③ 신규손상으로 조사된 흉벽의 철근노출은 바닥판 유간 미확보에 따른 응력집중으로 인해 발생한 손상으로 판단되며 내구성 확보를 위해서 단면보수(방청)이 필요하다.

<표 Ⅱ.5.27> 교대 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교대	균열(0.3㎜미만)	4.50	m	5
	누수흔적	12.09	㎡	9
	백태	0.73	㎡	3
	박리	1.00	㎡	3
	철근노출	0.04	㎡	1
	이물질 퇴적	0.50	㎡	2

<A1> 흉벽 백태



폭	B=0.2m
길이	L=2.0m

<A1> 전면벽체 철근노출



폭	B=0.2m
길이	L=0.2m

<A1> 코핑상면 이물질퇴적



폭	B=0.5m
길이	L=0.5m

<A2> 전면벽체 균열



균열폭	Cw=0.2㎜
길이	L=1.0m

㈏ 교각

① 교각 P3에 발생한 파손 및 긁힘는 유수의 흐름에 의한 손상으로 판단되며 단면보수하여 내구성을 확보하는 것이 바람직하다.

② 기둥 및 코핑부에 발생한 수직균열 및 망상균열은 균열폭이 0.3㎜미만으로서 건조수축에 의한 비구조적인 균열로 판단되며 표면처리하여 유지관리한다.

<표 Ⅱ.5.28> 교각 손상내용

구분	손상내용	2019년(금회)		
		물량	단위	개소
교각	균열(0.3㎜미만)	3.00	m	3
	망상균열	0.70	㎡	2
	파손	0.01	㎡	1
	박리	0.02	㎡	1
	긁힘	0.01	㎡	1

<P3> 코핑부측면 망상균열



폭	B=0.3m
길이	L=1.5m

<P2> 코핑부후면 파손



폭	B=0.1m
길이	L=0.1m

3) 기 점검결과와의 비교·분석

기 점검과 비교 분석 결과, 교대 흉벽부에 철근노출이 신규손상으로 조사되었으며 교각의 균열 및 박리에 대해서 일부 보수가 실시되었다.

<표 Ⅱ.5.29> 교대 및 교각 기 점검 결과와 물량 비교

구분	손상내용	단위	2018년 점검		금회 점검		물량 증감	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3㎜미만)	m	4.50	5	4.50	5	-	-
	누수흔적	㎡	12.09	9	12.09	9	-	-
	백태	㎡	0.73	3	0.73	3	-	-
	박리	㎡	1.00	3	1.00	3	-	-
	철근노출	㎡	-	-	0.04	1	▲ 0.04	신규손상
	이물질 퇴적	㎡	0.50	2	0.50	2	-	-
교각	균열(0.3㎜미만)	m	3.50	4	3.00	3	▼ 0.50	보수
	망상균열	㎡	0.70	2	0.70	2	-	-
	파손	㎡	0.01	1	0.01	1	-	-
	박리	㎡	0.07	2	0.02	1	▼ 0.05	보수
	긁힘	㎡	0.01	1	0.01	1	-	-



<그림 Ⅱ.5.11> 교대 손상추이 분석



<그림 Ⅱ.5.12> 교각 손상추이 분석

5.3.3 외관조사 총괄표

<표 Ⅱ.5.30> 외관조사 총괄표

구분	손상내용	단위	2018년 점검		2019년(금회)	
			물량	개소	물량	개소
교면포장	포장패임	㎡	0.12	2	0.12	2
방호벽 중분대	표면층분리	㎡	0.01	1	0.01	1
	층분리	㎡	0.01	1	0.01	1
	박락	㎡	2.02	5	2.02	5
	균열(0.3㎜이상)	m	0.25	1	0.25	1
	가드레일 변형	m	2.00	2	2.00	2
	차량 긁힘	㎡	-	-	1.50	1
배수시설	배수구 막힘	EA	5	5	7	7
	배수관 길이부족	EA	4	4	-	-
신축이음 장치	본체 부식	m	-	-	1.00	1
	핑거 변형	EA	-	-	5	5
	후타재 균열(0.3㎜미만)	m	45.00	114	45.00	114
	후타재 파손	㎡	5.01	10	-	-
	유간 토사퇴적	m	4.80	3	4.80	3
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	m	3.00	3	3.00	3
	망상균열	㎡	1.10	2	-	-
	백태	㎡	0.03	1	0.29	2
	누수흔적	㎡	0.30	1	0.30	1
	파손	㎡	-	-	0.06	1
	파손 및 철근노출	㎡	-	-	5.10	1
거더	균열(0.3㎜미만)	m	2.00	4	1.30	2
	망상균열	㎡	0.95	2	0.50	1
	인양홀 주변파손	㎡	0.01	1	0.01	1
	파손	㎡	0.09	6	0.06	5
	파손 및 철근노출	㎡	-	-	0.03	1
가로보	균열(0.3㎜미만)	m	16.30	13	6.20	8

<표 Ⅱ.5.30> 외관조사 총괄표 _계속

구분	손상내용	단위	2018년 점검		2019년(금회)	
			물량	개소	물량	개소
교량받침	받침콘크리트 균열 (0.3㎜미만)	m	2.30	13	0.25	2
	받침콘크리트 균열부백태 (0.3㎜미만)	m	-	-	0.60	1
	받침몰탈 균열 (0.3㎜미만)	m	0.70	4	0.20	1
	받침몰탈 파손	㎡	0.01	1	0.01	1
	플레이트 부식 및 도장박리	㎡	1.37	8	1.37	8
	플레이트 도장박리	㎡	0.14	3	0.14	3
	플레이트 부식	EA	6	6	6	6
	솔플레이트 부식	㎡	0.27	4	0.27	4
교대	균열(0.3㎜미만)	m	4.50	5	4.50	5
	누수흔적	㎡	12.09	9	12.09	9
	백태	㎡	0.73	3	0.73	3
	박리	㎡	1.00	3	1.00	3
	철근노출	㎡	-	-	0.04	1
	이물질 퇴적	㎡	0.50	2	0.50	2
교각	균열(0.3㎜미만)	m	3.50	4	3.00	3
	망상균열	㎡	0.70	2	0.70	2
	파손	㎡	0.01	1	0.01	1
	박리	㎡	0.07	2	0.02	1
	긁힘	㎡	0.01	1	0.01	1

5.3.4 내구성 시험

가. 개요

교량 구조물의 내구성 저하의 대표적인 현상은 콘크리트 탄산화, 철근부식, 균열, 강도저하, 표면 노후화, 부재의 큰 변형, 동결융해, 누수 등의 현상으로 분류된다. 철근의 부식과 콘크리트의 균열은 독립된 원인에 의해 나타나는 것이 아니고, 그 밖의 열화 현상을 일으키는 원인과도 복합적으로 관계되고 있다.

재료시험은 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강의 판정을 하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물의 재료시험에 의해서 향후 열화 경향을 예측 및 예방하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

재료시험의 범위는 다음과 같다.

- 재료시험을 대상으로 하는 구조물은 콘크리트 구조물에 한한다.
- 재료시험은 구조체를 중심으로 수행한다.
- 재료시험은 조사 시점의 열화상태 뿐만 아니라 구조물의 이력, 주요환경, 열화원인을 조사하여 향후 열화손상 진행정도를 예측하고, 내용년수와 관련하여 종합적인 안전진단을 수행한다.
- 본 구조물의 재료시험 내용은 안전성평가를 위한 내구성 저하 유무를 확인하기 위한 조사 및 시험을 실시하였다.
- 향후 유지관리시 금회 재료시험 위치에서의 결과치를 활용하여 비교·분석할 수 있도록 재료시험 위치도를 수록하였다.

본 장에서는 콘크리트의 재료시험을 실시하여 외관조사 내용과 함께 구조물의 내구성과 사용성을 검토하고 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였으며, 재료시험의 주요 시험내용은 <표 Ⅱ.5.31>에 정리하였다.

1) 재료시험 측일자 및 조사자

<표 Ⅱ.5.31> 재료시험 측정일자 및 조사자

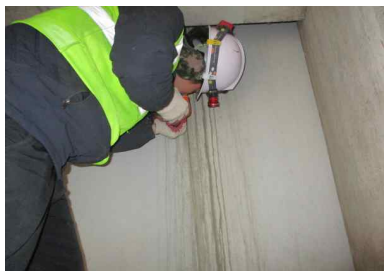
구 분	일 자	조 사 자	사용장비
재료시험 및 측정	2019, 02.14 ~ 2019.02.15	책임기술자외 4인	교량점검차, 사다리, 도보조사

2) 비파괴 시험별 적용 기준 및 근거

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 교량편)(국토교통부, 한국시설안전공단 2019. 01)』 및 발주처 제공 내역서에 근거하여 조사 위치 및 수량을 결정하였다.

<표 Ⅱ.5.32> 재료시험 기준 및 실시수량

구분		위치	세부지침 기준	기준수량	실시수량	비고
콘크리트	반발경도	상부	1개소/50m	3개소	8개소	
		하부	1개소/50m	3개소	6개소	
	철근탐사		책임기술자 판단에 따라 수량 결정	-	6개소	
	탄산화깊이		◦ 5경간이내 : 2~3개소 ◦ 5경간이상 : 3~6개소	2~3개소	6개소	
	염화물 침투량 시험		책임기술자 판단에 따라 수량 결정	-	3개소	



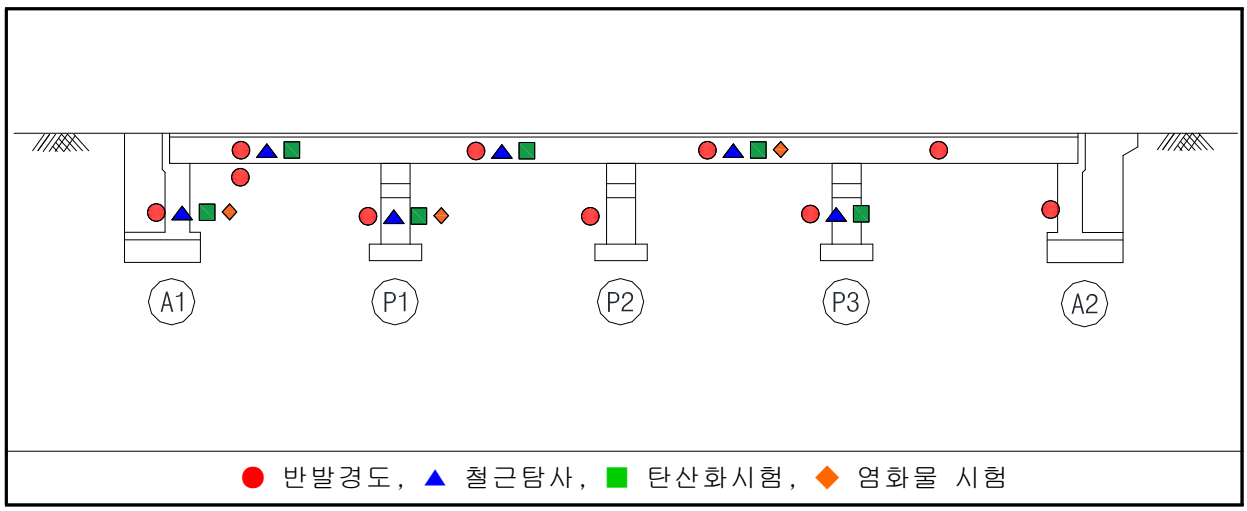
반발경도시험



탄산화 깊이 측정



염화물시료 채취



<그림 Ⅱ.5.13> 재료시험 위치도

나. 콘크리트 재료시험

1) 콘크리트 강도시험

㉮ 시험 결과

<표 Ⅱ.5.33> 비파괴 강도시험 결과(상부, 바닥판)

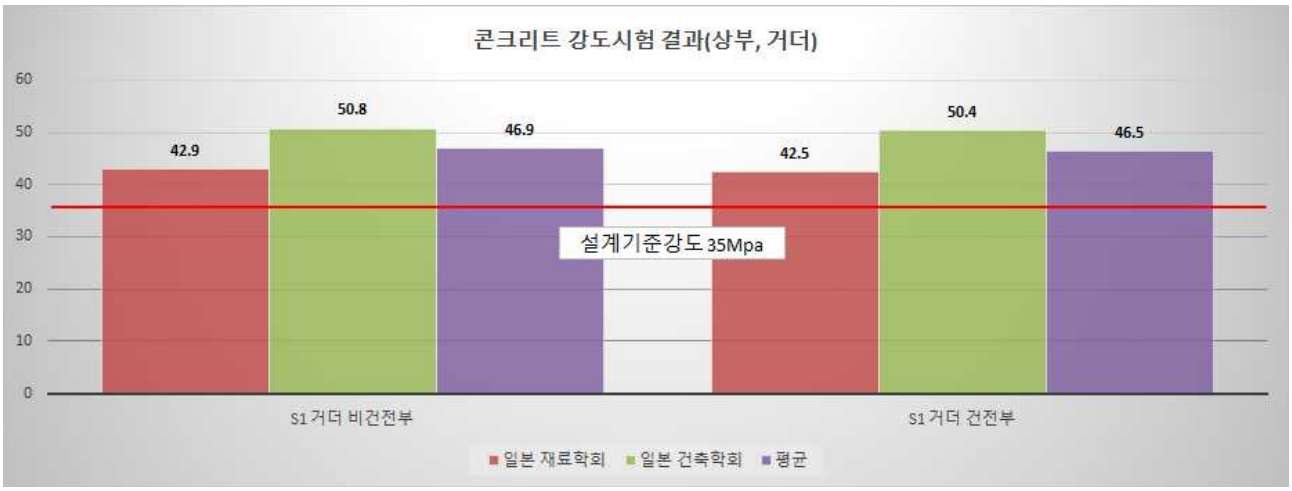
시험위치		반발경도(RO)	반발경도(MPa)			설계기준강도(MPa)	대비(%)
			일본재료학회	일본건축학회	평균		
1	S1 바닥판하면 건전부	48.4	27.4	28.0	27.7	27.0	102.6
2	S2 바닥판하면 건전부	50.2	28.9	28.8	28.9	27.0	107.0
3	S3 바닥판하면 건전부	49.1	28.1	28.3	28.2	27.0	104.4
4	S4 바닥판하면 건전부	50.1	28.8	28.7	28.8	27.0	106.7
5	S2 바닥판 하면 비건전부	57.8	34.9	32.2	33.6	27.0	124.4
6	S4 바닥판 하면 비건전부	48.3	27.3	27.9	27.6	27.0	102.2
평균값			29.2	29.0	29.1	-	
최대값			34.9	32.2	33.6	-	
최소값			27.3	27.9	27.6	-	



<그림 Ⅱ.5.14> 비파괴시험 결과(상부구조, 바닥판)

<표 Ⅱ.5.34> 비파괴 강도시험 결과(상부, 거더)

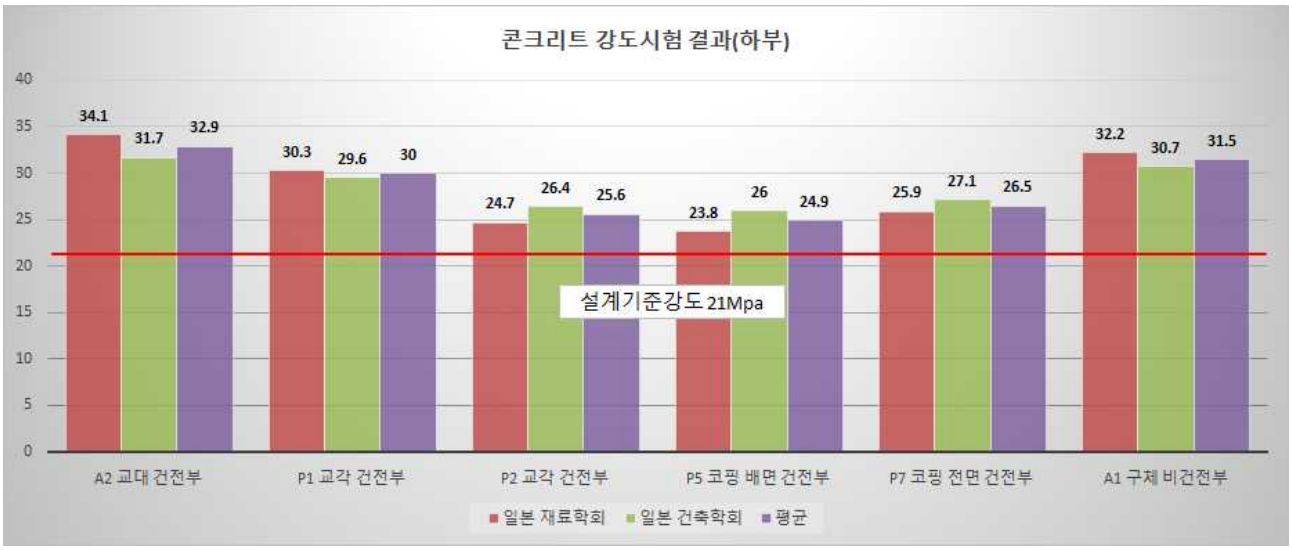
시험위치		반발경도(RO)	반발경도(MPa)			설계기준강도(MPa)	대비(%)
			권영웅 외	과학기술부식	평균		
1	S1 거더 비건전부	61.6	42.9	50.8	46.9	35.0	134.0
2	S1 거더 건전부	61.1	42.5	50.4	46.5	35.0	132.9
평균값			42.7	540.6	46.7	-	
최대값			42.9	50.8	46.9	-	
최소값			42.5	50.4	46.5	-	



<그림 Ⅱ.5.15> 비파괴시험 결과(상부구조, 거더)

<표 Ⅱ.5.35> 비파괴 강도시험 결과(하부)

시험위치		반발경도(RO)	반발경도(MPa)			설계기준강도(MPa)	대비(%)
			일본재료학회	일본건축학회	평균		
1	A2 교대 건전부	56.7	34.1	31.7	32.9	21.0	156.7
2	P1 교각 건전부	51.9	30.3	29.6	30.0	21.0	142.9
3	P2 교각 건전부	45.0	24.7	26.4	25.6	21.0	121.9
4	A1 교대 비건전부	43.9	23.8	26.0	24.9	21.0	118.6
5	A2 교대 비건전부	46.5	25.9	27.1	26.5	21.0	126.2
6	P3 교각 비건전부	54.4	32.2	30.7	31.5	21.0	150.0
평균값			28.5	28.6	28.6	-	
최대값			34.1	31.7	32.9	-	
최소값			23.8	26.0	24.9	-	



<그림 Ⅱ.5.16> 비파괴시험 결과(하부구조)

㉯ 시험 분석결과

반발경도법에 의한 콘크리트 표면(피복) 강도 조사결과 측정위치에서 모두 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 건전부 및 비건전부에 대하여 비교 시 큰 차이가 없는 것으로 조사되어 현재 강도부족으로 인한 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

단위 : MPa

시험위치		반발경도(A)	설계기준 강도(B)	평가결과 (A/B)X100 (%)	비고
상부 구조	바닥판	27.6 ~ 33.6	27.0	102 ~ 124	양호
	거더	46.5 ~ 46.9	35.0	133 ~ 134	양호
하부구조		24.9~ 32.9	21.0	119 ~ 157	양호

㉰ 전회차 정밀점검 결과와 비교

<표 Ⅱ.5.36> 비파괴 강도시험 비교

구분	시험위치		반발경도	설계기준 강도	평가결과 (A/B)X100 (%)
16년 정밀점검	상부 구조	바닥판	28.0 ~ 29.0	27.0	104 ~ 107
		거더	45.0 ~ 50.0	35.0	127 ~ 143
	하부구조		24.0 ~ 29.0	21.0	114 ~ 138
18년 정밀점검 및 금회 성능평가	상부 구조	바닥판	27.6 ~ 33.6	27.0	102 ~ 124
		거더	46.5 ~ 46.9	35.0	133 ~ 134
	하부구조		24.9~ 32.9	21.0	119 ~ 157

2016년 정밀점검과의 비교, 분석 결과 측정 위치 및 장비 등의 차이로 인하여 다소 측정차이는 있으나 전차와 동일하게 설계기준강도를 상회하는 것으로 평가되었다.

2) 철근탐사 시험

㉮ 시험 결과

<표 Ⅱ.5.37> 철근탐사 결과(상부구조)

측정위치		철근종류	배근간격(㎜)		순피복두께(㎜)		비고
			설계치	측정치	설계치	측정치	
1	S1 바닥판하면	주철근	125	115	40	36	
		배력철근	150	152	40	57	
2	S2 바닥판하면	주철근	125	130	40	39	
		배력철근	150	150	40	60	
3	S3 바닥판하면	주철근	125	124	40	36	
		배력철근	150	142	40	62	
4	A1 교대	주철근	100	100	60	52	
		배력철근	200	200	60	67	
5	P1 교각	주철근	100	100	100	100	
		배력철근	150	150	100	82	
6	P3 교각	주철근	100	100	100	93	
		배력철근	150	150	100	82	

㉯ 철근탐사 결과 분석

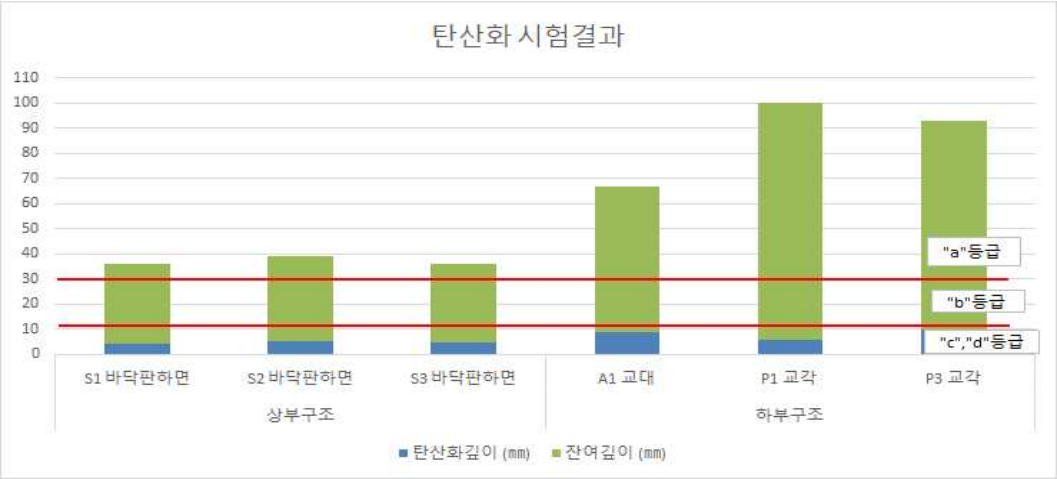
철근탐사시험은 콘크리트 내에 배근되어 있는 실제 철근의 배근상태 및 피복두께를 비교·검토하기 위하여 실시하였으며, 본 시험에서는 RC-Radar를 사용하여 바닥판 및 캔틸레버, 거더, 교대 및 교각에 대하여 시험을 수행하였다. 그 결과 철근의 배근간격 및 피복두께는 전반적으로 준공도면과 유사하게 측정된 것으로 분석되었다. 준공도면과의 오차는 시공당시 철근배근작업, 피복두께 유지재의 이동, 철근탐사의 측정오차 등으로 인한 경미한 차이로 철근배근 및 피복두께는 적정한 것으로 판단된다.

3) 탄산화 깊이 측정

㉮ 시험 결과

<표 Ⅱ.5.38> 탄산화 시험 결과

시험위치		탄산화깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존수명 예측(년)	상태 등급	비고
상부 구조	S1 바닥판하면	4.1	36.0	31.9	0.68	∞	a	
	S2 바닥판하면	5.2	39.0	33.8	0.87	∞	a	
	S3 바닥판하면	4.6	36.0	31.4	0.77	∞	a	
하부 구조	A1 교대	8.9	67.0	58.1	1.49	∞	a	
	P1 교각	5.7	100.0	94.3	0.96	∞	a	
	P3 교각	10.1	93.0	82.9	1.68	∞	a	



<그림 Ⅱ.5.17> 탄산화 시험 결과

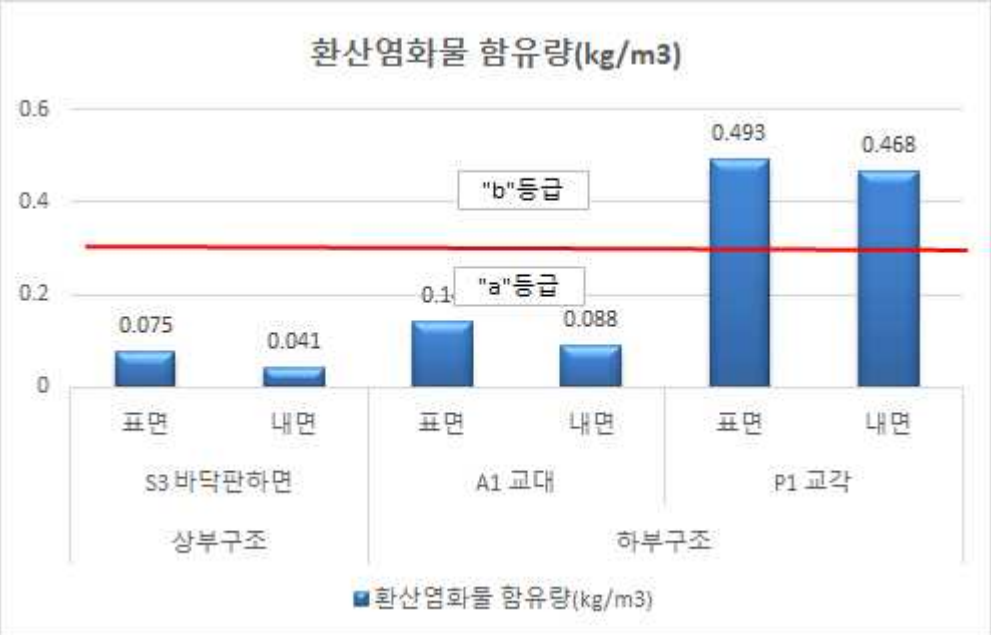
㉯ 탄산화 시험 결과 분석

탄산화 시험결과 철근탐사를 통해 실측한 최소 피복두께를 고려한 잔여 피복두께를 분석한 결과 30㎜이상인 “a” 등급으로 현재 탄산화에 의한 철근부식 및 내구성 저하 우려는 없을 것으로 판단된다.

4) 염화물함유량 시험

㉮ 시험 결과

구분				전연화물 함유량(%)	환산염화물 함유량(kg/m3)	상태평가 기준	비고
상부 구조	1	S3 바닥판	표면	0.0033	0.075	a	-
			내면	0.0018	0.041	a	-
하부 구조	1	A1 교대	표면	0.0062	0.140	a	-
			내면	0.0039	0.088	a	-
	2	P1 교각	표면	0.0218	0.493	b	-
			내면	0.0207	0.468	b	-



<그림 Ⅱ.5.18> 염화물 시험 결과

㉯ 염화물함유량 결과 분석

이동교(하)의 누수 및 제설제등 염화물함유량이 의심되는 구간을 선정하여 염화물함유량 시험을 실시한 결과 상부구조는 0.041~0.075kg/㎥, 하부구조는 0.493 ~0.468kg/㎥로 교각 1개소에서 "b“ 등급으로 판정되어 부식발생 가능성은 낮은 것으로 분석되었다.

다. 내구성 평가 결과

1) 콘크리트 품질조사 및 시험 결과

㉮ 반발경도에 의한 강도추정

반발경도법에 의한 콘크리트 표면(피복) 강도 조사결과 측정위치에서 모두 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 건전부 및 비건전부에 대하여 비교 시 큰 차이가 없는 것으로 조사되어 현재 강도부족으로 인한 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

㉯ 철근탐사 측정 결과

철근의 배근간격은 전반적으로 준공도면과 유사하게 측정되었다.

㉰ 탄산화시험

탄산화 시험결과 철근탐사를 통해 실측한 최소 피복두께를 고려한 잔여 피복두께를 분석한 결과 30㎜이상인 “a”등급으로 현재 탄산화에 의한 철근부식 및 내구성 저하 우려는 없을 것으로 판단된다.

㉱ 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험결과 상부구조는 0.041~0.075kg/㎥, 하부구조는 0.493~0.468kg/㎥로 교각 1개소에서 "b“ 등급으로 판정되어 부식발생 가능성은 낮은 것으로 분석되었다.

2) 전회차 시험결과와의 비교 분석

본 용역은 2018년 정밀점검 내용을 포함한 제2종 성능평가 용역으로서 2016년 정밀점검 용역과 비교시 측정 항목 및 위치 등이 일부 상이함으로 공통된 시험에 대하여 비교평가 시 미소한 차이는 있으나 전반적으로 유사한 값으로 조사되어 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

5.4 안전성능 평가 결과

5.4.1 상태안전성능 평가 결과

가. 부재별 상태안전성능 평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재			지점 번호	신축 이음	받침	하부구조	
경간 번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석		신축 이음	교량 받침	하부	기초
S1	PSCI	b	b	b	b	b	a	A1	c	b	b	q
S2	PSCI	b	a	b	b	c	a	P1	-	b	b	q
S3	PSCI	b	b	b	a	c	b	P2	c	a	b	q
S4	PSCI	b	b	b	a	b	b	P3	-	b	b	q
		x	x	x	x	x	x	A2	c	b	b	q
평균		0.200	0.175	0.200	0.150	0.300	0.150	-	0.400	0.180	0.200	-
가중치		15	25	4	4	3	2	-	7	15	25	-
(평균X가중치)/ 가중치합		0.030	0.044	0.008	0.006	0.009	0.003	-	0.028	0.027	0.050	-
1. 환산결함도 점수 =												0.205
2. 상태평가 결과 =												B
결과분석	부재별 상태안전성능 평가는 부재별 중요도를 감안하여 가중치를 차등 적용하여 전체 상태안전성능을 평가 하였으며 외관조사를 통한 상태안전성능평가 결과 환산결함도 점수 0.205의 『B등급』으로 산정되었다.											

나. 상태안전성능 평가 결과

<표 Ⅱ.5.39> 상태안전성능 결과표

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
상태평가 결과	0.205					

현장조사 결과를 반영한 이동교(하) 상태안전성능 평가결과, 결함도 지수는 “0.205 “, 평가 결과는 ” B “로 평가되었다.

5.4.2 구조안전성능 평가 결과

대상 교량에 대한 구조안전성능 평가는 준공도면 및 현장조사 자료를 이용하여 평가를 진행하였으며, 제반조건 등 검토 자료는 부록에 수록하였다.

가. 내하력 평가 결과

1) 안전성 검토결과

㉮ 강도설계법에 의한 부재검토

① 바닥판 검토결과

<표 Ⅱ.5.40> 바닥판 검토결과

구 분	고정하중단면력 (Md)	활하중단면력 (Mℓ)	계수단면력 (Mu)	공칭단면력 (ØMn)	안전율 (S.F)	비고
캔틸레버측	4.532	17.648	26.617	89.340	3.356	만족
중간바닥판	1.820	21.840	49.322	89.340	1.811	만족

② 거더 검토결과

<표 Ⅱ.5.41> 거더 검토결과

부 재 명	고정하중단면력 (Md)	활하중단면력 (Mℓ)	계수단면력 (Mu)	공칭단면력 (ØMn)	안전율 (S.F)	비 고
외측거더 (G1,G8)	5,266.88	2,018.73	11,187.214	14,595.653	1.305	만족
내측거더 (G2~G7)	4,195.92	2,141.08	10,175.018	14,639.063	1.439	만족

㈏ 허용응력법에 의한 부재검토

① 응력 집계표

<표 Ⅱ.5.42> 응력 집계표

부 재 명		합성전(MPa)	합성후(MPa)	활하중(MPa)	합 계	비 고
외측거더 (G1,G8)	상연	15.55	0.24	1.56	17.35	
	하연	-14.14	-0.58	-3.86	-18.58	
내측거더 (G2~G7)	상연	12.13	0.31	1.56	14.00	
	하연	-11.13	-0.81	-4.06	-16.00	

② 응력 검토결과(MPa)

<표 Ⅱ.5.43> 응력 검토결과

부 재 명		작용응력(MPa)	프리스트레스	허용응력(MPa)	안전율	비고
외측거더 (G1,G8)	상연	17.35	-5.05	14.00	1.138	OK
	하연	-18.58	16.84	-2.81	1.615	
내측거더 (G2~G7)	상연	14.00	-4.96	14.00	1.549	OK
	하연	-16.00	16.53	14.00	26.415	

㈐ 평가 결과

안전율 개념을 적용한 구조안전성능 평가 결과, 안전율이 SF>1.0을 만족하고 있으므로 재하시험에 의한 공용내하력은 적용하지 않았다.

나. 세굴을 포함한 기초 안전성 검토결과

1) 세굴심 평가

㈎ 관련자료 수집

대상 시설물의 세굴심 검토를 위한 자료를 “이동 ~ 용인간 도로확장 및 포장공사, 구조 및 수리계산서, 1997.08”에서 수집하였으며, ‘부록 12 기타 참고자료’에 수록하였다.

㉯ 세굴심 평가

수집된 자료를 적용하여 “하천설계기준 37.3.3, 2002, 한국수자원학회”에 따라 세굴심 평가를 수행하였으며, 자료 수집이 어려운 Froehlich 공식은 제외하고 3가지 방법에 의한 평균 세굴심을 평가하였다.

① CSU 공식

$$\text{세굴심}(y_s) = (2.0\ K_1\ K_2\ K_3\ K_4\ (\frac{a}{y_1})^{0.65}(Fr_1)^{0.43})\ /\ y_1$$

$= (2.0\times1.0\times1.0\times1.1\times1.0\times(2.6/0.5)^{0.65}\times(0.06)^{0.43}\ )/0.5= 3.83$m

여기서, y_1 = 구조물의 직상류부 수심(0.5m), K_1 = 교각형상에 대한 보정계수(1.0)

K_2 = 흐름입사각에 대한 보정계수(1.0), K_3 = 하상조건에 대한 보정계수(1.1)

K_4 = 하상재료의 크기에 대한 보정계수(1.0), a = 교각의 폭(2.6m)

Fr_1=구조물 설치 직상류부의 Froud수($\frac{v}{\sqrt{gh}} = \frac{0.3}{\sqrt{(9.81\times2.6)}} = 0.06$)

② Laursen 공식

$$\frac{b}{y} = 5.5(\frac{y_s}{y})[(\frac{y_s}{11.5y}+1)^{1.7}-1],\quad \therefore\ ys = 1.22\text{m}$$

여기서, y = 구조물의 직상류부 수심(0.5m)

y_s = 세굴심도(m) b = 교각의 폭(2.6m)

③ Neill 공식

$$\text{세굴심도}(y_s) = (1.5(\frac{b}{y})^{0.3}\ )\ /\ b,\quad \therefore\ ys = 0.95\text{m}$$

여기서, y = 구조물의 직상류부 수심(0.5m)

b = 교각의 폭(2.6m)

㉰ 세굴심 산정

상기 각 공식별 최대 세굴심 산정결과 많은 차이를 보이고 있으므로 크게 차이나는 1번 값을 제외한 두 개 공식의 평균 값(1.09m)을 본 교량의 세굴심으로

적용한다.

㉱ 세굴심 평가 결과

현 수심을 기준으로 하상에 위치한 교각에 대한 세굴심 평가 결과, 세굴심이 기초 상단보다 높게 위치하고 있는 것으로 검토되어 “a” 등급으로 평가되었다.

2) 기초 안전성 평가

세굴심 검토결과, 계산된 세굴심이 기초 상단에 위치하고 있으며 교각하단 주변에 사석보호공이 시공되어 있어 기초 안전성 검토는 생략한다.

다. 구조안전성능 평가 결과

구조해석 결과를 반영한 이동교(하) 구조안전성능 평가 결과, 결함도 지수 1.0이상으로 평가 결과는 ”A“로 평가되었다.

<표 Ⅱ.5.44> 구조안전성능 평가 결과 산정표

구분	결함도 지수	평가기준	평가 결과	비고
안전율	SF= 1.138	SF > 1	A	
기초 안전성	-	-	A	
평가 결과	MIN(내하력, 기초안전성)		A	

5.4.3 안전성능 결과 산정

이동교(하)에 대한 안전성능 평가 결과, 상태안전성능 “B”, 구조안전성능 “A”로 평가되어 안전성능등급은 아래 표와 같이 “B”로 산정되었다.

<표 Ⅱ.5.45> 안전성능 평가 결과표

구분	결함도 지수	평가 결과	비고
상태안전성능	0.205	B	
구조안전성능	1.138	A	
평가 결과	MIN(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)	B	

5.5 내구성능 평가 결과

5.5.1 콘크리트 내구성능 평가 결과

가. 대상 시설물 현황

<표 Ⅱ.5.46> 콘크리트 내구성능 시설물 제원

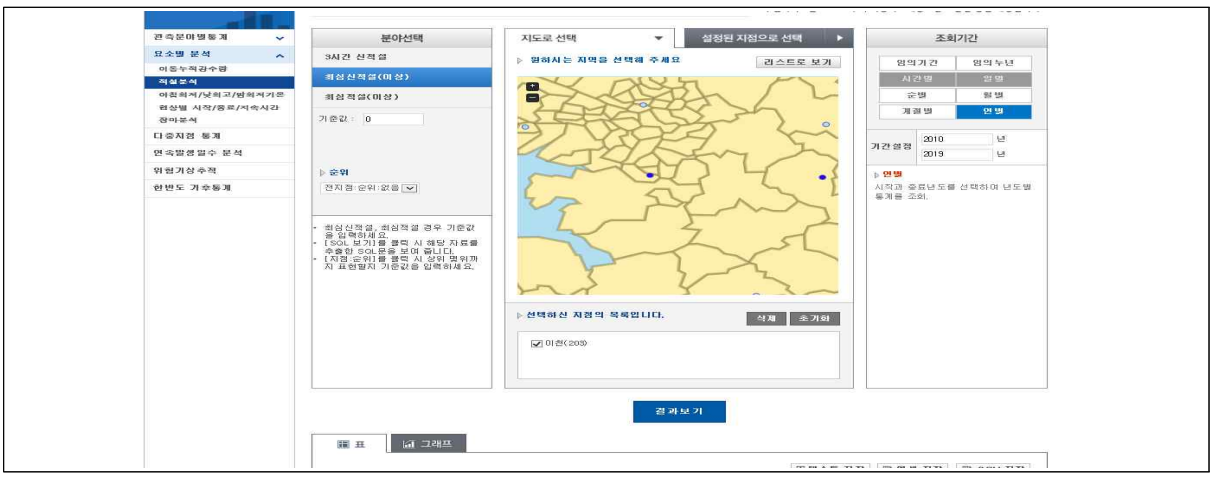
교량 형식		PSC I형 거더교(PSCI)(도로교)
경간장 및 경간수		4@30.0= 120.0m
교폭		17.3m
바닥판의 높이		5.0m
거더갯수		8
2차부재		L=1.3m, 교축방향 5m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
피복두께(바닥판 상면/교대 전면)		40mm~60mm/100mm
공용연수		15년
환경조건	지역	경기도 안성시
	해안 이격거리	서해안으로부터 43.6 km
	연간 젖음 시간(일)	56.36일
	제설제(강설횟수)	13.3일

나. 열화환경 평가

1) 대상교량은 해상교량이 아니라, 해안내륙에 위치한 교량이므로 해안거리에 따른 염해환경을 평가한다.
2) 대상교량은 서해안에 위치하기 때문에 해안거리(44.6 km)에 따른 서해안의 비래염분 염해환경은 A등급으로 평가된다.



3) 인접한 경기도 수원지역의 10년간 평균 강설 일수는 13.3일로 제설제 염해환경은 b 등급으로 평가된다.



4) 또한, 해당지역의 동결융해 반복지수 X는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우, 10.45회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 56.36회로서 동결융해 환경은 C등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우도 동결융해 싸이클이 연평균 10.45회로서 동결융해의 피해를 입을 수 있음을 확인된다.

<표 Ⅱ.5.47> 수분접촉 일수표(2009년2월1일 ~ 2019년2월1일)

지점명	주소	지점 번호	동결융해 싸이클수 (회/연평균)	
			일반부재 (수분미접촉)	취약부재 (수분접촉)
수원	경기도 수원시 권선구 서둔동	119	10.45	56.36

다. 열화진전 평가

염화물 침투량 시험은 책임기술자 판단에 따라 실시하도록 규정하고 있으며, 본 구조물에서는 바닥판 상면 1개소, 교대 1개소, 교각 1개소에서 분말 시료를 채취하여 시험을 실시하였다.

대상 교량의 피복두께는 바닥판 36㎜, 교대 67㎜, 교각 100㎜이며, 시료 채취표면부와 내면부로 구분하여 깊이별 측정결과를 확보하였다.

1) 염화물 침투량 평가

<표 Ⅱ.5.48> 염화물 침투량 평가 결과

열화진전 평가항목	세부 부재명	깊이별 염화물 침투량 (㎏/㎥)		평가 결과
		표면부	내면부	
염화물 침투량	바닥판	0.075	0.041	a
	거더	-	-	-
	2차부재	-	-	-
	교대/교각	0.140/0.493	0.088/0.468	b

2) 염화물 확산계수 산출

<표 Ⅱ.5.49> 염화물 확산계수 산출

열화진전 평가항목	세부 부재명	깊이별 염화물 확산계수 (㎠/year)	
		표면부	내면부
염화물 침투량	바닥판	-	0.109
	거더	-	
	2차부재	-	
	교대/교각	-	0.521

3) 철근부 전염화물 침투량이 2.5(㎏/㎥)가 되는 시점 평가

<표 Ⅱ.5.50> 철근부 전염화물 침투량이 2.5(㎏/㎥)가 되는 시점 평가 결과

열화진전 평가항목	세부 부재명	계산 결과 (year)	평가결과
철근부 전염화물 침투량 Cr이 2.5(㎏/㎥)가 되는 시점	바닥판	30년 초과	a
	거더	-	-
	2차부재	-	-
	교대/교각	초과	a

4) 염화물량 등급 평가

<표 Ⅱ.5.51> 철근부 염화물량 등급 평가

세부 부재명	염화물 침투량 평가 등급
바닥판	a
거더	-
2차부재	-
교대/교각	b

라. 탄산화 깊이 평가

1) 대상 교량은 5경간 이상으로 측정 개소는 상부/하부에서 총 6개소를 측정하였다.

2) 각 부재별로 탄산화 깊이를 평가하며, 1개 세부부재 내에서는 개별 평가등급 중 최저등급을 대상부재의 탄산화 깊이에 대한 평가등급으로 한다.

<표 Ⅱ.5.52> 탄산화 깊이 평가

열화진전 평가항목	시험위치	탄산화 깊이(㎜)			탄산화 속도계수			잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간(T)			개별등급			평가
		No1	No2	No3	No1	No2	No3	No1	No2	No3	No1	No2	No3	
탄산화 깊이	바닥판	4.1	5.2	4.6	0.68	0.87	0.77	30년 초과			a	a	a	a
	거더	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2차부재	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	교대/교각	8.9	5.7	10.1	1.49	0.96	1.69	30년 초과			a	a	a	a

마. 피복(표면부) 콘크리트의 품질 평가

피복(표면부) 콘크리트의 품질은 대상 교량의 상·하부 구조에서 건전부 및 비건부에 대해서 반발경도법에 의한 강도 조사를 실시하였다.

<표 Ⅱ.5.53> 피복(표면부) 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	부재 그룹명	세부 부재명		설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/건전부 비율(%)	개별 평가등급		평가 결과
피복 콘크리트의 품질	상부	바닥판		108	107	a	a	a
		거더		133	101	a	a	a
		2차부재		-	-	-	-	-
	하부	교대/교각	A1	119	-	a	-	b
			P1	143	-	a	-	
			P2	122	-	a	-	
			P3	150	-	a	-	
			A2	141	81	a	c	

바. 콘크리트 내구성능 평가 결과

<표 Ⅱ.5.54> 콘크리트 내구성능 평가 결과

부재 그룹	세부 부재명 (가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재등급	결함도 지수
상부	바닥판(35)	a	a	a	a	0.1
	거더(38)	-	-	a	a	0.1
	2차부재	-	-	-	-	-
하부	교대/교각(27)	b	a	b	b	0.2
		결함도지수	(0.1 * 35 + 0.1 * 38 + 0.2 * 27) / 100 = 0.127			
		등 급	A			

<표 Ⅱ.5.55> 열화환경지표 평가 결과

열화환경지표		평가등급
제설제 염해환경		B
비래염분 염해환경	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	A
동해환경		C

5.5.2 종합내구성능 평가 결과

<표 Ⅱ.5.56> 종합내구성능 평가 결과

결함도 평가부재	내구성능 등급	결함도 지수	가중치	평점
콘크리트	A	0.1	1.0	0.10
합 계				0.10
능원교 종합내구성능 등급				A

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
종합내구성능 평가 결과	0.10					

대상 시설물에 대한 콘크리트 내구성능평가 결과, 결함도 지수는 “0.10”, 평가 결과는 “A”로 평가되었다.

5.6 사용성능 평가 결과

5.6.1 성능지표별 평가 결과

가. 사용성 평가

1) 포장상태 평가

대상 교량의 포장상태 평가 지수인 NHPCI는 아래 식을 이용하여 산정한다.

$$NHPCI = \frac{1}{(0.33 + 0.003 \times X_{CR} + 0.004 \times X_{RD} + 0.0183 \times X_{IRI})^2}$$

여기서 , X_{CR} : 균열률(%)

X_{RD} : 소성변형(mm)

X_{IRI} : 종단평탄성(m/km)

<표 Ⅱ.5.57> NHPCI 분석 결과표

시설물명	호선	조사연장 (km)	평 균			NHPCI	평가 등급
			균열율 (%)	종단평탄성 (IRI)	소성변형 (RD)		
이동교(하)	45	3.002	18.23	1.71	8.31	3.38	d

※ 대상 교량에 대한 NHPCI평가를 위한 지수자료는 「세부지침-성능평가-교량편」에 따라 “2016 도로포장관리시스템(한국건설기술연구원,2017.04)”의 대상 교량 인근자료를 활용하였음.

2) 교량 조명

<표 Ⅱ.5.58> 점검시설 평가 결과표

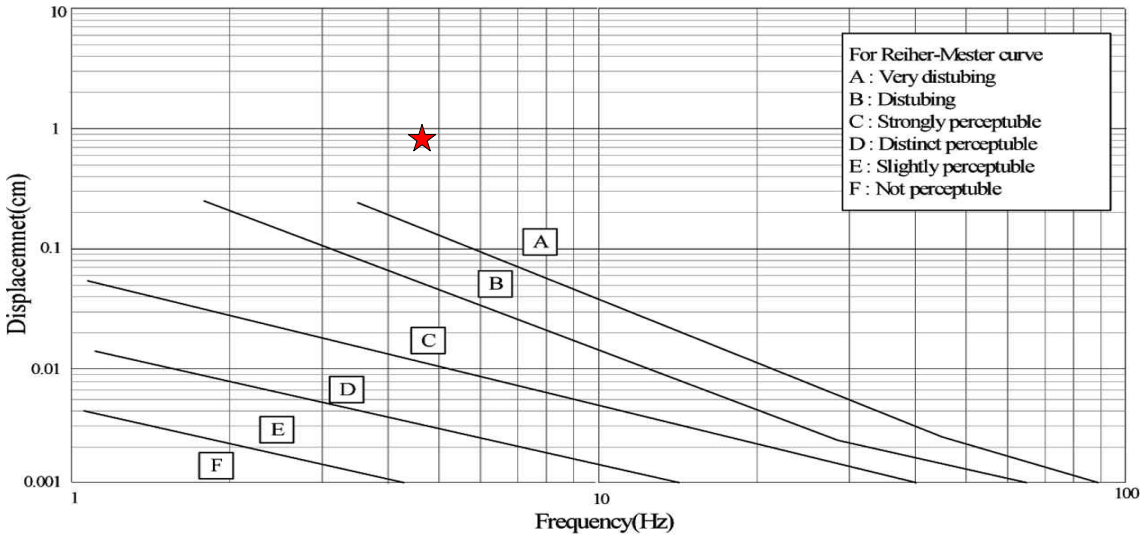
시설물명	도로의 종류	도로 조명 등급	평가내용		평가 등급
			작동유무	설치상태	
이동교(하)	국도	M2	e	a	e
조명의 작동유무 = (작동 개수)/(조사 대상 개수)×100 = 2/4×100 = 25% (e 등급) 조명의 설치상태 = (측정 평균 노면 휘도)/(최소허용치)×100 = 1.7/1.5×100 = 113% (c 등급)					

3) 진동사용성

재하시험을 통한 진동사용성 평가 결과, 아래와 같이 최대 처짐값 0.983, 고유진동수 4.722에 해당하는 구간은 A구간으로 나타났으며, e등급(매우 불안감이 조성되는 상태)으로 평가되었다.

<표 Ⅱ.5.59> 처짐 및 고유진동수 측정 결과표

구분	처짐	고유진동수	평가등급
	DT1		
이동교(하)	0.983	4.722	e



<그림 Ⅱ.5.19> Reiher-Meister(1931)의 허용곡선

나. 유지관리성 평가

1) 점검시설

<표 Ⅱ.5.60> 점검시설 평가 결과표

시설물명	교각 개소수	설치유무		설치상태				평가등급
		설치 개소수	점검시설 설치율(%)	수리필요 개소수	수리 필요율(%)	교체필요 개소수	교체 필요율(%)	
이동교(상)	3	3	100	0	0	0	0	a

다. 수요 및 용량 평가

1) 교통량

<표 Ⅱ.5.61> 교통량 평가 결과표

시설물명	수요예측(대)	수요실제(대)	비율(%)	평가등급
이동교(하)	31,546	31,208	100이상	a

※ 이동교 수요예측 교통량은 “이동~용인간 도로확장 및 포장공사 종합보고서”를 참조하였으며, 관련 자료를 부록에 수록하였다.

5.6.2 사용성능 평가 결과

대상 교량에 대한 최종 사용성능평가 결과, 아래 표와 같이 D등급으로 산출되었다.

<표 Ⅱ.5.62> 사용성능 평가 결과표

성능 구분	특징	세부지표 종류	가중치	평가결과	등급점수	결함지수
사용 성능	사용성	포장상태	0.247	d	0.7	0.173
		교량조명	0.150	e	1.0	0.150
		진동사용성	0.202	e	1.0	0.202
기능성	유지관리성	점점시설유무	0.206	a	0.1	0.021
	수요및용량	교통량	0.195	a	0.1	0.020
				결함도지수		0.566
				등급		D

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
상태평가 결과					0.566	

대상 시설물에 대한 사용성능평가 결과, 결함도 지수는 “0.566”, 평가 결과는 “D”로 평가되었다.

5.7 종합성능평가 결과

5.7.1 항목별 평가 결과

가. 안전성능 평가 결과

<표 Ⅱ.5.63> 안전성능 평가 결과표

구분	결함도 지수	평가 결과	비고
상태안전성능	0.205	B	
구조안전성능	1.138	A	
평가 결과	MIN(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)	B	

나. 내구성능 평가 결과

<표 Ⅱ.5.64> 내구성능 평가 결과표

결함도 평가부재	내구성능 등급	결함도 지수	가중치	평점
콘크리트	A	0.1	1.0	0.1
합 계				0.1
이동교(하) 종합내구성능 등급				A

다. 사용성능 평가 결과

<표 Ⅱ.5.65> 사용성능 평가 결과표

성능 구분	특징	세부지표 종류	가중치	평가결과	등급점수	결함지수
사용 성능	사용성	포장상태	0.247	d	0.7	0.173
		교량조명	0.150	e	1.0	0.150
		진동사용성	0.202	e	1.0	0.202
기능성	유지관리성	점점시설유무	0.206	a	0.1	0.021
	수요및용량	교통량	0.195	a	0.1	0.020
				결함도지수		0.566
				등급		D

5.7.2 종합성능등급 산정 결과

<표 Ⅱ.5.66> 종합성능등급 산정 결과표

시설물 종합성능등급 결과 산정표			
시설물명	이동교(하)		
평가항목	성능별 결함도 점수	평가등급	성능간 가중치
안전성능 평가	0.205	B	0.68
내구성능 평가	0.100	A	0.21
사용성능 평가	0.566	D	0.11
종합성능등급 산정 결과	= 0.205 × 0.68 + 0.10 × 0.21 + 0.566 × 0.11 = 0.223 ∴ B등급		

등 급	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤ x <0.13	0.13≤ x <0.26	0.26≤ x <0.49	0.49≤ x <0.79	0.79≤ x

결함도지수	0	0.13	0.26	0.49	0.79	~
등급	A		B	C	D	E
종합성능 평가결과	0.223					

대상 시설물에 대한 항목별 평가 결과 및 각 성능간 가중치를 적용한 종합성능등급 산정 결과, 결함도 지수는 “0.223” 종합성능 평가 결과는 “B”로 산정되었다.